



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1163>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí

Assessment of the state of flexible pavement using the pci method of the port-airport highway (Section II). Blanket. Manabi Province

Avaliação do estado do pavimento flexível usando o método pci da rodovia porto-aeroporto (Seção II). Cobertor. Província de Manabi

Byron Simón Baque-Solis ¹

arq.byronbaque8@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0700-7136>

***Recibido:** 29 de enero de 2020 ***Aceptado:** 25 de febrero de 2020 ***Publicado:** 16 de abril de 2020

I. Magíster en Ordenamiento Territorial y Diseño Urbano, Arquitecto, Investigador Independiente, Manta, Ecuador.

Resumen

El objetivo de este estudio fue diagnosticar el estado del pavimento flexible de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí. La técnica de recolección de datos consistió en la observación para la identificación y selección del tramo en estudio. Como instrumento para aplicar el método PCI, se utiliza un formato de registro de las fallas. La población objeto de estudio se encuentra ubicada entre el redondel del Parque del Marisco y el redondel del Aeropuerto, el cual consta de 3600 metros (m) de largo y 17.5 m de ancho. Los resultados señalan que la condición del tramo analizado dio una calificación de 49 que lo ubica en la clasificación Regular, según el índice PCI. A través de este método se determinó que existen 12 tipos de fallas en las 26 unidades de muestra analizadas, 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%. Se concluye que: la carretera requiere de un mantenimiento del tipo menor y del tipo 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 con un porcentaje considerable la de desprendimiento de agregados.

Palabras claves: Pavimento flexible; Método PCI; carretera; evaluación.

Abstract

The objective of this study was to diagnose the state of the flexible pavement of the Port-Airport highway (Section II) of the city of Manta, province of Manabí. The data collection technique consisted of observation for the identification and selection of the section under study. As an instrument to apply the PCI method, a failure record format is used. The study population is located between the Parque del Marisco roundabout and the Airport roundabout, which is 3600 meters (m) long and 17.5 m wide. The results indicate that the condition of the section analyzed gave a rating of 49, which places it in the Regular classification, according to the PCI index. Through this method it was determined that there are 12 types of failure in the 26 sample units analyzed, depending on the degree of incidence: Aggregate Detachment 78.28%, Crocodile Skin 4.51%, Polished Aggregates 4.11%, Block Cracks 3.96%, Longitudinal and Transverse Cracks 3.24%, Patch 2.27%,

Edge Crack 1.35%, Elevation and Sinking 0.84%, Pothole 0.65%, Depression 0.40%, Corrugation 0.36%, Swelling 0.03%. It is concluded that: the highway requires maintenance of the minor type and the major type, the latter carried out in the entire area of a section, provided that minor works have been carried out previously, since of all types of faults located in the study road only exists one fault with a considerable percentage of the detachment of aggregates.

Keywords: Flexible pavement; PCI method; road; evaluation.

Resumo

O objetivo deste estudo foi diagnosticar o estado do pavimento flexível da rodovia Porto-Aeroporto (Seção II) da cidade de Manta, província de Manabí. A técnica de coleta de dados consistiu em observação para identificação e seleção da seção em estudo. Como instrumento para aplicar o método PCI, é utilizado um formato de registro de falha. A população do estudo está localizada entre a rotatória do Parque del Marisco e a rotatória do aeroporto, com 3600 metros (m) de comprimento e 17,5 m de largura. Os resultados indicam que a condição da seção analisada deu uma classificação de 49, o que a coloca na classificação Regular, de acordo com o índice PCI. Por esse método, foi determinado que existem 12 tipos de falhas nas 26 unidades amostrais analisadas, dependendo do grau de incidência: Destacamento Agregado 78,28%, Pele de Crocodilo 4,51%, Agregados Polidos 4,11%, Bloqueios 3,96%, Rachaduras longitudinais e transversais 3,24%, Patch 2,27%, Rachadura na borda 1,35%, Elevação e afundamento 0,84%, Buraco 0,65%, Depressão 0,40%, Corrugação 0,36%, Inchaço 0,03%. Conclui-se que: a rodovia requer manutenção do tipo menor e do tipo principal, este último realizado em toda a área de uma seção, desde que pequenas obras tenham sido realizadas anteriormente, devido a todos os tipos de falhas localizadas em a estrada de estudo existe apenas uma falha com uma porcentagem considerável do destacamento de agregados.

Palavras-chave: Pavimento flexível; método PCI; rodovia; avaliação.

Introducción

El medio de comunicación más antiguo utilizado por los seres humanos, a lo largo del tiempo ha sido el medio terrestre, a través del cual se logra una mejor conexión entre pueblos y ciudades, el cual ha llegado a convertirse en uno de los principales ejes de comunicación a nivel global. Es así que hoy en día, el progreso de un país se ve reflejado principalmente en el desarrollo y estado de conservación de su infraestructura. Por tanto, en toda nación se requiere que la red vial a lo largo del territorio nacional que garantice a los individuos seguridad y bienestar, esto se logra mediante el cumplimiento de los requisitos de mantenimiento establecidos en las normativas vigentes para la conservación de la infraestructura de tránsito terrestre.

