



**Facultad de Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**

**PROYECTO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TITULO DE: INGENIERO CIVIL.**

**TITULO:**

“EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODO DEL PCI DE LA CARRETERA PUERTO-AEROPUERTO (TRAMO II) DESDE LA ABSCISA 1+080,00 HASTA LA ABSCISA 4+680,00 UBICADA EN LA CIUDAD DE MANTA, PROVINCIA DE MANABI”

**AUTOR:**

Sabando Ganchozo Carlos Steven

**DIRECTOR DE TESIS:**

Arq. Simón Baque Solís Msc.

Manta – Ecuador

Octubre del 2019

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo título del proyecto es “EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODO DEL PCI DE LA CARRETERA PUERTO-AEROPUERTO (TRAMO II) DESDE LA ABSCISA 1+080,00 HASTA LA ABSCISA 4+680,00 UBICADA EN LA CIUDAD DE MANTA, PROVINCIA DE MANABI”, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor: Sabando Ganchozo Carlos Steven con número de cedula 092688183-0, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2019-2020, quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, octubre del 2019.

Lo certifico,

Arq. Simón Baque Solís.

Docente Tutor

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Se declara que el siguiente trabajo de titulación de modalidad “Proyecto de Investigación” se desarrolló con base a una Evaluación del estado actual de la carretera Puerto Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta provincia de Manabí mediante el método del PCI, siendo de mi autoría. Las definiciones y concepciones tomadas de los diferentes autores se encuentran correctamente citadas, respetando los derechos de propiedad intelectual con las respectivas citas que están incluidas en la bibliografía. El análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones que se narran son responsabilidad del autor.

Por consiguiente, el autor es responsable por el contenido, fiabilidad y alcance científico del proyecto de grado que se menciona.

Manta, octubre del 2019.

---

Sabando Ganchozo Carlos Steven

C.I.: 092688183-0

## APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO:

“EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODO DEL PCI DE LA CARRETERA PUERTO-AEROPUERTO (TRAMO II) DESDE LA ABSCISA 1+080,00 HASTA LA ABSCISA 4+680,00 UBICADA EN LA CIUDAD DE MANTA, PROVINCIA DE MANABI”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Sometida a consideración del tribunal de revisión y sustentación como requisito a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

---

Ing. Javier Baque Solís  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. Jorge García Argandoña  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. Darío Páez Cornejo  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **DEDICATORIA**

A mi madre Ketty por su apoyo y cariño incondicional.

A mi padre Carlos por su sacrificios y ejemplo a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Justin, Nicole y Jamil por sus consejos y motivación para lograr esta meta.

*Steven Sabando Ganchozo.*

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios ya que gracias a Él todo esto ha sido posible.

A mi familia, en especial a mis padres Carlos y Ketty, que gracias a su apoyo incondicional y a sus esfuerzos han permitido que pueda alcanzar esta meta, infundiéndome valores y guiándome por el camino del bien.

A mis amigos que están siempre pendientes de mi progreso, su apoyo incondicional es muy preciado para mí.

Al Arq. Simón Baque mi tutor de titulación quien fue la parte más importante para el desarrollo de este trabajo de investigación, por sus conocimientos y correcciones que me fueron de gran ayuda para que esta tesis fuera concebida de la mejor manera posible.

A mis queridos compañeros de la universidad, Erick, Julio, William y Luis que gracias a su gran apoyo y ayuda esta investigación salió adelante.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, debido a su compromiso para con los estudiantes de formar profesionales que aporten con el desarrollo de la ciudad.

A mis profesores que fueron un pilar fundamental con sus experiencias y conocimientos, mismos que me ayudaron con esta investigación.

Y a todas las demás personas que formaron parte de este proceso académico, los cuales me acompañaron desde el inicio de la carrera hasta ahora, todos mis compañeros con quienes compartimos un salón de clase y demás familiares siempre preocupados por mí.

*Steven Sabando Ganchozo.*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el Método del PCI de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) desde la abscisa 1+080,00 hasta la abscisa 4+680,00 ubicada en la ciudad de Manta, provincia de Manabí” tuvo como objetivo principal diagnosticar el estado en que se encuentra el pavimento flexible de la carretera mencionada mediante el método del PCI, con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente.

El método Pavement Condition Index (PCI), es el modo más completo para poder calificar y evaluar de manera objetiva los pavimentos flexibles, su desarrollo se data a los periodos 1974 a 1976 por parte del cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea estadounidense, la finalidad de este era alcanzar una condición operacional de la superficie, valor que permite cuantificar el estado del pavimento para proceder a un respectivo tratamiento y mantenimiento del mismo.

La secuencia de los trabajos mediante el método PCI fue la siguiente:

Primero, se realizó el levantamiento de la información en la zona de estudio, identificando de esta manera las fallas, cantidades y sus respectivas severidades, en segunda instancia, se procedió a calcular el valor PCI para las 26 Unidades de la muestra seleccionada dentro del estudio, y posteriormente para toda la sección correspondiente a este, que representa una longitud de 3.600 metros, dando como resultado un valor del PCI equivalente a 49 y condición operacional calificada como Regular. Finalmente, se muestra la matriz de intervención propuesta para cada tipo de falla identificada en la zona de estudio, así mismo se muestran los resultados alcanzados dentro del análisis e interpretación de datos.

**Palabras clave:** Evaluación, pavimento flexible, Método PCI, carretera, Evaluación de fallas.

## ABSTRACT

The present research paper described “Evaluation of the condition of the flexible pavement using the PCI Method of the Port-Airport (Section II) from abscissa 1 + 080.00 to abscissa 4 + 680.00 located in the city of Manta, province of Manabí” had as its main objective to diagnose the state of the mentioned flexible road pavement by means of the PCI method, in order to know the condition of the existing flexible pavement.

The Pavement Condition Index (PCI) method, is the most complete way to qualify and evaluate objectively flexible pavements, its development is data from 1974 to 1976 by the US Air Force Engineering Corps, the determination of this era to reach an operational condition of the surface, value that allows to quantify the state of the pavement to proceed to a respectful treatment and maintenance of the same.

The sequence of the works using the PCI method was as follows:

First, the information was collected in the study area, thus identifying the faults, quantities and their respective severities, in the second instance, the PCI value was calculated for the 26 Units of the selected sample within the study, and subsequently for the entire section corresponding to this, which represents a length of 3,600 meters, resulting in a value of the PCI equivalent to 49 and operational condition rated as Regular. Finally, the proposed intervention matrix for each type of failure identified in the study area is shown, as well as the results achieved within the analysis and interpretation of data.

**Keywords:** Evaluation, flexible pavement, PCI Method, road, Failure evaluation.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
JUSTIFICACIÓN .....	4
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1. CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE .....	6
1.1 PAVIMENTOS.....	7
1.1.1 Clasificación de los pavimentos.....	7
1.1.1.1 Pavimentos flexibles.....	8
1.1.1.2 Pavimentos rígidos.....	9
1.1.1.3 Pavimentos articulados.....	11
1.2 CONFORMACIÓN DE CAPAS .....	12
1.2.1 Pavimentos flexibles.....	12
1.2.1.1 Sub-base.....	12
1.2.1.2 Base.....	13
1.2.1.3 Capa de rodamiento.....	14
1.2.1.4 Subrasante.....	14

1.3 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES .....	15
1.4 CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO.....	16
1.5 MECANISMOS DE DETERIORO.....	17
1.5.1 Fisuras y grietas. ....	17
1.5.1.1 Fisuras y grietas por fatigamiento.....	17
1.5.1.2 Fisuras y grietas en bloque.....	18
1.5.1.3 Grietas de borde. ....	19
1.5.1.4 Fisuras y grietas longitudinales y transversales. ....	19
1.5.1.5 Fisuras y grietas reflejadas. ....	20
1.5.2 Deterioro superficial. ....	21
1.5.2.1 Parches deteriorados. ....	21
1.5.2.2 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales.....	21
1.5.2.3 Ahuellamiento. ....	21
1.5.2.4 Deformación transversal. ....	22
1.5.2.5 Exudaciones. ....	22
1.5.2.6 Desgaste.....	23
1.5.2.7 Pérdida de áridos.....	24
1.5.2.8 Ondulaciones. ....	24
1.5.3 Otros deterioros.....	24
1.5.3.1 Descenso de la berma. ....	24
1.5.3.2 Surgencia de finos y agua. ....	25
1.5.3.3 Separación de berma y pavimento. ....	25
1.5.3.4 Consecuencias.....	25
1.6 MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) .....	26
1.6.1 Definición. ....	26
1.6.2 Materiales e instrumentos. ....	27
1.6.3 Procedimiento de cálculo.....	29
1.6.3.1 Unidades de muestreo.....	29
1.6.3.2 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación. ....	29
1.6.3.3 Selección de las unidades de muestreo para inspección. ....	30
1.6.3.4 Selección de unidades de muestreo adicionales. ....	32
1.6.4 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo. ....	32
1.6.4.1 Etapa 1. Cálculo de los valores deducido: .....	32
1.6.4.2 Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)....	33

1.6.4.3 Etapa 3. Cálculo del “Máximo valor deducido corregido”, CDV.....	33
1.6.4.4 Etapa 4.....	34
1.6.5 Cálculo del PCI de una sección del pavimento.....	34
1.7 TIPOS DE FALLAS .....	35
1.7.1 Piel de cocodrilo. ....	36
1.7.2 Exudación. ....	37
1.7.3 Agrietamiento en bloque.....	38
1.7.4 Abultamientos y hundimientos. ....	40
1.7.5 Corrugación.....	41
1.7.6 Depresión. ....	42
1.7.7 Grieta de borde.....	43
1.7.8 Grieta de reflexión de junta.....	44
1.7.9 Desnivel carril/ Berma. ....	46
1.7.10 Grietas longitudinales y transversales.....	47
1.7.11 Parcheo y acometidas de servicios públicos. ....	49
1.7.12 Pulimento de agregados. ....	50
1.7.13 Huecos.....	51
1.7.14 Cruce de vía férrea. ....	52
1.7.15 Ahuellamiento.....	54
1.7.16 Desplazamiento.....	55
1.7.17 Grietas parabólicas.....	56
1.7.18 Hinchamiento.....	57
1.7.19 Desprendimiento de agregados. ....	59
1.8 MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	60
1.8.1 Tipo de mantenimiento. ....	63
2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
2.1 LUGAR DE ESTUDIO .....	66
2.1.1 Justificación e importancia de la vía. ....	66
2.1.2 Características geométricas.....	68
2.2 MATERIAL.....	69
2.2.1 Población.....	69
2.2.2 Muestra. ....	69
2.3 MÉTODO .....	69

2.3.1 Nivel de investigación.....	69
2.3.2 Diseño de investigación. ....	70
2.3.3 Procedimientos, métodos y estructuras de análisis. ....	70
2.3.3.1 Reunir la información. ....	70
2.3.3.2 Visita y trabajo de campo. ....	71
2.3.3.3 Análisis de los datos.....	71
2.4 UNIDAD DE MUESTRA: UM-01 .....	72
3. CAPITULO II. RESULTADOS .....	77
3.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	78
3.1.1 Fallas existentes. ....	78
3.1.2 Fallas incidentes.....	80
3.1.2.1 Severidad de las fallas incidentes. ....	81
3.2 EVALUACIÓN DEL PCI EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	81
3.2.1 Valor del PCI por unidad de muestra.....	81
3.2.2 Valor del PCI de la sección.....	83
3.2.3 Propuesta de intervención. ....	85
3.2.4 Matriz de intervención. ....	86
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	91
CONCLUSIONES. ....	96
RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA .....	99
ANEXO A.....	103
ANEXO B.....	116
ANEXO C.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Longitudes de unidades de muestreo Asfálticas .....	29
<b>Tabla 2:</b> Tipos de fallas por categorías .....	35
<b>Tabla 3:</b> Niveles de severidad para huecos .....	52
<b>Tabla 4:</b> Cantidad por tipo de falla existente. ....	79
<b>Tabla 5:</b> Severidad en Fallas Incidentes. ....	81
<b>Tabla 6:</b> Resultados de PCI por Unidad de Muestra.....	82
<b>Tabla 7:</b> Resultado del PCI de la sección .....	84
<b>Tabla 8:</b> Matriz consolidad de alternativas de intervención. ....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Distribución de esfuerzos a la Base.....	8
<b>Figura 2</b> Esquema de Pavimento Flexible .....	9
<b>Figura 3</b> Distribución de esfuerzos a la Base.....	10
<b>Figura 4</b> esquema de Pavimento Rígido .....	10
<b>Figura 5</b> Esquema de Pavimento Articulado .....	11
<b>Figura 6</b> Estructura del Pavimento Flexible .....	15
<b>Figura 7:</b> Rangos de Calificación del PCI .....	27
<b>Figura 8</b> Formato de Registro de datos.....	28
<b>Figura 9</b> Falla de piel de cocodrilo de baja, media y alta severidad .....	37
<b>Figura 10</b> De izquierda a derecha, Falla por exudación de baja, media y alta severidad .....	38
<b>Figura 11</b> De izquierda a derecha, Falla por agrietamiento en bloque de baja, media y alta severidad .....	39
<b>Figura 12</b> De izquierda a derecha, Falla por abultamiento y hundimientos de baja media y alta severidad .....	41
<b>Figura 13</b> De izquierda a derecha, Falla por corrugación de baja, media y alta severidad. ...	42
<b>Figura 14</b> De izquierda a derecha, Falla por depresión de baja, media y alta severidad. ....	43
<b>Figura 15</b> De izquierda a derecha, Falla por grietas de borde de baja, media y alta severidad. ....	44
<b>Figura 16</b> De izquierda a derecha, Falla por grieta de reflexión de junta de baja, media y alta severidad. ....	46
<b>Figura 17</b> De izquierda a derecha, Falla por desnivel Carril - Berma de baja, media y alta severidad. ....	47
<b>Figura 18</b> De izquierda a derecha, Grietas longitudinales / transversales de baja, media y alta severidad. ....	48

<b>Figura 19</b> De izquierda a derecha, Parches y acometidas de baja, media y alta severidad. ...	50
<b>Figura 20</b> Pulimento de agregados.....	51
<b>Figura 21</b> De izquierda a derecha, Falla por huecos de baja, media y alta severidad. ....	52
<b>Figura 22</b> De izquierda a derecha, Falla en cruce de vía férrea de baja, media y alta severidad. .....	53
<b>Figura 23</b> De izquierda a derecha, Falla por ahuellamiento de baja, media y alta severidad.	55
<b>Figura 24</b> De izquierda a derecha, falla por desplazamiento de baja, media y alta severidad. .....	56
<b>Figura 25</b> De izquierda a derecha, Falla por grietas parabólicas, media y alta severidad. ....	57
<b>Figura 26</b> Nivel de severidad en hinchamiento. ....	58
<b>Figura 27</b> De izquierda a derecha, Falla por desprendimiento de agregados de baja, media y alta severidad. ....	60
<b>Figura 28</b> Curva de deterioro en función del tiempo en pavimentos.....	61
<b>Figura 29</b> Zonas de mantenimiento según valor del PCI.....	63
<b>Figura 30</b> Tramo II – Carretera Puerto-Aeropuerto. Fuente: Google Earth. ....	67
<b>Figura 31</b> Inicio de la zona de estudio. ....	67
<b>Figura 32</b> Final de zona de estudio. ....	68
<b>Figura 33</b> Hoja de registro de datos en campo de la UM-01. ....	72
<b>Figura 34</b> Curvas de valores deducidos para la falla Grietas Piel de cocodrilo.....	73
<b>Figura 35</b> Curva de corrección de valores deducidos. ....	75
<b>Figura 36</b> Calculo del máximo valor deducido corregido para la UM-01.....	75
<b>Figura 37</b> Frecuencia por tipo de Falla Existente. ....	79
<b>Figura 38</b> Distribución de fallas incidentes. ....	80
<b>Figura 39</b> Valores del PCI por Unidad de Muestra. ....	83
<b>Figura 40</b> Distribución del PCI en toda la sección. ....	84

## INTRODUCCIÓN

Según afirma Balvin-Levano (2013) en el mundo donde los pavimentos son fuente principal del tránsito, se debe minimizar su deterioro esto se logra realizando nuevos diseños estructurales y realizando investigaciones, debido a que hay muchos factores que influyen de manera directa en el deterioro un caso es el clima, el cual varía en diferentes países, otro factor es el tipo de tránsito que va a circular, los tipos de suelos y muchos más (p. 12).

El Ecuador necesita carreteras y vías en buen estado para promover un desarrollo social y económico de calidad para sus habitantes, por tal motivo se necesita realizar mantenimientos y controles en las vías, acciones que mantendrán y prolongarán vida útil de las mismas.

Según Valle & Brito (2017) el método utilizado en el Ecuador actualmente para el análisis de las vías es el método PCI (Índice de Condición del Pavimento), el cual constituye la metodología más completa partiendo del conocimiento de fallas, las mismas que van en función de su clase, severidad y cantidad o densidad (p. 36).

En el país, para hacer uso de este método, es necesario basarse en experimentaciones de Estados Unidos, lo cual no resulta ser lo adecuado desde la perspectiva de quien investiga, debido a las diferencias tanto en aspecto ambiental y constructivo del país de origen de la metodología con el Ecuador. La metodología PCI posee un análisis de valores deducidos de cada falla, los cuales son muy estrictos, pues el índice de servicio del pavimento en Estados Unidos busca vías en condiciones óptimas y no con una realidad ecuatoriana en donde influyen factores económicos.

El crecimiento acelerado del parque automotor en la ciudad de Manta por ser ruta de comercio regional, ha provocado el aumento de tráfico constante que origina el desgaste de la infraestructura vial, la cual en su mayoría está compuesta por pavimento flexible.

En esta investigación se estima conocer el valor del PCI que tiene actualmente la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí, y así poder hacer las respectivas intervenciones para su mejor funcionalidad en caso de que lo requiera.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La ciudad de Manta se caracteriza por su actividad aeroportuaria nacional e internacional, actividades comerciales que se comunican por la vía Puerto – Aeropuerto, siendo así la vía principal de la ciudad. Pero, en la actualidad la condición de servicio de esta vía se está deteriorando

Los problemas de naturaleza como sismos, lluvias, rápido crecimiento y expansión del tráfico motorizado, falta de mantenimiento y conservación, deficiencia en sus construcciones, hacen reflexionar sobre la necesidad de evaluar las condiciones actuales en las que se encuentran las vías (pavimentos flexibles) de la ciudad de Manta, y aportar con soluciones técnicas para sus construcciones y mantenimientos.

Debido a los diversos problemas antes mencionados, se pudo observar deterioros considerables en la capa de rodadura de la carretera Puerto-Aeropuerto, los cuales provocan diversos inconvenientes, que limitan a que la vialidad sea cómoda, segura y transitable para los usuarios del transporte público y privado que circulan a diario por esta importante carretera, por tales motivos se considera de gran importancia realizar intervenciones de mantenimiento para mejorar la condición operacional actual del pavimento.

## JUSTIFICACIÓN

El crecimiento poblacional y su concentración en las ciudades, son una presión constante para los gobiernos locales en su tarea de dotarlas de infraestructura y equipamiento. De estas las más importantes son la hidráulica, la eléctrica, la telemática, el abastecimiento de hidrocarburos y la vial.

La infraestructura vial, se caracteriza por ser una extensa red de calles que permite interconectar los puntos de producción y consumo, es decir, la realización de actividades económicas y sociales en la ciudad y, que, junto al transporte, constituye la base física para la movilidad de las personas, bienes y servicios, con lo cual contribuyen al desarrollo económico y urbano. Por esta razón, la construcción y el mantenimiento de las vías son temas que requieren de especial atención.

Con base a las anteriores consideraciones, es importante realizar una evaluaciones y diagnóstico de tramos de vías, para conocer las características del pavimento de la infraestructura vial de la ciudad de Manta, así como calcular su valor de mantenimiento y analizar técnicamente si el estado actual de las vías, está acorde a su planificación de uso y proyección de vida útil del pavimento.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diagnosticar el estado en que se encuentra el pavimento flexible mediante método del PCI de la carretera Puerto-Aeropuerto (tramo II) desde la abscisa 1+080,00 hasta la abscisa 4+680,00 ubicada en la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Usar el método del PCI
- Realizar trabajos de campo que permitan establecer el diagnóstico de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II).
- Identificar las fallas más comunes que se presentan en el pavimento flexible de la vía en estudio.
- Examinar las causas que generan las diferentes fallas en el pavimento flexible de la vía en estudio.
- Proponer una solución, a las fallas existentes sobre el pavimento flexible de la vía en estudio

## **HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

El pavimento flexible de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II), de la ciudad de Manta, tiene un índice de condición de pavimento bueno (entre 60% – 70%).

## **1. CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE**

## **1.1 Pavimentos**

De acuerdo con Becerra (2012) “los pavimentos son soluciones para la configuración de caminos, siendo concebidos, diseñados y contruidos pensando en mejorar y mantener condiciones óptimas para el tránsito de personas, de bienes y servicios, a lo largo de su vida útil” (p. 4).

Añade además que los pavimentos, son estructuras formadas por una carpeta de rodadura y un conjunto de capas granulares, simples o tratadas, que descansan sobre el suelo de cimentación, también conocido como: subrasante. De este modo, el pavimento está diseñado para transferir y distribuir cargas vehiculares, durante un periodo de tiempo previamente establecido (Becerra, 2012, p. 5). Dado que, los esfuerzos producidos por el paso de las cargas vehiculares disminuyen su profundidad, es necesario hacer uso de materiales de mayor capacidad portante en las capas superiores (Velayarce, 2016). Toda la estructura trabaja para proteger al suelo natural. (Becerra, 2012, pp. 5)

Rondón & Reyes (2015) por su parte explican que, estas estructuras se encuentran diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales. Así mismo, deben diseñarse con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que se imponga sobre su superficie en determinado periodo de tiempo. Las cargas dinámicas de los vehículos que transitan sobre estas estructuras producen en las interfaces de las capas esfuerzos cíclicos y deformaciones verticales, horizontales y de corte. El pavimento soporta sobre su subrasante natural o sobre una plataforma, que puede ser la subrasante mejorada, estabilizada, o terraplén que se denomina capa de conformación (p. 33).

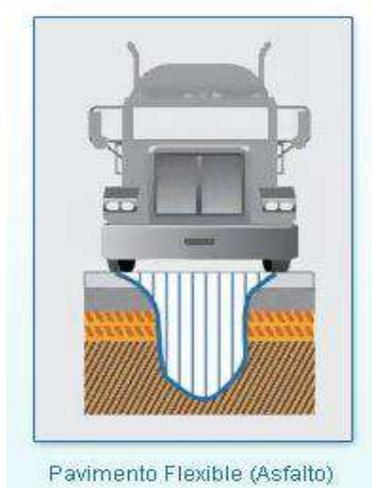
### **1.1.1 Clasificación de los pavimentos.**

Los pavimentos, debido a la forma en que transmiten las cargas vehiculares, se clasifican en: pavimentos del tipo rígido, pavimentos flexibles y pavimentos articulados.

### ***1.1.1.1 Pavimentos flexibles.***

Por lo general se componen de asfalto sobre una base granular o sub base, que es una capa soportada por el suelo compactado, que generalmente se conoce como el subgrado o subrasante. Algunas de las superficies asfaltadas consisten en una capa tratada con BST, mientras que otras tienen componentes de mayor rigidez que las convierten en mezclas muy cercanas a las mixtas. (Zambrano, 2015, p. 16).

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. (Villanueva, 2004, p. 11). Ver figura 1.



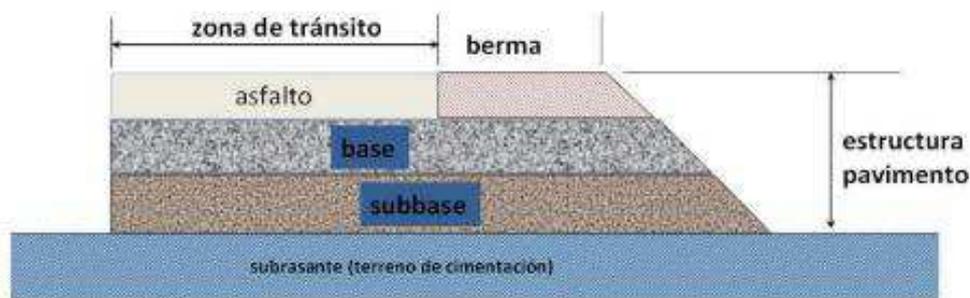
***Figura 1*** Distribución de esfuerzos a la Base

***Fuente:*** (Duravía, 2011)

La rigidez o flexibilidad de un pavimento se refiere a la manera en la que la capa de pavimento transmite el esfuerzo y la deflexión a las capas subyacentes. Idealmente, las capas de pavimentos flexibles transmiten el esfuerzo de manera uniforme y las deflexiones de manera no-uniforme. (Zambrano, 2015, p. 16)

Además de ello, Rodríguez E. (2009) considera que el pavimento flexible presenta beneficios considerables, puesto que permite optimizar costos, requiriendo menores recursos económicos durante la etapa de construcción inicial, de igual manera su tiempo de vida útil oscila entre 10 y 15 años. A pesar de ello, su desventaja radica en el mantenimiento continuo que se requiere para alcanzar la vida útil antes referida (pág. 4).

Según destaca Becerra (2012) este tipo de pavimentos comúnmente, demandan mayor cantidad de capas intermedias, las que se sitúan entre la carpeta de rodadura y la subrasante, tal como se muestra en la figura 2.



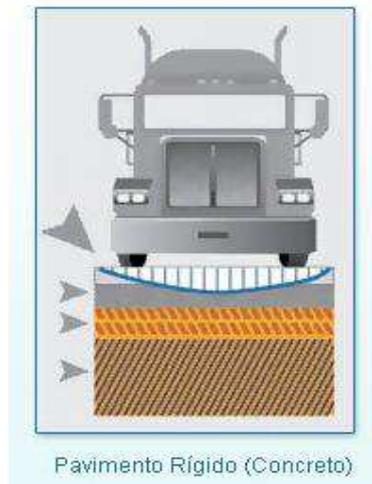
*Figura 2 Esquema de Pavimento Flexible*

*Fuente:* (Becerra, 2012)

### **1.1.1.2 Pavimentos rígidos.**

Los pavimentos rígidos se componen de cemento hidráulico, formando a su vez una carpeta de rodadura. Su nombre se debe a las características propias de la carpeta de concreto, la cual absorbe las cargas vehiculares en niveles considerablemente mayores. (Tacza & Rodríguez, 2018, p. 20)

Se caracterizan además por poseer un alto módulo de elasticidad, que permite que los esfuerzos transmitidos se reduzcan y se distribuyan en un área extensa, provocando deflexiones pequeñas. (Morales, Chávez, & López, 2009) Ver figura 3.

