

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Evaluación de fallas superficiales en pavimento flexible
mediante el método PCI**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de Bachiller
en Ingeniería Civil

Por:
Najhely Jackeline Pariachi Jiménez
Joel Enrique Cerdan Peña

Asesor:
Mg. Leonel Chahuares Paucar

Lima, diciembre del 2020

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN

Leonel Chahuares Paucar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES EN PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO PCI" constituye la memoria que presentan los estudiantes Najhely Jackeline Pariachi Jiménez y Joel Enrique Cerdan Peña para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, son comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, diciembre del 2020.



Leonel Chahuares Paucar

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....26.....día(s) del mes de.....Noviembre.....del año 2020.. siendo las.....11:00..... horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Ferrer Canaza Rojas....., el (la) secretario(a): Ing. Fiorella Maira Zapata Antezana..... y los demás miembros: Ing. Giuliano Ricardo Moreno Patiño y el (la) asesor(a)... Mg. Leonel Chahuares Paucar..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Evaluación de fallas superficiales en pavimento flexible mediante el método PCI". de los (las) egresados (as):
a)..... **NAJHELY JACKELINE PARIACHI JIMÉNEZ**.....
b)..... **JOEL ENRIQUE CERDAN PEÑA**.....
 conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

INGENIERÍA CIVIL

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **NAJHELY JACKELINE PARIACHI JIMÉNEZ**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	15	B-	BUENO	MUY BUENO

Candidato/a (b): **JOEL ENRIQUE CERDAN PEÑA**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	15	B-	BUENO	MUY BUENO

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente
 Ing. Ferrer Canaza
 Rojas



 Secretario
 Ing. Fiorella Maira
 Zapata Antezana

 Asesor
 Mg. Leonel Chahuares
 Paucar

 Miembro

 Miembro
 Ing. Giuliano Ricardo
 Moreno Patiño

 Candidato (a)
 Najhely Jackeline
 Pariachi Jiménez

 Candidato/a (b)
 Joel Enrique Cerdan
 Peña

EVALUACIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES EN PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO PCI

NAJHELY JACKELINE PARIACHI JIMÉNEZ* y JOEL ENRIQUE CERDAN PEÑA*

*EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión,
Perú.*

Resumen

Este artículo muestra un alcance analítico-descriptivo sobre las diversas fallas visualizadas en la carpeta asfáltica del Jr. Lima-Huancayo, mostrándose una degradación de las condiciones para las que fue diseñado a lo largo de su vida útil y al mismo tiempo una deficiente serviciabilidad brindada al usuario. En tal sentido, se utiliza el método Pavement Condition Index (PCI) constituido como sistema poco complejo y a la vez completo al momento de realizar la evaluación ya que nos proporciona información sobre el estado funcional actual en la que se encuentra el pavimento flexible. Para este caso, se logró determinar 11 unidades de muestreo, inspeccionadas en el tramo de 1km de vía, donde se pudo notar que la patología con más presencia se tuvo a las de tipo hueco.

Palabras Claves: Pavimento Flexible, Patologías, PCI.

Abstract

This article shows an analytical-descriptive scope on the various failures visualized in the asphalt layer of Jr. Lima-Huancayo, showing a degradation of the conditions for which it was designed throughout its useful life and at the same time a deficient serviceability provided to user. In this sense, the Pavement Condition Index (PCI) method is used, constituted as a not very complex and at the same time complete system at the time of carrying out the evaluation since it provides us with information on the current functional state in which the flexible pavement is. For this case, it was possible to determine 11 sampling units, inspected in the 1km stretch of road, where it was noted that the pathology with the most presence was the hollow type.

Keywords: Flexible Pavement, Pathologies, PCI.

*Correspondencia de autor: Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: najhelypariachi@upeu.edu.pe

*Correspondencia de autor: Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: joelcerdan@upeu.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, existen distintos métodos para analizar las fallas en los pavimentos flexibles, (Tacza & Rodríguez, 2018), con el fin de que puedan favorecer un óptimo desarrollo de diversas actividades y llegar a una mejor toma de decisiones ligadas a la conservación del pavimento a lo largo de su vida útil. El pavimento constituye una de las partes más importantes de la ingeniería de carreteras y desde el punto de vista general de los usuarios califican a la carretera por el estado en el que se encuentra, (Vergara, 2015).

El presente artículo, realiza una evaluación de las fallas superficiales existentes en el pavimento, empleando el método de Pavement Condition Index (PCI) con el fin de evaluar su estado funcional. (Leguía Loarte & Pacheco Risco, 2016) nos menciona que el método (PCI); constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado.