De este modo, la preservación de la vialidad pasa a ser un factor fundamental para la movilidad de las personas que necesitan desplazarse hacia los centros laborales, educativos, centros comerciales y recreativos o bien para las empresas del sector económico cuyo tipo de negocio pasa, de alguna u otra forma, por la carretera. Así las cosas, en la actualidad las carreteras se han convertido en elementos clave que impulsan la competitividad de la economía y también el desarrollo social. Por ello, es prioritario contar con infraestructuras de carreteras que garanticen una circulación fiable, adecuada y fluida. Debido a esto, el pavimento, elemento componente principal de esta obra vial, debe encontrarse en buen estado de servicio.

En este sentido, de acuerdo con el Manual de Carreteras de Perú (2013: p.23) “el pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito.” En la misma línea, en este manual se indica que “los pavimentos por lo general están conformados por las siguientes capas: capa de rodadura, base y subbase.” De este modo, en este mismo documento, se definen estas capas como:

- La capa de rodadura: es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- La base: es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$) o será tratado con asfalto, cal o cemento.

- La subbase: es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo de diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($CBR \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento.

En el mismo marco, la Asociación de Administradores de Carreteras de los Estados Unidos (AASHTO: 1993) señala que: “existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del Usuario.” Desde la perspectiva de la Ingeniería:

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

Por su parte desde el punto de vista del usuario, “el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella es decir debe proporcionar un servicio de calidad óptimo.” AASHTO (1993). De acuerdo con estos señalamientos, una buena conservación del estado de las vías, que asegure un mejor deslizamiento vehicular por la carretera es un factor que influye en la seguridad y bienestar de los conductores.

Asimismo, según Montejo (2012), los pavimentos se pueden clasificar de acuerdo al paquete estructural que los compone en pavimentos del tipo rígido y pavimentos flexibles. A tal efecto, “recibe el nombre de pavimento rígido debido a las propiedades de la carpeta de concreto, que absorbe en mayor grado las cargas vehiculares y es en comparación con el pavimento flexible de mayor costo, pero requiere un mantenimiento mínimo.” Montejo (2012). Con respecto al pavimento flexible, “son aquellos que tienen una carpeta de rodamiento formado por concreto de cemento asfáltico, apoyado generalmente sobre dos capas no rígidas definidas como la base y subbase.” Montejo (2012)

En este mismo orden, Leguía y Pacheco (2016: p.23), indican que “el pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 a 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil o de servicio.” Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están formados por una serie

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

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- Tener la impermeabilidad necesaria.
- Resistir la acción destructora de los vehículos.
- Resistir los agentes atmosféricos.
- Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de vehículos.
- Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub-base.

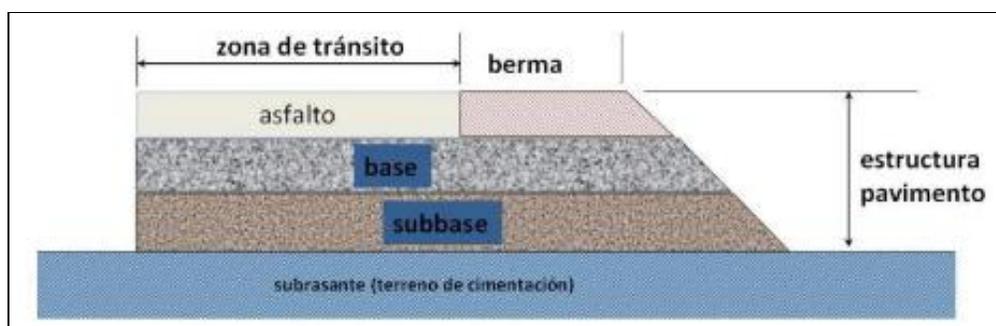


Ilustración 1. Esquema de Pavimento Flexible

Fuente: (Becerra, 2012)

Es así que, el estado de las carreteras es un factor clave para el transporte, por tanto, se requiere de inversiones constantes para el mantenimiento y mejoras de las vías. De este modo, el mantenimiento se puede definir de acuerdo con Leguía y Pacheco (2016: p.27) como:

Son los trabajos, actividades, operaciones, acciones y cuidados rutinarios, periódicos o de emergencia, destinados a lograr que la infraestructura vial preserve la condición superficial, funcional, estructural y de seguridad requerida, a efectos de asegurar la satisfacción de los usuarios y en general atender de manera adecuada el tránsito.