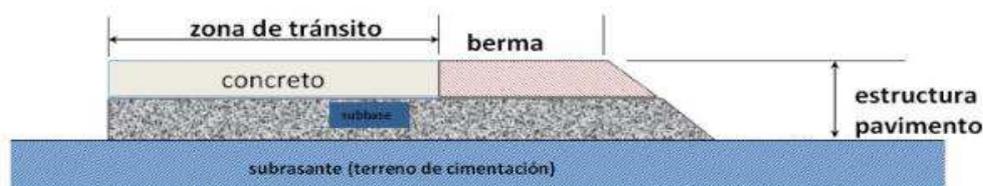


**Figura 3** Distribución de esfuerzos a la Base

**Fuente:** (Duravía, 2011)

Son aquellos cuya capa de rodadura consiste en una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre una capa de base o sub-base, este tipo de pavimento presenta un desempeño satisfactorio, incluso en condiciones de baja capacidad soporte de las capas subyacentes. (Morales, Chávez, & López, 2009)

Como efecto de la rigidez de la carpeta de rodadura de este tipo de pavimentos, las cargas vehiculares suelen distribuirse de manera más eficiente. Por tanto, la consecución de su estructura requiere de un número menor de capas granulares a ubicarse entre la carpeta de rodadura y la subrasante. (Tacza & Rodríguez, 2018, p. 20) Ver figura 4



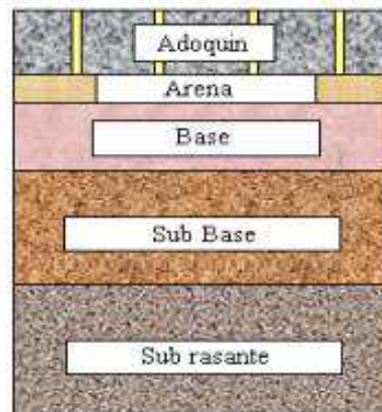
**Figura 4** esquema de Pavimento Rígido

**Fuente:** (Becerra, 2012)

### **1.1.1.3 Pavimentos articulados.**

Este tipo de pavimentos se compone de una capa de rodadura, la cual se elabora con bloques de concreto prefabricado, los que a su vez se conocen como adoquines, caracterizados por tener un espesor igual entre sí. (Montejo, 2012 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 21)

En cuanto a su composición Bahamondes, Echaveguren & Vargas (2013) explican que los pavimentos articulados están constituidos por una capa de adoquines, arena de juntas, una cama de arena, base y subbase. Poseen también un borde de confinamiento que contribuye al desarrollo del mecanismo de trabazón mecánica. Es importante señalar que la cantidad de capas a emplear se dan en función de la calidad del pavimento a conseguir y la frecuencia de carga que circulará por el mismo. (Montejo, 2012 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 21) Ver figura 5.



**Figura 5** Esquema de Pavimento Articulado

**Fuente:** (Morales, Chávez, & López, 2009)

Su elaboración se da de manera mecánica lo que permite obtener un producto de gran homogeneidad, en sus dimensiones, forma, resistencia a la compresión, desgaste y a la absorción de agua, lo que le asegura una larga vida útil. Sobre una base adecuada, conforman una superficie para soportar la acción del rodamiento de vehículos y facilitar el escurrimiento

de las aguas. Así se consigue que la fracción de carga transmitida a la base por elemento, sea igual al 40% de la carga que le es aplicada. (Villacís, 2014)

## **1.2 Conformación de Capas**

### **1.2.1 Pavimentos flexibles.**

Estos pavimentos se encuentran generalmente conformados por la capa de rodadura en la superficie, misma que está asentada sobre dos capas granulares llamadas base y sub-base, todo este esquema estructural se encuentra apoyado sobre la subrasante (Torres, 2007 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 21), tal como se visualiza en la figura 2. En los siguientes apartados se resaltan las características y funciones de mayor representatividad en las capas componentes de pavimentos flexibles.

#### ***1.2.1.1 Sub-base.***

La sub-base es la capa de pavimento situada sobre la subrasante y debajo de la capa de la base, conformada por materiales granulares; una vez que los esfuerzos inducidos por el tráfico han sido atenuados por la capa de base, entra en funcionamiento la sub-base, la cual se encarga del soporte, la transmisión y distribución uniforme de las últimas cargas generadas en la carpeta asfáltica. (Pachay, 2017, p. 7)

Entre sus principales características y beneficios se mencionan:

- Su conformación resulta más económica pues se consigue mayor espesor en el pavimento a través del empleo de materiales más baratos.
- Sirve como filtro evitando que el material de la base se mezcle en la sub rasante, lo cual se debe a que la subbase emplea materiales más finos que la base.
- Ayuda a contrarrestar la humedad, desalojando el agua que logre infiltrarse en el pavimento, ya sea por agentes externos o proveniente de la subrasante.

- Las principales cualidades esperadas de la subbase son la resistencia friccionante y la capacidad de drenaje, las que permiten alcanzar una mayor resistencia y evitar la ascensión capilar, respectivamente.
- El espesor de esta varía de acuerdo a los requerimientos de cada proyecto, pero generalmente se sitúa mínimo entre 12 y 15 cm.
- El banco de materiales para su compactación debe cumplir con procesos de control y especificaciones, estando libres de materia vegetal, terreros de arcillas y demás residuos que incidan en fallas, generadas a su vez por una mala compactación o contaminación de estos materiales. (Tacza & Rodríguez, 2018, pp. 21-22)

#### ***1.2.1.2 Base.***

La base se encuentra debajo de la carpeta asfáltica, y encima de la sub base. Su función es eminentemente resistente, constituyendo el principal elemento portante de la estructura, la finalidad de esta se centra en la distribución uniforme de los esfuerzos producidos por las cargas rodantes dadas sobre la superficie del pavimento. Para ello absorbe la mayor cantidad de los esfuerzos verticales, para que de esta manera los esfuerzos transmitidos a la subrasante no presenten gran magnitud, cabe indicar que, su rigidez o resistencia a la deformación bajo sollicitaciones repetidas del tráfico, suelen corresponder a la intensidad del tráfico pesado. (Pachay, 2017, p. 7)

Las características correspondientes a la capa base son:

- Al igual que la capa base presenta también doble función, teniendo capacidad de drenaje y bloquea la ascensión capilar, a más de ello es importante que cumpla con cualidad friccionante y provisto de vacíos.
- Para asegurar la resistencia es preciso además contar con una compactación adecuada.

- Los materiales deben pasar por un proceso de tamizaje, cumpliendo exigentes procedimientos como la trituración, logrando de este modo aportar a la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir.
- Tal como se explicó en la subbase, en la capa base el espesor varía en el mismo sentido, pero es conveniente establecer valores de entre 12 y 15 cm como mínimo.  
(Tacza & Rodríguez, 2018, pp. 22-23)

### ***1.2.1.3 Capa de rodamiento.***

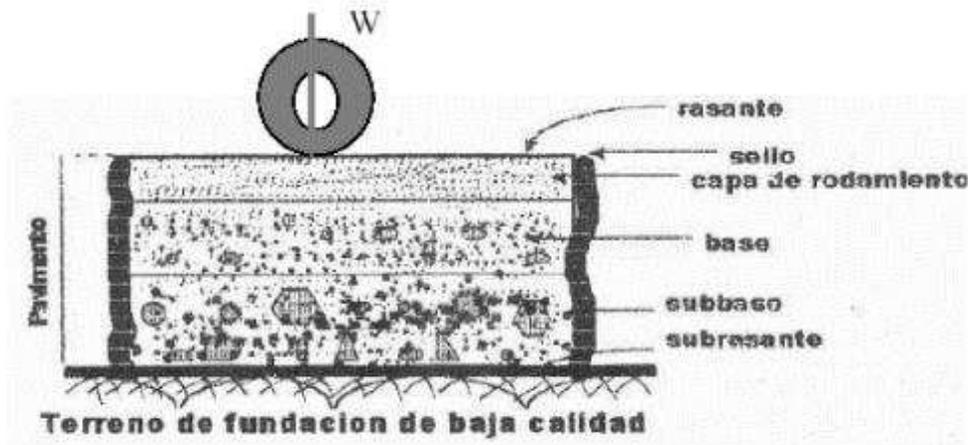
La carpeta asfáltica corresponde a la superficie del pavimento flexible que, debido a sus cualidades, resiste la acción directa de los agentes atmosféricos impidiendo la entrada de cantidades excesivas de agua a la base, soporta directamente las solicitaciones del tráfico, desde este sentido debe tener la capacidad para resistir el desgaste de los vehículos en movimiento, contribuye a aumentar la capacidad y soporte del pavimento, otra de sus cualidades es que absorbe cargas, transmitiéndolas al resto de las capas. Es responsable en gran medida de las características superficiales del pavimento, ofreciendo rodadura cómoda y segura, lo cual se debe a su contacto directo con el tráfico, y puesto que es la parte visible del pavimento, debe poseer condiciones de estética. (Pachay, 2017, p. 6)

### ***1.2.1.4 Subrasante.***

Corresponde a la capa de cimentación, misma que tiene como finalidad soportar todas las cargas que transcurren sobre el pavimento. En casos particulares es común que esta capa se encuentre formada únicamente por la superficie natural del terreno, sin embargo, lo usual es que el terreno se compacte una vez que ha sido cortado. El espesor combinado de la sub base, de la base y de la capa de rodamiento debe ser lo suficientemente grande para que se reduzcan los esfuerzos que concurren en la subrasante a valores que no sean tan grandes como para que

produzcan una distorsión o desplazamiento excesivos de la capa de suelo de la subrasante.

(Pachay, 2017, p. 7) Ver figura 6



*Figura 6 Estructura del Pavimento Flexible*

*Fuente:* (Tacza & Rodríguez, 2018)

### 1.3 Características Funcionales

De acuerdo con Tacza & Rodríguez (2018), entre las características funcionales que deben presentar los pavimentos flexibles que trabajan como un paquete estructural, se describen:

- Deben ser altamente resistentes, contrarrestando las cargas producidas por el tránsito y evitando deformaciones en su estructura, dentro de lo cual el espesor juega un papel esencial.
- Ser altamente impermeable, recurriendo a un drenaje adecuado, lo cual permite obstaculizar la infiltración de agua y por ende disminuir la afectación de la capacidad de soporte del suelo.
- Duraderos, considerando la acción destructora de los vehículos, el pavimento debe resistir al desgaste y generación de partículas dadas por la circulación vehicular.
- Requerimientos de conservación, para lo cual en su estructura se deben emplear materiales de alta calidad, que dote al pavimento de la resistencia necesaria contra los agentes físicos y químicos de la atmósfera.

- La superficie del pavimento debe brindar comodidad al usuario, de manera que el tránsito fluya de manera efectiva, brindando cualidades de seguridad y confort, para ello se debe lograr una superficie lisa y antideslizante.
- La optimización en costos debe también manifestarse en la flexibilidad del pavimento, permitiendo que este se adapte a posibles fallas presentadas en la base o subbase (pp. 23-24).

#### **1.4 Ciclo de vida del pavimento**

El deterioro continuo y permanente de una vía comienza en el momento en que finaliza su construcción. Al examinar el comportamiento de los pavimentos flexibles, se puede dividir su ciclo de vida en tres fases:

- 1) *Fase de Consolidación.* – En esta fase que da inicio al ciclo de vida del pavimento flexible, las capas se someten a cierta consolidación, como efecto de las cargas vehiculares que transitan por él. Se considera una etapa de corta duración por lo que su estabilidad se recupera rápidamente, siempre y cuando la compactación de las capas haya sido suficiente.
- 2) *Fase Elástica.* – Su inicio se da consecutivamente a la fase anterior, se refiere a la vida útil del pavimento. Al darse la consolidación, las cargas vehiculares generan un tipo de deformación permanente, que en una medida posterior se transforman en deformación transitoria de recuperación inmediata de tipo elástico, de manera explicativa, esto se produce al momento en que cada rueda provoca un movimiento vertical hacia abajo o lo que se conoce como deflexión, que tiende a recuperarse una vez haya pasado el vehículo lo que se conoce como rebote. Cabe esclarecer que, durante esta fase no se producen fallas generalizadas en el pavimento, excepto deformaciones locales debido a la baja calidad de materiales o a la humedad, entre otros. Al transcurrir esta fase, las

deformaciones elásticas que se dan por las cargas, producen a su vez esfuerzos de tensión en las capas asfálticas y de compresión en las granulares. Se debe acotar que esta fase es definitiva en la vida útil del pavimento, que según se ha evidenciado en diversos estudios, aquellos que muestran deflexiones reducidas, tienden a alcanzar una vida útil de mayor temporalidad.

- 3) *Fase de Fatiga*. – Corresponde a la etapa final de la vida útil del pavimento, se produce por el continuo paso vehicular, lo que genera tensiones de tracción a los revestimientos asfálticos, es un proceso que se acumula desde la fase elástica lo que desencadena en el rompimiento de la calzada requiriéndose finalmente la su reconstrucción. Este proceso comienza con la aparición de grietas longitudinales a lo largo de la estructura, que en combinación con las cargas y los agentes externos se produce un colapso de la misma. (Rodríguez & Rodríguez, 2004 citados por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 25)

## **1.5 Mecanismos de Deterioro**

Según explicó Miranda (2010), el deterioro de la estructura de pavimentos flexibles se da bajo tres mecanismos:

- Fisuras y grietas.
- Deterioro superficial
- Otros tipos de deterioro (p. 16).

En referencia a la clasificación anterior, se procede a explicar las definiciones de los deterioros, así como sus posibles causas.

### **1.5.1 Fisuras y grietas.**

#### ***1.5.1.1 Fisuras y grietas por fatigamiento.***

Corresponden a un conjunto de fisuras interconectadas con patrones irregulares, se producen en su mayoría en zonas de repetición de carga. Para este caso, la fisuración suele originarse en

el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción se presentan en mayor magnitud debido a las cargas, y semejando una similitud con la piel de cocodrilo. Es preciso mencionar que este mecanismo de deterioro no se produce comúnmente en carpetas asfálticas colocadas sobre pavimentos de hormigón. (Miranda, 2010, p. 17)

En lo que respecta a las causas, la de mayor frecuencia es la falla por fatiga de la estructura, sin embargo, esta se produce entre otras por:

- Insuficiencia en el espesor de la estructura
- Irregularidad de la subrasante
- Rigidez del asfalto en las zonas de carga
- Inconvenientes de drenaje, lo que incide en la afectación de los materiales granulares
- Deficiencia en la compactación de las capas granulares o asfálticas
- Mezcla asfáltica lograda con procesos inadecuados
- Reparaciones superficiales o con deficiente ejecución. (Miranda, 2010, p. 17)

#### ***1.5.1.2 Fisuras y grietas en bloque.***

Al darse este tipo de fallas el asfalto se divide en bloques de forma rectangular. A diferencia de la piel de cocodrilo que se genera en las áreas de carga, este tipo de fallas suelen aparecer en secciones que no son sometidas a cargas, a pesar de ello, puede darse una transición de fisuras de bloque a piel de cocodrilo debido al tránsito.

Entre las causas que originan este tipo de fisuras se mencionan:

- El uso de materiales inadecuados para el contexto, es decir los materiales empleados en la construcción de la estructura no son aptos para el clima de la zona, lo que provoca contracción del pavimento como consecuencia de la variabilidad de la temperatura.
- Aparición de grietas de contracción, resultantes de materiales estabilizados empleados como base.

- Utilización de asfalto de baja penetración
- El espesor del pavimento resulta inadecuado para los requerimientos de carga y entorno.
- La subrasante no brinda la capacidad de soporte necesaria. (Miranda, 2010, pp. 17-18)

#### ***1.5.1.3 Grietas de borde.***

Estas se presentan de forma longitudinal a semicircular, ubicadas regularmente al borde de la vía, su origen se debe principalmente a la ausencia de berma o también por la diferencia de nivel de la berma y la calzada. Como se ha mencionado anteriormente, suelen aparecer en los bordes de la estructura con una amplitud de hasta 0,60 m2.

Su principal causa se debe a la falta de confinamiento lateral, que ocurre cuando la estructura carece de bordillos, los anchos de berma son insuficientes o existen sobrecarpetas que se extienden hasta el borde del carril, produciéndose un desnivel. Cabe añadir que este mecanismo de deterioro se suele producir también cuando las cargas se sitúan muy cerca del borde, por lo que las fisuras suelen ubicarse entre 0,30 m y 0,60 m de distancia del borde de la calzada. (Miranda, 2010, pp. 18-19)

#### ***1.5.1.4 Fisuras y grietas longitudinales y transversales.***

Durante mecanismo de deterioro se produce una discontinuidad en la carpeta asfáltica, ya sea en dirección al tránsito o transversal a él. Indican la existencia de tensión en alguna de las capas de la estructura, las que en efecto han superado la resistencia del material afectado. (Miranda, 2010, p. 19)

En el primer caso se produce una rotura longitudinal sensiblemente paralela al eje de la carretera, con abertura mayor de 3 mm. Mientras que en el segundo se genera una rotura transversal sensiblemente perpendicular al eje de la carretera, con abertura mayor de 3 mm. (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, 2002, pp. 20-21)

Las causas comunes de las grietas longitudinales son:

- Juntas longitudinales de construcción inadecuadamente trabajadas
- Gradiente térmico superior a los 30° C
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros
- Ligantes (asfaltos) envejecidos. (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, 2002, p. 20)

En el caso de las grietas transversales, las causas comunes son:

- Juntas transversales de construcción inadecuadamente trabajadas.
- Gradiente térmico superior a 30° C.
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros.
- Reflejo de grietas en bases rígidas (losas de hormigón o bases estabilizadas).  
(Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, 2002, p. 21)

#### ***1.5.1.5 Fisuras y grietas reflejadas.***

En términos generales, este tipo de fisuras se provoca cuando se ha ubicado una capa de pavimento asfáltico sobre placas de pavimento rígido, ocasionando la aparición de fisuras que se proyectan en superficie de las juntas de dichas placas.

Las causas que conllevan a este tipo de deterioro por lo regular se originan por los movimientos de las juntas entre placas de pavimento rígido o de los bloques generados por las grietas existentes en éste, los que se producen por la variación de la temperatura y la presencia de humedad. Aunque este tipo de daños no suele atribuirse a las cargas de tránsito, su presencia puede ocasionar mayor severidad del daño. (Miranda, 2010, p. 20)

## **1.5.2 Deterioro superficial.**

### ***1.5.2.1 Parches deteriorados.***

Son áreas de pavimentos que ya habían sido reparadas por medio de parches, siendo estos parches los que se encuentran en deterioro. (González, 2018, p. 32)

Gonzales (2018) explica que una de las causas de este deterioro se debe a que al ser esta una solución provisoria no da solución directa al problema original. Otra razón puede ser que el parche empleado no fue lo suficientemente resistente para el nivel de sollicitación requerido o finalmente por una mala construcción del parche, con una base compactada de manera insuficiente o una mezcla mal diseñada (p. 32).

### ***1.5.2.2 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales.***

El bache es una cavidad usualmente de forma redondeada que se origina por el desprendimiento de la carpeta asfáltica. Para clasificarse como un deterioro de esta naturaleza, debe contar con dimensiones de al menos 150 mm. (Miranda, 2010, p. 21)

Entre las principales causas se consideran, un pavimento no adecuado para la sollicitación de cargas requerido, ataque de agentes externos como el agua por un mal sistema de drenaje. También puede surgir producto de un defecto de la construcción. Derrame de líquidos químicos sobre él y por último quema de objetos sobre el pavimento. (González, 2018, p. 33)

### ***1.5.2.3 Ahuellamiento.***

El ahuellamiento o deformación permanente es un tipo de deterioro que se produce en correspondencia con la huella de circulación de los vehículos con cada aplicación de carga y está representada por la acumulación de pequeñas deformaciones verticales que son irreversibles. Este tipo de falla es favorecido por los efectos combinados de elevadas cargas de tránsito y elevada temperatura (Delbono & Rebollo, 2017, p. 1). Cuando se presenta de

forma significativa conlleva a la existencia de falla estructural del pavimento, lo que hace desencadena en el hidropilado debido al almacenamiento de agua. (Miranda, 2010, p. 21)

Puede originarse por diversas causas, entre ellas: por las propiedades deficientes de los materiales que componen el paquete estructural, propiedades volumétricas erróneas y por las sollicitaciones sobre la estructura debidas al tránsito y las condiciones climáticas (altas temperaturas, cargas pesadas, bajas velocidades de circulación, entre otras.). (Delbono & Rebollo, 2017, p. 2).

#### ***1.5.2.4 Deformación transversal.***

Se ubican principalmente en los bordes de la calzada, y se caracterizan por producirse un hundimiento en la huella y una elevación de las zonas vecinas. (González, 2018, p. 37)

Miranda (2010) explica que este deterioro es producido por la falta de adherencia entre las capas de la estructura, situación que se produce por la presencia de polvo, aceite, agua o algún otro material no adhesivo. Asu vez su aparición es la consecuencia de no haber colocado un riego de liga, o por una inadecuada compactación de la carpeta de superficie y la carpeta inferior que es donde se produce este mecanismo (p. 22).

Las causas que conllevan a este tipo de deterioro, por lo regular son:

- Capacidad estructural inadecuada para el nivel de sollicitaciones
- Ausencia de ligamento entre base granular y las capas asfálticas.
- Exceso de asfalto o inadecuada mezcla. (González, 2018, p. 37)

#### ***1.5.2.5 Exudaciones.***

La exudación es un deterioro en la superficie de una mezcla asfáltica colocada como capa de ruado, donde se nota un alisamiento producto del ascenso de asfalto de la mezcla, combinado

con finos del agregado que la compone. Esta mezcla de material fino y asfalto es conocida como el mástico de la mezcla asfáltica. (Cervantes & Salas, 2016, p. 1)

Entre sus causas se especifican:

- Mala dosificación de la mezcla
- Exceso de asfalto en la mezcla
- Ligantes muy blandos o volúmenes de huecos insuficientes. (González, 2018, p. 38)

Bajo esos mismos lineamientos, Cervantes & Salas (2016) añaden que puede producirse a su vez por un bajo contenido de vacíos de aire, al igual que por exceso de aplicación de un riego de imprimación o de liga en el proceso de construcción, cuyo efecto es alterar el contenido de asfalto que tiene la mezcla diseñada (p. 1).

#### ***1.5.2.6 Desgaste.***

Se caracteriza por una notoria pérdida superficial de la capa de rodadura, dejando expuestos los áridos más gruesos (González, 2018, p. 39), situación que es predispuesta por las cargas de tránsito y agentes ambientales. (Miranda, 2010, p. 23)

A criterio de González (2018) se ocasiona por la utilización de áridos poco tenaces, susceptibles de pulimiento (p. 39).

Mientras que Higuera (2016) aborda las siguientes causas:

- Limitación en la adherencia del asfalto con los agregados
- Dosificación inadecuada de asfalto en la mezcla
- Agentes ambientales (agua, temperatura, agentes abrasivos)
- Pérdida considerable de agregado (p. 42).

### ***1.5.2.7 Pérdida de áridos.***

Son deterioros de la superficie del pavimento causados por el desprendimiento de áridos y pérdida del asfalto o ligante. Lo anterior puede indicar que el asfalto se ha envejecido significativamente. (Miranda J., 2012, p. 28)

Durante este deterioro se produce una pérdida de mortero generado por la inadecuada adherencia de árido y ligantes. Suele ocurrir además por una mezcla asfáltica mal diseñada: áridos sucios, ligante inadecuado o esparcimiento no uniforme. (González, 2018, p. 40)

### ***1.5.2.8 Ondulaciones.***

Las ondulaciones son un daño en forma de valles o crestas que se dan en la superficie del pavimento, se presentan de forma perpendicular con dirección del tránsito, con longitudes menores a 1,0 m. (Miranda, 2010, p. 24)

González (2018) describe entre sus causas principales; un diseño inadecuado de la mezcla, uso de áridos redondeados, ligante blando o dosificación inapropiada. Estructura inadecuada para una zona de frenado o para tramos con pendiente longitudinal muy pronunciadas (p. 41).

## **1.5.3 Otros deterioros.**

### ***1.5.3.1 Descenso de la berma.***

Desde el punto de vista de Burgos (2008) este deterioro corresponde a la diferencia de altura entre el borde externo del pavimento y la berma (p. 59).

Que, según el autor, es causado como producto de una compactación insuficiente, en bermas no revestidas. Principalmente se genera por el tránsito, erosión de la capa superficial por agua que escurre desde el pavimento hacia el borde externo de la plataforma. En zonas frías, con ciclos de hielo y deshielo, se produce por descompactación producida por la penetración de agua. (Burgos, 2008, p. 59)

### ***1.5.3.2 Surgencia de finos y agua.***

De acuerdo con González (2018) este deterioro sucede cuando se da una expulsión de agua mezclada con finos, por medio de las grietas y bordes del pavimento al pasar un vehículo de gran carga, de modo que se forman pequeños baches al borde del pavimento. Se observa también por la superficie con finos luego de que el agua sea retirada. Miranda (2010) por su parte añade que, éste se produce generalmente en pavimentos semirrígidos, y que entre sus causas principales se encuentra:

- Un deficiente sistema de drenaje
- Uso excesivo de finos en la estructura
- Filtración de aguas. (Miranda R. , 2010)

### ***1.5.3.3 Separación de berma y pavimento.***

Al producirse este deterioro aparece una abertura o separación entre la cara externa del borde de la calzada y la berma, cuneta, solera. (González, 2018, p. 44)

De acuerdo con este autor, este tipo de daño se produce como causa del asentamiento y del desplazamiento de la berma, generado por una compactación deficiente. Otra de las causas comunes es el escurrimiento de agua. (González, 2018, p. 45)

### ***1.5.3.4 Consecuencias.***

Cada uno de los mecanismos de deterioro explicados anteriormente, inciden de forma directa como consecuencias negativas para los vehículos e indirectamente en los usuarios de las vías, detallando, por ejemplo:

- Las vías con problemas de deterioro provocan daños sustanciales en los vehículos, incremento en el consumo de combustible, lo que incurre en el incremento de costos de mantenimiento.