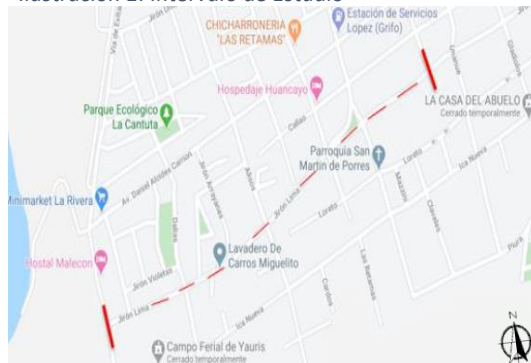
Asimismo, el método PCI tiene un enfoque cuantitativo debido a que se pretende medir la realidad en la que se encuentra el pavimento, recolectando información de manera visual y mensurando las patologías con diversos equipos y herramientas. Además, corresponde al método cualitativo ya que describe la condición del pavimento en un rango numérico que varía desde cero (0) hasta cien (100).

Los resultados del nivel de imperfecciones de un pavimento, están relacionadas con su capacidad estructural y aspectos constructivos o funcionales. Frente a las diversas patologías encontradas, el método presenta alternativas de solución con características de conservación, que como todo proceso de mantenimiento tiene la finalidad fundamental de reforzar los pavimentos en servicio, (Conza Ccopa, 2015). Finalmente, el principal objetivo es reconocer visualmente las fallas superficiales presentes en el pavimento y determinar el nivel de severidad de daños que se encontraron.

2. METODOLOGÍA

Para el tramo en estudio, se seleccionó una muestra de 1km con un ancho de calzada de 7.3m, ubicado en el Jr. Lima de la ciudad de Huancayo, entre la Av. Alameda de las Flores y Jr. Los Rosales.

Ilustración 1: Intervalo de Estudio



Fuente: (Google Maps, 2014)

El método Pavement Condition Index evalúa pavimentos flexibles y rígidos, mediante un reconocimiento visual muestra las degradaciones dando como resultado el nivel de severidad. (Tabla 1)

Tabla 1: Rangos del PCI

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

Fuente: (Vásquez, 2002)

2.1 Recolección de Datos

Para la recolección de datos se acudió al tramo que se iba a evaluar (Ilustración 1), haciendo uso de diferentes herramientas de medición para una mejor precisión y obtención de resultados más exactos.

Ilustración 2: Tramo evaluado



Fuente: Propia

El análisis de la investigación se realiza bajo exploración y recolección de datos en función al manual PCI para tener conocimiento en cuanto a los diferentes tipos de patologías en el pavimento, como se muestra en la siguiente (Tabla 2).

Tabla 2: Tipos de Falla - PCI

N°	TIPO DE FALLA	COD.	UND
1	Piel de cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m2
4	Abultamiento (BUMPS) Y Hundimientos (SAGS)	ABH	ml
5	Corrugación	COR	m2
6	Depresión	DEP	m2
7	Grieta de borde	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta	GR	ml
9	Desnivel carril/berma	DN	ml
10	Grietas longitudinales y transversales	GLT	ml
11	Parcheo y acometidas de servicio público	PA	m2
12	Pulimento de agregados	PU	m2
13	Huecos	HUE	und
14	Cruce de via ferrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AHU	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grietas parabólicas (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento	HN	m2
19	Meteorización/desprendimiento de agregados	DAG	m2

Fuente: Propia

(Gonzalez, 2015) añade que cuando en una misma fisura existan diferentes severidades, de ser posible se reportará la longitud correspondiente a cada severidad, de lo contrario se reportará la longitud total de la fisura con el mayor nivel de severidad presente.

Asimismo, se hace uso de un formato de Exploración de la Condición por Unidad de Muestreo, para consolidar la información primordial referente a la vía en estudio. En conjunto se utiliza un flexómetro como instrumento manual facultado de poder adquirir mediciones, con el fin de obtener datos de longitudes y áreas de los daños vigentes en el pavimento flexible.

2.2 Unidades de Muestreo

Se formula en función a una “**Evaluación de una Red**” vial conforme al tamaño de la muestra y así elaborar un método optimizado. Para determinar las unidades de muestreo en una carpeta de rodadura asfáltica se debe considerar un área de unidad de muestreo entre el rango de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$, se recomienda escoger el valor numérico medio y en ninguno de los casos nuestra área de unidad puede encontrar fuera de dicho rango.

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

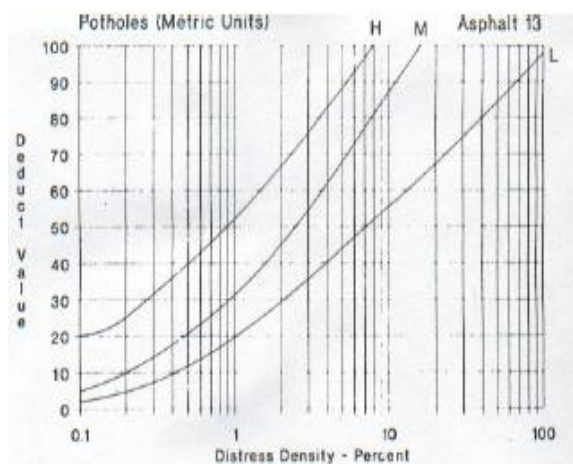
Después de la obtención de la unidad de muestreo para el análisis, es conveniente que se genere un espaciamiento de misma dimensión a lo largo de toda la sección en estudio. Por esa razón se procede a calcular un intervalo de muestras (i), de eso se desprende un fraccionamiento entre el número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento (N) y un número mínimo de unidades a evaluar (n).