En tal sentido, el transporte es un sector estratégico en la economía de cualquier país a nivel mundial, por lo que unas redes de viales en óptimas condiciones se hacen necesarias para el correcto

funcionamiento de la circulación vehicular tanto de personas particulares, como del transporte de pasajeros, mercancías y de bienes y servicios.

Sin embargo, con el paso del tiempo, el constante uso y los factores ambientales, entre otros, causan el deterioro sistemático del pavimento. De acuerdo con Branco y cols. (2011)

El proceso de evolución del deterioro de los pavimentos depende esencialmente de dos grupos de factores: los factores pasivos, referentes a las características de los pavimentos (materiales usados, espesuras de las capas, calidad de la construcción) y los factores activos (tráfico, agentes climáticos). Estos últimos son los principales responsables del proceso de degradación de los pavimentos.

Con respecto a esto, Valeriano (2000) señala que “la degradación es el progresivo deterioro del pavimento debido a ciertos factores que terminan con el colapso de la estructura, si no se realiza una intervención adecuada y oportuna.” A este propósito, para determinar el grado de deterioro de una infraestructura vial, es necesario realizar una evaluación eficiente y en consecuencia proceder a la aplicación de las acciones correctivas adecuadas. De acuerdo con Leguía y Pacheco (2016: p.35)

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

De manera similar Orozco (2004) afirma que “para seleccionar la estrategia de conservación más eficiente y que mejor se adapta a la realidad, es fundamental conocer el estado actual del pavimento, obtenido por una evaluación objetiva del mismo.” En torno a esto, “el método Pavement Condition Index (PCI); constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado. Leguía y Pacheco (2016: p.16). Igualmente, Riveros y Gaitan (2019: p.16) señalan que “la metodología PCI es norteamericana; estas identifican el estado actual y el grado de deterioro en vías existentes de una forma cualitativa.” De tal modo que, el PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este. Leguía y Pacheco (2016: p.42).

Además, esta metodología califica la condición integral del pavimento en base a una escala que varía entre “0” para un estado fallado y un valor de “100” para un estado excelente. Leguía y Pacheco (2016: p.42). Para ilustrar esto, se muestra a continuación los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 1. Escala de Clasificación PCI

Rangos del PCI	Clasificación
85 - 100	Excelente
70 - 85	Muy bueno
55 - 70	Bueno
40 - 55	Regular
25 - 40	Malo
10 - 25	Muy malo
0 - 10	Fallado

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03. Elaboración propia

De igual forma, de acuerdo con Tacza y Rodríguez (2018: P.36) “el método Pavement Condition Index (PCI) considera 19 clases de fallas más comunes en el deterioro progresivo del pavimento flexible, las cuales, son agrupadas en 4 categorías, a saber:

1. -) Fisuras y grietas: Piel de Cocodrilo; Agrietamiento en bloque; Grieta de Borde; Grieta de Reflexión de Junta; Grietas Longitudinales y transversales; Cruce de vía férrea y Grietas parabólicas.
- 2.-) Deformaciones superficiales: Abultamientos y Hundimientos; Corrugación; Depresión; Ahuellamiento; Desplazamiento e Hinchamiento.
- 3.-) Desprendimientos: Huecos y Desprendimiento de Agregados y
- 4.-) Otras fallas: Exudación; Pulimento de Agregados; Desnivel Carril / Berma y Parcheo y acometidas.

En correspondencia con lo anterior, el estado de las carreteras es un factor fundamental para el desarrollo y crecimiento de la economía de cualquier país del mundo y Ecuador no escapa a esta realidad. Por ello, el país necesita carreteras y vías en buen estado para promover un desarrollo social y económico que permita elevar la calidad de vida de todos sus habitantes, por tal motivo se necesita realizar mantenimientos y controles constantes en las vías, como acciones tendientes a mantener y prolongar la vida útil de las mismas. En referencia a esto, el método utilizado en el país

actualmente para el análisis de las vías es el método Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual ha sido publicado por la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) como método de análisis y aplicación. Leguía y Pacheco (2016: p.16)

A manera de contextualizar, la ciudad de Manta en Ecuador, 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. 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. Sin embargo, el crecimiento acelerado del parque automotor, 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.

Sobre la base de las consideraciones anteriores el objetivo de este estudio fue diagnosticar mediante el método PCI el estado del pavimento flexible, de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

Metodología

La presente investigación es de tipo descriptiva, con diseño de campo, la cual se desarrolló con el objetivo de conocer el valor del PCI que tiene actualmente la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí. La técnica de recolección de datos consistió en la observación para la identificación y selección del tramo en estudio. Asimismo, como instrumento para aplicar el método PCI, se utiliza un formato de registro de las fallas en la zona de estudio. La población objeto de estudio se encuentra ubicada entre el redondel del Parque del Marisco y el redondel del Aeropuerto, el cual consta de 3600 metros (m) de largo y 17.5 m de ancho. 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 kilómetros (Km) de longitud aproximadamente. El punto de partida es el redondel del parque del marisco, exactamente desde la construcción del nuevo museo naval Desde dicho punto se recorren 3.600 metros lineales en cada sentido de la vía Puerto-Aeropuerto. (Ver ilustración 1).