- Se producen retrasos o pérdidas de tiempo en lo usuarios, puesto que deberán reducir los límites de velocidad ante la presentación de estos deterioros.
- Pueden generar accidentes de tránsito, pues las vías con este tipo de deterioros producen inestabilidad en las cargas de tránsito.
- Provocan incomodidad en los usuarios, al producirse inestabilidad o sobresaltos.
- Así mismo los pavimentos con distintos niveles de deterioro producen un efecto psicológico en la reacción de los conductores por la inminente preocupación de esquivar las fallas. (Valeriano, 2000 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, pág. 29)

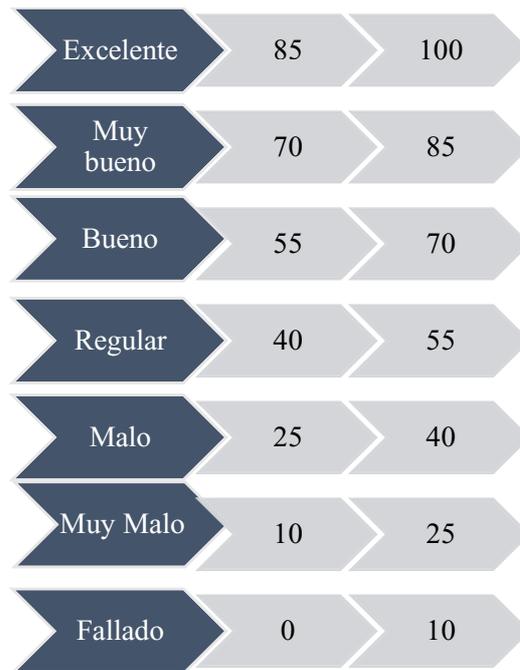
## **1.6 Método Pavement Condition Index (PCI)**

### **1.6.1 Definición.**

Según explica Díaz (2014) el Índice de Condición de Pavimento o Pavement Condition Index por sus siglas en inglés, corresponde a una metodología de gran utilización para la auscultación de pavimentos tanto flexibles como rígidos, este amplio uso se debe a la facilidad de implementación del proceso y a que no requiere de equipo especializado (p. 15).

En concordancia con ello, Pachay (2017) manifiesta que este método resulta de gran efectividad para evaluar el nivel de deterioro de una vía, con el cual se puede determinar el tipo de deterioro presentado, los niveles de severidad y el número de fallas encontradas. Como se menciona anteriormente, para su aplicación no se requiere de herramientas especializadas, más bien se vale de la información de campo que se obtiene de manera visual, siguiendo los parámetros de esta metodología (p. 58).

Para la evaluación del pavimento de acuerdo con el método PCI se hace uso de una escala numérica de valoración, que va desde 0 a 100, correspondiendo a 0 un pavimento fallado o 100 en el caso de pavimentos en perfecto estado. En la figura a continuación se muestran los distintos rangos y las calificaciones a las que se hace referencia:



**Figura 7:** Rangos de Calificación del PCI

**Fuente:** (Díaz, 2014)

Hiliquín (2016) señala que, al existir un número considerable de combinaciones de deterioros, niveles de severidad y densidades posibles, el método PCI permite optimizar el proceso de análisis, al introducir el “valor deducido” mismo que señala el grado de afectación a la condición del pavimento según la combinación de deterioro, severidad y densidad (p. 2).

Cabe señalar que el modelo de funcionamiento del PCI no consiste en medir la capacidad estructural ni brindar una medición directa de la resistencia al deslizamiento o rugosidad, sino que se centra en la determinación de las necesidades de mantenimiento y reparación. En ese sentido, el método PCI es utilizado ampliamente para realizar seguimiento al deterioro del pavimento, lo que facilita la identificación a tiempo de las necesidades de intervención y rehabilitación vial. (ASTM, 2007 citado por Pachay, 2017, p. 60)

### **1.6.2 Materiales e instrumentos.**

Entre los materiales e instrumentos utilizados para la inspección a través del método PCI se describen:



### 1.6.3 Procedimiento de cálculo.

#### 1.6.3.1 Unidades de muestreo.

Vásquez (2002) establece mediante su manual para la metodología PCI, que para este primer procedimiento es necesario dividir la vía en secciones o “unidades de muestreo” de las cuales sus dimensiones presentarán variaciones en torno a los tipos de vías y capas de rodadura, tal como se explica a continuación:

- a) Vías con capa de rodadura asfáltica y una amplitud de menos de 7.30 m: El área de la unidad de muestreo ubicada en rango de  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$  (Vásquez, 2002, p.3). En la tabla 1 se muestran varias relaciones longitud – ancho de una calzada pavimentada.

*Tabla 1:* Longitudes de unidades de muestreo Asfálticas

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

*Fuente:* (Tacza & Rodríguez, 2018); (Figuroa, 2019)

- b) Vías con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud de menos de 7.60 m: Para este caso el área de la unidad de muestreo deberá encontrarse en el rango  $20 \pm 8$  losas. (Arauz, et al. 2011)

#### 1.6.3.2 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.

En las “Evaluación de una red” vial es probable que exista un número considerable de unidades de muestreo, lo que indica mayor inversión de tiempo y recursos, para ello se recomienda emplear un proceso de muestreo. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 32)

En la “**Evaluación de un proyecto**” se debe someter a inspección al total de unidades, pero de resultar imposible, se debe calcular el número mínimo de unidades a evaluar mediante la siguiente ecuación, misma que genera un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 32)

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

Donde:

n: El número de unidades de muestreo que serán evaluadas

N: El número total de unidades de muestre encontradas en la sección del pavimento

e: Margen de error admisible del método PCI de la sección (e = 5%)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades. (Arauz, et al. 2011)

En la etapa inicial de la inspección se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 en el caso de pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 cuando se trata de pavimento de concreto (rango PCI de 35). (Arauz, et al. 2011)

Para las siguientes inspecciones se deberá utilizar la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección realizada previamente en la cual se ha establecido el número mínimo de unidades de muestreo a evaluarse. (Arauz, et al. 2011)

En el caso de que el número mínimo de unidades a evaluar sea inferior a cinco ( $n < 5$ ), es preciso que se sometan a evaluación cada una de las unidades. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 33)

### ***1.6.3.3 Selección de las unidades de muestreo para inspección.***

Para esta etapa se toma lo expuesto por Tacza & Rodríguez (2018) quienes citan a Vásquez, 2002, para mencionar que, durante la selección es recomendable que las unidades presenten

igualdad de espacios a lo largo de la sección del pavimento, eligiendo la primera de ellas al azar, lo que se denomina aleatoriedad sistemática, tal como se muestra a continuación:

- a. El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la Ecuación 2 (Díaz, 2014):

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

Donde:

N: La totalidad de unidades de muestreo

n: El número de unidades de muestreo que serán evaluadas

i: Intervalo de muestreo, redondeando al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 redondea a 3). (Arauz, et al. 2011)

- b. En la parte inicial se deberá hacer una selección al azar entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ . (Arauz, et al. 2011)

Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a evaluar deberá ubicarse entre 1 y 3. Para ello las unidades de muestreo dentro de la evaluación se designan (S), (S + 1), (S + 2), etc. (Arauz, et al. 2011)

En concordancia con el ejemplo dado, si la unidad inicial de muestreo a inspeccionar es 2 y el intervalo de muestreo ( $i$ ) es igual a 3, las unidades contiguas de muestreo a evaluar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Por su parte, al requerir cantidades de daño exactas en el caso de pliegos de licitación (rehabilitación), es preciso que se evalúen todas las unidades de muestreo. (Arauz, et al. 2011)

#### ***1.6.3.4 Selección de unidades de muestreo adicionales.***

Esta selección suele presentar varios inconvenientes, y es que dentro del proceso pueden ser excluidas unidades de muestreo con gran severidad de daño, y así mismo pueden ser incluidas de forma inapropiada unidades con daños que se presentan una sola vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”).

Por lo tanto, para evitar este tipo de inconvenientes, es preciso que se establezca cualquier unidad de muestreo inusual y someterla a inspección representada como una “unidad adicional” y no como una “unidad representativa” o aleatoria. Al adicionarse unidades de muestreo, el cálculo del PCI podrá ser ligeramente modificado previniendo con ello que se dé la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 34)

#### **1.6.4 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo.**

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

Para el cálculo de los valores deducidos Tacza & Rodríguez (2018) describen los siguientes pasos:

- a) Sumar cada tipo y nivel de severidad de daño y para ser registrado en la columna TOTAL del formato PCI-01. Para ello el daño podrá ser medido en área, longitud o por número de acuerdo a su tipo.
- b) Dividir la CANTIDAD de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, para el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo, resultado que deberá expresarse como porcentaje. De este modo se estaría estableciendo la DENSIDAD del daño, de acuerdo al nivel de severidad especificado dentro de la unidad de estudio.
- c) Indicar el VALOR DEDUCIDO de acuerdo a cada tipo de daño y su nivel de severidad, lo cual se consigue mediante las curvas de “*Valor deducido del daño*”, esto según el

tipo de pavimento evaluado. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 34)

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

Con respecto a esta etapa Tacza & Rodríguez (2018) describen los siguientes puntos:

- a) En el caso de que ninguno o solo uno de los “Valores deducidos” sea superior a 2, se utiliza el “Valor deducido Total” en lugar del mayor “Valor deducido corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. Caso contrario, es preciso seguir los pasos 2.b y 2.c
- b) Realizar una lista de los valores deducidos individuales, indicando un orden de mayor o menor.
- c) Establecer el “Número Máximo admisible de valores deducidos” ( $m$ ) para lo cual se empleará la Ecuación 3 señalada a continuación:

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

Donde:

$m_i$ : Corresponde al número máximo permitido de “valores deducidos”, dentro del cual se incluye fracción, para la unidad de muestreo  $i$

$HDV_i$ : Que corresponde al mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ . (Díaz, 2014)

- d) Por último, el número de valores individuales deducidos se reducirá a  $m$ , lo que incluye la parte fraccionaria. En el caso de que disponga de menos valores deducidos que  $m$  deberán de utilizarse todos los que tengan. (Arauz, et al. 2011)

#### **1.6.4.3 Etapa 3. Cálculo del “Máximo valor deducido corregido”, CDV.**

Tacza & Rodríguez (2018) explican que el máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a. Se debe establecer el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.
- b. Establecer el “Valor deducido total” para lo cual se suman todos los valores deducidos individuales.
- c. Establecer el CDV con  $q$  y el “Valor deducido total” mediante la curva de corrección correspondiente al tipo de pavimento.
- d. Es preciso que se reduzca 2.0 al menor de los “Valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y proceder a repetir las etapas 3.a a 3.c hasta que  $q$  sea igual a 1.
- e. El máximo CDV es el mayor de los CDV alcanzados dentro de este proceso. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 35)

#### **1.6.4.4 Etapa 4.**

Calcular el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en etapa 3. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 35)

#### **1.6.5 Cálculo del PCI de una sección del pavimento.**

Dentro de una sección de pavimento se consideran varias unidades de muestreo. Al estar dichas unidades inventariadas, el PCI de la sección estará representado por el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo. (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 35)

Por otra parte, si se ha recurrido a la utilización de la técnica de muestreo, se debe aplicar otro procedimiento. Si la sección de las unidades de muestreo para inspección se realizó a través de la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 36). Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

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

Donde:

PCIs: PCI correspondiente a la sección del pavimento

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

PCIa: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas. (Díaz, 2014)

### 1.7 Tipos de Fallas

De acuerdo con Tacza & Rodríguez (2018) dentro del método PCI se consideran 19 tipos de fallas que se producen de manera común en el deterioro progresivo del pavimento flexible, mismas que se agrupan en 4 categorías detalladas en la tabla a continuación:

**Tabla 2:** Tipos de fallas por categorías

<b>Categorías</b>	<b>Fallas</b>
<b>Fisuras y grietas</b>	Piel de cocodrilo
	Agrietamiento en bloque
	Grieta de borde
	Grieta de reflexión de junta
	Grietas longitudinales y transversales
	Cruce de vía férrea
	Grietas parabólicas
<b>Deformaciones superficiales</b>	Abultamientos y hundimientos
	Corrugación
	Depresión
	Ahuellamiento
	Desplazamiento
	Hinchamiento
<b>Desprendimientos</b>	Huecos
	Desprendimiento de agregados
<b>Otras fallas</b>	Exudación
	Pulimento de agregados
	Desnivel carril / Berma
	Parcheo y acometidas

**Fuente:** (Figuroa, 2019)(Tacza & Rodríguez, 2018)

En los siguientes apartados se explica a detalle el nivel de severidad, medida y opciones de reparación de acuerdo a cada tipo de falla:

### **1.7.1 Piel de cocodrilo.**

Este tipo de fallas se manifiestan como una serie de grietas interconectadas, mismas que se producen por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica. El proceso da inicio en el fondo de la capa asfáltica, para luego propagarse a la superficie formando una serie de grietas longitudinales paralelas. Finalmente, al acentuarse la carga, estas grietas se conectan alcanzando forma de polígonos con ángulos agudos, tomando forma de una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Por lo general sus dimensiones no superan los 0,60 m. Cabe esclarecer que este tipo de falla se da únicamente en pavimentos con cargas repetidas, por ende, no podrían producirse en la totalidad de un área. La piel de cocodrilo se percibe como un daño estructural de gran consideración y usualmente se acompaña de ahuellamiento. (Vásquez, 2002, p. 10)

#### **Niveles de Severidad**

**L (Low: Bajo):** Representado por grietas finas capilares y longitudinales desarrolladas de forma paralela que pueden estar o no interconectadas. En este caso las grietas se encuentran descascaradas, es decir, no hay rotura del material a lo largo de los lados de la grieta. (Figuroa, 2019)

**M (Medium: Medio):** Existe un desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden presentarse ligeramente descascaradas. (Figuroa, 2019)

**H (High: Alto):** Corresponde a una red o patrón de grietas que sistemáticamente evolucionan a tal grado que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Ciertos pedazos pueden moverse bajo el tránsito. (Figuroa, 2019)

## **Medida**

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Para ello se evalúa la coexistencia de niveles de severidad, siendo analizadas por separado, caso contrario se procede a calificar el área total con el mayor nivel de severidad presente. (Vásquez, 2002, p. 10)

## **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta. (Figuroa, 2019)

**M:** Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción. (Figuroa, 2019)

**H:** Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción. (Figuroa, 2019)



*Figura 9 Falla de piel de cocodrilo de baja, media y alta severidad*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 10)

### **1.7.2 Exudación.**

Esta falla se manifiesta como una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, tornándose en una superficie brillante, cristalina y reflectora que por lo general llega a ser pegajosa. Las causas de su aparición se dan por lo general por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacío de aire. (Díaz, 2014)

#### **Niveles de severidad.**

**L:** La exudación se ha presentado forma ligera y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos. (Díaz, 2014)

**M:** La exudación se ha presentado hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año. (Díaz, 2014)

**H:** La exudación se ha presentado de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año. (Díaz, 2014)

### **Medida**

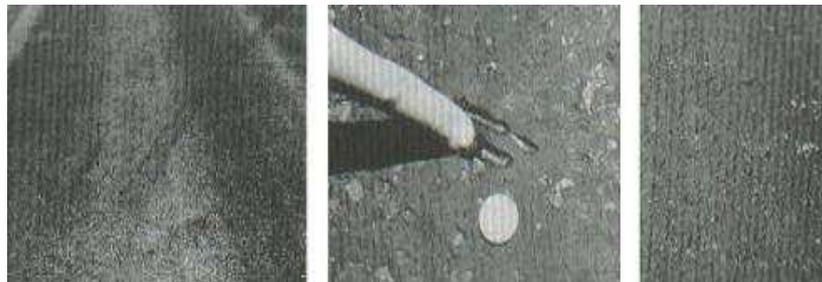
Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. En caso de contabilizar la exudación no es preciso que se contabilice el pulimento de agregados. (Figuroa, 2019)

### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. (Figuroa, 2019)

**M:** Se aplica arena / agregados y cilindrado. (Figuroa, 2019)

**H:** Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario). (Figuroa, 2019)



*Figura 10 De izquierda a derecha, Falla por exudación de baja, media y alta severidad*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 12)

### **1.7.3 Agrietamiento en bloque.**

Corresponden a grietas que producen división del pavimento en bloques de forma rectangular, su tamaño puede variar entre 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Este tipo de falla se da debido a la contracción del concreto asfáltico y las variaciones de temperatura diarias. A

diferencia de la piel de cocodrilo, esta falla no se asocia a las cargas de tránsito, y suelen aparecer en áreas de escasa circulación vehicular. (Vásquez, 2002, p. 14)

### **Niveles de severidad.**

**L:** Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales. (Figueroa, 2019)

**M:** Bloques definidos por grietas de severidad media. (Figueroa, 2019)

**H:** Bloques definidos por grietas de alta severidad. (Figueroa, 2019)

### **Medida.**

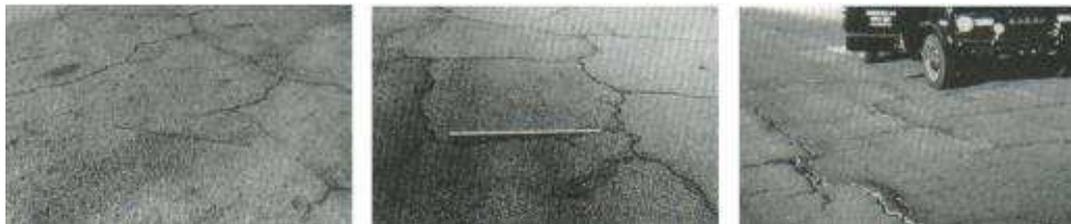
Se mide el área afectada (*ft<sup>2</sup> o m<sup>2</sup>*). En caso de presentarse varios tipos de severidad en una sección de pavimento será preciso medir y anotar de forma separada. (Figueroa, 2019)

### **Opciones de reparación.**

**L:** Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello. (Figueroa, 2019)

**M:** Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y Sobrecarpeta. (Figueroa, 2019)

**H:** Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y Sobrecarpeta. (Figueroa, 2019)



**Figura 11** De izquierda a derecha, Falla por agrietamiento en bloque de baja, media y alta severidad

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 14)

#### **1.7.4 Abultamientos y hundimientos.**

Los abultamientos se localiza en la superficie del pavimento, se presentan como pequeños desplazamientos hacia arriba (Vásquez, 2002, p. 16), entre sus causas se encuentra:

- Combadura de losas de concreto de cemento Pórtland
- Expansión de congelación
- Infiltración del material de una grieta acompañada de cargas de tránsito (tenting)

Por otra parte, los hundimientos son fallas que se desplazan hacia debajo de la superficie del pavimento, mismas que producen ondulaciones sobre grandes áreas del pavimento. (Figueroa, 2019)

#### **Niveles de severidad**

**L:** Los abultamientos o hundimientos provocan una calidad de tránsito de baja severidad. (Figueroa, 2019)

**M:** Los abultamientos o hundimientos provocan una calidad de tránsito de severidad media. (Figueroa, 2019)

**H:** Los abultamientos o hundimientos provocan una calidad de tránsito de severidad alta. (Figueroa, 2019)

#### **Medida**

Se miden en pies lineales (o metros lineales). En caso de aparecer en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y se distancias a menos de 3.0 m, el daño se designa como corrugación. En el caso de que el abultamiento se produzca en combinación con una grieta, ésta también se registra. (Figueroa, 2019)

### **Opciones de reparación.**

**L:** No se hace nada. (Figuroa, 2019)

**M:** Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial. (Figuroa, 2019)

**H:** Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta. (Figuroa, 2019)



*Figura 12 De izquierda a derecha, Falla por abultamiento y hundimientos de baja media y alta severidad*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 14)

### **1.7.5 Corrugación.**

Consiste en una serie de cimas o depresiones perpendiculares a la dirección del tránsito, se producen en intervalos menores a 3,0 m. Su causa se debe a las cargas de tránsito en conjunto con una base inestable. Es importante aclarar que independiente de la causa, al darse abultamientos con intervalos de 3,0 m de distancia, toma como nombre corrugación. (Figuroa, 2019)

#### **Niveles de severidad.**

**L:** Corrugaciones generan una calidad de tránsito de baja severidad. (Figuroa, 2019)

**M:** Corrugaciones generan una calidad de tránsito de mediana severidad. (Figuroa, 2019)

**H:** Corrugaciones generan una calidad de tránsito de alta severidad. (Figuroa, 2019)

#### **Medida**

Se mide en pies cuadrados o metros cuadrados de área afectada. (Vásquez, 2002, p. 18)

## Opciones de reparación

**L:** No se hace nada. (Figuroa, 2019)

**M:** Reconstrucción. (Figuroa, 2019)

**H:** Reconstrucción. (Figuroa, 2019)



*Figura 13 De izquierda a derecha, Falla por corrugación de baja, media y alta severidad.*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 18)

### 1.7.6 Depresión.

Son fallas que se sitúan en la superficie del pavimento, tomando niveles más bajos que este (Figuroa, 2019). En el caso de pavimento seco, su detección es visible debido a las manchas causadas por el agua almacenada. Sus causas se deben al asentamiento de la subrasante o por una construcción mal ejecutada. Se caracterizan porque al tener la profundidad suficiente o se llena de agua provocan hidropilano (Vásquez, 2002, p. 20). Los hundimientos a diferencia de las depresiones son las caídas bruscas del nivel. (Figuroa, 2019)

#### Niveles de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

**L:** 13.0 a 25.0 mm. (Figuroa, 2019)

**M:** 25. A 51.0 mm. (Figuroa, 2019)

**H:** Más de 51.0 mm. (Figuroa, 2019)

## **Medida**

Se mide el área afectada (*ft<sup>2</sup> o m<sup>2</sup>*). (Vásquez, 2002, p. 20)

## **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. (Figuroa, 2019)

**M:** Parcheo superficial, parcial o profundo. (Figuroa, 2019)

**H:** Parcheo superficial, parcial o profundo. (Figuroa, 2019)



*Figura 14 De izquierda a derecha, Falla por depresión de baja, media y alta severidad.*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 20)

### **1.7.7 Grieta de borde.**

Se presentan de forma paralela y se ubican en distancias entre 0.30 y 0.50 m del borde exterior del pavimento. Su aparición se debe al debilitamiento de la subrasante por causas climáticas y se acelera con las cargas de tránsito (Vásquez, 2002, p. 22). El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo a la forma en cómo se agrieta. (Figuroa, 2019)

#### **Niveles de severidad**

**L:** Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento. (Figuroa, 2019)

**M:** Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento. (Figuroa, 2019)

**H:** Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde. (Figuroa, 2019)

## **Medida**

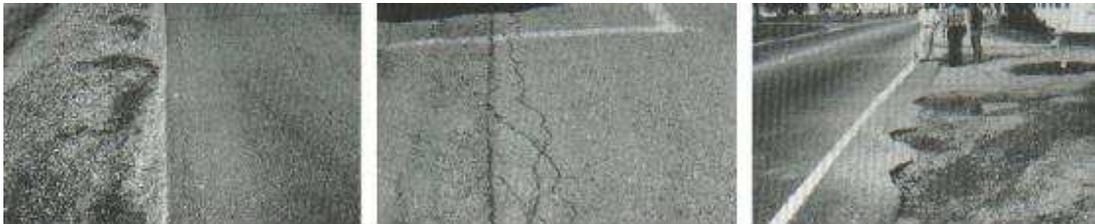
Se mide en pies lineales o metros lineales. (Díaz, 2014)

## **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm. (Figuroa, 2019)

**M:** Sellado de grietas. Parcheo parcial – profundo. (Figuroa, 2019)

**H:** Parcheo parcial – profundo. (Figuroa, 2019)



*Figura 15 De izquierda a derecha, Falla por grietas de borde de baja, media y alta severidad.*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 22)

### **1.7.8 Grieta de reflexión de junta.**

Este tipo de falla se da únicamente en superficies asfálticas construidas con losa de concreto de cemento Portland. Se originan por el movimiento de dicha losa, además de agentes externos como la temperatura y humedad, dadas bajo la superficie de concreto asfáltico. Aunque su causa no se debe a las cargas de tránsito, la presencia de estas puede causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. (Vásquez, 2002, p. 24)

#### **Niveles de severidad**

**L:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. (Díaz, 2014)
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

(Díaz, 2014)

**M:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. (Díaz, 2014)
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. (Díaz, 2014)
3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. (Díaz, 2014)

**H:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. (Díaz, 2014)
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. (Díaz, 2014)
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada). (Díaz, 2014)

### **Medida**

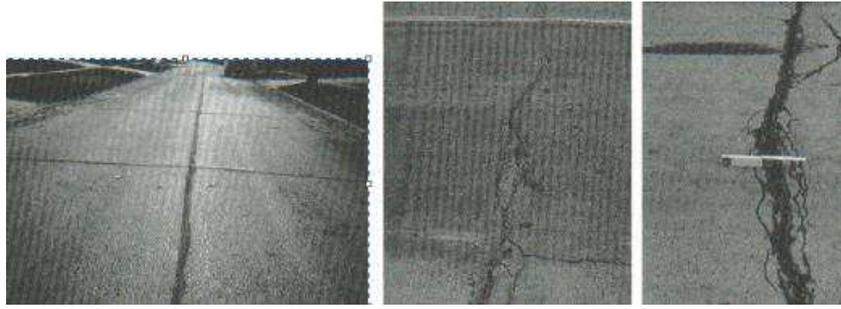
Se mide en pies lineales (o metros lineales) (Vásquez, 2002, p. 24). La longitud y nivel de severidad de cada grieta deberán ser registradas por separado. Por ejemplo, en el caso de una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. En caso de que se presente un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse. (Figueroa, 2019)

### **Opciones de reparación**

**L:** Sellado para anchos superiores a 3.00 mm. (Figueroa, 2019)

**M:** Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial. (Figueroa, 2019)

**H:** Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta. (Figueroa, 2019)



**Figura 16** De izquierda a derecha, Falla por grieta de reflexión de junta de baja, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 24)

### **1.7.9 Desnivel carril/ Berma.**

Se produce por un desnivel entre el borde del pavimento y la berma (Vásquez, 2002, p. 26). Originándose por la erosión de la berma, el asentamiento de berma o por la colocación de sobre carpetas en la calzada sin que se ajuste el nivel de la berma. (Figuroa, 2019)

#### **Niveles de severidad.**

**L:** La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma esta entre 25 y 51 mm. (Díaz, 2014)

**M:** La diferencia está entre 51 y 102 mm. (Díaz, 2014)

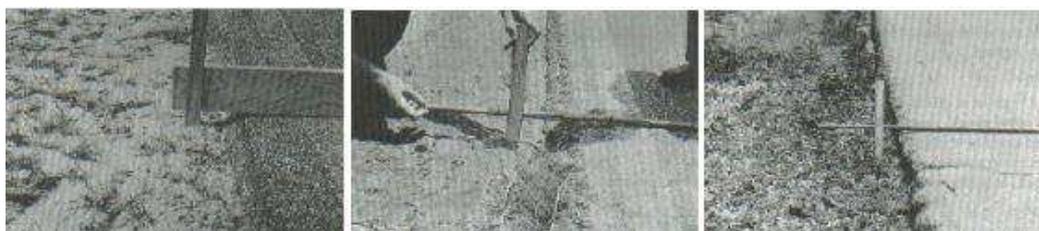
**H:** La diferencia en elevación es mayor que 102 mm. (Díaz, 2014)

#### **Medida**

El desnivel carril / Berma se mide en pies lineales o metros lineales. (Figuroa, 2019)