2.3 Cálculo de Valores Deducidos

En base al total de registros tomados en la sección, por cada tipo y nivel de severidad de daño en unidades de área y longitud. Dentro de este marco, se calcula la Densidad del daño, por tal motivo se realiza una división entre la cantidad por cada clase de daño y el área total de las unidades de muestreo en estudio, expresado en porcentaje.

Se hace necesario resaltar que para determinar el Valor deducido respecto a cada tipo de daño y su nivel de severidad se recurre a las curvas “Valor deducido del daño” (Ver Ilustración 3) incluidas en sección final del manual PCI.

Ilustración 3: Abaco de falla superficial tipo "Hueco"



Fuente: Manual de PCI

Además, es importante expresar que los valores deducidos deben ser mayores a 2. No obstante, si se tiene el caso que dichos valores sean inferiores a 2, no se tomarán en cuenta para los siguientes cálculos. (González et al., 2019) indica que para tal comprobación existen dos casos:
 * Si se tiene uno o ningún valor deducido mayor a 2, para el cálculo del PCI, se aplica la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - VDT \quad (2)$$

Donde:

VDT: Valor Deducido Total

* Para el caso de mayores valores deducidos mayores a 2, se determina con lo siguiente:

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

Donde:

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

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

2.4 Cálculo del PCI

Para el cálculo del PCI por cada unidad, se resta 100 al máximo valor deducido reducido conseguido.

En relación al cálculo del índice de condición del pavimento flexible, si se utilizó el total de muestras registradas, se promedia los PCI obtenidos en cada una de las unidades de muestreo. No obstante, si se utilizó muestras aleatorias inspeccionadas o representativas por cada sección del pavimento, el cálculo del PCI se determina en base al promedio de los PCI de las muestras

inspeccionadas. En tal caso, que existan muestras adicionales se promedia mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \quad (4)$$

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

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

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

3. RESULTADOS

La metodología expresada anteriormente, respecto a la aplicación del método Pavement Condition Index (PCI), se dio uso para el desarrollo de una evaluación del pavimento flexible. El análisis realizado en la zona de estudio, nos indica que se evaluó 11 unidades de muestreo abarcando un área unitaria de 229.95m². Además, se registró la presencia de 9 diferentes patologías en las diferentes unidades de muestreo. (Ver Tabla 3)

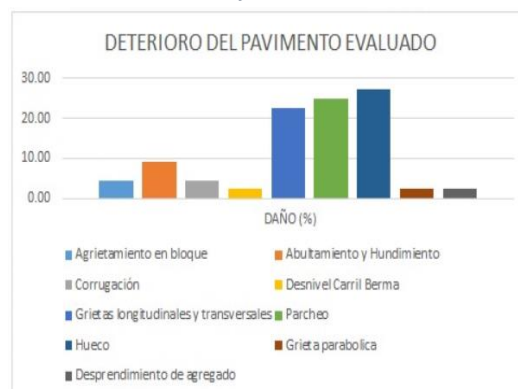
Tabla 3: Tipo de daño

TIPO DE DAÑO	DAÑO (%)
Agrietamiento en bloque	4.55
Abultamiento y Hundimiento	9.09
Corrugación	4.55
Desnivel Carril Berma	2.27
Grietas longitudinales y transversales	22.73
Parcheo	25.00
Hueco	27.27
Grieta parabolica	2.27
Desprendimiento de agregado	2.27

Fuente: Propia

En apoyo con la información obtenida en la (Tabla 3) e (Ilustración 4), se puede determinar el nivel de severidad de daños existentes en las unidades de muestreo.

Ilustración 4: Porcentaje de daño



Fuente: Propia

Se puede interpretar que la patología más representativa dentro de la zona de estudio son las de tipo hueco, esto se debe a la condición en la que se encuentra la estructura que conforma el pavimento, sumado a que su incremento de tamaño es por motivo de que en su interior concurre agua a consecuencia de que se presencian lluvias en la zona.

Asimismo, como muestra la (Tabla 4), los valores de PCI conseguidos en las diversas unidades de muestreo, se puede definir la condición en su totalidad del pavimento. Para tal caso, se pudo efectuar un promedio de todos los Índices de Condición, donde se obtuvo un resultado de 66.24, estando dentro del rango donde que representa un estado en condición “Buena”.