Ilustración 1. Inicio de la zona de estudio.
Fuente: Observación realizada por el autor.

El punto final del análisis se sitúa en el redondel del Aeropuerto, a la altura de la Gasolinera Petrovelca. (Ver ilustración 2)



Ilustración 2. Final de la zona de estudio.
Fuente: Observación realizada por el autor

Materiales y Equipos

En el desarrollo de las actividades además de los materiales de oficina, se necesitó la utilización de los siguientes equipos y materiales:

Tabla 2.- Materiales y equipos para la investigación

Materiales de campo	Flexómetro Cinta métrica Regla de aluminio
Materiales de oficina	Computadoras Bolígrafos Libretas Hoja de registro Cámara fotográfica

Fuente: Elaboración propia

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

Resultados

Los resultados obtenidos, se presentan siguiendo una secuencia ordenada: en primer lugar, se realiza la identificación de las fallas existentes en la zona de estudio; en segundo lugar, se muestran los valores calculados del PCI en las diferentes unidades de muestra analizadas y toda la sección del tramo en estudio y en tercer lugar 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 y al valor del PCI que está asociada con el tipo de intervención requerido para mejorar la condición de la carretera.

Fallas existentes

El método PCI presenta en total 19 tipos de fallas para el estudio (ver tabla 3) se presentan las cantidades registradas por unidad de medida según el tipo de falla encontrada y en la ilustración 3, 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. De este modo, 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

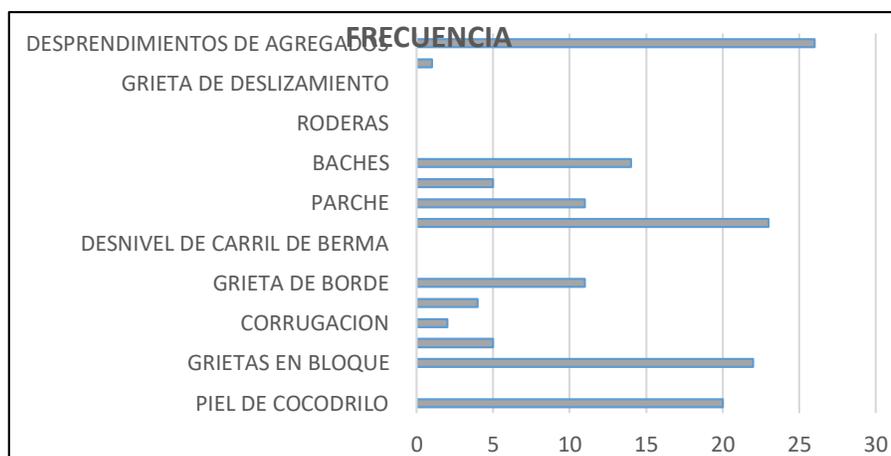
contabilizadas por unidades (Unidad), metros cuadrados (m²) y metros lineales (m). Asimismo, los resultados obtenidos de las 26 unidades de muestra de la zona de estudio presentan solo doce tipos de fallas del total de diecinueve fallas que plantea el método del PCI, quedando un total de siete tipos de fallas sin haber sido identificadas ni registradas en las unidades de muestra.

Tabla 3. Resultados de las cantidades registradas por unidad de medida según el tipo de falla encontrada en el pavimento de estudio de la carretera Puerto – Aeropuerto. (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí

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

Ilustración 3. Resultados de las cantidades registradas por unidad de medida según el tipo de falla encontrada en el pavimento de estudio de la carretera Puerto – Aeropuerto. (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