#### **Opciones de reparación**

**L, M, H:** Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril. (Figuroa, 2019)



**Figura 17** De izquierda a derecha, Falla por desnivel Carril - Berma de baja, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 26)

### **1.7.10 Grietas longitudinales y transversales.**

Según indica Vásquez (2002) este tipo de fallas se encuentran paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento con deficiente construcción. (Figuroa, 2019)
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico a causa de bajas temperaturas, al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura. (Figuroa, 2019)
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, en este caso se incluyen las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto. (Figuroa, 2019)

Generalmente este tipo de fallas no se relacionan con las cargas de tránsito, y característicamente se extienden en ángulos rectos al eje del pavimento. (Vásquez, 2002, p. 28)

#### **Niveles de severidad**

**L:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. (Díaz, 2014)
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).  
(Díaz, 2014)

**M:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. (Figuerola, 2019)
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. (Figuerola, 2019)
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas. (Figuerola, 2019)

### **Medida**

Se miden en pies lineales (ó metros lineales) (Vásquez, 2002, p. 28). La longitud y severidad de cada grieta se registran posterior a su identificación. En caso de que la grieta no muestre el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse. (Figuerola, 2019)

### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm. (Figuerola, 2019)

**M:** Sellado de grietas. (Figuerola, 2019)

**H:** Sellado de grietas. Parcheo parcial. (Figuerola, 2019)



**Figura 18** De izquierda a derecha, Grietas longitudinales / transversales de baja, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 28)

### **1.7.11 Parcheo y acometidas de servicios públicos.**

El parcheo es una medida empleada con la finalidad de reemplazar un área del pavimento con material nuevo. Un parche se concibe como un defecto sin importar qué tan bien se comporte. (Vásquez, 2002, p. 30)

#### **Niveles de severidad.**

**L:** El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor. (Díaz, 2014)

**M:** El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media. (Díaz, 2014)

**H:** El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución. (Díaz, 2014)

#### **Medida**

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada (Vásquez, 2002, p. 30). Aunque se consideran varios parámetros, por ejemplo: si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento. (Figuerola, 2019)

#### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. (Figuerola, 2019)

**M:** No se hace nada. Sustitución del parche. (Figuerola, 2019)

**H:** Sustitución del parche. (Figuerola, 2019)



**Figura 19** De izquierda a derecha, Parches y acometidas de baja, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 30)

#### **1.7.12 Pulimento de agregados.**

Este tipo de fallas es ocasionado por la repetición de las cargas de tránsito, El agregado al tornarse suave al tacto, reduce la adherencia con las llantas del vehículo. Por su parte cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no aporta significativamente para reducir la velocidad del vehículo (Vásquez, 2002, p. 32). El pulimento de agregados debe establecerse como tal cuando al evaluar una vía, la extensión de este sobre la superficie es desagradable y suave al tacto (Figueroa, 2019). Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa. (Tapia, 2018)

#### **Niveles de severidad.**

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto. (Díaz, 2014)

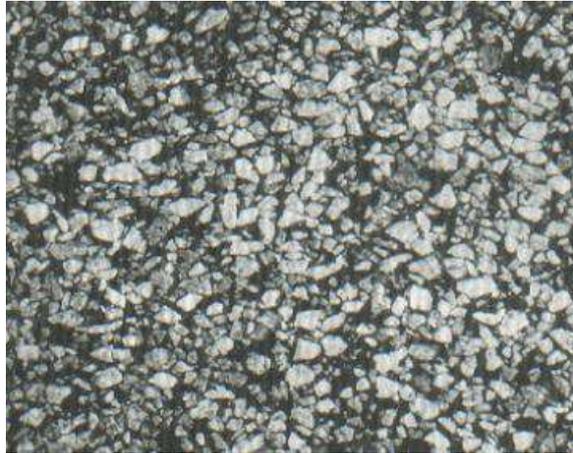
#### **Medida**

Se mide en pies cuadrados o metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados. (Figueroa, 2019)

## Opciones de reparación

**L, M, H:** No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.

(Figuroa, 2019)



*Figura 20 Pulimento de agregados.*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 32)

### 1.7.13 Huecos.

Corresponde a depresiones pequeñas situadas en la superficie del pavimento, que alcanzan diámetros de menos de 0.90 m y presentan forma de tazón (Vásquez, 2002, p. 33). Su crecimiento aporta a la acumulación de agua dentro de este. Son producidos cuando el tráfico desprende pequeños pedazos de la superficie del pavimento. Presentan un nivel progresivo por las mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. (Figuroa, 2019)

#### Niveles de severidad.

Los niveles de severidad para los huecos con un diámetro menor a 762 mm se basan en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la Tabla 3. (Figuroa, 2019)

Si el diámetro del hueco supera los 762 mm, es preciso que se mida el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para de este modo hallar el número de huecos equivalentes. En caso de que la profundidad fuese menor o igual que 25.0 mm, los

huecos se categorizan dentro de una severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad es alta. (Figuroa, 2019)

**Tabla 3:** Niveles de severidad para huecos

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
>25.4 a 50.8 mm	L	M	H
>50.8 mm	M	M	H

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 33); (Díaz, 2014)

### Medida

Los huecos se proceden a medir clasificando y contabilizando según su severidad, baja, media y alta, para posteriormente ser registrados por separado. (Figuroa, 2019)

### Opciones de reparación

**L:** No se hace nada. Parcheo parcial o profundo. (Figuroa, 2019)

**M:** Parcheo parcial o profundo. (Figuroa, 2019)

**H:** Parcheo profundo. (Figuroa, 2019)



**Figura 21** De izquierda a derecha, Falla por huecos de baja, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 33)

### 1.7.14 Cruce de vía férrea.

Los efectos asociados al cruce de vía férrea corresponden a depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. (Díaz, 2014)

### **Niveles de severidad**

**L:** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad. (Figuroa, 2019)

**M:** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media. (Figuroa, 2019)

**H:** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta. (Figuroa, 2019)

### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada (Vásquez, 2002, p. 35).

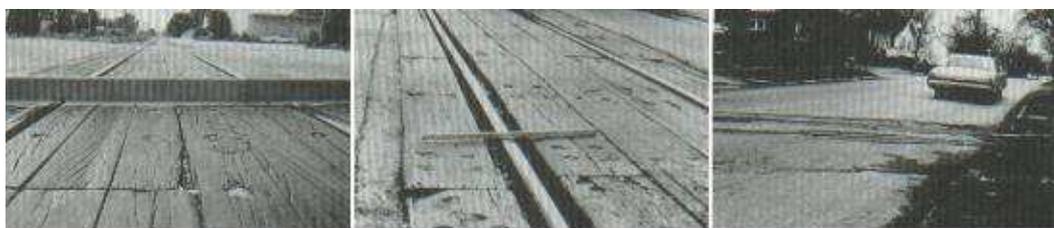
En caso de que el cruce no esté afectando la calidad de tránsito no es necesario su registro. Por otra parte, al existir un abultamiento de considerable magnitud y que se origine por los rieles debe registrarse como parte del cruce. (Figuroa, 2019)

### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. (Figuroa, 2019)

**M:** Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce. (Figuroa, 2019)

**H:** Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce. (Figuroa, 2019)



**Figura 22** De izquierda a derecha, Falla en cruce de vía férrea de baja, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 35)

### **1.7.15 Ahuellamiento.**

Corresponde a una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas (Vásquez, 2002, p. 37). Aunque de darse con el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, se podrá percibir solamente después de la lluvia, al llenarse de agua. Se origina por una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, que se genera por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. (Figuroa, 2019)

#### **Niveles de severidad.**

Profundidad media del ahuellamiento. (Vásquez, 2002, p. 37)

**L:** 6.0 a 13.0 mm. (Figuroa, 2019)

**M:** >13.0 mm a 25.0 mm. (Figuroa, 2019)

**H:** >25.0 mm. (Figuroa, 2019)

#### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada y su severidad se establece por la profundidad media de la huella (Vásquez, 2002, p. 37). Esta profundidad se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, procediendo a medir su profundidad, las medidas tomadas a lo largo del ahuellamiento se utilizan para calcular la profundidad media. (Figuroa, 2019)

#### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta. (Figuroa, 2019)

**M:** Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta. (Díaz, 2014)

**H:** Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado sobrecarpeta. (Díaz, 2014)



**Figura 23** De izquierda a derecha, Falla por ahuellamiento de baja, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 37)

### **1.7.16 Desplazamiento.**

Se presenta como un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento, se generan al momento en que el tránsito empuja contra el pavimento, produciendo una onda corta y abrupta en la superficie (Vásquez, 2002, p. 39). Su aparición es común en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). (Figuroa, 2019)

Además, suelen ocurrir cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando esta falla. (Figuroa, 2019)

#### **Niveles de severidad**

**L:** El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. (Figuroa, 2019)

**M:** El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media. (Díaz, 2014)

**H:** El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad. (Díaz, 2014)

#### **Medida**

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Este tipo de fallas son tomados a consideración para el inventario de daños como parches, no como un daño separado. (Figuroa, 2019)

## Opciones de reparación

**L:** No se hace nada. Fresado. (Figuroa, 2019)

**M:** fresado. Parcheo parcial o profundo. (Figuroa, 2019)

**H:** Fresado. Parcheo parcial o profundo. (Figuroa, 2019)



*Figura 24 De izquierda a derecha, falla por desplazamiento de baja, media y alta severidad.*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 39)

### 1.7.17 Grietas parabólicas.

Son grietas causadas por deslizamiento, toman forma de media luna creciente (Vásquez, 2002, p. 41). Se generan cuando las ruedas que frenan o giran producen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Se da en mezcla asfáltica de baja resistencia o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Cabe esclarecer que este tipo de falla no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada. (Figuroa, 2019)

#### Niveles de severidad

**L:** Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm. (Díaz, 2014)

**M:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0mm. (Figuroa, 2019)
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados. (Figuroa, 2019)

**H:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. (Díaz, 2014)
2. El área alrededor de la grieta esta fracturada en pedazos fácilmente removibles. (Díaz, 2014)

### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) y se califica de acuerdo con el nivel de severidad más alto presente en este tipo de falla. (Figuroa, 2019)

### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. Parcheo Parcial. (Figuroa, 2019)

**M:** Parcheo parcial. (Figuroa, 2019)

**H:** Parcheo Parcial. (Figuroa, 2019)



**Figura 25** De izquierda a derecha, Falla por grietas parabólicas, media y alta severidad.

**Fuente:** (Vásquez, 2002, p. 41)

### **1.7.18 Hinchamiento.**

Se evidencia como un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, toma forma de una onda larga y gradual, la longitud está por encima de los 3.0 m (Figuroa, 2019). Es producto de congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos y se acompaña de agrietamiento superficial. (Vásquez, 2002, p. 43)

### **Niveles de severidad.**

**L:** El hinchamiento produce calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento en esta instancia es complejo de visualizar, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. En caso de existir hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba. (Figuroa, 2019)

**M:** El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media. (Figuroa, 2019)

**H:** El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad. (Figuroa, 2019)

### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. (Figuroa, 2019)

### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. (Figuroa, 2019)

**M:** No se hace nada. Reconstrucción. (Figuroa, 2019)

**H:** Reconstrucción. (Figuroa, 2019)



*Figura 26 Nivel de severidad en hinchamiento.*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 43)

### **1.7.19 Desprendimiento de agregados.**

Corresponde a la pérdida de la superficie del pavimento, que se produce a su vez por la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado, su aparición indica el empleo de mezcla de baja calidad (Figueroa, 2019). A más de ello esta falla se produce por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. De igual manera podría deberse al derramamiento de aceites. (Vásquez, 2002, p. 44)

#### **Niveles de severidad**

**L:** Se empieza a producir pérdida de agregados o el ligante. En ciertas áreas la superficie inicia a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede visualizarse la mancha del mismo, en lo que respecta a la superficie, es dura y no puede penetrarse con una moneda. (Figueroa, 2019)

**M:** Se ha producido pérdida de agregados o el ligante. La textura superficial se muestra moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda. (Figueroa, 2019)

**H:** Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial se muestra muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas alcanzan diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto. (Figueroa, 2019)

#### **Medida**

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. (Vásquez, 2002, p. 44)

#### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial. (Figueroa, 2019)

**M:** Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. (Figuroa, 2019)

**H:** Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción. (Vásquez, 2002, p. 44)

Para los niveles **M** y **H**, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial. (Figuroa, 2019)



*Figura 27 De izquierda a derecha, Falla por desprendimiento de agregados de baja, media y alta severidad.*

*Fuente:* (Vásquez, 2002, p. 44)

### **1.8 Mantenimiento del Pavimento Flexible.**

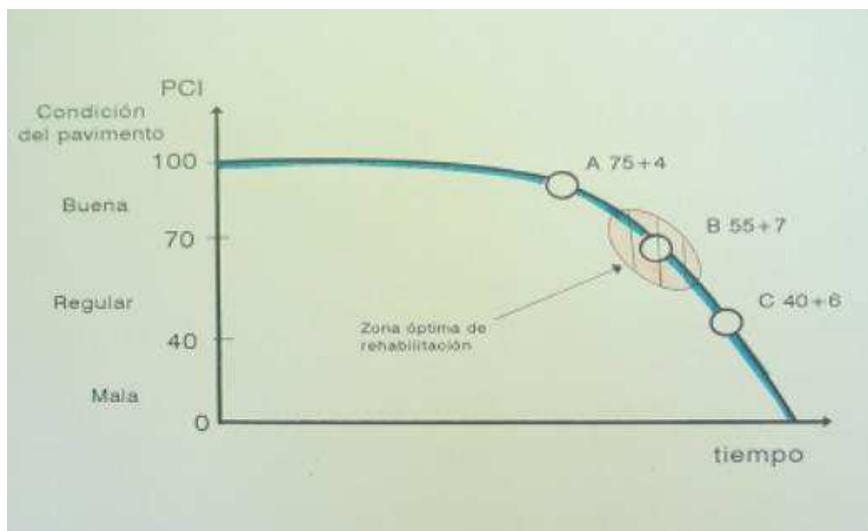
Quintero & Sánchez (2015) describen que el mantenimiento consiste en conservar un elemento en buen estado de operación, lo que involucra pruebas, servicio, ajustes, inspecciones, reemplazo, reconstrucción y operación. Para el caso del mantenimiento de pavimentos es el trabajo rutinario realizado para conservar el pavimento, bajo la acción normal de tráfico y de las fuerzas de la naturaleza, en condiciones tan semejantes como sea posible a las del pavimento recién construido.

Carrión, Daza, Rojas, Sánchez & Tapia (2017) señalan que como factor importante para determinar el tipo de mantenimiento o reparación que hay que realizar en la vía, se debe de especificar la severidad del daño. Así mismo consideran que el rendimiento del pavimento depende de cuándo y cómo se realiza el mantenimiento.

Es importante además tomar a consideración que la estructura del pavimento sufrirá daño y deterioro inclusive cuando haya sido debidamente diseñado y construido de acuerdo con todas las especificaciones y normas de calidad. Mientras las demás obras de ingeniería tienen una

vida indefinida, los pavimentos viales tienen una vida definida; aún con un mantenimiento óptimo alcanzarán un punto de falla (Jugo, 2005, p. 2). Partiendo de este criterio, se puede deducir que los pavimentos son quizá la única estructura de ingeniería diseñada para que presente falla en un tiempo preestablecido. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 59).

En la Figura 28 se muestra la curva de deterioro en relacionada al tiempo de desempeño de los pavimentos, considerando además los factores que inciden en el deterioro:



**Figura 28** Curva de deterioro en función del tiempo en pavimentos.

**Fuente:** (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 59).

En la figura anterior se indican los valores de la condición del pavimento con indicadores cualitativos y cuantitativos establecidos por el método PCI (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 59). Conjuntamente se evidencian tres puntos de gran relevancia dentro de dicha curva, explicados a continuación:

- Punto A: El pavimento muestra indicios de deterioro requiriendo acciones correctivas o de mantenimiento rutinario (sellado de grietas, reparación de huecos y bacheo menor. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 60)

- Punto B: El deterioro se incrementa de manera considerable, para lo cual se deben emplear acciones correctivas a tiempo por estar dentro de la zona “óptima de rehabilitación”. Hasta este punto la estructura del pavimento y la calidad no han sufrido gran afectación. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 60)
- Punto C: El pavimento se encuentra en estado crítico tanto en lo funcional como estructural. En este nivel ya es necesario emplear costosas acciones de mantenimiento, rehabilitación y construcción. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 60)
- La condición del pavimento presenta un estado crítico, tanto en lo funcional como estructural. En este punto, por lo general se demandan costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o reconstrucción. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 60)

Los puntos anteriormente descritos son esenciales al momento de definir un plan de mantenimiento y rehabilitación que sea óptimo y oportuno. Siguiendo la línea de ideas, el punto A involucra a pavimentos con valores PCI entre 71 y 79, el punto B un PCI de entre 48 y 62, y el punto C un PCI de entre 34 y 46. (Tacza & Rodríguez, 2018, p. 60)

Ahora, las acciones dentro del punto B son indispensables para lograr un mantenimiento adecuado, al ubicarse dentro de la zona óptima de rehabilitación pueden aplicarse acciones optimizando tiempo y recursos. Se ha evidenciado un rápido deterioro entre los puntos B y C, por ello dentro de este periodo de transición la intervención debe ser eficaz, pues al caer al punto C los costos por rehabilitación se incrementan de 3 a 5 veces más de lo que podría costar entre B y C. Esto se traduce a que un corto periodo de tiempo conlleva a un importante incremento de costo. El incremento en la rata de deterioro, en los puntos explicados se deben al efecto del tráfico y los agentes atmosféricos sobre un pavimento envejecido y debilitado. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 60)

### 1.8.1 Tipo de mantenimiento.

Tacza & Rodríguez (2018) explican que el mantenimiento puede clasificarse en dos categorías de acuerdo al fin que se busca, como son el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo, el primero abarca las actividades de protección al pavimento y mitigar la progresión de las fallas, mientras que el segundo establece las actividades de corrección de fallas específicas o de áreas de pavimento afectadas (p. 61).

En concordancia con ello, se explica que los mantenimientos pueden ser de tipo menor y mayor, uno trabaja sobre áreas específicas reparando fallas localizadas, y el otro abarca toda el área de un tramo. Por lo general para proceder con un mantenimiento de tipo mayor, debieron realizarse modificaciones menores al pavimento. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 61)

En la figura a continuación se grafica la correlación de los tipos de mantenimiento considerando escalas y referencias cualitativas y cuantitativa según el método PCI:

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

**Figura 29** Zonas de mantenimiento según valor del PCI.

**Fuente:** (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 60)

Centrando el análisis mantenimientos de tipo mayor y menor, se debe especificar que, el mantenimiento menor se aplica en áreas inferiores a 300 m<sup>2</sup>, para lo cual existen diversas acciones mencionadas a continuación:

- Sellado de grietas
- Sellado superficial
- Bacheo superficial
- Bacheo profundo. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 62)

Para el mantenimiento de tipo mayor se recurre a emplear lo siguientes procedimientos:

- Tratamientos superficiales
- Capas asfálticas
- Remoción por fresado
- Reciclado. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 62)

## **2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.**

## **2.1 Lugar de Estudio**

### **2.1.1 Justificación e importancia de la vía.**

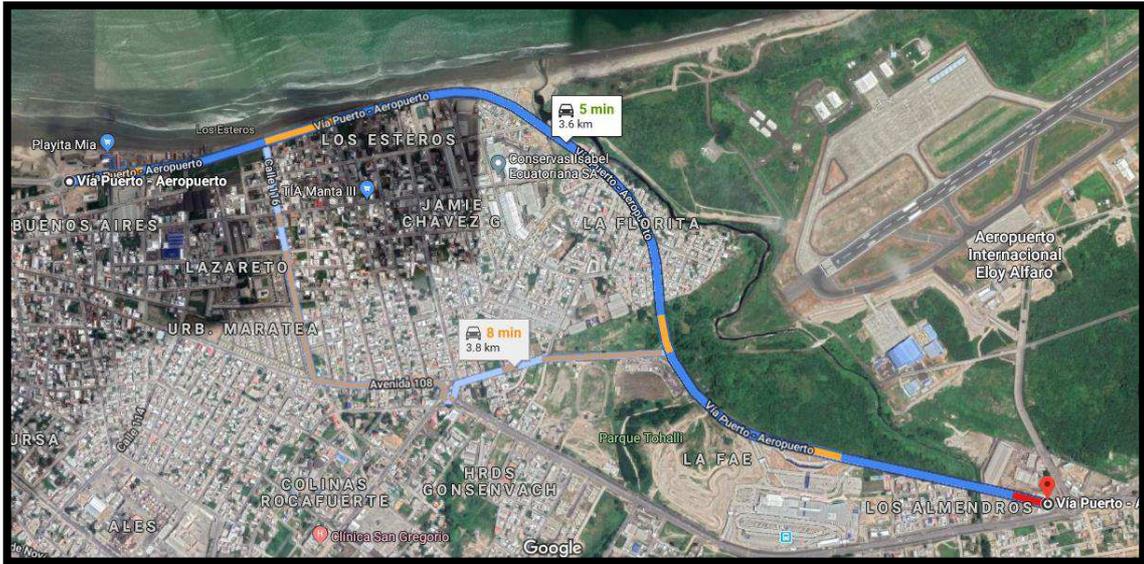
El tramo de estudio a intervenir está ubicado en la Av. Puerto Aeropuerto, la misma que está considerada como una de las arterias principales de la ciudad de Manta, esta vía recorre la parte turística e industrial de Tarqui y Los Esteros pasando por el Astillero ubicado a la altura de la Calle 112, dicho tramo presenta un alto grado de deterioro, afectando a los mismos ciudadanos como a los conductores y turistas, no obstante, el paso del tránsito pesado daña y desgasta la carpeta de rodadura, teniendo en cuenta que su conservación y mantenimiento no ha sido efectuado.

La justificación del presente estudio reside en la necesidad de evaluar el estado actual del pavimento flexible del tramo en cuestión, debido a que se pueden observar fallas en la carpeta de rodadura mismas que generan incomodidad a los ciudadanos y al paso de los vehículos ya sean de transporte público como privados, al evaluar dicho tramo se pretende plantear posibles alternativas de intervención que ayuden a la conservación de la carpeta de rodadura.

#### Características del Tramo de Estudio

El tramo de estudio es el Tramo II que se encuentra en la carretera Puerto – Aeropuerto, siendo una de las avenidas más importantes de la ciudad de Manta perteneciente a la provincia de Manabí, se considera una vía de gran relevancia puesto que conecta las carreteras Manta – Montecristi y Manta – Rocafuerte, por la cual se movilizan diversos tipos de vehículos.

El tramo de estudio delimitado comprende desde el sector de “La Poza” hasta el redondel del Aeropuerto en el Paso Lateral de Manta con 3.6 Km de longitud aproximadamente como se muestra en la Figura N°29.



**Figura 30** Tramo II – Carretera Puerto-Aeropuerto. Fuente: Google Earth.

Elaborado por: el Autor.

Debido a que la vía Puerto–Aeropuerto tiene doble sentido, se proceden a analizar 3600 metros lineales de vía para cada sentido.

El punto de partida es el redondel del parque del marisco, exactamente desde la construcción del nuevo museo naval (Ver figura 30). Desde dicho punto se recorren 3.600 metros lineales en cada sentido de la vía Puerto-Aeropuerto. El punto final del análisis se sitúa en el redondel del Aeropuerto, a la altura de la Gasolinera Petrovelca. Ver figura 31.



**Figura 31** Inicio de la zona de estudio.

Como se observa en la figura anterior, el punto de partida de estudio se señala con color amarillo, el color rojo indica los sentidos de la vía Puerto-Aeropuerto, y el con color celeste se indica la construcción del nuevo museo Naval.



*Figura 32 Final de zona de estudio.*

Del mismo modo en la figura 31 se evidencian los puntos estratégicos del estudio, señalando con amarillo el punto indicador del final del estudio, con rojo los sentidos de la vía Puerto-Aeropuerto y con celeste la gasolinera Petrovelca.

### **2.1.2 Características geométricas.**

De acuerdo con las mediciones en el campo se obtuvieron los siguientes datos:

- Longitud de la vía: 3600 Metros
- Ancho de Calzada: 17.50 Metros
- Número de Carriles: 4
- Tipo de Pavimento: Flexible

## **2.2 Material**

### **2.2.1 Población.**

La población a la que se hace referencia en el presente proyecto es el tramo II de la carretera Puerto-Aeropuerto ubicada entre el redondel del Parque del Marisco y el redondel del Aeropuerto, el cual consta de 3600 m de largo y 17.5 m de ancho.

### **2.2.2 Muestra.**

Para proceder a la aplicación del método del PCI es preciso en primera instancia dividir el tramo de estudio en Unidades de Muestra (UM), mismas que deben de cumplir con lo siguiente, en vías con capa asfáltica y con ancho menor que 7.30 m, el área debe situarse en un rango de entre  $230.0 \pm 93.0 m^2$ . Para este caso el ancho de calzada de 17.50 m se procede a dividir para los dos sentidos de circulación que tiene la vía, quedando un ancho de 8.75 m para cada sentido en donde se adopta una unidad de muestreo de 30 metros, para ello se procedió a dividir la vía en 120 unidades de muestreo con longitudes de 30 m cada una para cada sentido de la vía, haciendo un total de 240 muestras de unidades, obteniendo una área de  $262.5 m^2$  por unidad de muestra, que está dentro del Rango de Unidades de Muestra mencionada.

## **2.3 Método**

### **2.3.1 Nivel de investigación.**

La presente tesis se alinea a un modelo de investigación descriptiva, debido a que especifica el proceso de identificación de fallas y deterioros recurrentes en la carpeta asfáltica según sus características, para posteriormente ser clasificadas mediante el Método del PCI de acuerdo con su severidad, determinando de este modo la condición actual en la que se encuentra el pavimento flexible en dicha zona de estudio.

### **2.3.2 Diseño de investigación.**

Para este caso se ha recurrido a la investigación de campo, a través de la cual se ha podido recabar los datos in situ, utilizando la visibilidad como herramienta para identificar las fallas y deterioros sin manipular la zona de estudio.

Tal como explican Palella & Martins (2012):

La investigación de campo se encarga de recopilar datos directamente de la realidad donde se suscitan los hechos, sin manipular o controlar las variables. Dentro del cual se estudian los fenómenos sociales en su ambiente natural, cabe esclarecer que, en este modelo, el investigador no manipula variables porque se puede perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiestan.