Tabla 4: Resultados de PCI

TRAMO	ABS INICIAL	ABS FINAL	PCI
1	0+000	0+031.5	16.77
2	0+094.5	0+126.0	64.66
3	0+189.0	0+220.5	77.82
4	0+283.5	0+315.0	65.50
5	0+378.0	0+409.5	78.06
6	0+472.5	0+504.0	44.43
7	0+567.0	0+598.5	65.60
8	0+661.5	0+693.0	86.42
9	0+756.0	0+787.5	62.40
10	0+850.5	0+882.0	78.50
11	0+945.0	0+976.5	88.43

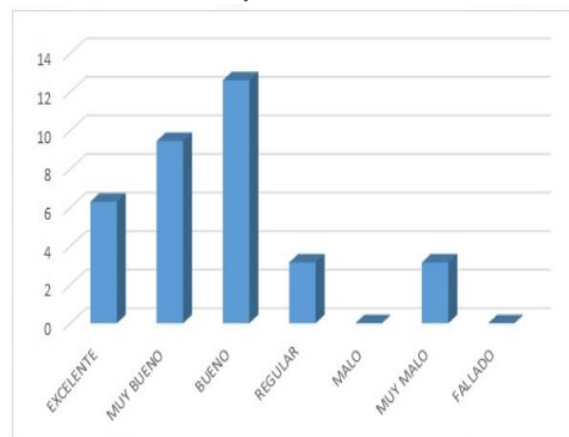
Fuente: Propia

Tabla 5: Porcentajes de PCI

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO (31.5m)	LONGITUD DE UNIDADES (m)	%
EXCELENTE	2	63	6.3
MUY BUENO	3	94.5	9.45
BUENO	4	126	12.6
REGULAR	1	31.5	3.15
MALO	-	-	-
MUY MALO	1	31.5	3.15
FALLADO	-	-	-

Fuente: Propia

Ilustración 5: Porcentaje de nivel de severidad



Fuente: Propia

4. CONCLUSIONES

Mediante el reconocimiento visual en campo, se pudo definir un total de 11 muestras con una longitud de 31.5m para cada una de ellas. Dentro de las 19 patologías normalizadas en el Método PCI, se concluye que se tiene 9 diferentes fallas, de las cuales son: 12 huecos, 11 parcheos, 10 grietas longitudinales y transversales, 4 abultamiento y ahuellamiento, 2 agrietamiento en bloque, 2 corrugación, 1 desnivel carril-berma, 1 grieta parabólica. 1 desprendimiento de agregado; de las demás fallas no se tiene presencia. Todas las diversas fallas se encuentran distribuidas en las diferentes unidades de muestreo.

Para la evaluación superficial del estado funcional en que se encuentra el pavimento Flexible del tramo objeto de estudio, se pudo analizar la cantidad de fallas y el nivel de severidad (Baja, Media y Alta) de daño existentes en la vía. De eso se desprende que los huecos, parcheos y grietas longitudinales y transversales, abarcan un 75% del total de fallas. Así también, se puede destacar que ninguna de las unidades evaluadas se encuentra en un estado de conservación “Malo” o “Fallado”.

De acuerdo al promedio de las diferentes unidades de muestreo, se tuvo un PCI de 66.24, representando un estado de preservación “Bueno”, teniendo en cuenta que hay una cantidad notable de huecos y grietas, que con el pasar del tiempo y en conjunto con las fuertes lluvias que se aqueja en la ciudad, puede traer resultados de mayor magnitud. A pesar de ello, el usuario no muestra una incomodidad al momento de su desplazamiento vehicular, siendo necesario que se realice un mantenimiento de conservación en algunas de las muestras mencionadas.

5. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a los ingenieros Ferrer Canaza Rojas y Leonel Chahuares Paucar, docentes de la Universidad Peruana Unión, por su aporte para realizar la presente investigación.

Agradecemos a la Universidad Peruana Unión por brindarnos los medios necesarios para concluir satisfactoriamente cada paso del presente artículo.

6. REFERENCIAS

- Conza Ccopa, D. G. (2015). Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca. 0–214.
- Gonzalez, C. (2015). *Fallas en el Pavimento Flexible de la Vía de Evitamiento Sur, Cajamarca, 2015*. 1–150.
- González, H., Ruiz, P., & Guerrero, D. (2019). Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición de Pavimento (PCI). *Redalyc, 1*, 16.
- Leguía Loarte, P. B., & Pacheco Risco, H. F. (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). (*USMP*), 1-174.
- Tacza, E., & Rodriguez, 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*.
- Vásquez, L. (2002). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.
- Vergara, A. (2015). *Evaluación Del Estado Funcional Y Estructural Del Pavimento Flexible Mediante La Metodología Pci Tramo Quichuay -Ingenio*.