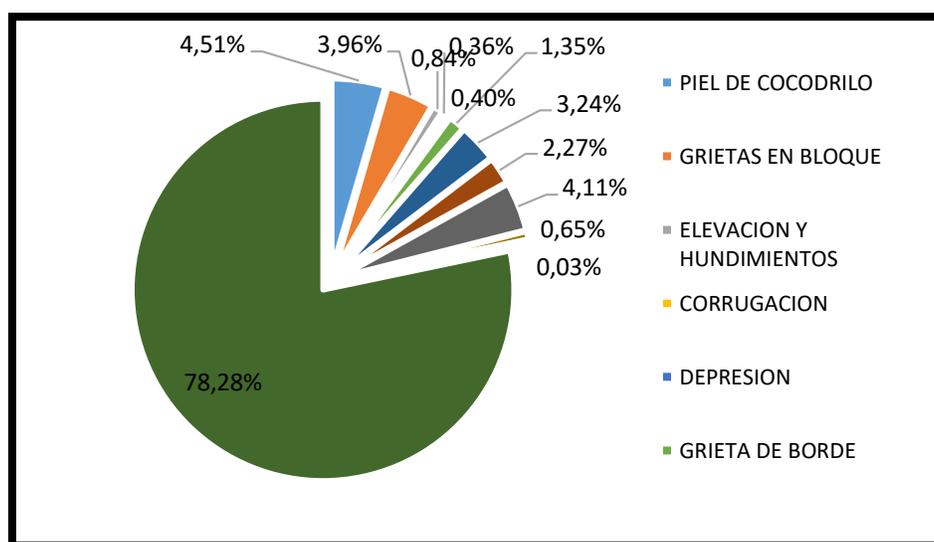


Fuente: Elaboración propia

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, debe 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 ilustración 4, se muestra la distribución de las fallas incidentes consideradas en función al porcentaje que representa cada una.

Ilustración 4. Distribución de las fallas incidentes consideradas en función al porcentaje que representa cada una encontrada en el pavimento de estudio de la carretera Puerto – Aeropuerto. (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.



Fuente: Elaboración propia.

Severidad de las fallas incidentes.

La utilización del método del PCI incluye la clasificación de las fallas según su tipo de severidad que estas presentaron cuando se realizó la inspección del pavimento en la zona de estudio. Así, 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. 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). (Ver tabla 4)

Tabla 4. Resultados obtenidos de la severidad fallas incidentes que presenta el pavimento en estudio de las Unidades de Muestra de la carretera Puerto - Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

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

Evaluación del PCI en la Zona de Estudio

Valor del PCI por unidad de muestra

Una vez definidos los parámetros necesarios: Tipo de falla, Cantidad, Severidad, Densidad, Valor deducido, entre otros, 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. Se muestran los resultados consolidados de las 26 Unidades de muestras en estudio. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Resultados consolidados de las 26 Unidades de muestras en estudio de la carretera Puerto - Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

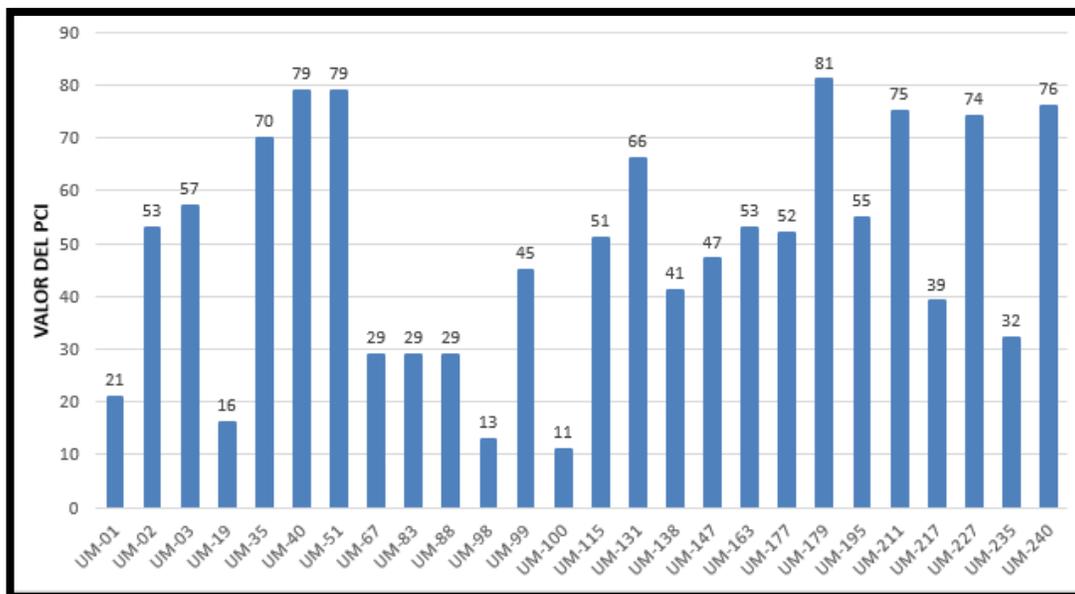
UNIDADES DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VALOR DEL PCI	CONDICION
UM-03	0+060.00	0+090.00	57	BUENO
UM-19	0+540.00	0+570.00	16	MUY MALO
UM-35	1+020.00	1+050.00	70	MUY BUENO
UM-51	1+500.00	1+530.00	79	MUY BUENO
UM-67	1+980.00	2+010.00	29	MALO

Evaluación de estado del pavimento flexible mediante el método de PCI de la Carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II). Manta. Provincia de Manabí

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
UNIDADES DE MUESTRA ADICIONALES				
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

Ilustración 5. Resultados consolidados de las 26 Unidades de muestras en estudio de la carretera Puerto - Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.