### **2.3.3 Procedimientos, métodos y estructuras de análisis.**

Para la ejecución de los procesos que intervienen en la presente investigación, y con miras a alcanzar los objetivos preestablecidos, se debieron desarrollar los siguientes pasos:

- Recopilar la información requerida
- Acudir al área seleccionada como estudio de campo
- Proceder al análisis de los datos recabados
- Desarrollar un informe final donde se evidencien e interpreten los resultados.

#### ***2.3.3.1 Reunir la información.***

Consiste en reunir toda la información necesaria para lograr buenas bases informativas y así poder desarrollar el trabajo, se realizan consultas bibliográficas prácticas y teóricas de la metodología empleada PCI, también se reúne información de textos acerca de daños y deterioros en todo lo que comprende a pavimentos flexibles, mismo que serán de gran ayuda para reconocer los tipos de fallas existentes en la zona de estudio.

### ***2.3.3.2 Visita y trabajo de campo.***

El Método PCI tiene una etapa de trabajo de campo para detectar deterioros y fallas en el pavimento bajo estudio y otra de gabinete donde se procesa la información recolectada en campo para hacer el análisis de los resultados obtenidos en la zona de estudio y los que se obtienen analíticamente.

Se realizó un recorrido en marcha lento por todo el tramo, mismo que tenía los siguientes propósitos:

- Observar si existen a simple vista tramos distintos en cuanto a la composición del pavimento y geometría del mismo.
- Observar ubicación y estado general de las facilidades de cierres parciales para efectuar la inspección detallada de campo.
- Ver si existen variaciones notables de las condiciones del pavimento entre uno y otro carril.

Una vez concluido el recorrido se procedió a levantar la información correspondiente mediante una hoja de datos en donde se registran los datos principales de la muestra de estudio, tales como fecha, ubicación, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de fallas, grado de severidad, cantidades y datos de los encargados de la inspección.

### ***2.3.3.3 Análisis de los datos.***

La técnica para el procesamiento de los datos recolectados en la zona de estudio según el Método del PCI se realizó a través del siguiente proceso:

- En Campo: Se rellena el formato de recolección de datos en la zona de estudio según el Método del PCI, mediante el siguiente proceso, primero se reconoce y se ubican las fallas a lo largo del tramo, luego, las fallas se clasifican según su tipo, cantidad y

severidad, para finalmente obtener el total de las fallas presentes en cada unidad de muestra. Ver figura 33.

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS											ESQUEMA				
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL															
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION:	1		UNIDAD DE MUESTRA:	UM-01							
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA:	16/07/2019		AREA UNIDAD:	262.5 M2							
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )				6.- Depresión (m <sup>2</sup> )				11.- Parche (m <sup>2</sup> )				16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )			
2.- Exudación (m <sup>2</sup> )				7.- Grieta de borde (m)				12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )				17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )			
3.- Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )				8.- Grieta reflejada (m)				13.- Baches (u)				18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )			
4.- Elevación/Hundimiento (m)				9.- Desnivel calzada/paseo (m)				14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )				19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )			
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )				10.- Grietas transversales y longitudinales (m)				15.- Roderas (m <sup>2</sup> )							
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)		
1H	6	4	4.5								14.5	5.52	54		
1M	4	2.2	3	4.2							13.4	5.10	39		
3L	2	4	2.8	4							12.8	4.88	5		
4L	1.8	2									3.8	1.45	4		
10L	2	2.5	2								6.5	2.48	2		
10M	3	1.5	2.5								7	2.67	8		
13M	3										3	1.14	32		
19L	140										140	53.33	12		
											<b>TOTAL VD</b>		<b>156</b>		

Figura 33 Hoja de registro de datos en campo de la UM-01.

Fuente: Elaboración propia adaptado del ASTM D6433-07.

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

## 2.4 Unidad de Muestra: UM-01

La unidad de muestra UM-01 es el inicio del tramo en estudio, la cual, tiene un largo de 30 m y un ancho de 8.75m teniendo como resultado 262.50 m<sup>2</sup>. (Tacza & Rodríguez, 2018)

La vía no presenta cambios de sección, por lo que se la ha denominado sección No. 01 a toda la zona de estudio.

Las fallas encontradas con nivel de severidad Low (Bajo) fueron: Grietas en bloque, Elevación y Hundimientos, Grietas Transversales y Longitudinales, Disgregación / Desintegración.

Las fallas encontradas con nivel de severidad Medium (Medio) fueron: Grietas piel de cocodrilo, Grietas transversales y longitudinales, Baches.

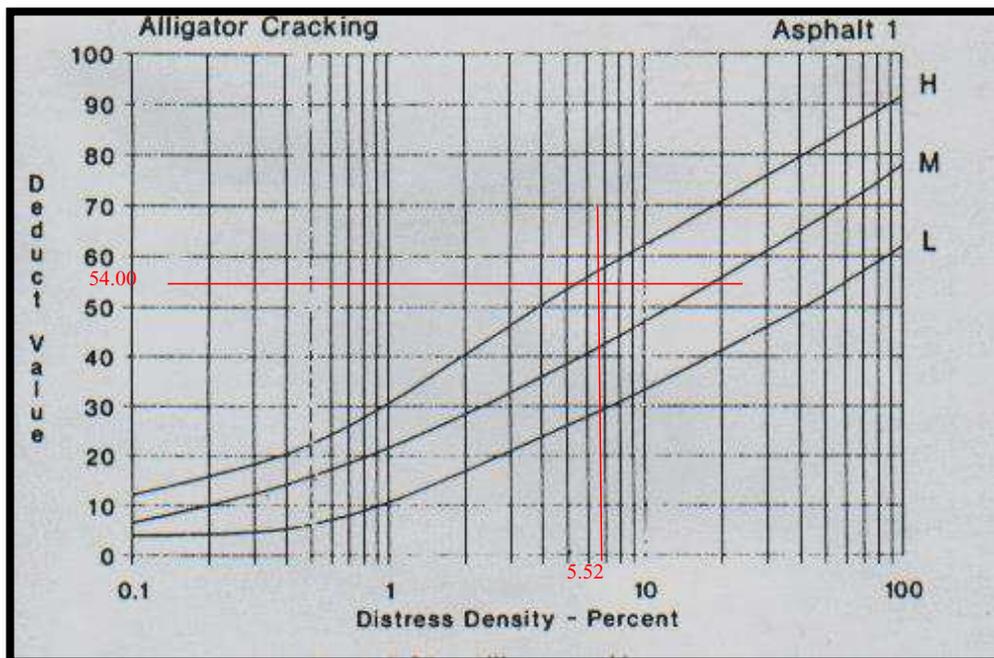
Las fallas encontradas con nivel de severidad High (Alto) fueron: Grietas piel de cocodrilo.

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

Por ejemplo, para la falla Grietas piel de cocodrilo y nivel de severidad High, 1H, con un total de  $14.5 \text{ m}^2$  en la muestra, la densidad se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (\%)} = \frac{14.5}{262.5} \times 100\% = 5.52\%$$

Posteriormente, con los valores obtenidos de densidad, se obtuvieron los valores deducidos de cada combinación de falla, según las curvas correspondientes a Pavimento Flexible presentes en el Manual Pavement Condition Index (PCI). Por ejemplo, para la combinación 1H, se ingresó a la curva de Valores Deducidos de la Figura 34 con los valores obtenidos de densidad (5.52%) y nivel de severidad H se consiguió el Valor Deducido de 54.



**Figura 34** Curvas de valores deducidos para la falla Grietas Piel de cocodrilo.

**Fuente:** Vásquez (2002).

Este mismo procedimiento se realiza para hallar todos los Valores Deducidos de las fallas encontradas en cada Unidad de Muestra.

Luego se ordena de mayor a menor los Valores Deducidos 54, 39, 32, 12, 8, 5, 4, 2. Siguiendo con la aplicación del método, es preciso calcular el número máximo permitido de valores deducidos,  $m$ , para lo cual se hace uso de la Ecuación 3.

Para esta Unidad de Muestra, HDV es 54 (número mayor de los Valores Deducidos) y se reemplaza en la Ecuación 3 obteniendo como resultado el número máximo admisible de valores deducidos es,  $m=5.22$ , como se muestra a continuación:

$$m = 1 + \frac{9}{8}(100 - 54) = 5.22$$

Es así como, el número de valores deducidos individuales se reduce al máximo admisible de valores deducidos,  $m$ , e incluso su parte fraccionaria. Es decir, se tomaron los 5 mayores valores deducidos individuales más el 22% del sexto ( $0.22 \times 5$ ).

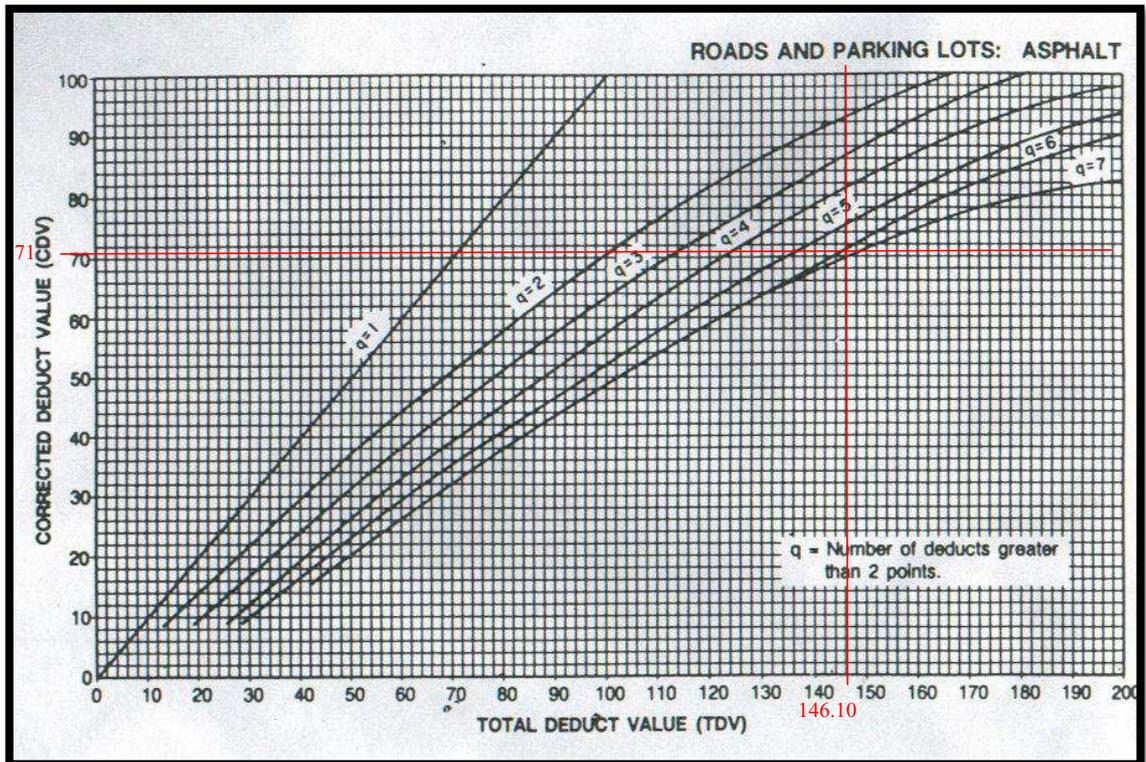
54, 39, 32, 12, 8, 1.10

El orden de los valores considerados de izquierda a derecha da a conocer cuáles son las fallas que afectan más y menos al pavimento, siendo la falla de Grietas de Piel de cocodrilo con severidad alta la más influyente en el deterioro de la unidad de muestra analizada, así mismo, la falla que menos afecta al pavimento es la de Grietas Transversales / Longitudinales que se encontró en poca cantidad.

Por consiguiente, se determinó el máximo valor deducido corregido “CDV” de forma iterativa, como se muestra a continuación:

- Se determina el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales:
- $54+39+32+12+8+1.10 = 146.10$
- Se determina “q” como el número de valores deducido mayores a 2, para este caso,  $q=6$ .
- Se reduce a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y se repite el procedimiento hasta que “q” sea igual a 1.

- Se determina el valor deducido corregido “CDV” a partir del valor deducido total y el valor de “q”, utilizando la curva de corrección para pavimentos de Asfalto en la Figura No. 35.



**Figura 35** Curva de corrección de valores deducidos.

**Fuente:** (Vásquez, 2002 citado por Tacza & Rodríguez, 2018, p. 75)

En la Figura No. 36 se explica la manera de obtener el máximo valor deducido corregido para la Unidad de Muestra No. 01, donde el máximo CDV es 79.

Nº	VALORES DE DEDUCCION							TOTAL	q	CDV
	54	39	32	12	8	1.10				
1	54	39	32	12	8	1.10		146.10	6	71
2	54	39	32	12	8	1.10		146.10	5	75
3	54	39	32	12	2	1.10		140.10	4	78
4	54	39	32	2	2	1.10		130.10	3	79
5	54	39	2	2	2	1.10		100.10	2	71
6	54	2	2	2	2	1.10		63.10	1	63
								MAX CDV		79
								PCI		21

**Figura 36** Calculo del máximo valor deducido corregido para la UM-01

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, se procedió a realizar el cálculo del índice de condición del pavimento PCI de la unidad de muestra para establecer de este modo la condición actual del pavimento, mismo que se obtuvo de la resta 100 con el máximo CDV:

$$PCI = 100 - 79 = 21$$

De acuerdo con la Figura 7 que hace referencia a los rangos de calificación del PCI, el valor obtenido 21 corresponde a un pavimento en estado Muy Malo.

Para la totalidad de las unidades de muestra del presente estudio se aplicó el mismo procedimiento de cálculo del PCI.

Para el análisis de datos, se utilizaron gráficas y cuadros que permiten correlacionar los resultados obtenidos con sus cantidades de porcentajes, del mismo modo, se muestra en el capítulo de “Resultados” la tabla de resumen final que podría utilizarse para poder terminar las alternativas de intervención propuestas según los tipos de fallas encontradas en el estudio.

### **3. CAPITULO II. RESULTADOS**

### **3.1 Resultados Obtenidos en la Zona de Estudio**

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos a partir del método del PCI y a su vez se presentan las alternativas de intervención propuestas para mejorar la capa de rodadura del tramo II de la carretera Puerto – Aeropuerto de la ciudad de Manta.

Los resultados a continuación se presentan siguiendo una secuencia ordenada acorde con los objetivos planteados. Primero se realiza la identificación de las fallas existentes en la zona de estudio, después con la ayuda de tablas y gráficos, se analizan las fallas con mayor incidencia en función a su severidad y ubicación respectiva.

Segundo, se muestran los valores calculados del PCI en las diferentes unidades de muestra analizadas como para toda la sección del tramo en estudio, como último paso se presenta una matriz con todas las alternativas de intervención propuestas en función a las fallas que inciden en las diferentes unidades de muestra analizadas anteriormente al valor del PCI que está asociada con el tipo de intervención requerido para mejor la condición de la carretera.

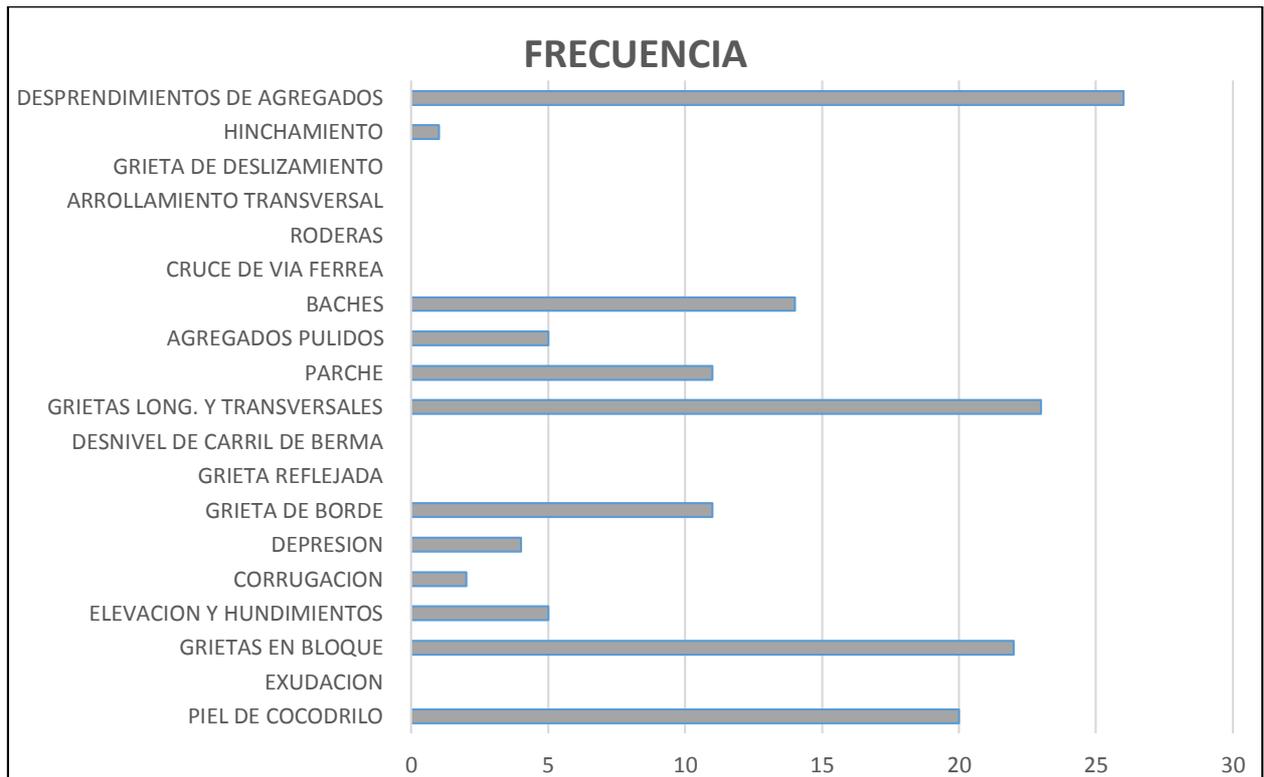
#### **3.1.1 Fallas existentes.**

El método PCI presenta en total 19 tipos de fallas para el estudio, según lo expuesto en el capítulo 1, en la Tabla No. 04 se presentan las cantidades registradas por unidad de medida según el tipo de falla encontrada y en el Figura No.37 se muestran las frecuencias o número de veces en que las diferentes fallas fueron encontradas en la zona de estudio. Cabe recalcar que estos valores representan los datos registrados de las 26 unidades de muestra que fueron analizadas en el pavimento de estudio de la carretera Puerto – Aeropuerto.

**Tabla 4:** Cantidad por tipo de falla existente.

No.	TIPO DE FALLA	UNIDAD	CANTIDAD
1	PIEL DE COCODRILO	m2	271.5
2	EXUDACION	m2	0
3	GRIETAS EN BLOQUE	m2	238.5
4	ELEVACION Y HUNDIMIENTOS	m2	50.4
5	CORRUGACION	m2	21.8
6	DEPRESION	m2	24
7	GRIETA DE BORDE	m	81.6
8	GRIETA REFLEJADA	m	0
9	DESNIVEL DE CARRIL DE BERMA	m	0
10	GRIETAS LONG. Y TRANSVERSALES	m	195
11	PARCHE	m2	136.8
12	AGREGADOS PULIDOS	m2	247.8
13	BACHES	Unidad	39
14	CRUCE DE VIA FERREA	m2	0
15	RODERAS	m2	0
16	ARROLLAMIENTO TRANSVERSAL	m2	0
17	GRIETA DE DESLIZAMIENTO	m2	0
18	HINCHAMIENTO	m2	2
19	DESprendimientos de agregados	m2	4715

*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura 37** Frecuencia por tipo de Falla Existente.

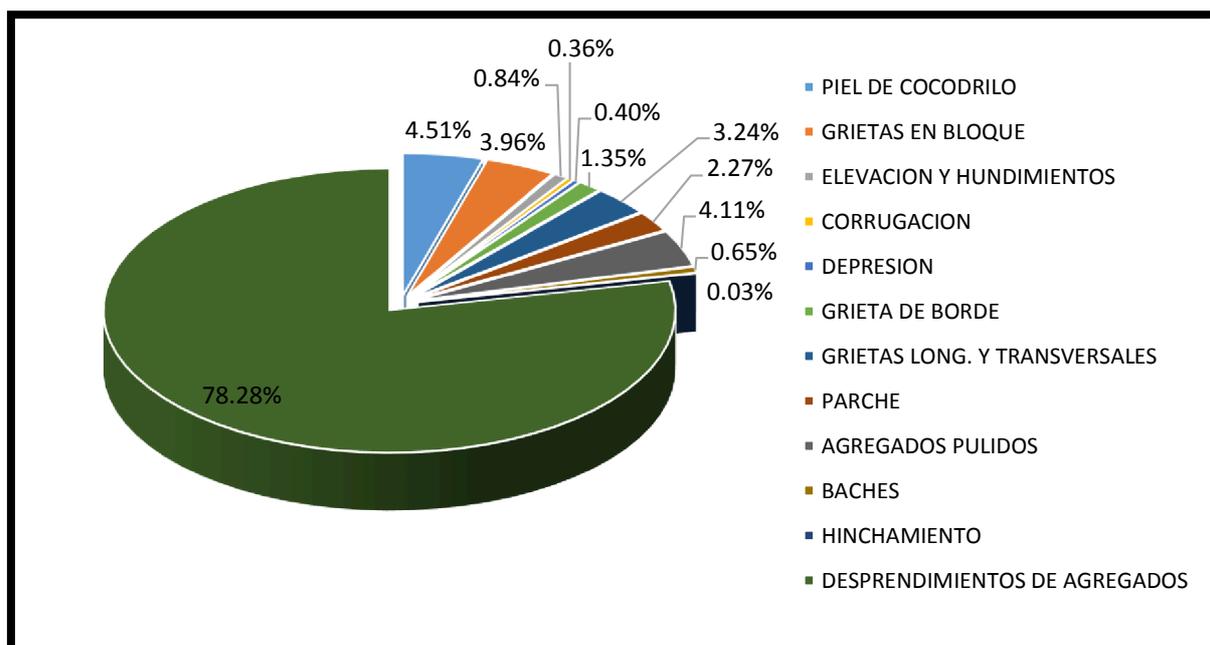
*Fuente: Elaboración Propia.*

Las cantidades que muestran cada tipo de falla se registran por medio de la unidad de medida que indica el manual del método del PCI, las mismas que pueden ser contabilizadas por unidades (Unidad), metros cuadrados (m<sup>2</sup>) y metros lineales (m).

Los resultados obtenidos de las 26 unidades de muestra de la zona de estudio presentan solo doce tipos de fallas del total de diecinueve fallas que plantea el método del PCI, quedando un total de siete tipos de fallas sin haber sido identificadas ni registradas en las unidades de muestra.

### 3.1.2 Fallas incidentes.

Como el total de los tipos de fallas existentes en las Unidades de muestras intervenidas fueron de 12 tipos y teniendo en consideración que la propuesta de intervención presentada posteriormente en el subcapítulo III, debe de realizarse en función a cada falla registrada en la zona de estudio, se decidió considerar a los 12 tipos de fallas existentes como fallas incidentes, En la Figura No. 38, se muestra la distribución de las fallas incidentes consideradas en función al porcentaje que representa cada una.



**Figura 38** Distribución de fallas incidentes.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.1.2.1 Severidad de las fallas incidentes.

La utilización del método del PCI incluye la clasificación de las fallas según su tipo de severidad que estas presentan cuando se realiza la inspección del pavimento en la zona de estudio, como se explicó en el capítulo 1, las clases de severidad se clasifican en baja (L), media (M) y alta (H), el criterio de evaluación varía según el tipo de falla en análisis.

En la Tabla No. 05 se presentan los resultados obtenidos para las fallas incidentes que se presenta el pavimento en estudio de las 26 Unidades de Muestra de la carretera Puerto - Aeropuerto (Tramo II).

*Tabla 5: Severidad en Fallas Incidentes.*

No.	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		
		L	M	H
1	PIEL DE COCODRILO	9	12	3
2	GRIETAS EN BLOQUE	10	12	
3	ELEVACION Y HUNDIMIENTOS	5		
4	CORRUGACION	1	1	
5	DEPRESION	2	2	
6	GRIETA DE BORDE	7	4	
7	GRIETAS LONG. Y TRANSVERSALES	7	15	3
8	PARCHE	6	5	
9	AGREGADOS PULIDOS	5		
10	BACHES	6	9	1
11	HINCHAMIENTO		1	
12	DESPRENDIMIENTOS DE AGREGADOS	19	7	

*Fuente: Elaboración Propia*

## 3.2 Evaluación del PCI en la Zona de Estudio

### 3.2.1 Valor del PCI por unidad de muestra.

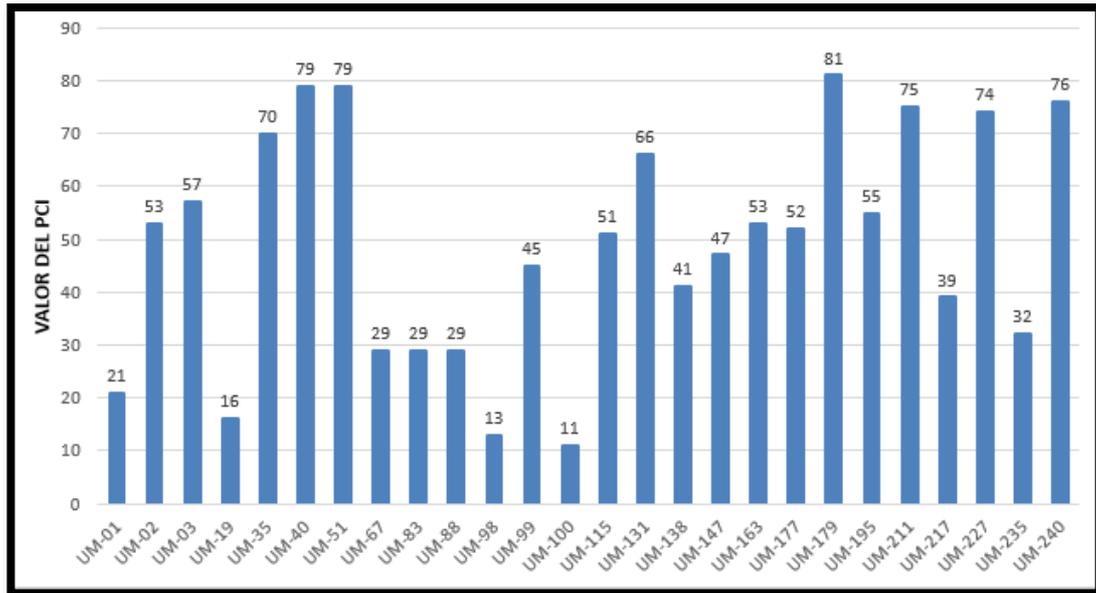
Una vez definidos los parámetros necesarios (Tipo de falla, Cantidad, Severidad, Densidad, Valor deducido, etc.) para la evaluación del pavimento mediante el método PCI, se procedió a aplicar dicho método a las 26 Unidades de muestra para poder conocer sus valores y la condición en la que se encuentran actualmente. En los Anexos se muestran los resultados de la aplicación del método del PCI para cada unidad de muestra que fue intervenida, y en la Tabla

No. 06 junto con la Figura No. 39 se muestran los resultados consolidados de las 26 Unidades de muestras en estudio.