Fuente: Elaboración propia

Valor del PCI de la sección.

En la tabla 5, 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, para el cálculo del número mínimo de unidades de muestreo.

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

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

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

$$PCI_S = 48.96 \approx 49.00$$

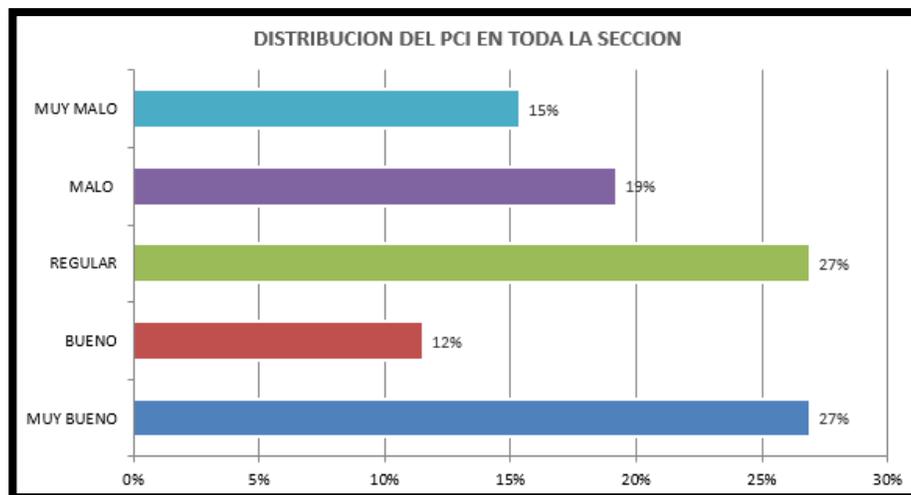
Evaluación de estado del pavimento flexible mediante el método de PCI de la Carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II). Manta. Provincia de Manabí

Tabla 6. Resultados del PCI de la sección de las Unidades de muestras en estudio de la carretera Puerto - Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

UNIDADES DE MUESTRA	DE AREA DE MUESTRA	DE 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.

Ilustración 5. Resultados del PCI de la sección de las Unidades de muestras en estudio de la carretera Puerto - Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.



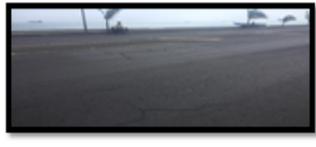
Fuente: Elaboración propia

Matriz de intervención

En la Tabla 7, 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.

Evaluación de estado del pavimento flexible mediante el método de PCI de la Carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II). Manta. Provincia de Manabí

Tabla 7. Matriz consolidada de alternativas de intervención de la sección de las Unidades de muestras en estudio de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí.

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 GRIETAS SE PRESENTAN DE FORMA CONECTADAS EN FORMA DE POLIGONOS	BAJA	SELLO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO		
			ALTA			
2	GRIETAS EN BLOQUE	DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCION DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESION	BAJA/MEDIA	-	REALIZAR LA INTERVENCION CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
		CAUSADAS GENERALMENTE POR LA CONTRACCION DEL CONCRETO ASFALTICO Y LOS CICLOS DE TEMPERATURA DIARNOS, ESTAS GRIETAS SE INTERCONECTAN DE MANERA QUE DECIDEN EL PAVIMENTO EN BLOQUES RECTANGULARES	BAJA	SELLADO DE GRIETAS	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
		SE MANIFIESTAN POR INFILTRACION Y ELEVACION DEL MATERIAL EN UNA GRIETA EN COMBINACION CON LAS CARGAS DE TRANSITO.	BAJA	PARCHEO PARCIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
3	ELEVACION Y HUNDIMIENTOS	DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCION DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL DESPLAZAMIENTO O DEPRESION	BAJA/MEDIA	-	REALIZAR LA INTERVENCION CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
4	CONRUGACION	SE ORIGINAN NORMALMENTE POR LA ACCION DEL TRANSITO EN CONJUNTO CON UNA CARPETA O UNA BASE INESTABLES.	BAJA	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA			
5	DEPRESION	DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCION DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESION	BAJA/MEDIA/ALTA	-	REALIZAR LA INTERVENCION CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
		DETERIOROS CAUSADOS POR EL ASENTAMIENTO DE LAS CAPAS INFERIORES DEL PAVIMENTO DESIDO A LA FILTRACION DE AGUA POR FALTA DE SELLADO EN LAS JUNTAS, CONSIDERANDO LAS CARGAS DE TRANSITO SE PRODUCEN AREAS CON NIVELES INFERIORES	BAJA	-	MANTENIMIENTO DE SELLADO DE JUNTAS	
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 PRONIMAS AL BORDE DEL PAVIMENTO.	BAJA	SELLADO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA	SELLADO SUPERFICIAL, PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO		