*Tabla 6:* Resultados de PCI por Unidad de Muestra.

UNIDADES DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VALOR DEL PCI	CONDICION
UM-03	0+060.00	0+090.00	57	BUENO
UM-19	0+540.00	0+570.00	16	MUY MALO
UM-35	1+020.00	1+050.00	70	MUY BUENO
UM-51	1+500.00	1+530.00	79	MUY BUENO
UM-67	1+980.00	2+010.00	29	MALO
UM-83	2+460.00	2+490.00	29	MALO
UM-99	2+940.00	2+970.00	45	REGULAR
UM-115	3+420.00	3+450.00	51	REGULAR
UM-131	3+300.00	3+330.00	66	BUENO
UM-147	2+820.00	2+790.00	47	REGULAR
UM-163	2+340.00	2+310.00	53	REGULAR
UM-179	1+860.00	1+830.00	81	MUY BUENO
UM-195	1+380.00	1+350.00	55	BUENO
UM-211	0+900.00	0+870.00	75	MUY BUENO
UM-227	0+420.00	0+390.00	74	MUY BUENO
UM-240	0+030.00	0+000.00	76	MUY BUENO
<b>UNIDADES DE MUESTRA ADICIONALES</b>				
UM-01	0+000.00	0+030.00	21	MUY MALO
UM-02	0+030.00	0+060.00	53	REGULAR
UM-40	1+170.00	1+200.00	79	MUY BUENO
UM-88	2+610.00	2+640.00	29	MALO
UM-98	2+910.00	2+940.00	13	MUY MALO
UM-100	2+970.00	3+000.00	11	MUY MALO
UM-138	3+090.00	3+060.00	41	REGULAR
UM-177	1+920.00	1+890.00	52	REGULAR
UM-217	0+720.00	0+690.00	39	MALO
UM-235	0+180.00	0+150.00	32	MALO

*Fuente:* Elaboración Propia



**Figura 39** Valores del PCI por Unidad de Muestra.

*Fuente:* Elaboración Propia.

### 3.2.2 Valor del PCI de la sección.

En la Tabla No. 07 se presentan los resultados del valor y condición de toda la sección en estudio, esta evaluación del PCI se realiza a partir de los resultados obtenidos en cada unidad de muestra y según la Ecuación No. 04 presentada en el capítulo 1 del Marco teórico.

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

$$PCI_S = \frac{[(26 - 10) \times 56.44] + (10 \times 37)}{26}$$

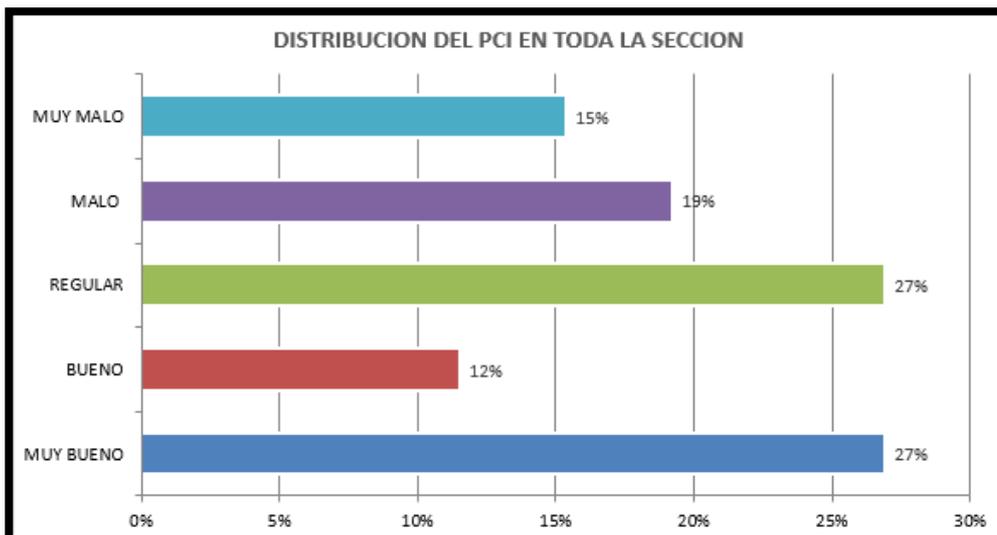
$$PCI_S = \frac{903.04 + 370}{26}$$

$$PCI_S = 48.96 \approx 49.00$$

**Tabla 7:** Resultado del PCI de la sección

UNIDADES DE MUESTRA	AREA DE MUESTRA	VALOR DEL PCI	VALOR PCI DE LA SECCION	CONDICION
UM-01	262.5	21	49	REGULAR
UM-02	262.5	53		
UM-03	262.5	57		
UM-19	262.5	16		
UM-35	262.5	70		
UM-40	262.5	79		
UM-51	262.5	79		
UM-67	262.5	29		
UM-83	262.5	29		
UM-88	262.5	29		
UM-98	262.5	13		
UM-99	262.5	45		
UM-100	262.5	11		
UM-115	262.5	51		
UM-131	262.5	66		
UM-138	262.5	41		
UM-147	262.5	47		
UM-163	262.5	53		
UM-177	262.5	52		
UM-179	262.5	81		
UM-195	262.5	55		
UM-211	262.5	75		
UM-217	262.5	39		
UM-227	262.5	74		
UM-235	262.5	32		
UM-240	262.5	76		

*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura 40** Distribución del PCI en toda la sección.

*Fuente: Elaboración Propia.*

### **3.2.3 Propuesta de intervención.**

En el capítulo 1 del Marco Teórico se encuentra la Figura No. 28 que muestra la curva de deterioro del pavimento, misma que se encuentra en función al tiempo de servicio y a los valores del PCI, en esta curva se establecen 3 puntos importantes (A, B y C) siendo B el punto ubicado en el rango del PCI con los valores entre 48 – 62, a este rango se lo denomina “Zona óptima para rehabilitación” debido que a partir de este punto se incrementa de forma acelerada el deterioro en el pavimento. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018)

La aplicación del método del PCI al tramo de estudio de 3600 metros que tiene la carretera Puerto – Aeropuerto (Tramo II), sirvió para obtener como resultado el valor cuantitativo de la condición del pavimento que equivale a 49, mismo que permite identificar que la carretera en estudio se encuentra dentro del rango que comprende el punto B en la curva de deterioro y es necesario aplicar con urgencia medidas efectivas de intervención para evitar que el deterioro de dicha vía aumente de forma considerable, además se debe considerar que al llegar a un daño de tipo C la intervención representará un costo de 3 a 5 veces más de si se ejecutan las soluciones a tiempo. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018)

Según la Figura No.29, debido al valor del PCI obtenido para la carretera en estudio se deben ejecutar trabajos de mantenimiento de tipo menor y/o mayor, considerando que el mantenimiento menor incluye acciones que se aplican a pequeñas áreas localizadas del pavimento que no sobrepasen los 300m<sup>2</sup> y el mantenimiento mayor incluye trabajos que se aplican a toda el área de un tramo o al menos una sección importante de la vía. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018)

Teniendo en cuenta que de todos los tipos de fallas localizadas en la carretera de estudio solo existe una falla “Desprendimiento de Agregados” con valores mayores a 300 m<sup>2</sup> como se detalla en la Tabla No. 05, se dispone que las alternativas de intervención se realicen con

mantenimientos del tipo mayor que contempla trabajos de mantenimiento a toda el área de un tramo, pudiendo tener que realizarse trabajos del tipo menor previamente, como son sellado de grietas, sellado superficial, bacheo superficial, bacheo profundo. Los trabajos de tipo mayor son los siguientes: tratamientos superficiales, capas asfálticas, remoción por fresado, reciclado. (Jugo, 2005 citado por Tacza & Rodríguez, 2018)

#### **3.2.4 Matriz de intervención.**

En la Tabla No. 08 se presenta una matriz con alternativas de intervención para la rehabilitación de la carretera en función de cada tipo de severidad de falla incidente encontrada en la carretera Puerto – Aeropuerto (Tramo II), adicional se considera de gran importancia mencionar las principales causas que originan los deterioros identificados en la zona de estudio, de manera que las intervenciones planteadas respondan a una solución en conjunto aplicable a la realidad de la carretera en estudio.

**Tabla 8:** Matriz consolidada de alternativas de intervención.

No.	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES	OBSERVACION	IMAGENES REPRESENTATIVAS
1	GRIETAS PIEL DE COCODRILO	FALLA POR FATIGA DE LA CAPA DE RODADURA ASFALTICA BAJO ACCION REPETIDA DE LAS CARGAS DE TRANSITO. LAS GRIESTAS SE PRESENTAN DE FORMA CONECTADAS EN FORMA DE POLIGONOS	BAJA	SELLO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO	-	
			ALTA		-	
		DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	BAJA/MEDIA	-	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
2	GRIETAS EN BLOQUE	CAUSADAS GENERALMENTE POR LA CONTRACCION DEL CONCRETO ASFALTICO Y LOS CICLOS DE TEMPERATURA DIARIOS, ESTAS GRIETAS SE INTERCONECTAN DE MANERA QUE DICIDEN EL PAVIMENTO EN BLOQUES RECTANGULARES	BAJA	SELLADO DE GRIETAS	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA	PARCHEO PARCIAL	-	
3	ELEVACIÓN Y HUNDIMIENTOS	SE MANIFIESTAN POR INFILTRACIÓN Y ELEVACIÓN DEL MATERIAL EN UNA GRIETA EN COMBINACIÓN CON LAS CARGAS DE TRÁNSITO.	BAJA	PARCHEO PARCIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
		DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	BAJA/MEDIA	-	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	

4	CORRUGACIÓN	SE ORIGINAN NORMALMENTE POR LA ACCIÓN DEL TRÁNSITO EN CONJUNTO CON UNA CARPETA O UNA BASE INESTABLES.	BAJA	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA			
		DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	BAJA/MEDIA/ALTA	-	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
5	DEPRESIÓN	DETERIOROS CAUSADOS POR EL ASENTAMIENTO DE LAS CAPAS INFERIORES DEL PAVIMENTO DEBIDO A LA FILTRACIÓN DE AGUA POR FALTA DE SELLADO EN LAS JUNTAS, CONSIDERANDO LAS CARGAS DE TRÁNSITO SE PRODUCEN ÁREAS CON NIVELES INFERIORES	BAJA	-	REALIZAR MANTENIMIENTO DE SELLADO DE JUNTAS	
			MEDIA	PARCHEO SUPERFICIAL, PARCIAL O PROFUNDO	-	
6	GRIETAS DE BORDE	SE PRODUCEN POR DEBILITAMIENTO QUE A SU VEZ ES ORIGINADO POR LAS CONDICIONES CLIMATICAS DE LA BASE O DE LA SUBRASANTE PRÓXIMAS AL BORDE DEL PAVIMENTO.	BAJA	SELLADO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA	SELLADO SUPERFICIAL, PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO		

7	GRIETAS LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	SE GENERAN DEBIDO A LA CONTRACCIÓN DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO ASFÁLTICO, FACILITADAS POR LAS BAJAS TEMPERATURAS O AL ENDURECIMIENTO DEL ASFALTO, O AL CICLO DIARIO DE TEMPERATURA.	BAJA	SELLADO DE GRIETAS	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA			
			ALTA	SELLADO DE GRIETAS - PARCHEO PARCIAL		
8	PARCHES	ES CONSIDDERADO UN DEFECTO SIN IMPORTAR QUE TAN BIEN SE COMPORTE YA QUE NO TENDRA LA MISMA FUNCIONABILIDAD QUE LA SECCIÓN ORIGINAL	BAJA	-	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA	SUSTITUCIÓN DEL PARCHE		
		BAJA/MEDIA/ALTA	-	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL		
9	AGREGADOS PULIDOS	DETERIORO CAUSADO POR LA REPETICIÓN DE CARGAS TRÁNSITO	BAJA	TRATAMIENTO SUPERFICIAL	REALIZAR TRATAMIENTO SUPERFICIAL	

10	BACHES	DETERIOROS CAUSADOS POR EL DESPRENDIMIENTO Y DESINTEGRACIÓN PROGRESIVA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PRODUCIDA POR FALLAS DEL TIPO PIEL DE COCODRILO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS, SUMADA A LA ACCIÓN ABRASIVA DEL TRÁNSITO	BAJA	PARCHEO SUPERFICIAL		
			MEDIA			
			ALTA	PARCHEO PROFUNDO		
11	HINCHAMIENTO	SON FALLAS QUE CAUSAN DETERIORO, SE ORIGINA POR EL CONGELAMIENTO EN LA SUBRASANTE O POR SUELOS POTENCIALMENTE EXPANSIVOS	MEDIA	RECONSTRUCCIÓN	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
12	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	DETERIORO SUPERFICIAL CAUSADA POR LA REPETICIÓN DE LAS CARGAS DE TRÁNSITO QUE GENERA LA FRACTURA DEL LIGANTE ASFÁLTICO ALREDEDOR DE LOS AGREGADOS Y SE MANIFIESTA CON LA PÉRDIDA DE FRAGMENTOS EN LA CAPA DE RODADURA	BAJA	SELLADO SIFERFICIAL	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
			MEDIA	TRATAMIENTO SUPERFICIAL		
		DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	BAJA/MEDIA	-		

*Fuente: Elaboración Propia*

## Discusión de Resultados.

### Discusión

En la Tabla 4 se muestran los 19 tipos de fallas que fueron considerados para la recolección de información de la carretera en estudio, de las cuales solo se lograron identificar 12 fallas y fueron del tipo Grieta Piel de Cocodrilo, Grieta en Bloque, Elevación y Hundimiento, Corrugación, Depresión, Grietas de Borde, Grietas Longitudinales y Transversales, Parches, Agregados Pulidos, Baches, Hinchamientos y Desprendimiento de Agregados, la carretera presenta fallas del tipo Parches, lo cual nos indica que la carretera fue sometida a un mantenimiento a lo largo del tiempo en servicio que presenta.

El Desprendimiento de Agregados es el tipo de falla con mayor cantidad registrada (4715 m<sup>2</sup>) en este caso es también la falla con la mayor cantidad de frecuencia (26 veces) según la Figura No. 37, la frecuencia representa el número de veces que se registró cada tipo de falla sin tener en consideración la cantidad de metrado que presente, el Desprendimiento de Agregados se registró en todas las unidades de muestras que se intervinieron.

Por otro lado, el Hinchamiento fue la falla con menor registro de metrado (2 m<sup>2</sup>) y también fue la falla que presentó la menor frecuencia (1 vez) dentro de las 26 unidades de muestras que se analizó.

En la Figura No. 38 se presenta la distribución de las 12 fallas incidentes, la falla tipo Desprendimiento de Agregados representa el 78.28% debido a que es la falla con mayor frecuencia registrada, mientras que la falla tipo Hinchamiento solo representa el 0.03%, sin embargo, las 12 fallas identificadas en las unidades de muestra fueron consideradas como incidentes para que formen parte de las alternativas de intervención que se plantean al pavimento.

En la Tabla 5 se puede apreciar que no todos los tipos de fallas registran los tres niveles de severidad que plantea el método del PCI para la evaluación, las fallas tipo Grietas Piel de Cocodrilo, Grietas Longitudinales y Transversales, y Baches son las únicas que presentan los 3 niveles de severidad baja (L), media (M) y alta (H), las fallas tipo Elevación y Hundimientos y Agregados Pulidos solo presenta nivel de severidad baja (L), la falla tipo Hinchamiento solo presenta nivel de severidad media (M), mientras que las fallas tipo Grietas en Bloque, Corrugación, Depresión, Grieta en Bloque, Parche y Desprendimiento de Agregados presentan niveles de severidad baja (L) y media (M). Del total de las 12 fallas la mayor cantidad (77) pertenece a la severidad baja, seguida por la severidad media (68) y por último la severidad alta (7).

En la Tabla 6 y en la Figura No. 39 se muestran los valores calculados del método PCI para las 26 unidades de muestra de la zona de estudio, las unidades de muestra 35, 40, 51, 179, 211, 227 y 240 tienen los valores de PCI más altos que corresponden entre (71 – 84) con una condición de Muy Bueno, mientras que, por otro lado, las unidades 01, 19, 98 y 100 tienen los valores de PCI más bajos que corresponden entre (11 – 21) y tienen la condición de Muy Malo.

En la Figura No. 40 se muestra la distribución de la condición operacional de las Unidades de muestra son 27% en condición Muy Bueno, 12% de unidades en condición Bueno, 27% de unidades en condición Regular, 19% de unidades en condición Malo y 15% de unidades en condición Muy Malo, la zona de estudio no presenta la condición de Fallado debido a que no se registran valores de PCI menores a 10.

Una vez calculados los valores del PCI para cada unidad de muestra, en la Tabla 7 se deduce el valor del PCI para toda la zona de estudio que corresponde a 49, valor que fue calculado por medio de la Ecuación No. 03 pues se tienen unidades de muestras adicionales, este valor según el método del PCI califica la zona de estudio en un estado de condición Regular.

Como se mencionó en el capítulo I en función al planteamiento realizado por Jugo (2005) y citado por Tacza & Rodríguez (2018), debido al valor del PCI obtenido para la carretera en estudio se deben ejecutar trabajos de mantenimiento de tipo menor y/o mayor, considerando que el mantenimiento menor incluye acciones que se aplican a pequeñas áreas localizadas del pavimento que no sobrepasen los 300 m<sup>2</sup> y el mantenimiento mayor incluye trabajos que se aplican a toda el área de un tramo o al menos una sección importante de la vía, se dispone que las alternativas de intervención se realicen con mantenimientos del tipo mayor que contempla trabajos de mantenimiento a toda el área de un tramo, pudiendo tener que realizarse trabajos del tipo menor previamente ya que de todos los tipos de fallas localizadas en la carretera de estudio solo existe una falla “Desprendimiento de Agregados” con valores mayores a 300 m<sup>2</sup> como se detalla en la Tabla 8.

Las grietas piel de cocodrilo se registraron en las zonas del pavimento donde presenta problemas por fatiga bajo acción repetida de las cargas de tránsito, se emplean intervenciones de sellado superficial para severidad baja y parcheo parcial o profundo para severidad media y alta.

Las grietas de borde se registraron en las zonas del pavimento donde por temas de cambios de temperatura el concreto asfáltico se contrae y se expande generando estas grietas, como solución se emplean intervenciones de sellado de grietas para severidad baja y parcheo parcial para severidad media.

La falla tipo elevación y hundimiento se registraron en las zonas del pavimento donde se encuentran cargas de tránsito excesivo, infiltración y elevación del material, como solución se emplean intervenciones de parcheo parcial para severidad baja y evaluación estructural.

La falla tipo corrugación se registró en las zonas del pavimento donde se presencian semáforos por motivo de ser zona de aceleración y frenado, se emplean intervenciones de parcheo parcial o profundo para severidad baja y media, evaluación estructural.

La falla tipo depresión se registró en las zonas del pavimento donde existe filtración de agua debido a esto se produce asentamientos en las capas inferiores del pavimento considerando que la severidad es baja y media se emplean intervenciones de parcheo superficial, parcial o profundo, evaluación estructural.

Las grietas de borde se registraron en las zonas del pavimento donde existe vegetación en las cunetas, otro motivo de presencia de esta falla es por la falta de compactación en los bordes, se emplean intervenciones de sellado superficial para severidad baja y parcheo superficial o profundo para severidad media.

Las grietas longitudinales y transversales se presentan en traslapes o empalmes entre pavimentos flexibles, por ellos, se propone emplear intervenciones de sellado de grietas para severidad baja y media, parcheo parcial en severidad alta.

Los parches son considerados defectos que sin importar como se comporten no tendrá la misma funcionabilidad de la sección original es por ese motivo que se emplea la intervención de sustitución del parche en severidad media.

La falla agregados pulidos es causada por la repetición de cargas de tránsito, lo que se propone para la intervención de esta falla es el tratamiento superficial en severidad baja.

Para los baches se considera realizar un parcheo superficial para severidad baja y media, para una severidad alta se recomienda el parcheo profundo.

La falla hinchamiento se produce por suelos potencialmente expansivos y por exceso de asfalto en la zona del deterioro, se emplean intervenciones de reconstrucción.

El desprendimiento de agregados se presentó en las zonas del pavimento donde existe la presencia de otras fallas, es por ello, se plantea la intervención de sellado superficial para severidad baja y parcheo superficial para severidad media.

## CONCLUSIONES.

El presente proyecto de titulación realizado sobre el diagnóstico del estado en que se encuentra el pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) desde la abscisa 1+080,00 hasta la abscisa 4+680,00 se llegan a las siguientes conclusiones de acuerdo a los objetivos fijados:

- Mediante la aplicación del método de PCI se logró determinar que la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) tiene un PCI de 49 lo que significa que tiene una condición regular, quedando en desacuerdo con la hipótesis planteada en esta investigación.
- Al realizar los trabajos de campo se pudo identificar las fallas existentes en las 26 unidades de muestra.
- Por medio del método del PCI se determinó que existen 12 tipos de fallas en las 26 unidades de muestra, las cuales se presentan en función al grado de incidencia: Desprendimiento de Agregados 78.28%, Piel de Cocodrilo 4.51%, Agregados Pulidos 4.11%, Grietas en Bloque 3.96%, Grietas Longitudinal y Transversal 3.24%, Parche 2.27%, Grieta de Borde 1.35%, Elevación y Hundimiento 0.84%, Bache 0.65%, Depresión 0.40%, Corrugación 0.36%, Hinchamiento 0.03%.
- La falla con mayor frecuencia encontrada fue el Desprendimiento de Agregados con niveles de severidad baja y media, las 26 unidades de muestra presentaron este tipo de falla, pero con densidades variables.
- Las fallas con mayor nivel de severidad que se presentan en la capa de rodadura de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) son: Desprendimiento de Agregados, Piel de cocodrilo, Grietas Longitudinales y Transversales.
- El 27% del total de las unidades de muestra intervenidas presentan un estado de pavimento Muy Bueno, con el mismo porcentaje de unidades de muestra intervenidas presentan un estado de pavimento Regular, seguido de un 19% de unidades de muestra

con estado de pavimento Malo, 15% de las unidades de muestra con estado Muy Malo y 12% de las unidades de muestra con estado Bueno, no se encontraron pavimentos Fallados.

- Las intervenciones que fueron planteadas son de mantenimientos del tipo menor y mayor, estas últimas realizadas en toda el área de un tramo, siempre que se hayan realizado trabajos del tipo menor previamente, puesto que de todos los tipos de fallas localizadas en la carretera de estudio solo existe una falla “Desprendimiento de Agregados” con valores mayores a 300 m<sup>2</sup>.
- Gran parte de las fallas identificadas en las 26 unidades de muestra son a causa de las cargas de tránsito, los cambios de temperaturas en el asfalto también inciden de manera importante para que se generan grietas.

## **RECOMENDACIONES.**

- Para efectuar la identificación de las fallas de forma más eficaz y exacta es necesario la presencia de especialistas o asistentes con un nivel de experiencia considerable para ser guiados al momento de definir la metodología que se va a aplicar para la evaluación.
- Al realizar la recolección de datos en la zona de estudio es necesario la utilización de un equipo de protección personal y señaléticas que puedan ayudar con la seguridad del personal en campo.
- Es necesario la evaluación del pavimento flexible de la carretera Puerto-Aeropuerto en un periodo de 6 a 12 meses para poder conocer si el estado de conservación se mantiene, de igual manera estas evaluaciones periódicas ayudaran a identificar la aparición de nuevas fallas y así poder emplear métodos de intervención.
- Realizar una evaluación de la condición estructural de la carretera de técnicas tipo destructivas o no destructivas que permitan determinar el estado actual de la misma, debido a que varios deterioros se presentan en la carpeta asfáltica por este motivo.
- De realizar un mantenimiento de la zona de estudio, se sugiere al Gad Municipal de Manta que tenga como referencia la presente investigación en la cual se presentan las distintas soluciones para cada clase de deterioro identificado y así poder efectuar la adecuada intervención.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arauz, C., Arauz, R., Rivera, E., Rojas, J., Darce, M., & Navarro, S. (2011). *Gestión de Conservación vial. Medición del PCI en el pavimento*. Obtenido de claudiarauz.files.wordpress.com: <https://claudiarauz.files.wordpress.com/2011/12/pci-trabajo-campo.pdf>
- Bahamondes, R., Echaveguren, T., & Vargas, S. (2013). Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón. *Revista de la Construcción*, pp. 17-26.
- Balvin-Levano, F. (2013). *Evaluación del estado actual del pavimento flexible ubicado en el distrito Ayacucho provincia de Huamanga*. Ayacucho, Perú: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería.
- Becerra, M. (2012). *Tópicos de pavimentos de concreto*. Lima, Perú: CIP.
- Burgos, N. (2008). *Comparación de varias estructuras de pavimentos flexibles y rígidos, sector Polpaico – La Trampilla*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil.
- Carrión, S., Daza, P., Rojas, E., Sánchez, G., & Tapia, C. (2017). *Deterioro de pavimento flexible*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería.
- Cervantes, V., & Salas, M. (2016). *Cusas y consecuencias de la exudación*. San José de Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. Ciudad de México, México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México.
- Delbono, H., & Rebollo, O. (2017). *Ahuellamiento en pavimentos asfálticos utilizando geosintéticos*. Medellín, Colombia: Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto.

- Díaz, J. (2014). *Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Duravía. (2011). *Ciclo de vida del pavimento*. Obtenido de [www.duravia.com.pe/](http://www.duravia.com.pe/): <http://www.duravia.com.pe/ciclo-de-vida/>
- Figueroa, R. (16 de marzo de 2019). *Informe PCI*. Obtenido de [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net/): <https://www.slideshare.net/ricardocivil79/informe-pci>
- González, D. (2018). *Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito*. Santiago de Chile: Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería.
- Higuera, M. (2016). *Inspección patológica de pavimentos flexibles en un sector específico de Bogotá D.C.* Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ingeniería Topográfica.
- Hiliquín, M. (2016). *Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chávez del Distrito de Pocollay en el año 2016*. Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería.
- Jugo, A. (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles*. Obtenido de [vialidad21.galeon.com/](http://vialidad21.galeon.com/): [http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)
- Leguía, P., & Pacheco, H. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)*. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Miranda, J. (2012). *Inspección de pavimentos - Método PCI*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

- Miranda, R. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil.
- Morales, P., Chávez, O., & López, L. (2009). *Efectos de la alta compactación de la capa de base en pavimentos flexibles*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de la Tecnología de la Construcción.
- Pachay, I. (2017). *Evaluación de la condición del pavimento flexible vía de acceso a la parroquia La Unión (0+000-0+966) aplicando el método del PCI*. Jipijapa, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas, Carrera de Ingeniería Civil.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: Editorial FEDUPEL.
- Quintero, F. O., & Sánchez, J. (2015). *Plan de mantenimiento para pavimento rígido y flexible*. Mérida, Venezuela: Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Escuela de Ingeniería Civil.
- Rodríguez, C., & Rodríguez, J. (2004). Evaluación y Rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje. *Tesis de Pregrado*. Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria.
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla*. Piura, Perú: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.
- Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.

- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM. (2007). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos*. ASTM, Pensilvania, Estados Unidos.
- Tacza, E., & Rodríguez, B. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería.
- Tapia, F. (30 de junio de 2018). *Cálculo de PCI*. Obtenido de [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net): <https://www.slideshare.net/ftapiaq/calculo-de-pci>
- Valle, I., & Brito, J. (2017). *Curvas de deducción FRL Índice de Condición del Pavimento enfocadas a Ecuador basados en el índice de Servicio de Pavimento*. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia: Ingepav.
- Velayarce, M. (2016). *Patología del estado vial para evaluar el índice de condición de pavimentos 2016 en: Av. Argentina – av. 24 de junio – ciudad de Chupaca-Junín*. Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería Civil.
- Villacís, W. (2014). *Manual Práctico de Optimización Para la Revisión de Estudio de Diseño de Pavimentos*. Quito, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil.
- Villanueva, I. (2004). *Pavimentos*. Cochabamb, Bolivia: Ediciones ECOE.
- Zambrano, W. (2015). *Diseño Estructural de Pavimentos*. Machala, Ecuador: Ediciones UTMACH.

## ANEXO A

### TABLAS DE REGISTRO PCI

#### Unidad De Muestra 01

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA			
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																
PROYECTO: TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION: 1			UNIDAD DE MUESTRA: UM-01										
OBSERVADOR: SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA: 7/16/2019			AREA UNIDAD: 262.5 M2										
1.-Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )			6.- Depresión (m <sup>2</sup> )			11.- Parche (m <sup>2</sup> )			16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )							
2.- Exudación (m <sup>2</sup> )			7.- Grieta de borde (m)			12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )			17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )							
3.-Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )			8.- Grieta reflejada (m)			13.- Baches (u)			18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )							
4.- Elevación/Hundimiento (m)			9.- Desnivel calzada/paseo (m)			14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )			19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )							
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )			10.- Grietas transversales y longitudinales (m)			15.- Roderas (m <sup>2</sup> )										
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
1H	6	4	4.5											14.5	5.52	54
1M	4	2.2	3	4.2										13.4	5.10	39
3L	2	4	2.8	4										12.8	4.88	5
4L	1.8	2												3.8	1.45	4
10L	2	2.5	2											6.5	2.48	2
10M	3	1.5	2.5											7	2.67	8
13M	3													3	1.14	32
19L	140													140	53.33	12
													<b>TOTAL VD</b>		<b>156</b>	

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	5.22
SE CORRIGE EL MENOR VALOR (5X0,22)	1.10

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV	
1	54	39	32	12	8	1.10								146.10	6	71
2	54	39	32	12	8	1.10								146.10	5	75
3	54	39	32	12	2	1.10								140.10	4	78
4	54	39	32	2	2	1.10								130.10	3	79
5	54	39	2	2	2	1.10								100.10	2	71
6	54	2	2	2	2	1.10								63.10	1	63
													<b>MAX CDV PCI</b>	<b>79</b>	<b>21</b>	

#### Unidad de Muestra 02

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA			
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																
PROYECTO: TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION: 1			UNIDAD DE MUESTRA: UM-02										
OBSERVADOR: SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA: 7/16/2019			AREA UNIDAD: 262.5 M2										
1.-Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )			6.- Depresión (m <sup>2</sup> )			11.- Parche (m <sup>2</sup> )			16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )							
2.- Exudación (m <sup>2</sup> )			7.- Grieta de borde (m)			12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )			17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )							
3.-Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )			8.- Grieta reflejada (m)			13.- Baches (u)			18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )							
4.- Elevación/Hundimiento (m)			9.- Desnivel calzada/paseo (m)			14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )			19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )							
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )			10.- Grietas transversales y longitudinales (m)			15.- Roderas (m <sup>2</sup> )										
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
1M	3.2	1.6	2.2	1.8	4.4									13.2	5.03	39
3L	1.2	0.6	3.2											5	1.90	2
7M	2	1.2	0.6	1.7										5.5	2.10	7
10M	0.6	2	1.8	1.5	1.7	2.2	1.2							11	4.19	3
19L	140													140	53.33	12
													<b>TOTAL VD</b>		<b>63</b>	

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	6.60
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	6.60

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV	
1	39	12	7	3	2									63.00	5	31
2	39	12	7	3	2									63.00	4	35
3	39	12	7	2	2									62.00	3	39
4	39	12	2	2	2									57.00	2	42
5	39	2	2	2	2									47.00	1	47
													<b>MAX CDV PCI</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	

## Unidad de Muestra 03

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA			
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-03						
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/16/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2						
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )				11.- Parche (m <sup>2</sup> )				16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )							
2.- Exaltación (m <sup>3</sup> )	7.- Grieta de borde (m)				12.- Agregados pulidos (m <sup>3</sup> )				17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )							
3.- Grietas en bloques (m <sup>3</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)				13.- Baches (u)				18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )							
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)				14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )				19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )							
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)				15.- Rodera (m <sup>2</sup> )											
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
1M	0.6	2.2	1.6	0.8										5.2	1.98	28
3L	2	2.6	0.8	1.2	0.6									7.2	2.74	3
7L	0.6	0.8	1	2	1.8	0.4								6.6	2.51	3
11L	1.2	2	1.6	0.4										5.2	1.98	6
13L	2													2	0.76	17
19L	220													220	83.81	16
													<b>TOTAL VD</b>		<b>73</b>	

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	7.61
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV	
1	28	17	16	6	3	3								73.00	6	34
2	28	17	16	6	3	2								72.00	5	37
3	28	17	16	6	2	2								71.00	4	40
4	28	17	16	2	2	2								67.00	3	43
5	28	17	2	2	2	2								53.00	2	39
6	28	2	2	2	2	2								38.00	1	38
													<b>MAX CDV</b>		<b>43</b>	
													<b>PCI</b>		<b>57</b>	

## Unidad de Muestra 19

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA			
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-19						
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/16/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2						
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )				11.- Parche (m <sup>2</sup> )				16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )							
2.- Exaltación (m <sup>3</sup> )	7.- Grieta de borde (m)				12.- Agregados pulidos (m <sup>3</sup> )				17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )							
3.- Grietas en bloques (m <sup>3</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)				13.- Baches (u)				18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )							
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)				14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )				19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )							
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)				15.- Rodera (m <sup>2</sup> )											
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
1M	7.4	4.2	6.8											18.4	7.01	43
1H	4.8	6	2.2											13	4.95	52
3M	2.8	4.6	3	2.4										12.8	4.88	11
4L	3	2.5	3.4											8.9	3.39	8
6L	3.2	2.4												5.6	2.13	6
7L	1.5	2.2												3.7	1.41	2
10M	1.8	0.8	1.2	2										5.8	2.21	4
11L	3	2												5	1.90	4
12L	6	3.8												9.8	3.73	1
13M	2													2	0.76	27
19M	60													60	22.86	26
													<b>TOTAL VD</b>		<b>184</b>	

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	5.41
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	(8X0,41) 4.56

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV	
1	52	43	27	26	11	5								163.56	6	79
2	52	43	27	26	11	2								161.00	5	81
3	52	43	27	26	2	2								152.00	4	84
4	52	43	27	2	2	2								128.00	3	78
5	52	43	2	2	2	2								103.00	2	73
6	52	2	2	2	2	2								62.00	1	62
													<b>MAX CDV</b>		<b>84</b>	
													<b>PCI</b>		<b>16</b>	

## Unidad de Muestra 35

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA				
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																	
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1		UNIDAD DE MUESTRA:	UM-35								
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/16/2019		AREA UNIDAD:	262.5 M2								
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )				11.- Parche (m <sup>2</sup> )				16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )								
2.- Exudación (m <sup>3</sup> )	7.- Grieta de borde (m)				12.- Agregados pulidos (m <sup>3</sup> )				17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )								
3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)				13.- Baches (u)				18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )								
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)				14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )				19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )								
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)				15.- Roderas (m <sup>2</sup> )												
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)		
1L	2.5	1.9	3.2												7.6	2.90	20
3M	2	4	2.2												8.2	3.12	9
10L	3	2.2	1.8												7	2.67	2
10M	1.6	1.3	0.8												3.7	1.41	3
19L	80														80	30.48	9
<b>TOTAL VD</b>																	<b>43</b>

$$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR

8.35

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV		
1	20	9	9	5	3	2									48.00	5	22
2	20	9	9	5	2	2									47.00	4	23
3	20	9	9	2	2	2									44.00	3	27
4	20	9	2	2	2	2									37.00	2	27
5	20	2	2	2	2	2									30.00	1	30
<b>MAX CDV</b>																	<b>30</b>
<b>PCI</b>																	<b>70</b>

## Unidad de Muestra 40

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA				
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																	
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1		UNIDAD DE MUESTRA:	UM-40								
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/16/2019		AREA UNIDAD:	262.5 M2								
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )				11.- Parche (m <sup>2</sup> )				16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )								
2.- Exudación (m <sup>3</sup> )	7.- Grieta de borde (m)				12.- Agregados pulidos (m <sup>3</sup> )				17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )								
3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)				13.- Baches (u)				18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )								
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)				14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )				19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )								
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)				15.- Roderas (m <sup>2</sup> )												
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)		
3M	1.5	0.8	1.3	2.2	1.8	0.6									8.2	3.12	9
4L	0.4	2	1.2												3.6	1.37	4
11M	0.6	2.2	1.4												4.2	1.60	12
19L	180														180	68.57	13
<b>TOTAL VD</b>																	<b>38</b>

$$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR

8.99

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV		
1	13	12	9	4											38.00	4	18
2	13	12	9	2											36.00	3	21
3	13	12	2	2											29.00	2	21
4	13	2	2	2											19.00	1	19
<b>MAX CDV</b>																	<b>21</b>
<b>PCI</b>																	<b>79</b>

## Unidad de Muestra 51

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA		
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL															
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-51					
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/16/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2					
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m2)				11.- Parche (m <sup>2</sup> )				16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )						
2.- Exaración (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)				12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )				17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )						
3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)				13.- Baches (u)				18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )						
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)				14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )				19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )						
5.- Carrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)				15.- Roderas (m <sup>2</sup> )										
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD											TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
3L	4.2	3.4											7.6	2.90	2
6L	4	1.2	0.8	2									8	3.05	8
10M	1.2	0.6	1.5	2.2	1.6	0.8							7.9	3.01	7
11L	2	4.8	1.8										8.6	3.28	7
13L	1												1	0.38	9
19L	120												120	45.71	11
													<b>TOTAL VD</b>		<b>44</b>

$$M=1+(9/98)[100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION}] = 9.17$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR

Nº	VALORES DE DEDUCCION											TOTAL	q	CDV	
1	11	9	8	7	7	2							44.00	6	17
2	11	9	8	7	7	2							44.00	5	19
3	11	9	8	7	2	2							39.00	4	19
4	11	9	8	2	2	2							34.00	3	20
5	11	9	2	2	2	2							28.00	2	21
6	11	2	2	2	2	2							21.00	1	21
													<b>MAX CDV</b>		<b>21</b>
													<b>PCI</b>		<b>79</b>

## Unidad de Muestra 67

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA		
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL															
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-67					
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/16/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2					
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m2)				11.- Parche (m <sup>2</sup> )				16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )						
2.- Exaración (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)				12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )				17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )						
3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)				13.- Baches (u)				18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )						
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)				14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )				19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )						
5.- Carrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)				15.- Roderas (m <sup>2</sup> )										
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD											TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
1L	3	2.8	1.6	4.4									11.8	4.50	25
1M	2.2	2	1.6										5.8	2.21	29
3L	4	2.2	8										14.2	5.41	5
7L	0.5	1.2	0.6	1	1.6	0.8	0.9						6.6	2.51	3
10M	0.6	0.9	1.3	2.5	1.8								7.1	2.70	8
13M	2												2	0.76	28
19L	140												140	53.33	37
													<b>TOTAL VD</b>		<b>135</b>

$$M=1+(9/98)[100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION}] = 6.79$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR (3X0,79) = 2.37

Nº	VALORES DE DEDUCCION											TOTAL	q	CDV	
1	37	29	28	25.00	8.00	5.00	2.37						134.37	7	65
2	37	29	28	25.00	8.00	5.00	2						134.00	6	66
3	37	29	28	25.00	8.00	2	2						131.00	5	68
4	37	29	28	25.00	2	2	2						125.00	4	71
5	37	29	28	2	2	2	2						102.00	3	65
6	37	29	2	2	2	2	2						76.00	2	55
7	37	2	2	2	2	2	2						49.00	1	49
													<b>MAX CDV</b>		<b>71</b>
													<b>PCI</b>		<b>29</b>

## Unidad de Muestra 83

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS														ESQUEMA					
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																			
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION:	1		UNIDAD DE MUESTRA:	UM-83											
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA:	7/16/2019		AREA UNIDAD:	262.5 M2											
1.-Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrullamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.-Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (u)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	5.- Carrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Roderas (m <sup>2</sup> )	
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)		
1M	2.2	4.2	3	1.6													11	4.19	36
3L	6	5.4	4.2														15.6	5.94	5
5M	2	3.2	6.2														11.4	4.34	30
7L	2.6	1.6	2.4	1.8													8.4	3.20	3
10M	3.2	1.8	4.4														9.4	3.58	8
19M	220																220	83.81	42
<b>TOTAL VD</b>																			<b>124</b>

$$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR

Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV		
1	42	36	30	8.00	5.00	3.00											124.00	6	61
2	42	36	30	8.00	5.00	2.00											123.00	5	64
3	42	36	30	8.00	2.00	2											120.00	4	69
4	42	36	30	2.00	2	2											114.00	3	71
5	42	36	2	2	2	2											86.00	2	62
6	42	2	2	2	2	2											52.00	1	52
<b>MAX CDV</b>																			<b>71</b>
<b>PCI</b>																			<b>29</b>

## Unidad de Muestra 88

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS														ESQUEMA						
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																				
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION:	1		UNIDAD DE MUESTRA:	UM-88												
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA:	7/16/2019		AREA UNIDAD:	262.5 M2												
1.-Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrullamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.-Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (u)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	5.- Carrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Roderas (m <sup>2</sup> )		
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)			
1M	0.6	2.5	2	1.8	1.6	2.4	1.8											12.7	4.84	38
3M	0.7	1.5	3.2	4	1.7													11.1	4.23	4
7M	0.5	1.1	2	1.4	0.7	1.2	0.9	0.5										8.3	3.16	9
10H	0.6	1.3	0.8	2.1	1.6													6.4	2.44	15
13M	2																	2	0.76	27
19M	210																	210	80.00	41
<b>TOTAL VD</b>																			<b>134</b>	

$$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR

Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV		
1	41	38	27	15	9	4											134.00	6	65
2	41	38	27	15	9	2											132.00	5	68
3	41	38	27	15	2	2											125.00	4	71
4	41	38	27	2	2	2											112.00	3	70
5	41	38	2	2	2	2											87.00	2	63
6	41	2	2	2	2	2											51.00	1	51
<b>MAX CDV</b>																			<b>71</b>
<b>PCI</b>																			<b>29</b>

## Unidad de Muestra 98

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS														ESQUEMA						
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																				
PROYECTO:		TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION:		1		UNIDAD DE MUESTRA:			UM-98								
OBSERVADOR:		SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA:		7/16/2019		AREA UNIDAD:			262.5 M2								
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (u)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Roderas (m <sup>2</sup> )		
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)			
1M	3.6	1.2	0.8	1.4	2.6	1.7	2.2	1.5	2									17	6.48	41
3M	4	4.2	2.8	2.4	1.2	1.2	0.8											16.6	6.32	13
7M	0.6	0.8	0.3	1.2	1.4	1												5.3	2.02	8
10H	0.5	0.8	1.2	2.4	1.7	1.3												7.9	3.01	18
13M	4																	4	1.52	37
13H	1																	1	0.38	35
19M	240																	240	91.43	42
<b>TOTAL VD</b>																		<b>194</b>		

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	6.33
SE CORRIGE EL MENOR VALOR (8X0,33)	2.64

Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV			
1	42	41	37	35	18	13.00	2.64											188.64	7	81
2	42	41	37	35	18	13.00	2											188.00	6	87
3	42	41	37	35	18	2	2											177.00	5	87
4	42	41	37	35	2	2	2											161.00	4	86
5	42	41	37	2	2	2	2											128.00	3	78
6	42	41	2	2	2	2	2											93.00	2	66
7	42	2	2	2	2	2	2											54.00	1	54
<b>MAX CDV</b>																		<b>87</b>		
<b>PCI</b>																		<b>13</b>		

## Unidad de Muestra 99

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS														ESQUEMA						
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																				
PROYECTO:		TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION:		1		UNIDAD DE MUESTRA:			UM-99								
OBSERVADOR:		SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA:		7/16/2019		AREA UNIDAD:			262.5 M2								
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (u)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Roderas (m <sup>2</sup> )		
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)			
1M	3	6.2	2.4	4.8														16.4	6.25	41
3M	4	7.2																11.2	4.27	10
7L	5	1.8	3.1	1.2	1.9													13	4.95	4
10L	3.2	4	1.7	0.9	1.6													11.4	4.34	4
13L	4																	4	1.52	25
19L	145																	145	55.24	13
<b>TOTAL VD</b>																		<b>97</b>		

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	6.42
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV			
1	41	25	13	10	4	4												97.00	6	47
2	41	25	13	10	4	2												95.00	5	49
3	41	25	13	10	2	2												93.00	4	53
4	41	25	13	2	2	2												85.00	3	55
5	41	25	2	2	2	2												74.00	2	54
6	41	2	2	2	2	2												51.00	1	51
<b>MAX CDV</b>																		<b>55</b>		
<b>PCI</b>																		<b>45</b>		



## Unidad de Muestra 131

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA			
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO					SECCION:	1		UNIDAD DE MUESTRA:	UM-131						
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN					FECHA:	7/17/2019		AREA UNIDAD:	262.5 M2						
1.-Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )					11.- Parche (m <sup>2</sup> )					16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )					
2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)					12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )					17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )					
3.-Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)					13.- Baches (u)					18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )					
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)					14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )					19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )					
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)					15.- Roderas (m <sup>2</sup> )										
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
5L	3.2	6	1.2											10.4	3.96	6
7M	4	1.8	2.2	3.1	1.7									12.8	4.88	10
10M	1.2	0.8	3.5	1.9	2	1.8								11.2	4.27	11
11M	3	2.2	4	6										15.2	5.79	24
19L	210													210	80.00	15
															<b>66</b>	

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	7.98
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV	
1	24	15	11	10	6									66.00	5	33
2	24	15	11	10	2									62.00	4	34
3	24	15	11	2	2									54.00	3	34
4	24	15	2	2	2									45.00	2	33
5	24	2	2	2	2									32.00	1	32
															<b>34</b>	
															<b>66</b>	

## Unidad de Muestra 138

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA			
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO					SECCION:	1		UNIDAD DE MUESTRA:	UM-138						
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN					FECHA:	7/17/2019		AREA UNIDAD:	262.5 M2						
1.-Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )					11.- Parche (m <sup>2</sup> )					16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )					
2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)					12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )					17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )					
3.-Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)					13.- Baches (u)					18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )					
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)					14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )					19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )					
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)					15.- Roderas (m <sup>2</sup> )										
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)	
1L	2	1.6	0.5	1.2	2									7.3	2.78	20
3M	2.5	2.8	1.6											6.9	2.63	8
10M	0.6	1.3	1	0.8	2	1.7	0.5							7.9	3.01	9
11M	4.2	3.6												7.8	2.97	18
13L	3													3	1.14	21
19M	200													200	76.19	40
															<b>116</b>	

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	6.51
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV	
1	40	21	20	18	9	8								116.00	6	57
2	40	21	20	18	9	2								110.00	5	57
3	40	21	20	18	2	2								103.00	4	59
4	40	21	20	2	2	2								87.00	3	56
5	40	21	2	2	2	2								69.00	2	50
6	40	2	2	2	2	2								50.00	1	50
															<b>59</b>	
															<b>41</b>	

## Unidad de Muestra 147

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA				
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																	
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-147							
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/17/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2							
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )			11.- Parche (m <sup>2</sup> )			16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )										
2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)			12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )			17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )										
3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)			13.- Baches (m)			18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )										
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)			14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )			19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )										
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)			15.- Roderas (m <sup>2</sup> )													
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)		
1M	4.5	6.4	1.6	0.8											13.3	5.07	39
3M	2	5.2	3	4	2.2	3.2									19.6	7.47	14
10M	0.4	1.5	2	5.2	2.4	1.7	0.6	1.3							15.1	5.75	12
11L	1.2	2	4.6	2.4	5										15.2	5.79	11
13M	1														1	0.38	17
19L	240														240	91.43	16
<b>TOTAL VD</b>															<b>109</b>		

$$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV		
1	39	17	16	14	12	11									109.00	6	53
2	39	17	16	14	12	2									100.00	5	52
3	39	17	16	14	2	2									90.00	4	51
4	39	17	16	2	2	2									78.00	3	50
5	39	17	2	2	2	2									64.00	2	47
6	39	2	2	2	2	2									49.00	1	49
<b>MAXCDV</b>															<b>53</b>		
<b>PCI</b>															<b>47</b>		

## Unidad de Muestra 163

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA				
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																	
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-163							
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/17/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2							
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )			11.- Parche (m <sup>2</sup> )			16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )										
2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)			12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )			17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )										
3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)			13.- Baches (m)			18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )										
4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)			14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )			19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )										
5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)			15.- Roderas (m <sup>2</sup> )													
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD												TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)		
1L	4.4	1.2	0.8	1.2											7.6	2.90	20
1M	3	2.2	4												9.2	3.50	34
3L	0.6	2.8	3	5.4	1.6										13.4	5.10	5
11L	2	4	0.4												6.4	2.44	5
12L	70														70	26.67	8
19L	160														160	60.95	13
<b>TOTALVD</b>															<b>85</b>		

$$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$$

SE CORRIGE EL MENOR VALOR

Nº	VALORES DE DEDUCCION												TOTAL	q	CDV		
1	34	20	13	8	5	5									85.00	6	41
2	34	20	13	8	5	2									82.00	5	42
3	34	20	13	8	2	2									79.00	4	45
4	34	20	13	2	2	2									73.00	3	47
5	34	20	2	2	2	2									62.00	2	45
6	34	2	2	2	2	2									44.00	1	44
<b>MAXCDV</b>															<b>47</b>		
<b>PCI</b>															<b>53</b>		



## Unidad de Muestra 195

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA							
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																				
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-195										
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/17/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2										
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m2)	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exaltación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (m)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Rodera (m <sup>2</sup> )		
DETERIORO/ SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)			
1L	3	1.6	0.4	2.1														7.1	2.70	20
4L	24	8																32	12.19	19
10M	0.6	0.8	2.2	1.3	0.6	0.4												5.9	2.25	6
11M	10.2	3	2.4															15.6	5.94	24
19L	180																	180	68.57	14
<b>TOTAL VD</b>																				<b>83</b>

$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$	7.98
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV			
1	24	20	19	14	6													83.00	5	42
2	24	20	19	14	2													79.00	4	45
3	24	20	19	2	2													67.00	3	42
4	24	20	2	2	2													50.00	2	37
5	24	2	2	2	2													32.00	1	32
<b>MAX CDV</b>																				<b>45</b>
<b>PCI</b>																				<b>55</b>

## Unidad de Muestra 211

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS													ESQUEMA							
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																				
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO				SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-211										
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN				FECHA:	7/17/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2										
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m2)	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exaltación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.- Grietas en bloque (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (m)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Rodera (m <sup>2</sup> )		
DETERIORO/ SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)			
3L	1.2	3.6	2.2	1.6	0.8													9.4	3.58	4
6M	2	4.2	1.6															7.8	2.97	14
7L	0.6	0.5	1.2	2.3	0.8	1.4												6.8	2.59	3
10L	0.2	0.8	2	1.6	1.2	1.5												7.3	2.78	2
19L	190																	190	72.38	14
<b>TOTAL VD</b>																				<b>37</b>

$M=1+(9/98)(100-\text{MAXIMO VALOR DE DEDUCCION})$	8.90
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV			
1	14	14	4	3	2													37.00	5	14
2	14	14	4	3	2													37.00	4	17
3	14	14	4	2	2													36.00	3	21
4	14	14	2	2	2													34.00	2	25
5	14	2	2	2	2													22.00	1	22
<b>MAX CDV</b>																				<b>25</b>
<b>PCI</b>																				<b>75</b>

## Unidad de Muestra 217

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS											ESQUEMA									
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																				
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-217											
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA:	7/17/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2											
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.- Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (u)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Roderas (m <sup>2</sup> )		
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)			
1L	1.6	1	0.8	2.2	4.4													10	3.81	23
3M	2	2.8	0.8	1.4														7	2.67	8
10M	0.4	1	0.8	0.9	1.2	1.7	0.6											6.6	2.51	7
13M	2																	2	0.76	28
13L	1																	1	0.38	9
19M	200																	200	76.19	40
																		<b>TOTAL VD</b>		<b>115</b>

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	6.51
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV			
1	40	28	23	9	8	7												115.00	6	56
2	40	28	23	9	8	2												110.00	5	57
3	40	28	23	9	2	2												104.00	4	60
4	40	28	23	2	2	2												97.00	3	61
5	40	28	2	2	2	2												76.00	2	55
6	40	2	2	2	2	2												50.00	1	50
																		<b>MAX CDV</b>		<b>61</b>
																		<b>PCI</b>		<b>39</b>