Evaluación de estado del pavimento flexible mediante el método de PCI de la Carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II). Manta. Provincia de Manabí

7	GRIETAS LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	SE GENERAN DEBIDO A LA CONTRACCION DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO ASFALTICO, 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 CONSIDERADO UN DEFECTO SIN IMPORTAR, QUE TAN BIEN SE COMPORTE YA QUE NO TENDRA LA MISMA FUNCIONABILIDAD QUE LA SECCION ORIGINAL.	BAJA	-	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACION ESTRUCTURAL	
			MEDIA	SUSTITUCION DEL PARCHE		
			BAJA/MEDIA/ALTA	-		
9	AGREGADOS PULIDOS	DETERIORO CAUSADO POR LA REPETICION DE CARGAS TRANSITO	BAJA	TRATAMIENTO SUPERFICIAL	REALIZAR TRATAMIENTO SUPERFICIAL	
10	BACHES	DETERIOROS CAUSADOS POR EL DESPRENDIMIENTO Y DESINTEGRACION PROGRESIVA DE LA CARPETA ASFALTICA PRODUCIDA POR FALLAS DEL TIPO PIEL DE COCODRILO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS, SUMADA A LA ACCION ABRASIVA DEL TRANSITO	BAJA	PARCHEO SUPERFICIAL	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
			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	RECONSTRUCCION		
12	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	DETERIORO SUPERFICIAL CAUSADA POR LA REPETICION DE LAS CARGAS DE TRANSITO QUE GENERA LA FRACTURA DEL LIGANTE ASFALTICO ALREDEDOR DE LOS AGREGADOS Y SE MANIFIESTA CON LA PERDIDA DE	BAJA	SELLADO SUPERFICIAL		

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En la tabla 3. Cantidad por tipo de falla existente, 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, es así que, la carretera presenta fallas del tipo parches, lo cual indica que fue sometida a un mantenimiento. De este modo, el desprendimiento de agregados es el tipo de falla con mayor cantidad registrada (4715 m²) en este caso es también la falla con la mayor cantidad de frecuencia

(26 veces) según ilustración 3, la frecuencia representa el número de veces que se registró cada tipo de falla sin tener en consideración la cantidad de metrado que mide, el desprendimiento de agregados se registró en todas las unidades de muestras intervenidas. Por su parte, el hinchamiento fue la falla con menor registro de metrado (2 m^2) y también fue la falla que presentó la menor frecuencia (1 vez) dentro de las 26 unidades de muestras analizadas.

Asimismo, en la ilustración 4 se puede observar 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, de tal manera que puedan formar parte de las alternativas de intervención que se plantean al pavimento.

De manera similar, en la tabla 4, 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).

Por otro lado, en la Tabla 5 y en la ilustración 4 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.

Igualmente, en la ilustración 5, 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.

Ahora bien, una vez calculado los valores del PCI para cada unidad de muestra, en la tabla 6 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 indicada, 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.

En consecuencia, debido al valor del PCI obtenido para la carretera en estudio se deben ejecutar trabajos de mantenimiento de tipo menor y de tipo mayor. Así, el mantenimiento menor incluye acciones que se aplican a pequeñas áreas localizadas del pavimento que no sobrepasen los 300 m². Por su lado, el mantenimiento mayor incluye trabajos que se aplican a toda el área de un tramo o al menos una sección importante de la vía, a razón de que todos los tipos de fallas localizadas en la carretera de estudio solo existe una falla “Desprendimiento de Agregados” con valores mayores a 300 m² como se detalla en la tabla 7.

Conclusiones

Se concluye que 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. Asimismo a través de este método se determinó que existen 12 tipos de fallas en las 26 unidades de muestra analizadas, 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%. Igualmente se determinó que la falla encontrada con mayor frecuencia 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.

En la misma línea, 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. Por su parte, 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.

Con respecto a lo anterior, las intervenciones planteadas fueron las correspondientes a mantenimientos del tipo menor y del tipo 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 m².

En consecuencia, 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.

Referencias

1. Branco. F, Picado, L y Garcia, P. (2011). Pavimentos Rodoviários. 4ta edición. Ediciones Almedina. Ingeniería Civil. P.p. 388. Portugal.
2. Leguía, P y Pacheco, H (2016). Evaluación Superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) en las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau. [Trabajo de grado]. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Huacho-Huaura. Lima. Perú.
3. Manual de Carreteras. (2013): Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección de Suelos y Pavimentos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. [Documento en línea] Disponible en: http://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf.
4. Montejo, A. (2008). Ingeniería de pavimentos. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
5. Orozco, J. (2004). Sistema de evaluación de pavimentos. Versión 2.0. México: Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.
6. Riveros, L y Gaitan, J. (2019). Determinar el Deterioro del Pavimento Flexible mediante Metodología de Auscultación VIZIR y PCI con Relación al CBR y la Estructura de Pavimento. [Trabajo de grado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad Tecnológica. Ingeniería civil. Bogotá D. C. 2019.

7. Torres, R (2007). Análisis comparativo de costos entre el pavimento flexible y pavimento rígido [Trabajo de grado]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Valeriano, J (2000). Degradación en los pavimentos revestidos con asfalto en Lima y Callao, Alternativas de solución para su mantenimiento y rehabilitación. [Trabajo de grado]). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
9. Tacza, E y 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. [Trabajo de grado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería. Lima. Perú.

References

1. Branco. F, Picado, L and Garcia, P. (2011). Rodoviários pavements. 4th edition. Almedina editions. Civil Engineering. P.p. 388. Portugal.
2. Leguía, P and Pacheco, H (2016). Superficial Evaluation of Flexible Pavement by the Pavement Condition Index (PCI) Method in Arterial Routes: Cinquentaire, Colón and Miguel Grau. [Degree work]. Faculty of Engineering and Architecture. Professional School of Civil Engineering. Huacho-Huaura. Lime. Peru.
3. Highway Manual. (2013): Soils, Geology, Geotechnics and Pavements. Floors and Pavements Section. Ministry of Transportation and Communications of Peru. General Directorate of Roads and Railways. [Document online] Available at: http://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf.
4. Montejo, A. (2008). Pavement engineering. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
5. Orozco, J. (2004). Pavement evaluation system. Version 2.0. Mexico: Secretary of Communications and Transportation, Mexican Institute of Transportation.
6. Riveros, L and Gaitan, J. (2019). Determine the Deterioration of the Flexible Pavement using the VIZIR and PCI Auscultation Methodology in Relation to the CBR and the Pavement Structure. [Degree work]. Francisco José de Caldas District University. Technological Faculty. Civil Engineering. Bogotá D.C. 2019.
7. Torres, R (2007). Comparative analysis of costs between flexible pavement and rigid pavement [Degree work]. University of San Carlos de Guatemala, Guatemala.

8. Valeriano, J (2000). Degradation in the pavements covered with asphalt in Lima and Callao, Solution alternatives for their maintenance and rehabilitation. [Degree work]. National University of Engineering, Lima, Peru.
9. Tacza, E and Rodríguez, B. (2018). Failure assessment using the PCI method and proposal of intervention alternatives to improve the operational condition of flexible pavement in the segregated lane of the Javier Prado corridor. [Degree work]. Peruvian University of Applied Sciences. Faculty of Engineering. Lima. Peru.

Referências

1. Branco. F, Picado, L e Garcia, P. (2011). Pavimentos Rodoviários. 4ª edição. Edições Almedina. Engenharia Civil. P.p. 388. Portugal.
2. Leguía, P e Pacheco, H (2016). Avaliação superficial de pavimentos flexíveis pelo método do índice de condições do pavimento (PCI) em rotas arteriais: Cinquentenário, Colón e Miguel Grau. [Trabalho de Grado]. Faculdade de Engenharia e Arquitetura. Escola Profissional de Engenharia Civil. Huacho-Huaura. Lima. Peru.
3. Manual da estrada. (2013): Solos, Geologia, Geotecnia e Pavimentos. Seção de Pisos e Pavimentos. Ministério de Transportes e Comunicações do Peru. Direção Geral de Estradas e Ferrovias. [Documento online] Disponível em: http://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf.
4. Montejo, A. (2008). Engenharia de pavimentos. Colômbia: Panamericana Formas e Impressões S.A.
5. Orozco, J. (2004). Sistema de avaliação de pavimentos. Versão 2.0. México: Secretário de Comunicações e Transportes, Instituto Mexicano de Transportes.
6. Riveros, L e Gaitan, J. (2019). Determine a deterioração do pavimento flexível usando a metodologia de auscultação VIZIR e PCI em relação à RBC e à estrutura do pavimento. [Trabalho de graduação] Universidade do Distrito Francisco José de Caldas. Faculdade Tecnológica. Engenharia Civil. Bogotá D.C. 2019.
7. Torres, R. (2007). Análise comparativa de custos entre pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos [Trabalho em graus]. Universidade de San Carlos da Guatemala, Guatemala.

8. Valeriano, J (2000). Degradação nos pavimentos cobertos de asfalto em Lima e Callao, alternativas de solução para sua manutenção e reabilitação. [Trabalho de Grado]). Universidade Nacional de Engenharia, Lima, Peru.
9. Tacza, E e Rodríguez, B. (2018). Avaliação de falhas utilizando o método PCI e proposta de alternativas de intervenção para melhorar a condição operacional de pavimentos flexíveis na faixa segregada do corredor Javier Prado. [Trabalho de Grado]. Universidade Peruana de Ciências Aplicadas. Faculdade de Engenharia. Lima. Peru.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).