## Unidad de Muestra 227

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS											ESQUEMA									
HOJA DATOS DE CONDICION PARA UNIDAD MUESTRAL																				
PROYECTO:	TRAMO II VIA PUERTO-AEROPUERTO			SECCION:	1			UNIDAD DE MUESTRA:	UM-227											
OBSERVADOR:	SABANDO GANCHOZO STEVEN			FECHA:	7/17/2019			AREA UNIDAD:	262.5 M2											
1.- Grietas piel cocodrilo (m <sup>2</sup> )	6.- Depresión (m <sup>2</sup> )	11.- Parche (m <sup>2</sup> )	16.- Arrollamiento transversal (m <sup>2</sup> )	2.- Exudación (m <sup>2</sup> )	7.- Grieta de borde (m)	12.- Agregados pulidos (m <sup>2</sup> )	17.- Grietas de deslizamiento (m <sup>2</sup> )	3.- Grietas en bloque. (m <sup>2</sup> )	8.- Grieta reflejada (m)	13.- Baches (u)	18.- Hinchamiento (m <sup>2</sup> )	4.- Elevación/Hundimiento (m)	9.- Desnivel calzada/paseo (m)	14.- Cruce ferrocarril (m <sup>2</sup> )	19.- Disgregación/Desintegración (m <sup>2</sup> )	5.- Corrugación (m <sup>2</sup> )	10.- Grietas transversales y longitudinales (m)	15.- Roderas (m <sup>2</sup> )		
DETERIORO/SEVERIDAD	CANTIDAD														TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCCION (%)			
1L	0.8	1.4	2.2															4.4	1.68	15
10M	0.2	0.4	1.2	0.8	2													4.6	1.75	4
12L	36	12																48	18.29	6
13L	1																	1	0.38	9
19L	200																	200	76.19	14
																		<b>TOTAL VD</b>		<b>48</b>

M=1+(9/98)(100-MAXIMO VALOR DE DEDUCCION)	8.81
SE CORRIGE EL MENOR VALOR	

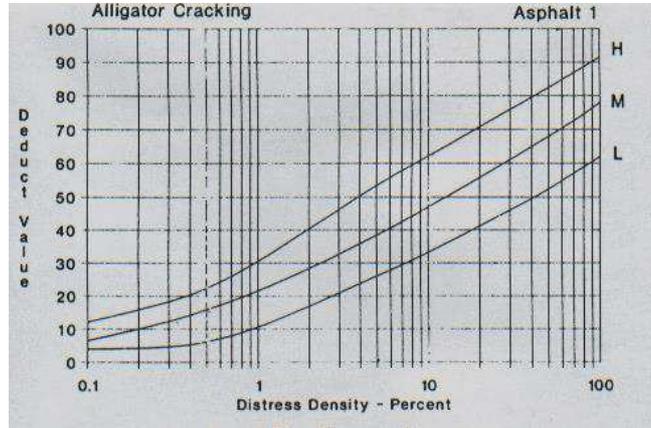
Nº	VALORES DE DEDUCCION														TOTAL	q	CDV			
1	15	14	9	6	4													48.00	5	22
2	15	14	9	6	2													46.00	4	23
3	15	14	9	2	2													42.00	3	25
4	15	14	2	2	2													35.00	2	26
5	15	2	2	2	2													23.00	1	23
																		<b>MAX CDV</b>		<b>26</b>
																		<b>PCI</b>		<b>74</b>



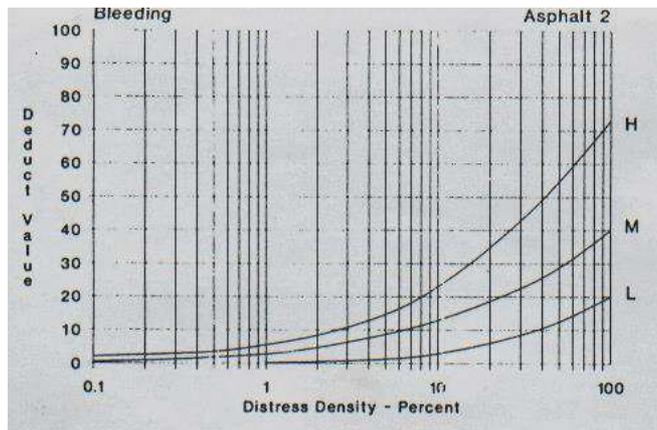
## ANEXO B

### CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

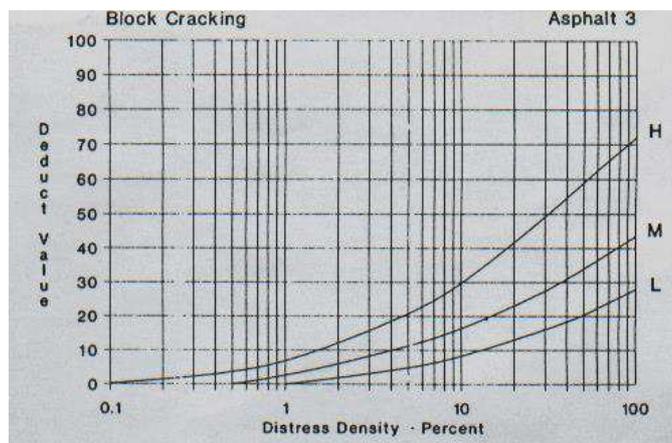
#### 1.-Piel de Cocodrilo



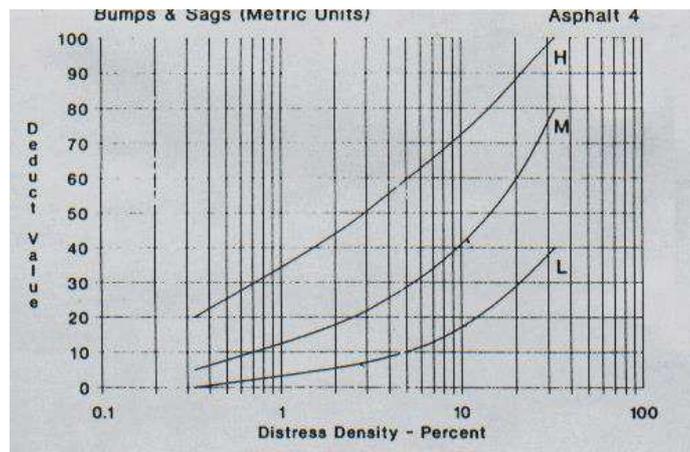
#### 2.- Exudación



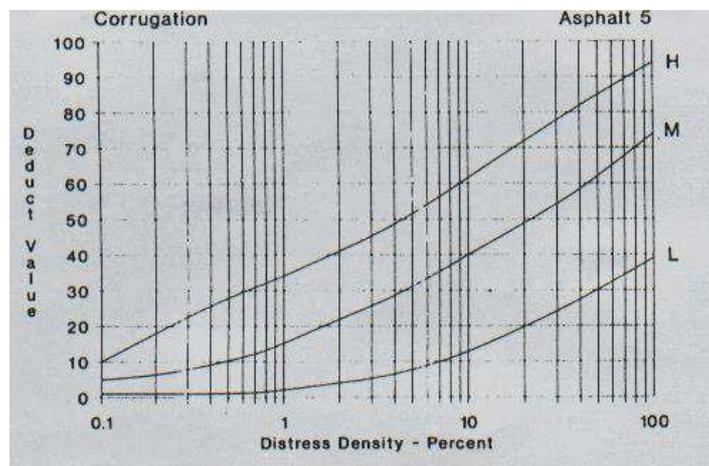
#### 3.- Agrietamiento en bloque



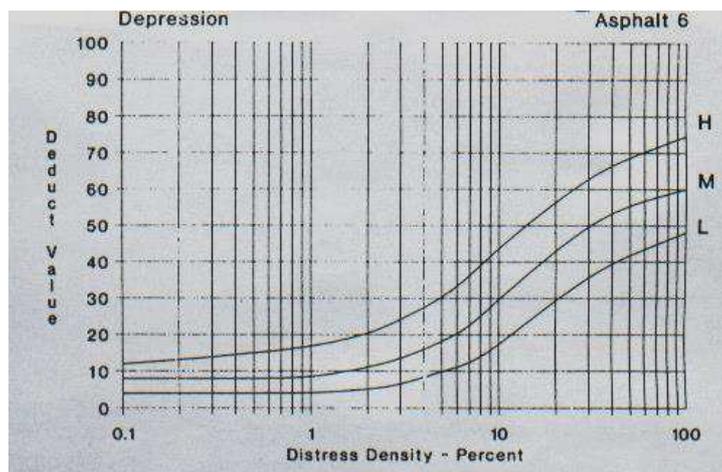
#### 4.- Abultamientos y Hundimientos



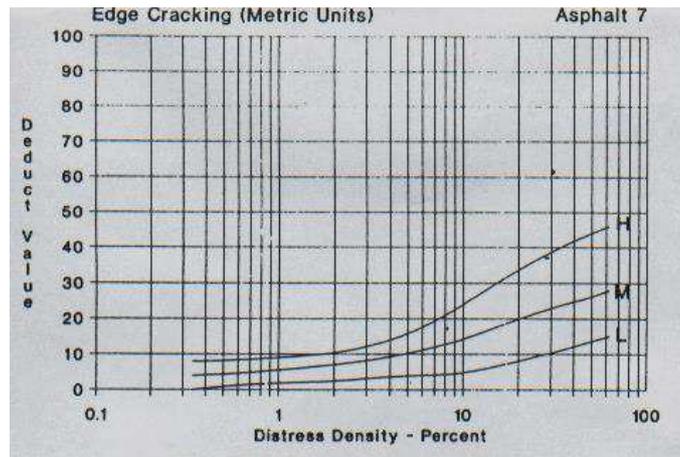
#### 5.- Corrugación



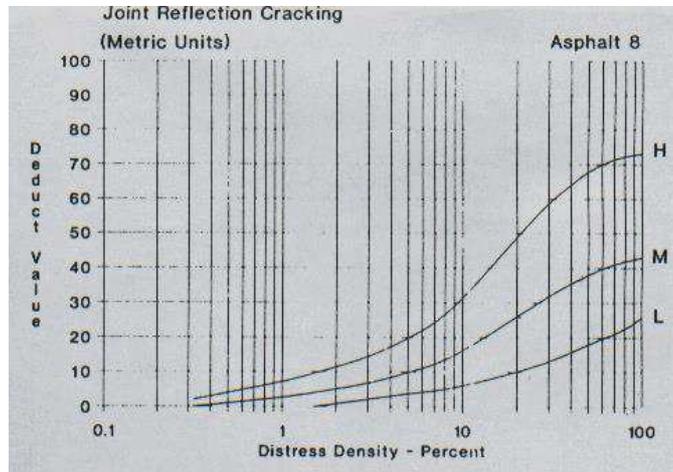
#### Depresión



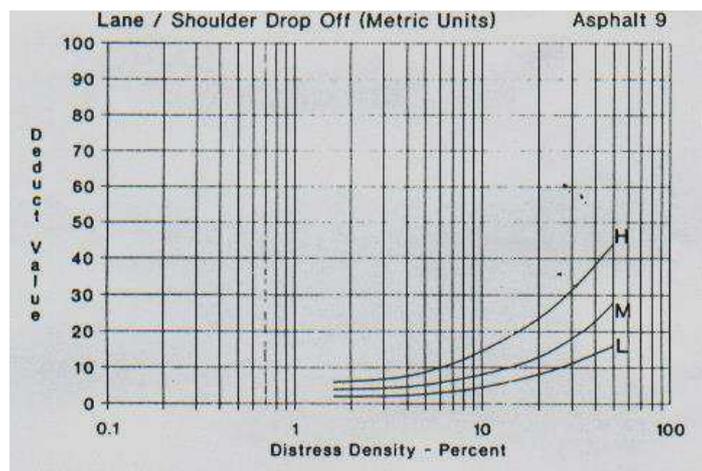
### 7.- Grieta de Borde



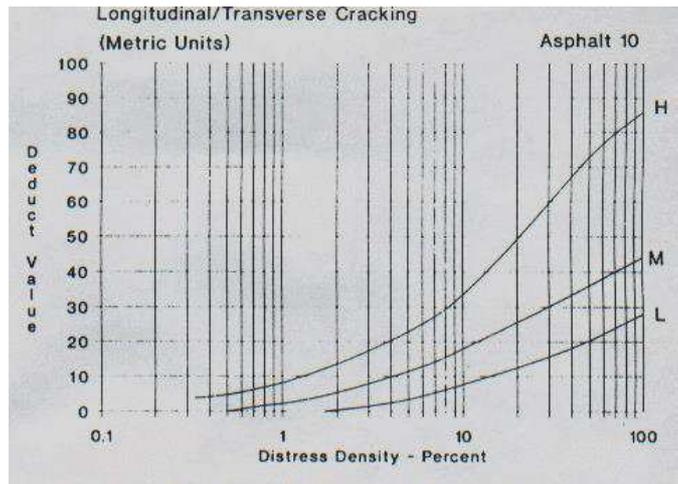
### 8.- Grieta Reflejada



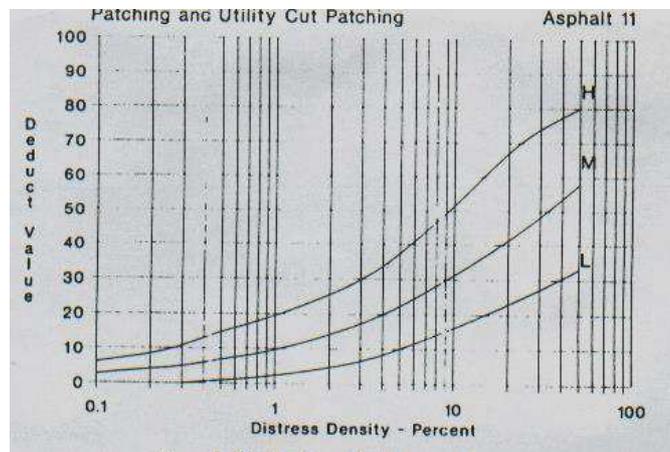
### 9.- Desnivel Carril / Berma



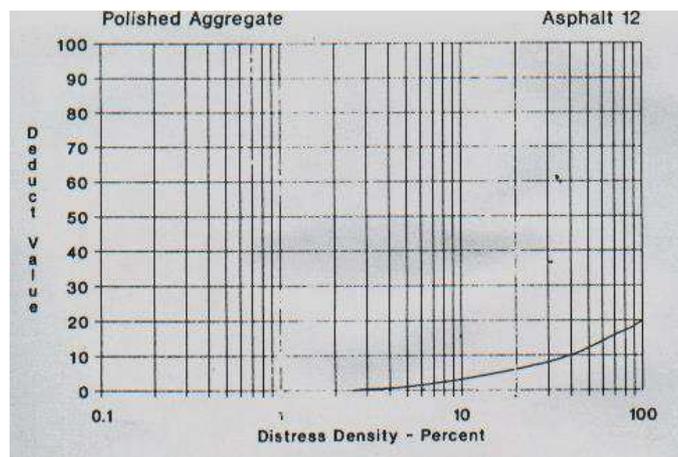
### 10.- Grietas Longitudinales y Transversales



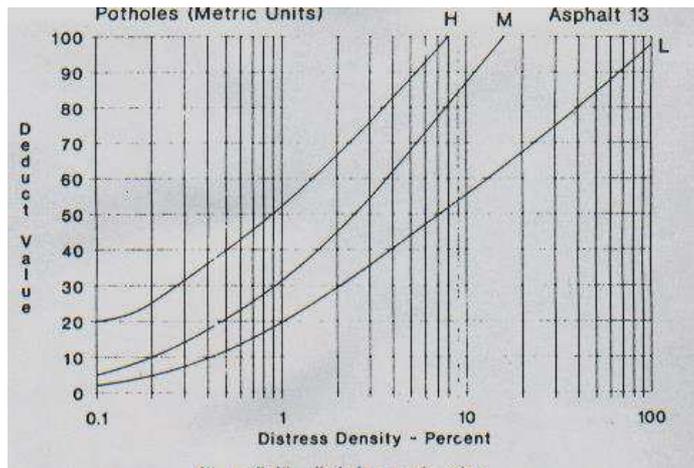
### 11.- Parqueo



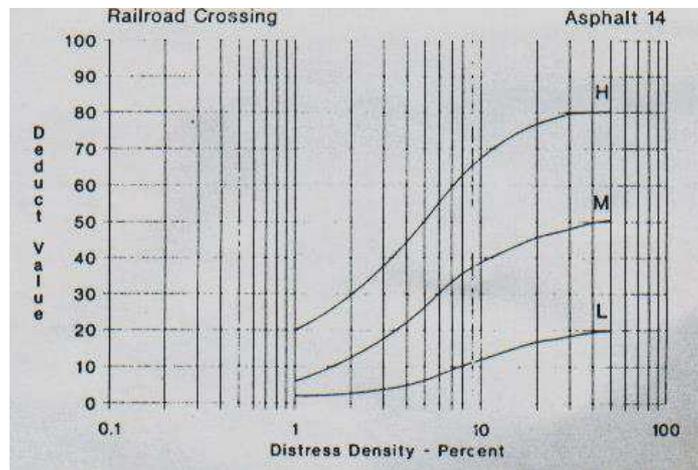
### 12.- Pulimento de Agregados



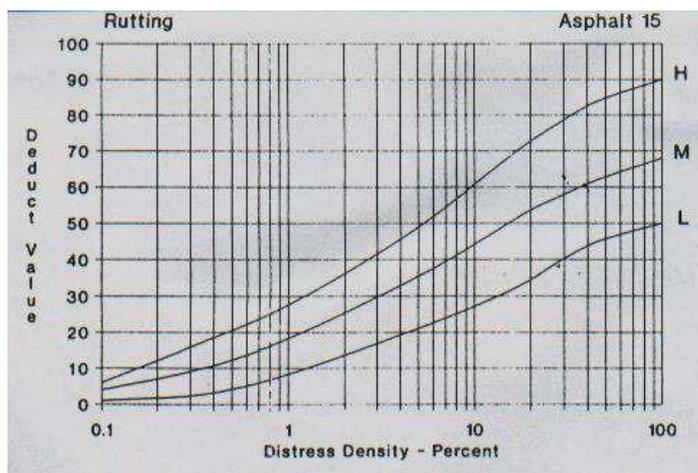
### 13.- Baches



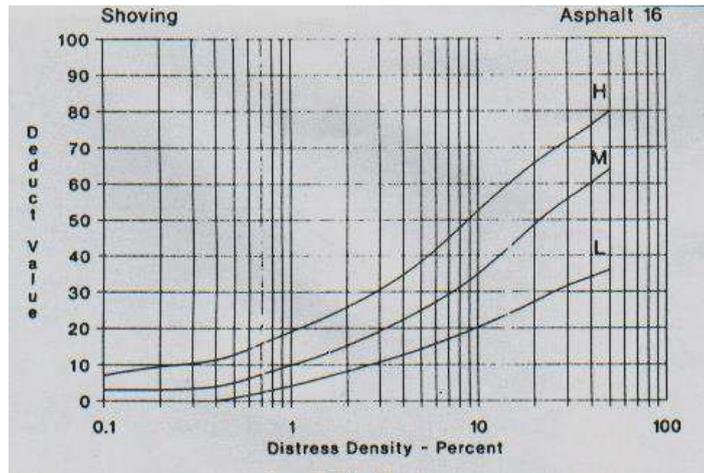
### 14.- Cruce de vía Férrea



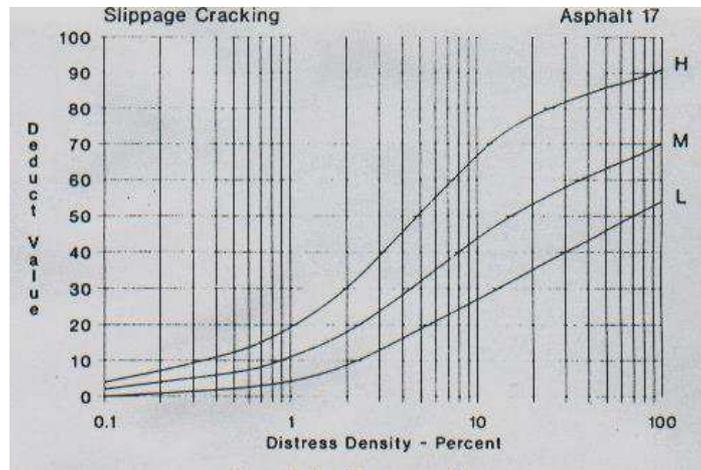
### 15.- Ahuellamiento



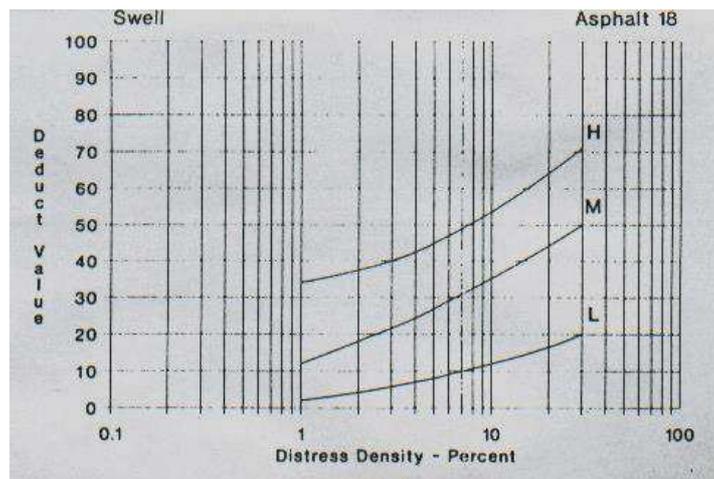
### 16.- Desplazamiento



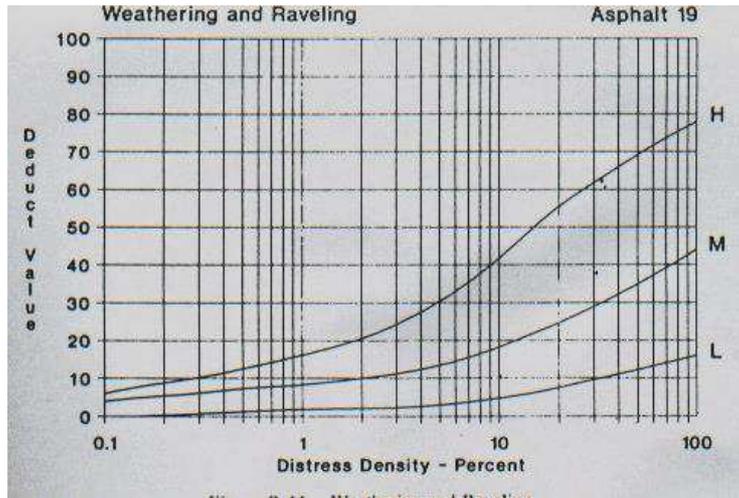
### 17.- Grietas Parabólicas



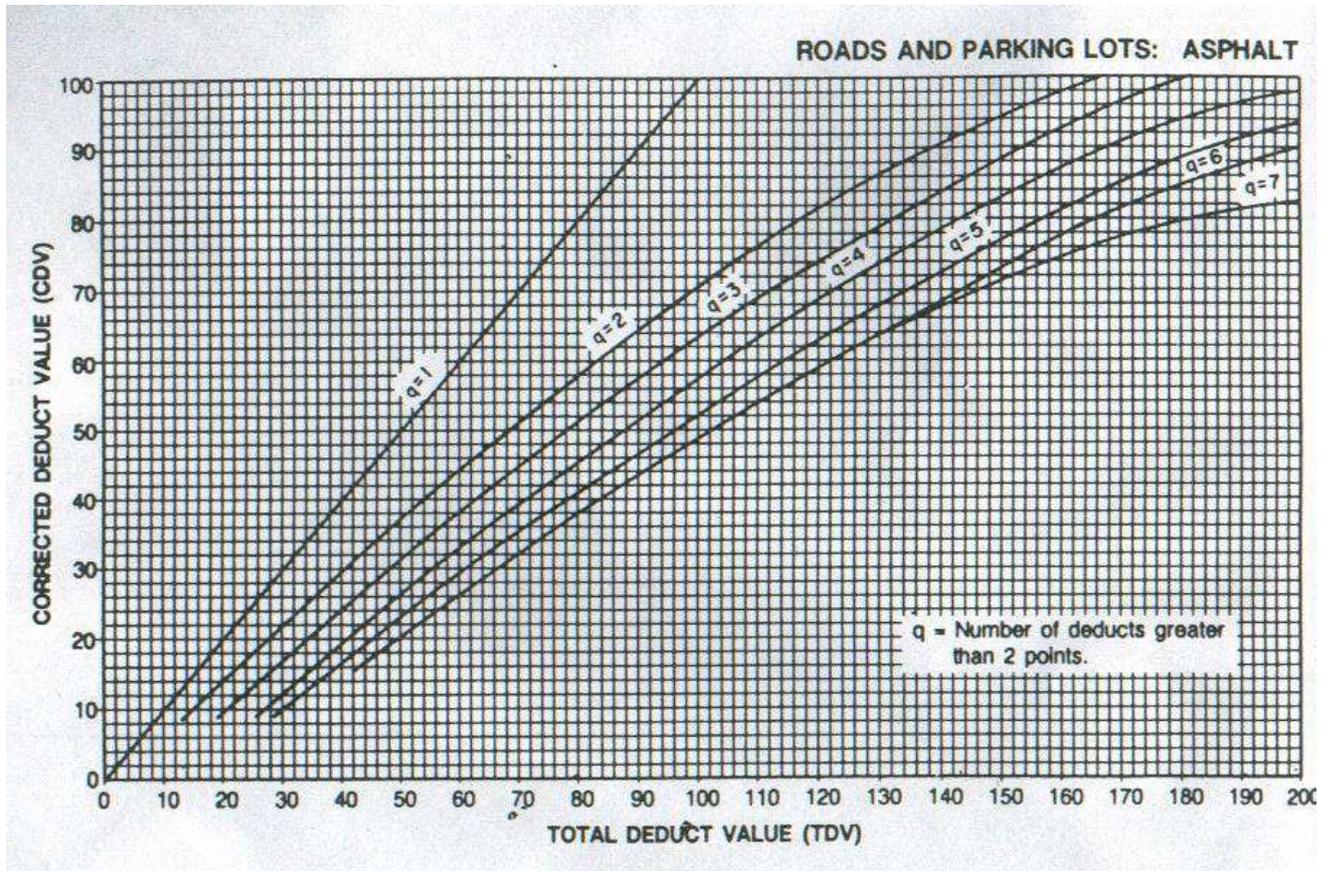
### 18.- Hinchamiento



### 19.- Desprendimiento de Agregados



Curva de Corrección



**ANEXO C**

**PANEL FOTOGRÁFICO**



**PIEL DE COCODRILO**



**PIEL DE COCODRILO**



**PIEL DE COCODRILO**



**PIEL DE COCODRILO**



**GRIETAS DE BLOQUE**



**GRIETAS DE BLOQUE**



**HUNDIMIENTOS**



**ELEVACIÓN**



**DEPRESIÓN**



**DEPRESIÓN**



**GRIETA DE BORDE**



**GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL**



**GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL**



**GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL**



**GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL**



**PARCHES**



**PARCHES**



**PARCHES**



**BACHES**



**BACHES**



**BACHES**



**BACHES**



**BACHES**



**BACHES**



**DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS**



**DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS**



**DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS**



**DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS**