



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE
DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE
LA PROVINCIA DE LAMPA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRAYAN QUISPE MAMANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE
DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE
LA PROVINCIA DE LAMPA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRAYAN QUISPE MAMANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1499-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 11398 presentado por el (la) Bachiller: **BRAYAN QUISPE MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **BRAYAN QUISPE MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, M.Sc. **JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **BRAYAN QUISPE MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 20 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 15:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. OSCAR V. VIANONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fris Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivos
Intermedios (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1292-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-9569 por el señor (a): **BRAYAN QUISPE MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), el **PROVEIDO - N° 957-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 131 - 2025 del integrante del comité de investigación 1292 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BRAYAN QUISPE MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 131 - 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **BRAYAN QUISPE MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc.
Archivo
Intermedio (a)

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIALMONTA CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 991-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de setiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 2182, presentado por el señor (a) **BRAYAN QUISPE MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 718-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 097-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BRAYAN QUISPE MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 097-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **BRAYAN QUISPE MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

OSCAR V. VIANENTE CALLA
DECANO (e)
C.P. 32730

Dr. Erico V. Maza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BRAYAN QUISPE MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74702951
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-8541-7888
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	

Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Latitud: S 15° 25' 00" Longitud: O 70° 35' 00"  https://maps.app.goo.gl/Efu2SrSLGUPqGBK68
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2025 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	

UNIVERSIDAD NACIONAL Vicerrectorado de Investigación
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BRAYAN QUISPE MAMANI, identificado con DNI
Nro. 74702951, en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL

PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 22 de diciembre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Mi familia, cuyo amor y soporte constante ha sido mi fuente de motivación y fortaleza a lo largo del camino, es la destinataria de mi tesis, la cual dedico a ellos. También quiero dedicarla a todas las personas que han depositado su confianza en mí, brindándome la inspiración y el impulso que necesito para seguir adelante en todos los aspectos de mi vida.



AGRADECIMIENTO

Quiero aprovechar este momento para agradecer de todo corazón a mi asesor de tesis por toda su ayuda, apoyo y paciencia. A todos los que han estado ahí para mí, ya sean amigos, familiares o compañeros de trabajo, les agradezco eternamente. Su apoyo incondicional y su confianza fueron cruciales para mi éxito. Sus contribuciones fueron cruciales para el éxito de nuestro proyecto, y les estoy muy agradecido.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática.....	14
1.2	Planteamiento del problema.....	15
1.2.1	Problema general	15
1.2.2	Problemas específicos.....	15
1.3	Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1	Objetivo general	16
1.3.2	Objetivos específicos.....	16
1.4	Justificación de la investigación	16
1.4.1	Justificación técnica.....	16
1.4.2	Justificación económica.....	17
1.4.3	Justificación social	17
1.4.4	Justificación ambiental.....	17
1.5	Hipótesis de la investigación	18
1.5.1	Hipótesis general	18
1.5.2	Hipótesis específicas.....	18
1.6	Variables e indicadores	18



1.6.1	Variable independiente	18
1.6.2	Variable dependiente 1	18
1.6.3	Variable dependiente 2	19
1.7	Operacionalización de variables	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	21
2.1.1	Antecedentes internacionales	21
2.1.2	Antecedente nacional	24
2.1.3	Antecedente de ámbito local	26
2.2	Bases teóricas	28
2.2.1	Introducción al Pavimento Flexible	28
2.2.1.1	Definición y Características del Pavimento Flexible	29
2.2.1.2	Tipos de Pavimento Flexible	30
2.2.1.3	Materiales Utilizados en la Construcción de Pavimentos Flexibles	32
2.2.2	Importancia de la Evaluación del Pavimento	33
2.2.2.1	Función y Relevancia de las Infraestructuras Viales	35
2.2.2.2	Deterioro de Pavimentos y sus Consecuencias	37
2.2.3	Método de Índice de Condición del Pavimento (PCI)	38
2.2.3.1	Definición del PCI	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3.2	Aplicación del PCI en Pavimentos Flexibles	40
2.2.3.3	Ventajas del PCI en la Evaluación de Pavimentos	42
2.2.4	Métodos Complementarios en la Evaluación del Pavimento	44
2.2.4.1	Inspección Visual y Técnicas Fotográficas Aéreas	46
2.2.5	Contexto de la Provincia de Lampa	47
2.2.5.1	Características Geográficas y Climáticas de la Provincia de Lampa	48
2.2.5.2	Infraestructura Vial en la Provincia de Lampa	49
2.2.6	Normativas y Estándares en la Evaluación de Pavimentos	51



2.2.6.1	Normativas Nacionales e Internacionales Relacionadas con la Evaluación del Pavimento	53
2.2.6.2	Estándares para la Evaluación de Pavimentos Flexibles	54
2.2.7	Mantenimiento y Restauración de Pavimentos Flexibles	56
2.2.7.1	Técnicas de Mantenimiento Preventivo	58
2.2.7.2	Métodos de Restauración y Reparación de Pavimentos Flexibles	60
2.3	Marco conceptual.....	62

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Enfoque de investigación	65
3.2	Tipo de la investigación.....	65
3.3	Nivel de la investigación.....	66
3.4	Diseño de la investigación.....	66
3.5	Método de la investigación.....	67
3.6	Población y muestra de la investigación.....	68
3.6.1	Población.....	68
3.6.2	Muestra	68
3.7	Técnicas e instrumentos	69
3.7.1	Técnicas	69
3.7.2	Instrumentos de recolección de datos investigación	71
3.8	Validación y confiabilidad del instrumento	72
3.8.1	Validación de los instrumentos	72
3.9	Plan de recolección y procesamiento de datos	73
3.9.1	Procedimiento de evaluación.....	73
3.9.2	Etapas de gabinete	74



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados	75
4.1.1	Tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia en las vías.....	86
4.1.2	Índice de condición superficial de las vías evaluadas	96
4.1.3	Alternativa de intervención según el índice de condición del pavimento	107
4.2	Discusión de resultados	115
CONCLUSIONES		118
RECOMENDACIONES.....		120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		121
ANEXOS		123



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de variables</i>	20
Tabla 2	<i>Técnicas aplicadas durante el estudio</i>	70
Tabla 3	<i>Daños que se pueden presentar en la vía</i>	78
Tabla 4	<i>Total de puntos de muestreo evaluados</i>	80
Tabla 5	<i>Fases para determinar los valores del PCI</i>	82
Tabla 6	<i>Fallas y severidad en U1 vía 1</i>	86
Tabla 7	<i>Fallas y severidad en U2 vía 1</i>	87
Tabla 8	<i>Fallas y severidad en U3 vía 1</i>	87
Tabla 9	<i>Fallas y severidad en U4 vía 1</i>	88
Tabla 10	<i>Fallas y severidad en U5 vía 1</i>	88
Tabla 11	<i>Fallas y severidad en U6 vía 1</i>	88
Tabla 12	<i>Fallas y severidad en U7 vía 1</i>	89
Tabla 13	<i>Fallas y severidad en U8 vía 1</i>	89
Tabla 14	<i>Fallas y severidad en U1 vía 2</i>	90
Tabla 15	<i>Fallas y severidad en U2 vía 2</i>	90
Tabla 16	<i>Fallas y severidad en U3 vía 2</i>	91
Tabla 17	<i>Fallas y severidad en U4 vía 2</i>	91
Tabla 18	<i>Fallas y severidad en U5 vía 2</i>	92
Tabla 19	<i>Fallas y severidad en U6 vía 2</i>	92
Tabla 20	<i>Fallas y severidad en U7 vía 2</i>	93
Tabla 21	<i>Fallas y severidad en U8 vía 2</i>	93
Tabla 22	<i>Conteo de fallas encontradas en el estudio</i>	94
Tabla 23	<i>Conteo de fallas encontradas en el estudio</i>	94
Tabla 24	<i>Condición de tramo en U1 vía 1</i>	96
Tabla 25	<i>Condición de tramo en U2 vía 1</i>	97
Tabla 26	<i>Condición de tramo en U3 vía 1</i>	97



Tabla 27	<i>Condición de tramo en U4 vía 1</i>	97
Tabla 28	<i>Condición de tramo en U5 vía 1</i>	98
Tabla 29	<i>Condición de tramo en U6 vía 1</i>	98
Tabla 30	<i>Condición de tramo en U7 vía 1</i>	99
Tabla 31	<i>Condición de tramo en U8 vía 1</i>	99
Tabla 32	<i>Condición de tramo en U1 vía 2</i>	100
Tabla 33	<i>Condición de tramo en U2 vía 2</i>	100
Tabla 34	<i>Condición de tramo en U3 vía 2</i>	101
Tabla 35	<i>Condición de tramo en U4 vía 2</i>	101
Tabla 36	<i>Condición de tramo en U5 vía 2</i>	102
Tabla 37	<i>Condición de tramo en U6 vía 2</i>	102
Tabla 38	<i>Condición de tramo en U7 vía 2</i>	103
Tabla 39	<i>Condición de tramo en U8 vía 2</i>	103
Tabla 40	<i>Resumen del índice de condición del pavimento de la vía 1</i>	104
Tabla 41	<i>Resumen del índice de condición del pavimento de la vía 2</i>	105
Tabla 42	<i>Resumen de las intervenciones requeridas en los tramos</i>	107
Tabla 43	<i>Resumen de alternativas de intervención</i>	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Vías de Lampa</i>	76
Figura 2	<i>Valores del índice de estado de superficie vial</i>	77
Figura 3	<i>Plantilla informativa</i>	81
Figura 4	<i>Calculo de sumatorias</i>	83
Figura 5	<i>Reducción de valores deducidos</i>	84
Figura 6	<i>Corrección de valores deducidos</i>	85
Figura 7	<i>Corrección de valores deducidos</i>	86
Figura 8	<i>Comparativa de valores alcanzados</i>	95
Figura 8	<i>Comparativa de valores alcanzados</i>	95
Figura 10	<i>Comparativa de valores alcanzados vía 1</i>	104
Figura 11	<i>Comparativa de valores alcanzados vía 2</i>	106



RESUMEN

El estudio titulado "Evaluación de la condición superficial del pavimento flexible mediante el empleo del método de Índice de Condición del Pavimento en vías de la provincia de Lampa 2025" tuvo como objetivo general evaluar la condición del pavimento flexible en las vías de la provincia de Lampa, identificando las fallas y su grado de severidad para proponer estrategias de mantenimiento. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación aplicada y un nivel descriptivo, utilizando un diseño no experimental y el método científico. La recolección de datos se realizó a través de la observación directa y el análisis de muestras de pavimento utilizando el PCI. Los resultados mostraron que en la vía 1 (Carretera Lampa - Pucara), las fallas predominantes fueron el ahuellamiento y el parcheo, con severidad baja a media, mientras que en la vía 2 (Carretera Lampa - Palca), el desprendimiento de agregados fue la falla más común. Los valores de PCI obtenidos fueron 50 para la Vía 1 y 49 para la Vía 2, lo que indica que ambos tramos se encuentran en un estado "regular". Las conclusiones indican que las fallas observadas reflejan un desgaste progresivo del pavimento y la necesidad de intervenciones preventivas y correctivas en los tramos más afectados. El estudio proporciona información clave para la toma de decisiones sobre la rehabilitación y el mantenimiento vial, proponiendo acciones de sellado de fisuras y rehabilitación en las zonas con un PCI bajo, y mantenimiento preventivo en las áreas con un PCI más alto.

Palabras clave: Alternativas de intervención, Índice de Condición del Pavimento (PCI), pavimento flexible, mantenimiento vial.



ABSTRACT

The study titled "Evaluation of the Surface Condition of Flexible Pavement Using the Pavement Condition Index Method on Roads in the Province of Lampa 2025" had the general objective of evaluating the condition of flexible pavement on the roads of the province of Lampa, identifying the failures and their degree of severity to propose maintenance strategies. The methodology employed was quantitative in approach, with an applied research type and a descriptive level, using a non-experimental design and the scientific method. Data collection was carried out through direct observation and the analysis of pavement samples using the PCI. The results showed that on Road 1 (Lampa - Pucara Highway), the predominant failures were rutting and patching, with low to medium severity, while on Road 2 (Lampa - Palca Highway), aggregate disbonding was the most common failure. The PCI values obtained were 50 for Road 1 and 49 for Road 2, indicating that both sections are in a "fair" state. The conclusions indicate that the observed failures reflect progressive wear of the pavement and the need for preventive and corrective interventions in the most affected sections. The study provides key information for decision-making on road rehabilitation and maintenance, proposing crack sealing actions and rehabilitation in areas with low PCI, and preventive maintenance in areas with higher PCI.

Keywords: Intervention alternatives, Pavement Condition Index (PCI), flexible pavement, road maintenance.



INTRODUCCIÓN

La evaluación superficial del pavimento es esencial para asegurar la durabilidad y seguridad de las vías de comunicación, especialmente en áreas rurales y provinciales donde la infraestructura vial puede presentar deterioros significativos debido a factores climáticos y el tránsito pesado. En la provincia de Lampa, la calidad de las carreteras se ve afectada por la falta de un sistema BUENO para monitorear y mantener el pavimento, lo que resulta en un deterioro progresivo que impacta directamente en la seguridad vial y la eficiencia del transporte. Este estudio se enfoca en evaluar la condición superficial del pavimento flexible en vías de la provincia de Lampa mediante el empleo del Índice de Condición del Pavimento (PCI), un método que proporciona una evaluación objetiva del estado del pavimento y permite priorizar las intervenciones necesarias.

El objetivo es evaluar la condición del pavimento flexible en las vías de la provincia de Lampa mediante el uso del (PCI), con la intención de identificar las áreas que precisan acción urgente y instaurar un juicio preciso del estado de las carreteras.

Este estudio proporcionará una base sólida para la gestión y mantenimiento de las infraestructuras viales en la provincia de Lampa, contribuyendo a una mejor toma de decisiones en cuanto a reparaciones y conservación de las vías.

Capítulo I: Introducción

Se aborda la importancia de evaluar la condición de pavimentos en la provincia de Lampa, donde el deterioro de las vías afecta la seguridad y eficiencia del transporte. El objetivo principal es evaluar el estado del pavimento mediante el (PCI), identificando áreas críticas y proponiendo soluciones.

Capítulo II: Marco Teórico

Este capítulo describe el (PCI) y su uso para evaluar la calidad de las carreteras. Se exploran los factores que afectan el pavimento, como el tráfico y el clima, y se revisan estudios previos sobre su aplicación en otras regiones para mejorar la gestión vial.



Capítulo III: Metodología

La metodología es cuantitativa, con un diseño no experimental. Se utiliza el PCI para evaluar visualmente el estado de los pavimentos en diferentes tramos de las vías de Lampa. Los datos obtenidos se procesan para determinar el grado de deterioro y las prioridades de intervención.

Capítulo IV: Resultados y Discusión

Se presentan los valores de PCI obtenidos para cada tramo de carretera, clasificando las vías según su estado. Se discuten las implicaciones de estos resultados, sugiriendo medidas correctivas y destacando áreas que requieren atención urgente. Se mencionan las limitaciones del estudio y futuras investigaciones.

.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, la subestructura vial afronta desafíos significativos debido al aumento constante del tráfico vehicular y a las condiciones climáticas extremas, que aceleran el deterioro de los pavimentos. La (OMS) ha identificado el deterioro de las infraestructuras viales como un factor crítico para la seguridad vial global, especialmente en países en desarrollo. En muchas naciones, los métodos tradicionales de mantenimiento y reparación de pavimentos no han sido suficientes para mitigar los efectos del desgaste por tráfico pesado y cambios climáticos, lo que ha incrementado los costos y la necesidad de adoptar métodos más eficientes, como el (PCI), para realizar intervenciones de manera priorizada y eficaz Tho'atin et al., (2016).

En el contexto nacional, el problema de las infraestructuras viales es una preocupación constante, especialmente en áreas rurales y provinciales como la provincia de Lampa. En Perú, a pesar de los atrevimientos del (MTC), muchas carreteras, particularmente las de regiones periféricas, presentan un grave deterioro debido a la falta de mantenimiento preventivo y la alta carga vehicular. Según el Plan Nacional de Infraestructura del país, gran parte de las vías no han sido sometidas a evaluaciones periódicas, lo que hace difícil identificar con precisión las necesidades de reparación o

rehabilitación. Esto ha generado una creciente preocupación por la seguridad y la eficiencia del transporte, afectando tanto el desarrollo económico como la conectividad de regiones claves Freire, (2024).

En la provincia de Lampa, el deterioro del pavimento es un problema palpable, dado el incremento del tránsito pesado y las variaciones climáticas, que afectan la durabilidad de las vías. Las carreteras en esta región presentan señales evidentes de agrietamiento y baches, lo que representa un riesgo tanto para los vehículos como para los peatones. Además, la falta de un sistema de monitoreo BUENO ha dificultado la toma de disposiciones informadas sobre las intervenciones necesarias. La implementación del (PCI) se presenta como una solución viable para evaluar de manera objetiva el estado de las vías, permitiendo priorizar las intervenciones según el nivel de deterioro, y contribuyendo a mejorar la protección vial y la optimización del transporte en la provincia (Nuñez y Francisco, 2019).

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la condición superficial del pavimento flexible mediante empleo del método de índice de condición del pavimento en vías de la provincia de Lampa 2025?

1.2.2 Problemas específicos.

1. ¿Cuáles son los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa?
2. ¿Cuál es el índice de condición superficial de vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa?

3. ¿Cuál es la propuesta de alternativa de intervención según el método de índice de condición del pavimento de las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la condición superficial del pavimento flexible mediante empleo del método de índice de condición del pavimento en vías de la provincia de Lampa 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa.
2. Determinar el índice de condición superficial de vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa.
3. Proponer una alternativa de intervención según el método de índice de condición del pavimento de las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

El uso del (PCI) ofrece una evaluación precisa y objetiva del estado de las carreteras, lo que permite una gestión más eficiente del mantenimiento y las reparaciones. Esta metodología técnica es fundamental para identificar con exactitud los tramos más deteriorados y priorizar las intervenciones, optimizando el uso de los recursos. Además, al proporcionar datos cuantificables sobre la situación de los pavimentos, el PCI permite una planificación más adecuada y técnica de las obras viales, asegurando que las intervenciones sean proporcionales al grado de deterioro y necesidad real de cada tramo, lo que mejora la calidad del mantenimiento vial en la provincia.

Justificación económica

La aplicación del PCI contribuye a una gestión más eficiente del presupuesto destinado a la infraestructura vial, ya que permite priorizar los tramos que realmente requieren intervención urgente, evitando el gasto innecesario en obras de menor impacto. Además, al mejorar la calidad de las vías mediante intervenciones bien fundamentadas, se incrementa la vida útil de vías, lo que reduce los costos de mantenimiento a largo plazo. La eficiencia en la asignación de recursos también tiene un resultado positivo en el desarrollo económico local, ya que la mejora de las infraestructuras viales facilita el transporte y fomenta el crecimiento del comercio y el turismo en la provincia de Lampa.

1.4.2 Justificación social

Desde el punto de vista social, la implementación del (PCI) mejora directamente la seguridad vial y la calidad de vida de la población. Al identificar las vías más deterioradas y priorizar su reparación, se reduce el riesgo de accidentes de tráfico causados por condiciones peligrosas del pavimento, lo que contribuye a la seguridad de interesados de la vía, especialmente en áreas rurales. Además, la mejora de la subestructura vial facilita el acceso a servicios básicos como salud, educación y mercados, beneficiando a las comunidades de la provincia de Lampa al mejorar su conectividad y movilidad.

1.4.3 Justificación ambiental

La evaluación y mejora del pavimento mediante el PCI también tiene una justificación ambiental, ya que permite la planificación de intervenciones más sostenibles. Al realizar reparaciones precisas y dirigidas a las áreas más necesitadas, se minimiza el uso de materiales y la alteración del entorno, lo que reduce el impacto ambiental de las obras viales. Además, una infraestructura vial en mejores condiciones contribuye a la eficiencia del transporte, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes, lo cual es clave para mitigar el cambio climático y promover prácticas más sostenibles en la construcción y el mantenimiento de carreteras.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La condición superficial del pavimento flexible mediante empleo del método de índice de condición del pavimento en vías de la provincia de Lampa 2025, será de estado malo.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. Los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa, será de piel de cocodrilo y huecos en severidades moderadas.
2. El índice de condición superficial de vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa, será 35 con un estado malo.
3. La propuesta de alternativa de intervención según el método de índice de condición del pavimento de las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa, será un mantenimiento rutinario con sello de fisuras y bacheos.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

Método de índice de condición de pavimento

- Tipos de fallas
- Grado de severidad
- Índice de condición del pavimento

1.6.2 Variable dependiente 1

Condición superficial de pavimento flexible

- Clasificación por tramos
- Clasificación general de la vía



1.6.3 *Variable dependiente 2*

Propuesta de intervención

- Mantenimiento rutinario
- Mantenimiento periódico
- Rehabilitación
- Reconstrucción



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
MÉTODO DE INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)	Evaluación cuantitativa del estado de conservación del pavimento mediante la inspección visual según el índice PCI.	Grado de severidad de las fallas	PDC, EXU, AEB, AHU, COG, DPS, GBO, GJU, DES, GTR, PAR, PUL, HUC, CFE, AHT, DPT, GRP, HIN, DEA	BAJO	ASTM S6433-03 Inspección visual	Nominal
				MEDIO		Ordinal
				ALTO		Ordinal
Variable Dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
CONDICIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	Valoración del estado superficial de los pavimentos flexibles basada en su rugosidad y daños visibles.	Estado en el que se encuentra la vía	Conteo de fallas y tipos encontrados en la vía	Excelente	Inspección de la vía	Nominal
				Muy bueno		Nominal
				Bueno		Nominal
				Malo		Nominal
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	Plan de acción para restaurar y mantener la integridad de los pavimentos deteriorados según los resultados del PCI.	Frecuencia y tipo de intervención	- Reconstrucción - Rehabilitación - Mantenimiento correctivo - Mantenimiento preventivo	Valor: 0-10	Propuesta de mantenimiento	Nominal
				Valor: 10-25		Nominal
				Valor: 25-55		Nominal
				Valor: 55-100		Nominal



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según, Oblitas et al. (2021) en su trabajo "Índice de regularidad internacional y el índice de estado del pavimento para establecer los niveles de desempeño de los pavimentos", Este estudio analiza sistemáticamente la literatura sobre los enfoques de evaluación para pavimentos flexibles, específicamente el (IRI) y el (PCI), para examinar los niveles de servicio durante los últimos 15 años. Se realizó una búsqueda exhaustiva de fuentes que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión, lo que condujo a la selección de 29 art. académicos indexados en bases de datos estimadas. Empleando una matriz de análisis de información, nos concentramos exclusivamente en veinte elementos, de los cuales se establecieron categorías temáticas para transmitir los resultados de la investigación. Esta técnica permitió la identificación de descubrimientos significativos, lo que permite comparaciones entre los resultados y otros puntos de vista similares de los autores para sacar conclusiones. Los hallazgos principales subrayan el imperativo de implementar técnicas de evaluación de la superficie del pavimento para determinar el estado existente de los pavimentos, por lo tanto, evitan las acciones que carecen de base técnica. Por lo tanto, utilizar metodologías como IRI y PCI es crucial para evaluar el estado



actual de los pavimentos, permitir decisiones informadas con respecto al mantenimiento, la reconstrucción y la rehabilitación de carreteras, creando así un sistema de gestión de infraestructura de pavimento efectivo y optimización de la distribución de recursos.

Seguidamente, Andrade et al. (2021) En este trabajo se investiga "Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición (PCI) del pavimento y predicción de su deterioro", Este estudio tuvo como objetivo investigar cómo la variabilidad en los datos de las inspecciones de campo influye en la evaluación del (PCI) y la precisión de los pronósticos de degradación para el pavimento. El coeficiente se empleó como un instrumento estadístico para este propósito. A pesar de los numerosos estudios que proponen diversas metodologías para evaluar las condiciones del pavimento y el desarrollo de modelos de deterioro predichos, pocos han examinado el impacto de la subjetividad introducida durante la recopilación de datos en las inspecciones sobre los resultados finales. Este estudio involucró la creación y aplicación de un instrumento de evaluación de acuerdo con los principios metodológicos de PCI, destinado a sistematizar y estandarizar los datos recolectando durante las inspecciones visuales. Se empleó una metodología doble ciego para este instrumento, involucrando a veinte especialistas en evaluación del pavimento para evaluar la consistencia y la variabilidad de sus observaciones. El análisis de datos e interpretación indicaron que la fuente principal de variación en los resultados se asoció con la cantidad y el carácter de los defectos identificados en el pavimento, revelando un total de diecinueve tipos de daño. Para mejorar la precisión de las evaluaciones y minimizar la variabilidad de los datos, se implementó un proceso de toma de decisiones que utiliza el proceso de jerarquía analítica (AHP), teniendo en cuenta criterios como la frecuencia, la gravedad y la prevalencia de cada tipo de daño en las muestras inspeccionadas. Este análisis ponderado identificó nueve tipos de defectos prevalentes y cruciales, disminuyendo significativamente la variabilidad de los datos adquiridos. Esta simplificación mejoró la confiabilidad del índice PCI y fortaleció la capacidad de deterioro

del modelo de predicción, lo que simplifica el diseño y la ejecución de intervenciones de mantenimiento más efectivas y eficientes.

Finalmente, Elhadidy et al. (2021), en su trabajo titulado "Un modelo simplificado de regresión del índice de calidad del pavimento para la valoración del pavimento". El IRI y el PCI son dos métricas principales utilizadas a nivel mundial para evaluar la condición superficial de las carreteras pavimentadas. Numerosos estudios científicos han demostrado una correlación significativa entre varios índices de evaluación del pavimento, lo que lleva a la creación de modelos matemáticos que facilitan la predicción de un indicador de otro. Esta investigación emplea la base de datos de rendimiento del pavimento a largo plazo (LTPP) para desarrollar un modelo de regresión simplificado que asocie directamente el PCI con el IRI . La estimación de PCI se obtuvo del análisis de defectos superficiales documentados en 1.448 secciones de estudios de pavimento específicos (SP) y estudios de pavimento general (GPS), que ascienden a 12,744 puntos de datos. Este conjunto de datos consta de 1,208 partes con 10,868 puntos de datos asignados para el desarrollo del modelo, mientras que las 240 secciones restantes, que contienen 1.876 puntos de datos, se utilizaron para evaluar la corrección del modelo. Los resultados demostraron que la relación entre el PCI y el IRI está representada de manera óptima por una función sigmoidea, logrando un coeficiente de determinación (R^2) 0.995, lo que indica una fuerte correlación y un ajuste extremadamente preciso. El sesgo en las estimaciones de IRI fue notablemente mínimo, por lo tanto, aumentó la confiabilidad del modelo. La validación utilizando un conjunto de datos independiente reveló un R^2 0.992, confirmando la alta precisión de las predicciones. Se introduce una técnica de clasificación para evaluar la calidad del pavimento basado en IRI , produciendo evaluaciones que son comparables al PCI , un estándar reconocido para monitorear las condiciones de la carretera.

2.1.2 Antecedente nacional

Para, Aranibar y Saavedra (2019), Esta tesis, titulada "Diagnóstico del estado situacional de la avenida Perú a través del método del índice de condición de pavimento (PCI)", El objetivo principal de este estudio es determinar la condición actual de la avenida Perú mediante la aplicación de la técnica PCI, para proporcionar una evaluación precisa y basada en evidencia. La investigación se centra en la evaluación visual de la infraestructura existente de esta ruta, ubicada en el Distrito de Abancay, Departamento de Apurímac, de acuerdo con el estándar ASTM D5340-98, que regula la evaluación PCI. La metodología empleada incluyó un trabajo de campo exhaustivo, en el cual se inspeccionaron y registraron diversas imperfecciones en la superficie del pavimento. Se utilizaron instrumentos de medición específicos y una biblioteca de defectos para pavimentos de asfalto, lo que permitió clasificar cada daño según su tipo y gravedad. Durante el proceso de análisis de los datos obtenidos, se realizó el cálculo final del PCI, proporcionando una evaluación detallada de la estructura vial y su estado superficial. Los resultados revelaron que el pavimento de la avenida Perú se encuentra en un estado de degradación significativa, con un PCI ponderado de 27. La mayoría de los defectos observados corresponden a problemas funcionales y estructurales que afectan el flujo vehicular. En la evaluación de las unidades de inspección, el 32% presentó una condición satisfactoria, con un PCI que varía entre 40 y 55; el 25% se clasificó como fallido, con un PCI entre 0 y 10; el 21% mostró un estado inferior, con un PCI entre 25 y 40; el 18% se consideró en mal estado, con un PCI entre 10 y 25; y solo el 6% se clasificó como en buenas condiciones, con un PCI entre 55 y 70. No se registraron unidades en condiciones ejemplares (PCI entre 85 y 100) o completamente libres de fallas (PCI entre 70 y 85). Aunque este estudio no se centró en el reemplazo del pavimento, los hallazgos apuntan a una clara necesidad de rehabilitación o reemplazo de la superficie debido al grave deterioro observado, con el fin de asegurar una ruta funcional que cumpla con su vida útil y proporcione condiciones óptimas para el tráfico vehicular.

Para, Nuñez (2019) en su investigación titulada “Estudio de fallas a través del método de índice de condición del pavimento para la rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Perú, cdra. 42 – 51, Callao, 2020”, El propósito es analizar las imperfecciones en la capa superficial del pavimento en una sección específica de la vía, con el fin de proponer alternativas efectivas para su restauración. Para ello, se empleó el método PCI, el cual es altamente confiable y reconocido por su precisión en la valoración de la calidad. Además, este método generalmente se encuentra alineado con los estándares establecidos por la ASTM, lo que lo convierte en una referencia estándar confiable para la clasificación y evaluación del estado de las carreteras. Tras aplicar el método PCI, se determinó que el pavimento de la Avenida Perú, en los tramos comprendidos entre los bloques 42 y 51, presenta un estado excelente, alcanzando una puntuación de 70 en la escala de clasificación del pavimento. Esta puntuación muestra que el pavimento está en condiciones favorables, con un desgaste superficial casi inexistente, lo que permite que la estructura vial funcione de manera eficiente. A partir de este análisis, se identificaron varias opciones para la restauración del pavimento, con el fin de preservar y mejorar su estado actual. Una de las recomendaciones clave es la necesidad de realizar inspecciones periódicas y establecer un plan de mantenimiento continuo para asegurar la longevidad del pavimento y prevenir un deterioro acelerado. Además, se subraya la importancia de monitorear las actividades económicas locales que pudieran generar daños en la superficie vial, promoviendo una gestión ambiental integral que favorezca la conservación de las infraestructuras viales. Este enfoque propuesto busca no solo mejorar la calidad del pavimento a corto plazo, sino también asegurar que se mantenga en condiciones óptimas durante el mayor tiempo posible, protegiendo así la inversión realizada en la infraestructura y contribuyendo a un entorno seguro y sostenible para los usuarios de la vía.

2.1.3 Antecedente de ámbito local

Para, Morales (2019) en su investigación titulada "Valoración de pavimentos flexibles y rígidos aplicando la inspección visual de zonas y rutas en riesgo, junto con el índice de condición del pavimento, para el mantenimiento de vías, en el caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno", En la actualidad, las infraestructuras viales juegan un papel crucial en el desarrollo económico de un país, ya que aportan beneficios directos tanto a los usuarios como a la sociedad en general. Estas vías permiten un desplazamiento eficiente de personas y bienes, lo que reduce los tiempos de viaje y los costos operativos de los vehículos. Es esencial que las carreteras mantengan las condiciones para las cuales fueron concebidas y alcancen su vida útil proyectada, garantizando un servicio de calidad. En la ciudad de Puno, se ha detectado un problema relacionado con el deterioro progresivo de la transitabilidad vehicular, causado principalmente por un mantenimiento deficiente y poco constante de la red vial urbana. En este contexto, esta investigación se centró en evaluar el estado de las superficies de pavimento en dos vías clave de la ciudad, utilizando dos métodos complementarios: el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR). El objetivo fue proponer estrategias efectivas para el mantenimiento de la infraestructura vial. El estudio se llevó a cabo en el primer semestre de 2019 y abarcó el pavimento flexible de la Avenida Floral y el pavimento rígido del Jr. Carabaya. Los resultados obtenidos mostraron que el pavimento flexible de la Av. Floral tiene un estado regular, con un PCI promedio de 49.35 en el carril izquierdo y 41.91 en el derecho, mientras que el índice VIZIR en estos sectores fue de 3 y 4, respectivamente. Este deterioro se debe principalmente a la presencia de baches, grietas en forma de "piel de cocodrilo" y reparaciones superficiales previas. Ante esta situación, se recomienda establecer un plan de mantenimiento vial que incluya actividades regulares y periódicas antes del inicio de la temporada de lluvias, tales como el sellado de grietas, el parcheo superficial y profundo, la sustitución de áreas dañadas y la renovación de la señalización horizontal. Estas medidas requerirían una inversión aproximada de S/.

119,118.50. En cuanto al pavimento rígido del Jr. Carabaya, se evaluó con un PCI promedio de 67.30, lo que lo sitúa en un estado bueno. Las principales patologías encontradas fueron losas fragmentadas, grietas lineales y reparaciones localizadas. Para mantener esta condición, se recomienda realizar un mantenimiento constante, complementado con intervenciones periódicas previas a la temporada de lluvias. Las acciones propuestas incluyen el sellado de grietas y juntas, la sustitución de losas deterioradas y la actualización de la señalización horizontal, con un presupuesto estimado de S/. 266,720.21.

Finalmente, Nuñez (2022) en su trabajo titulado “Estudio superficial del pavimento flexible aplicando el índice de condición del pavimento a través de fotogrametría aérea en la Vía Lampa – Caracara, Región Puno” El propósito principal de este proyecto es evaluar el estado del pavimento flexible en la carretera que conecta las ciudades de Lampa y Caracara, ubicadas en la región de Puno. Para ello, se empleará el o (PCI) utilizando técnicas fotográficas aéreas mediante vehículos aéreos no tripulados (UAV), aprovechando su tecnología avanzada. El diseño de este estudio es descriptivo y no experimental, con el objetivo de analizar la condición superficial de la carretera sin alterar los factores asociados a su deterioro. La investigación se centró en identificar y analizar los defectos en la superficie del pavimento flexible, tales como grietas transversales y longitudinales, áreas con “piel de cocodrilo”, parches localizados, baches y desprendimientos de material agregado. Los resultados obtenidos de la evaluación de campo revelaron un PCI de 16.12, lo cual indica un estado catastrófico del pavimento. Por su parte, la fotogrametría aérea realizada mediante el uso de un dron, volando a una altitud aproximada de 35 metros, produjo un PCI comparable de 15.42, lo que confirma la precisión y efectividad de esta técnica no invasiva. La implementación de fotogrametría con UAV ha demostrado ser una herramienta exitosa para la recopilación de datos y la evaluación del pavimento, alcanzando una tasa de precisión y confiabilidad del 92.54% cuando se combina con el enfoque PCI. Estos resultados validan la viabilidad de utilizar drones para realizar evaluaciones rápidas y precisas de las condiciones viales, facilitando

la toma de decisiones técnicas más informadas. El pavimento flexible evaluado en este estudio muestra un deterioro considerable, por lo que se recomienda priorizar su restauración integral. Además, se sugiere llevar a cabo mejoras estructurales para asegurar la funcionalidad y durabilidad del pavimento a largo plazo, garantizando así el mantenimiento de la carretera en condiciones operativas óptimas durante su vida útil.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Introducción al Pavimento Flexible*

Es un tipo de pavimento que está diseñado para distribuir las cargas vehiculares a lo largo de su estructura, utilizando una serie de capas de materiales que proporcionan flexibilidad y capacidad de adaptación. A diferencia de los pavimentos rígidos, que se basan en la rigidez del concreto, los pavimentos flexibles se componen principalmente de capas de mezcla asfáltica, las cuales son capaces de deformarse ligeramente bajo la carga sin sufrir daños significativos. Esta flexibilidad les permite absorber y repartir las fuerzas de manera eficiente, lo que reduce el riesgo de agrietamientos y otros tipos de deterioro prematuro. Las principales características del pavimento flexible incluyen su capacidad de adaptación a las variaciones del terreno, su capacidad para mantenerse funcional bajo diferentes condiciones climáticas y su facilidad de mantenimiento Morales (2019).

El diseño de los pavimentos flexibles debe considerar varios elementos, como el tipo de tráfico vehicular, las condiciones climáticas del área, el tipo de suelo y la carga esperada sobre la vía. En general, un pavimento flexible consta de varias capas, cada una con un propósito específico: la capa superior o de rodadura, que es la que está en contacto directo con los vehículos; las capas intermedias, que sirven para la distribución de las cargas de manera más uniforme; y la base, que proporciona soporte estructural. Las mezclas asfálticas utilizadas en estas capas pueden variar según las necesidades del proyecto, y se emplean materiales como grava, arena, y emulsiones asfálticas que se mezclan para formar una estructura homogénea y resistente (Nuñez y Francisco, 2019).

A pesar de sus ventajas, los pavimentos flexibles también presentan desafíos. Uno de los más comunes es el desgaste de la capa superficial debido a la fricción constante del tráfico, lo que puede llevar a la formación de grietas, baches y otros defectos que requieren mantenimiento. Sin embargo, su principal ventaja es su capacidad para reparaciones relativamente sencillas y económicas en comparación con los pavimentos rígidos, lo que hace que sean una opción popular para la construcción de carreteras en diversas regiones. Además, el mantenimiento de pavimentos flexibles suele realizarse de manera periódica y preventiva, lo que permite prolongar su vida útil de forma significativa (Nuñez y Francisco, 2019).

Los pavimentos flexibles juegan un papel esencial en la infraestructura vial, proporcionando una opción adaptable y resistente que puede ajustarse a las necesidades específicas de cada proyecto. La evaluación y el mantenimiento BUENOs son fundamentales para asegurar que estos pavimentos mantengan su funcionalidad y seguridad a lo largo del tiempo, garantizando así la calidad del servicio vial (Morales, 2019).

2.2.1.1 Definición y Características del Pavimento Flexible

Se refiere a una vía compuesta por varias capas de materiales, cuya función principal es distribuir las cargas vehiculares a través de su superficie sin que se produzcan deformaciones permanentes en la capa más profunda. A diferencia de los pavimentos rígidos, que utilizan concreto como material principal, los pavimentos flexibles están formados principalmente por mezclas asfálticas que proporcionan flexibilidad y capacidad de adaptación a las condiciones del tráfico y el clima. La estructura de un pavimento flexible generalmente incluye una capa de rodadura, una base y subbase, cada una con propiedades específicas para cumplir con una función particular en la distribución de las cargas y la protección del suelo subyacente (Nuñez y Francisco, 2019).

Las particularidades fundamentales de un pavimento incluyen su capacidad de adecuarse a las variaciones del terreno y su habilidad para absorber las tensiones generadas por el tránsito vehicular sin que se produzcan daños significativos. La capa

superior, o capa de rodadura, es la que está directamente expuesta a las condiciones del tráfico y al clima, por lo que se diseña con materiales que ofrezcan una alta resistencia al desgaste. Las capas intermedias, como la base y la subbase, están pensadas para distribuir las cargas de manera eficiente y proporcionar soporte estructural, asegurando que las tensiones del tráfico se disipan antes de llegar al suelo subyacente. Estas capas están hechas de materiales como grava, arena, y mezcla asfáltica, los cuales se combinan para formar una estructura resistente pero flexible (Morales, 2019).

Otra característica importante de los pavimentos flexibles es su capacidad de permitir reparaciones sencillas y de bajo coste en comparativa con otros tipos de pavimentos. Debido a su estructura, las grietas o baches que puedan formarse pueden ser reparados mediante la aplicación de nuevas capas de asfalto o mediante técnicas de parcheo, lo que extiende la vida rentable del pavimento sin necesidad de realizar trabajos de reconstrucción extensivos. Esto hace que el pavimento flexible sea una opción atractiva para muchas infraestructuras viales, fundamentalmente en zonas con alta variabilidad climática o en áreas donde el tráfico vehicular es moderado.

El pavimento flexible también presenta un mayor grado de durabilidad bajo ciertos tipos de condiciones de tráfico, como el de vehículos livianos, y puede ser diseñado para ser más económico en comparación con pavimentos más rígidos cuando las condiciones del terreno lo permiten. Sin embargo, es susceptible al deterioro debido a factores como el tráfico pesado constante, la acumulación de agua y las temperaturas extremas, lo que requiere un monitoreo y mantenimiento BUENO para asegurar su funcionamiento a largo plazo (Nuñez y Francisco, 2019).

2.2.1.2 Tipos de Pavimento Flexible

Existen varios tipos de pavimento flexible, que se distinguen principalmente por los recursos usados en su construcción y las técnicas de diseño aplicadas para cada uno. Los pavimentos flexibles se caracterizan por ser estructuras compuestas por múltiples capas, donde cada una tiene un propósito específico para distribuir las cargas y asegurar la

durabilidad de la vía. A continuación, se especifican los tipos más comunes de pavimento flexible:

Uno de los tipos más comunes es el pavimento flexible con mezcla en caliente. Este tipo de pavimento es el más utilizado en proyectos de infraestructura vial debido a su resistencia y durabilidad. Se elabora mediante la mezcla de asfalto y agregados a temperaturas elevadas, lo que permite una distribución homogénea de los materiales y una mayor adherencia entre las partículas. Esta mezcla se aplica caliente sobre la base de la carretera y se compacta para formar una capa sólida que resiste la acción del tráfico vehicular y las inclemencias climáticas. El pavimento con mezcla en caliente es ideal para zonas de alto tráfico y donde se requiere una alta resistencia al desgaste (Morales, 2019).

Otro tipo de pavimento flexible es el pavimento con mezcla en frío, que se utiliza principalmente para reparaciones o en áreas donde el tráfico vehicular es moderado. A diferencia del pavimento con mezcla en caliente, este tipo de pavimento no requiere calentamiento previo de los materiales. Los agregados y el asfalto se mezclan a temperatura ambiente y se aplican directamente sobre la superficie del pavimento existente o sobre una capa base. Aunque tiene una menor durabilidad que el pavimento con mezcla en caliente, es más económico y rápido de aplicar, lo que lo hace BUENO para trabajos de mantenimiento o en áreas rurales donde el tráfico no es tan intenso (Nuñez y Francisco, 2019).

El pavimento flexible modificado es otro tipo de pavimento que se maneja para perfeccionar las propiedades del pavimento convencional. En este caso, se añaden modificadores al asfalto, como polímeros o aditivos especiales, para mejorar su elasticidad, adherencia y resistencia a las altas temperaturas. Este tipo de pavimento es ideal para áreas con climas extremos o donde el tráfico pesado es constante, ya que ofrece una mayor resistencia al envejecimiento y a la deformación. Los pavimentos modificados también tienen una mejor resistencia a las grietas y al agrietamiento por fatiga, lo que los hace BUENOS para carreteras que experimentan altos niveles de carga (Morales, 2019).

Finalmente, el pavimento con asfalto reciclado es una opción en auge en la construcción de pavimentos flexibles debido a sus beneficios ambientales y económicos. Este tipo de pavimento utiliza material asfáltico reciclado de pavimentos viejos, que se procesa y re-incorpora en nuevas mezclas asfálticas. Aunque su rendimiento puede variar dependiendo del proceso de reciclaje y los materiales utilizados, el pavimento con asfalto reciclado es una opción más sostenible y rentable, especialmente en proyectos donde se busca reducir el impacto ambiental y los costos de construcción (Chatta y Chatta, 2022).

2.2.1.3 Materiales Utilizados en la Construcción de Pavimentos Flexibles

La construcción de pavimentos flexibles requiere una variedad de materiales que trabajan en conjunto para formar una estructura resistente, adaptable y duradera. Estos materiales se seleccionan en función de sus propiedades mecánicas, de durabilidad y de resistencia al tráfico vehicular, así como a las condiciones climáticas locales. A continuación, se describen los primordiales materiales directos utilizados en la construcción de pavimentos flexibles:

Uno de los materiales fundamentales es el asfalto, que actúa como el componente principal de la mezcla asfáltica. El asfalto se obtiene a partir del refinamiento del petróleo y es utilizado para unir los agregados en las capas de pavimento. Su función principal es proporcionar la cohesión necesaria para que los materiales de la mezcla asfáltica se adhieran adecuadamente, además de ofrecer flexibilidad y resistencia a la deformación. Dependiendo de su tipo y uso, el asfalto puede ser modificado con diferentes aditivos para mejorar sus propiedades, como su elasticidad y resistencia a las altas temperaturas (Morales, 2019).

Los agregados son otro componente esencial en la construcción de pavimentos flexibles. Estos materiales incluyen piedras, arena, grava y otros elementos de tamaño y forma controlados que se mezclan con el asfalto para formar la estructura del pavimento. Los agregados proporcionan resistencia mecánica al pavimento, distribuyen las cargas del tráfico y mejoran la durabilidad de la estructura. Dependiendo del tipo de pavimento y de

las condiciones del lugar, los agregados pueden variar en su composición, siendo común el uso de materiales naturales como granito, basalto o caliza, así como materiales reciclados (Chatta y Chatta, 2022).

Además de los agregados y el asfalto, las mezclas modificadas son frecuentemente utilizadas para mejorar las propiedades de los pavimentos. En este tipo de mezclas, se incorporan aditivos o modificadores, como polímeros, caucho o fibras sintéticas, con el fin de mejorar la elasticidad, la adhesión y la resistencia a los daños causados por las cargas repetidas o las condiciones ambientales extremas. Estos modificadores permiten que el pavimento sea más flexible y resistente a la fatiga y a la deformación permanente, lo que es especialmente importante en áreas con tráfico pesado o condiciones climáticas severas.

Los agregados reciclados también son cada vez más utilizados en la construcción de pavimentos flexibles, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto. El asfalto reciclado y los agregados de pavimentos viejos se procesan y se reincorporan en nuevas mezclas asfálticas. Esto no solo reduce los costos de los materiales, sino que también minimiza el impacto ambiental al aprovechar materiales ya existentes. El uso de materiales reciclados en pavimentos flexibles es una práctica común en proyectos que buscan ser más ecológicos y económicos.

Finalmente, se utilizan materiales estabilizadores como cal, cemento o emulsiones asfálticas, que se añaden a las capas de base o subbase para mejorar sus propiedades mecánicas y de soporte. Estos estabilizadores ayudan a aumentar la resistencia de las capas inferiores del pavimento, proporcionando una base más sólida y menos susceptible a la deformación bajo la carga vehicular. La elección del estabilizador depende de las condiciones del suelo y las características del tráfico esperado (Morales, 2019).

2.2.2 Importancia de la Evaluación del Pavimento

El diagnóstico del pavimento es un aspecto relevante en la gestión y mantenimiento de las infraestructuras viales, ya que permite conocer el estado actual de las superficies de rodamiento y planificar las acciones necesarias para preservar su funcionalidad y

seguridad. La importancia de realizar una evaluación continua y precisa del pavimento radica en su capacidad para identificar defectos y detección de fallas antes de que se conviertan en problemas mayores, facilitando decisiones bien fundamentadas para su reparación y mantenimiento oportuno (Chatta y Chatta, 2022).

Uno de los aspectos clave de la evaluación del pavimento es que permite identificar el grado de deterioro de la infraestructura, lo que ayuda a prever las intervenciones necesarias para evitar un deterioro más rápido y costoso. Las evaluaciones periódicas son cruciales para detectar problemas como grietas, baches, deformaciones y otros daños que podrían comprometer la seguridad vial. Al identificar estos problemas en sus etapas iniciales, se puede reducir significativamente el desembolso por las reparaciones y prolongar la vida útil del pavimento. Además, la evaluación permite determinar las prioridades de intervención, ya que no todas las áreas del pavimento pueden requerir el mismo nivel de atención o los mismos recursos (Morales, 2019).

Otra razón por la que la evaluación del pavimento es tan importante es que mejora la seguridad vial. Las carreteras con pavimentos deteriorados representan un riesgo significativo para los conductores y peatones, ya que los baches, grietas y otras irregularidades pueden causar accidentes, daños a los vehículos e incluso poner en peligro la vida de las personas. Mediante una evaluación precisa y regular, se pueden implementar medidas preventivas para asegurar que las condiciones de la vía sean las adecuadas para el tránsito seguro, reduciendo así los accidentes relacionados con el mal estado del pavimento (Chatta y Chatta, 2022).

Además, la evaluación del pavimento tiene un impacto directo en la eficiencia del transporte. Las superficies de rodadura en mal estado aumentan la resistencia al movimiento de los vehículos, lo que se refleja en mayores costos debido al aumento del consumo de combustible y al desgaste prematuro de los vehículos. Un pavimento bien mantenido, en cambio, contribuye a una circulación más fluida y económica, lo que beneficia tanto a los usuarios de la carretera como a las autoridades encargadas del mantenimiento vial (Morales, 2019).

Finalmente, la evaluación del pavimento también tiene un impacto ambiental. Los pavimentos deteriorados permiten la filtración de agua en las capas profundas, lo que puede llevar a la erosión y a problemas de drenaje que afectan al medio ambiente. Además, un pavimento bien mantenido contribuye a la conservación de los recursos naturales, ya que las intervenciones correctivas oportunas pueden evitar la necesidad de reconstrucciones más costosas y dañinas para el entorno. Por lo tanto, una evaluación continua no solo garantiza la funcionalidad de las infraestructuras viales, sino también la protección del medio ambiente a largo plazo (Morales, 2019).

2.2.2.1 Función y Relevancia de las Infraestructuras Viales

Las infraestructuras viales desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico, social y cultural de cualquier región. Estas estructuras no solo facilitan el transporte de personas y mercancías, sino que también son un elemento clave para la conectividad, la seguridad y la calidad de vida de los habitantes. La función primaria de las infraestructuras viales es permitir el desplazamiento eficiente y seguro de vehículos, personas y productos, lo cual es clave para el desarrollo de la economía moderna (Chatta y Chatta, 2022).

Una de las funciones más importantes de las infraestructuras viales es la conectividad. Las carreteras, puentes y caminos permiten la comunicación entre ciudades, pueblos y regiones, lo que facilita el comercio, el intercambio cultural y la prestación de servicios. Las buenas infraestructuras viales conectan a las personas con mercados, servicios de salud, educación y otras necesidades básicas, contribuyendo a una mayor equidad y desarrollo social. Además, una red vial eficiente es crucial para el transporte de bienes y recursos, lo que impulsa la productividad y el crecimiento económico de un país.

Además de su función de conectividad, las infraestructuras viales también tienen un impacto directo en la seguridad vial. La calidad de las carreteras y su diseño influyen de manera significativa en el comportamiento del tráfico y en la prevención de accidentes. Vías bien construidas, señalizadas y mantenidas reducen los riesgos de accidentes y



mejoran la seguridad de los conductores, peatones y otros usuarios de la carretera. Por el contrario, las carreteras en mal estado o mal diseñadas pueden aumentar la probabilidad de accidentes, generando consecuencias graves para las personas y la economía en general (Chatta y Chatta, 2022).

Las infraestructuras viales también son esenciales para el desarrollo urbano y regional. La creación de redes de transporte eficientes permite a las ciudades expandirse de manera ordenada y facilita la creación de nuevas zonas residenciales, comerciales e industriales. Las carreteras bien diseñadas son también un factor clave en la planificación del uso del suelo, permitiendo que las áreas urbanas crezcan de manera funcional y organizada. Además, las infraestructuras viales pueden ser una herramienta para el desarrollo rural, al proporcionar acceso a zonas antes aisladas y fomentar la integración de regiones más alejadas en la vida económica del país (Morales, 2019).

En términos ambientales, las infraestructuras viales bien diseñadas y mantenidas pueden contribuir a la sostenibilidad. Las soluciones de pavimentación adecuadas y el diseño eficiente del drenaje y la gestión de aguas pluviales pueden minimizar el impacto ambiental negativo de las carreteras. Asimismo, las infraestructuras viales pueden estar vinculadas a políticas de transporte sostenible, promoviendo el uso de medios de transporte ecológicos y reduciendo las emisiones de gases contaminantes (Hasibuan y Surbakti, s. f.).

Por último, las infraestructuras viales tienen un papel clave en la resiliencia ante desastres naturales. Carreteras bien planificadas y resistentes pueden facilitar las labores de rescate y distribución de ayuda en situaciones de emergencia, mejorando la capacidad de respuesta ante fenómenos climáticos extremos como inundaciones, terremotos o tormentas. La accesibilidad que proporcionan es esencial para la recuperación rápida y eficiente de las comunidades afectadas (Morales, 2019).

2.2.2.2 Deterioro de Pavimentos y sus Consecuencias

El daño progresivo de pavimentos es un proceso natural que ocurre con el tiempo debido a diversos factores, como tráfico, condiciones climáticas, la calidad de los materiales utilizados en su construcción y la falta de mantenimiento BUENO. Este desperfecto puede revelar en diferentes formas, tales como grietas, baches, deformaciones, desgaste de la superficie, entre otros. Las consecuencias del deterioro de pavimentos son diversas y afectan tanto a la infraestructura vial como a los usuarios de la carretera (Hasibuan y Surbakti, s. f.).

Una de las principales consecuencias del deterioro del pavimento es la reducción de la seguridad vial. Los baches, grietas y otras irregularidades en la superficie de la carretera representan un riesgo significativo para los conductores, peatones y ciclistas. Los vehículos que circulan sobre pavimentos deteriorados pueden sufrir daños en sus suspensiones, neumáticos o sistemas de dirección, lo que aumenta la probabilidad de accidentes. Además, las condiciones de la carretera pueden dificultar la visibilidad y el control del vehículo, especialmente en condiciones de lluvia o niebla, lo que incrementa el riesgo de colisiones y caídas (Morales, 2019).

Otro impacto importante del deterioro del pavimento es el aumento de los costos operativos y de mantenimiento. Las carreteras deterioradas requieren reparaciones frecuentes y más costosas, ya que los daños pequeños pueden agrandarse con el tiempo si no se abordan de manera adecuada. Los vehículos que transitan por pavimentos dañados experimentan un mayor desgaste en sus componentes, lo que genera costos adicionales en términos de reparaciones y mantenimiento del vehículo. Además, el tráfico sobre superficies dañadas aumenta la resistencia al movimiento, lo que incrementa el consumo de combustible y reduce la eficiencia del transporte, tanto de personas como de mercancías (Hasibuan y Surbakti, s. f.).

El impacto económico del deterioro de los pavimentos también es significativo, especialmente en áreas con alta circulación de vehículos comerciales. El tiempo perdido debido a la reducción de la velocidad y las desvíos causados por los daños en la carretera

puede generar retrasos en la entrega de bienes y servicios. Esto afecta a la cadena de suministro y puede generar pérdidas económicas tanto para las empresas como para los consumidores. Además, las infraestructuras viales deterioradas afectan el acceso a servicios básicos, lo que puede limitar las oportunidades de desarrollo económico en áreas afectadas por la falta de un transporte eficiente.

Desde una perspectiva ambiental, los pavimentos deteriorados pueden tener efectos negativos, ya que la degradación de la superficie facilita la acumulación de agua en áreas no deseadas, lo que puede generar inundaciones locales. Las grietas y los baches permiten que el agua se infiltre en las capas inferiores del pavimento, lo que acelera el proceso de descomposición del material y puede causar problemas de drenaje. Esto no solo aumenta los costos de mantenimiento, sino que también puede afectar la salud y el ambiente, al propiciar la contaminación del agua y la erosión del suelo (Hasibuan y Surbakti, s. f.).

Finalmente, el deterioro de pavimentos afecta la calidad de vida de los ciudadanos. Las infraestructuras viales en mal estado pueden dificultar el acceso a lugares de trabajo, escuelas y servicios de salud, lo que reduce la movilidad de las personas. Además, las malas condiciones de la carretera pueden afectar la calidad de los viajes, generando incomodidad, ruido y vibraciones, lo que disminuye la experiencia general de los usuarios y afecta su bienestar (Morales, 2019).

2.2.3 Método de Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El (PCI) es una metodología estandarizada utilizada para evaluar el estado de la superficie de un pavimento. Desarrollado por la (ASTM), el PCI permite medir de manera objetiva el nivel de deterioro de una carretera, proporcionando un valor numérico que refleja la condición del pavimento. Este método es fundamental para la gestión y mantenimiento de vías, lo que posibilita identificar las áreas que requieren intervención y determinar el tipo de intervención necesario para maximizar la longevidad del pavimento (Hasibuan y Surbakti, s. f.).

El PCI se basa en la inspección visual de la superficie del pavimento, donde se identifican y clasifican diversos tipos de defectos como grietas, baches, hundimientos, fisuras y otros daños. Estos desperfectos se evalúan según su severidad y extensión, y se asigna un valor de puntuación a cada uno de ellos, que luego se combina para obtener el índice global del pavimento. El índice resultante varía de 0 a 100, donde 100 indica un pavimento en situaciones óptimas y 0 refleja un pavimento completamente deteriorado. El PCI proporciona una visión clara del estado del pavimento y ayuda a priorizar las áreas que necesitan intervención inmediata (Morales, 2019).

El proceso de cálculo del PCI implica la identificación de fallas específicas en el pavimento y la asignación de un valor de severidad basado en su tipo y extensión. Se utilizan tablas y fórmulas matemáticas para calcular el impacto de cada tipo de daño en el desempeño general del pavimento. Posteriormente, se suman los valores de severidad y extensión de los defectos observados, lo que da lugar a la obtención de un valor final de PCI. Este valor es útil para la organización de las tareas de mantenimiento y la toma de decisiones fundamentadas sobre las acciones correctivas a realizar (Hasibuan y Surbakti, s. f.).

Una de las principales ventajas del PCI es su capacidad para proporcionar una evaluación precisa y objetiva sin la necesidad de realizar intervenciones destructivas en el pavimento. Al ser una técnica no invasiva, permite realizar evaluaciones frecuentes sin interrumpir el tráfico. Además, el PCI facilita la comparación de las condiciones del pavimento en diferentes ubicaciones o momentos en el tiempo, lo que resulta útil para realizar un seguimiento del estado de las infraestructuras viales y para planificar el mantenimiento preventivo.

El PCI es utilizado en diferentes contextos, tanto a nivel nacional como internacional, y se adapta a distintos tipos de pavimentos, incluidos los pavimentos flexibles y rígidos. Su aplicación es común en proyectos de mantenimiento vial, investigaciones académicas, estudios de infraestructura y en la toma de decisiones para asignar recursos de manera eficiente. Al proporcionar un análisis cuantitativo y sistemático del estado del

pavimento, el PCI es una herramienta valiosa para optimizar la gestión de infraestructuras viales y mejorar la calidad del servicio que brindan las carreteras a los usuarios (Morales, 2019).

La metodología del PCI está basada en una clasificación de fallas visibles y en la extensión de cada una de ellas. Los defectos se agrupan según su tipo (grietas, baches, etc.) y se evalúan de acuerdo a su gravedad. Se utilizan tablas específicas y fórmulas para determinar la severidad de cada tipo de defecto y, con base en estos cálculos, se obtiene el valor final del PCI. Este valor es útil para la toma de decisiones sobre el mantenimiento y reparación de pavimentos, al proporcionar una referencia clara sobre las áreas más deterioradas y aquellas que requieren atención urgente (Cuéllar y Javier, 2018).

El PCI es una herramienta no destructiva, lo que significa que no requiere de la remoción o alteración del pavimento para su evaluación. Este aspecto es crucial, ya que permite realizar evaluaciones frecuentes sin interrumpir el tráfico ni causar molestias a los usuarios de la carretera. Además, el PCI permite realizar un seguimiento del estado del pavimento a lo largo del tiempo, lo que facilita la planificación a largo plazo del mantenimiento de las infraestructuras viales.

En resumen, el PCI es objetivo y eficiente para la evaluación de los pavimentos, proporcionando una base sólida para la gestión y el mantenimiento de las carreteras. Su aplicación ayuda a maximizar la vida útil de las infraestructuras viales, optimizando los recursos disponibles y optimizando la seguridad y la comodidad de los usuarios (Morales, 2019).

2.2.3.1 Aplicación del PCI en Pavimentos Flexibles

La aplicación del (PCI) en pavimentos flexibles es una herramienta fundamental para evaluar el estado de conservación de este tipo de infraestructuras viales, que se caracterizan por su estructura adaptable y capaz de distribuir las cargas vehiculares. En el caso de los pavimentos flexibles, el PCI permite medir el grado de deterioro superficial de las capas asfálticas, lo cual es crucial para determinar la necesidad de intervención y

mantenimiento. La evaluación con PCI en pavimentos flexibles se realiza a través de una inspección visual detallada de la superficie, en la que se identifican diversos tipos de defectos que afectan su rendimiento (Cuéllar y Javier, 2018).

En el proceso de evaluación, se consideran fallas comunes en pavimentos flexibles como grietas longitudinales, fisuras en forma de piel de cocodrilo, baches, desprendimiento de agregados y deformaciones. Estos defectos son clasificados según su severidad y extensión, y se asignan valores de puntaje que reflejan el impacto de cada tipo de daño en el pavimento. La combinación de estos puntajes da como resultado un valor de PCI que va de 0 (estado crítico) a 100 (condición excelente). Este valor proporciona una visión clara de la calidad de la superficie y permite priorizar las áreas que necesitan reparación o rehabilitación (Cuéllar y Javier, 2018).

El PCI en pavimentos se adapta a diferentes tipos de fallas específicas, que son características de este tipo de pavimento. Por ejemplo, las grietas por fatiga, que son comunes en pavimentos sometidos a un alto volumen de tráfico, o las grietas por termofluencia, que se producen por la exposición a altas temperaturas, son evaluadas específicamente en el PCI. A través de la inspección visual, estas y otras patologías son registradas y cuantificadas de acuerdo con su gravedad. Esto permite un diagnóstico del estado general del pavimento y proporciona la toma de disposiciones sobre el tipo de interposición a realizar (Morales, 2019).

Una de las principales ventajas de utilizar el PCI en pavimentos flexibles es que este método permite obtener una evaluación precisa sin necesidad de realizar pruebas destructivas. Esto es particularmente relevante en pavimentos que deben mantener su integridad mientras se evalúa su estado. Además, la flexibilidad de la metodología PCI permite que se realicen inspecciones periódicas, lo que proporciona información actualizada y permite hacer ajustes en el plan de mantenimiento a medida que el pavimento envejece o se somete a nuevas cargas (Cuéllar y Javier, 2018).

El PCI también ayuda a determinar el momento oportuno para realizar intervenciones preventivas. Si el valor del PCI de un pavimento flexible comienza a

disminuir significativamente, es una señal de que se deben implementar actividades de mantenimiento como el sellado de grietas, la reparación de baches o el fresado y reposición de capas superficiales. De esta forma, el uso del PCI no solo ayuda a identificar áreas deterioradas, sino que también optimiza los recursos destinados a la conservación y prolongación de la vida útil del pavimento flexible.

Finalmente, el uso del PCI en pavimentos flexibles también contribuye a la planificación estratégica de mantenimiento vial. Con un diagnóstico preciso de la condición del pavimento, las autoridades y las empresas encargadas del mantenimiento pueden priorizar las intervenciones en las áreas más deterioradas, lo que permite una distribución eficiente de los recursos y minimiza los costos de reparaciones mayores en el futuro (Hyarat et al., 2022).

2.2.3.2 Ventajas del PCI en la Evaluación de Pavimentos

El (PCI) ofrece diversas ventajas significativas en la evaluación de pavimentos, convirtiéndolo en una herramienta valiosa para las autoridades encargadas del mantenimiento vial y la gestión de infraestructuras. Su utilización permite obtener una visión precisa y objetiva del estado de las carreteras, facilitando la toma de decisiones informadas sobre el mantenimiento y la reparación. Entre las principales ventajas del PCI se destacan su precisión, economía, rapidez y capacidad de planificación a largo plazo (Morales, 2019).

Una de las mayores ventajas del PCI es su precisión en la evaluación del estado del pavimento. Al basarse en una metodología estandarizada y objetiva, el PCI minimiza las subjetividades que podrían surgir en evaluaciones visuales sin un sistema de puntuación estructurado. Los defectos se clasifican según su severidad y extensión, lo que permite obtener un valor numérico concreto que refleja el verdadero estado de la infraestructura. Esta precisión es fundamental para realizar un diagnóstico BUENO y planificar intervenciones que aseguren la funcionalidad de las vías viales (Hyarat et al., 2022).

Otra ventaja importante del PCI es su costo-efectividad. A diferencia de otros sistemas de evaluación que requieren la utilización de equipos especializados o pruebas destructivas, el PCI puede realizarse a través de una inspección visual y el uso de herramientas simples, lo que reduce significativamente los costos asociados a la evaluación. Además, como el PCI no requiere de pruebas invasivas, no interrumpe el tráfico ni afecta el uso cotidiano de la infraestructura vial, lo que lo convierte en una alternativa rentable para realizar evaluaciones frecuentes sin generar mayores inconvenientes a los usuarios de la carretera.

El PCI también permite evaluaciones rápidas. La metodología se puede aplicar de manera eficiente a grandes tramos de carreteras sin necesidad de detener el tráfico o realizar trabajos extensivos. Esto es especialmente útil en áreas de alto tráfico o en zonas donde se requieren evaluaciones periódicas para realizar un seguimiento del deterioro del pavimento. La rapidez de la evaluación también facilita la obtención de resultados en tiempo real, lo que permite implementar rápidamente las acciones de mantenimiento necesarias para prevenir el deterioro adicional de la carretera (Hyarat et al., 2022).

Una de las ventajas clave del PCI es su capacidad para facilitar la planificación a largo plazo. Al proporcionar un índice numérico que refleja la condición general del pavimento, el PCI permite realizar un seguimiento continuo del estado de la infraestructura vial a lo largo del tiempo. Esto ayuda a prever los momentos en los que será necesario realizar mantenimiento o rehabilitación, optimizando la programación de los recursos y garantizando la sostenibilidad de las infraestructuras a largo plazo. Además, al proporcionar información sobre las áreas más críticas del pavimento, el PCI permite priorizar las intervenciones en función de la gravedad de los defectos, lo que mejora la eficiencia del proceso de mantenimiento (Morales, 2019).

Finalmente, el PCI contribuye a una gestión más eficiente de los recursos. Al permitir que se identifiquen las áreas que requieren atención urgente y aquellas que no presentan problemas significativos, el PCI facilita una asignación de recursos más equitativa y precisa. Esto ayuda a evitar el gasto innecesario en intervenciones en áreas

que no lo requieren, mientras que las zonas con mayor deterioro reciben la atención necesaria para garantizar su funcionalidad y seguridad. Esta eficiencia en la gestión es especialmente importante en contextos de presupuestos limitados o cuando se gestionan grandes redes viales.

2.2.4 Métodos Complementarios en la Evaluación del Pavimento

Los métodos complementarios en la evaluación del pavimento son técnicas que se utilizan junto con el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para obtener una evaluación más completa y precisa del estado de una infraestructura vial. Estos métodos proporcionan información adicional sobre las condiciones estructurales y funcionales del pavimento, mejorando la capacidad de detección de defectos y facilitando la toma de decisiones más informadas. Algunos de los métodos complementarios más comunes incluyen la inspección visual detallada, fotogrametría aérea, y pruebas de deflectometría (Hyarat et al., 2022).

La inspección visual detallada es uno de los métodos complementarios más utilizados y consiste en una observación directa del pavimento para identificar defectos y daños visibles. Aunque este método se utiliza ampliamente, puede ser subjetivo si no se combina con una clasificación estandarizada como el PCI. La inspección visual permite detectar defectos como grietas, baches, hundimientos, y deformaciones superficiales, y es especialmente útil cuando se necesita una evaluación preliminar rápida antes de aplicar técnicas más avanzadas. Este método puede ser complementado con el uso de cámaras digitales y drones para capturar imágenes detalladas de las áreas problemáticas (Morales, 2019).

La fotogrametría aérea ha emergido como una herramienta muy eficaz en la evaluación de pavimentos. Utilizando vehículos aéreos no tripulados (drones), esta técnica captura imágenes aéreas de alta resolución del pavimento, lo que permite obtener una visión general precisa del estado de la infraestructura. Las imágenes tomadas desde el aire pueden ser procesadas para generar modelos tridimensionales del pavimento, lo que

facilita la identificación de defectos y la medición precisa de su extensión. La fotogrametría aérea es especialmente útil para evaluar grandes tramos de carreteras o zonas de difícil acceso, ya que proporciona una visión global sin necesidad de interrumpir el tráfico (Hyarat et al., 2022).

La deflectometría, por otro lado, es una técnica que mide la deflexión de la superficie del pavimento bajo carga. Este método se basa en la aplicación de una carga sobre el pavimento y la medición de la deformación resultante. A través de esta medición, es posible obtener información sobre la capacidad estructural del pavimento y la distribución de las tensiones generadas por el tráfico. La deflectometría es útil para identificar áreas de pavimento que presentan debilidad estructural o posibles fallas en las capas internas del pavimento que no siempre son visibles en una inspección visual superficial. Esta técnica proporciona datos cruciales sobre el comportamiento del pavimento bajo condiciones de carga y puede complementar los resultados obtenidos con el PCI.

Otros métodos complementarios incluyen el uso de pruebas de resistencia al desgaste, como el ensayo de abrasión, y el análisis de muestras de material para evaluar la durabilidad de los componentes del pavimento. Estos métodos permiten obtener una evaluación más profunda de la resistencia de los materiales que componen el pavimento, lo que es especialmente relevante para prever su comportamiento a largo plazo. Además, la integración de sensores de temperatura y humedad en estudios de pavimentos puede proporcionar datos adicionales sobre el impacto de las condiciones climáticas en el deterioro de la infraestructura (Morales, 2019).

La combinación de estos métodos complementarios con el PCI ofrece una visión más completa de la condición del pavimento, permitiendo una evaluación más precisa y detallada que facilita la priorización de las intervenciones de mantenimiento. Al integrar varias técnicas, es posible obtener información tanto visual como estructural, lo que optimiza la planificación de reparaciones y mejora la eficiencia de los recursos destinados a la conservación de la infraestructura vial (Hyarat et al., 2022).

2.2.4.1 Inspección Visual y Técnicas Fotográficas Aéreas

La inspección visual es uno de los métodos más fundamentales y ampliamente utilizados en la evaluación de pavimentos, ya que proporciona una visión directa de los daños superficiales y permite identificar de manera rápida las áreas que requieren atención. Esta técnica consiste en la observación visual del pavimento, donde se registran y clasifican los defectos visibles como grietas, baches, deformaciones, fisuras y otros tipos de daño. Aunque la inspección visual es relativamente sencilla y económica, su efectividad depende de la experiencia del evaluador y de la metodología utilizada para clasificar los defectos (Santana et al., 2022).

Una de las principales ventajas de la inspección visual es su capacidad para realizarse de manera rápida y sin necesidad de equipos especializados, lo que la convierte en una opción viable para evaluaciones preliminares o para mantener un monitoreo continuo del estado del pavimento. Sin embargo, este método tiene ciertas limitaciones, como la subjetividad en la interpretación de los defectos y la dificultad para identificar fallas estructurales internas del pavimento que no son visibles en la superficie. Para superar estas limitaciones, la inspección visual se complementa frecuentemente con otras técnicas más detalladas y cuantificables, como el PCI.

Por otro lado, las técnicas fotográficas aéreas han ganado relevancia en la evaluación de pavimentos debido a los avances tecnológicos en el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones). Estas técnicas permiten capturar imágenes aéreas de alta resolución, que proporcionan una visión general detallada de grandes áreas de pavimento, lo que sería difícil de lograr con inspecciones visuales tradicionales. Los drones permiten a los evaluadores obtener una vista panorámica de la carretera, lo que facilita la identificación de daños que pueden ser difíciles de ver desde el nivel del suelo, especialmente en áreas amplias o de difícil acceso (Morales, 2019).

La fotogrametría aérea, utilizando drones, va más allá de simplemente tomar fotografías. Este proceso permite la creación de modelos tridimensionales del pavimento, lo que proporciona datos más precisos sobre la extensión y gravedad de los defectos. La

fotogrametría permite realizar mediciones detalladas de las grietas, baches y otras fallas en la superficie, lo que mejora la precisión de la evaluación. Además, al ser una técnica no invasiva, la fotogrametría aérea permite realizar evaluaciones sin interrumpir el tráfico o causar molestias a los usuarios de la carretera (Santana et al., 2022).

Una de las principales ventajas de las técnicas fotográficas aéreas es su capacidad para cubrir grandes extensiones de carretera en poco tiempo, lo que facilita la obtención de datos rápidos y actualizados. Esto es especialmente útil en la gestión de redes viales extensas o en el monitoreo de pavimentos en áreas remotas o de difícil acceso. Asimismo, la capacidad de obtener imágenes de alta calidad mejora la precisión en la identificación de defectos y facilita la comparación de las condiciones del pavimento a lo largo del tiempo.

La combinación de la inspección visual con técnicas fotográficas aéreas mejora la eficiencia y efectividad de la evaluación del pavimento. La inspección visual proporciona una revisión detallada de áreas específicas, mientras que las imágenes aéreas capturan una perspectiva global, permitiendo un análisis más exhaustivo de las condiciones del pavimento. Esta combinación de métodos es particularmente útil en proyectos de monitoreo continuo, donde se requiere información precisa y actualizada sobre el estado de la infraestructura vial para planificar intervenciones de mantenimiento de manera eficaz (Santana et al., 2022).

2.2.5 Contexto de la Provincia de Lampa

La Provincia de Lampa es una de las trece provincias que conforman el departamento de Puno, en el sur del Perú. Se encuentra ubicada en la región del altiplano andino, a una altitud promedio de 3,892 metros sobre el nivel del mar, lo que le confiere un clima frío y ventoso, con escasa humedad y temperaturas que oscilan entre 0.9 °C y 20 °C (Santana et al., 2022).

Fue creada oficialmente el 21 de junio de 1825, durante la época republicana, y su capital es la ciudad de Lampa, conocida como la "Ciudad Rosada" debido al color característico de sus construcciones de adobe y teja. La provincia abarca una extensión

de 5,791.73 km² y está dividida en diez distritos: Lampa, Cabanilla, Calapuja, Nicasio, Ocuvi, Palca, Paratía, Pucará, Santa Lucía y Vilavila (Morales, 2019).

En cuanto a su población, según el censo de 2017, la provincia cuenta con aproximadamente 40,856 habitantes. La mayoría de la población reside en áreas rurales y se dedica principalmente a actividades agropecuarias, como la agricultura y la ganadería.

La provincia de Lampa posee un rico patrimonio histórico y cultural. Destacan sus construcciones coloniales, como el Templo de Santiago Apóstol, que data del siglo XVII y es considerado uno de los principales atractivos turísticos de la región. Además, alberga importantes sitios arqueológicos, como las chullpas de Sutuca y Tarucani, que evidencian la presencia de culturas preincaicas en la zona.

La economía de Lampa está basada en la agricultura, con cultivos como avena forrajera, alfalfa, cebada forrajera, cañahua y papa. También se realizan actividades de ganadería y producción de textiles tradicionales. En los últimos años, el turismo ha cobrado importancia, impulsado por su patrimonio cultural y natural (Santana et al., 2022).

2.2.5.1 Características Geográficas y Climáticas de la Provincia de Lampa

La provincia de Lampa, ubicada en la región andina del sur de Perú, se caracteriza por su ubicación geográfica dentro del altiplano. Esta ubicación le confiere un relieve montañoso, con extensas llanuras y pequeñas colinas, lo que hace que el terreno sea predominantemente alto y accidentado. Lampa es una de las provincias de Puno que posee una gran diversidad de paisajes, que incluyen áreas agrícolas, zonas de pastoreo, y sectores de gran valor histórico y cultural, lo cual la convierte en un punto de interés tanto para la investigación geográfica como para el ecoturismo (Morales, 2019).

En términos climáticos, la provincia se encuentra en una zona de clima frío y seco, debido a su altitud. Las temperaturas varían considerablemente a lo largo del año, con una media anual que oscila entre los 0.9 °C y los 20 °C. Los inviernos son especialmente rigurosos, con temperaturas que pueden descender por debajo de los cero grados, mientras que en los meses de verano las temperaturas suelen ser más moderadas, aunque

siempre frescas debido a la altitud. Esta variabilidad térmica afecta a la vegetación y a las actividades agrícolas, que se adaptan a las condiciones extremas del entorno (Rifai et al., 2020).

La precipitación en la provincia de Lampa es generalmente baja, lo que contribuye a la escasez de humedad en la región. Las lluvias son más frecuentes en los meses de verano, entre diciembre y marzo, cuando se producen las lluvias intensas típicas del clima andino. Sin embargo, debido a la altitud y a las condiciones de la región, la distribución de las lluvias es irregular y puede variar según las zonas dentro de la provincia. La falta de humedad en combinación con el fuerte viento característico del área genera un ambiente árido, que influye tanto en la agricultura como en la vida cotidiana de los habitantes.

A pesar de las condiciones climáticas severas, el entorno geográfico de la provincia ha favorecido la presencia de ecosistemas únicos, que incluyen áreas de alta montaña y valles interandinos. Estas características geográficas también influyen en la vida rural de Lampa, donde la agricultura de altura y la ganadería son las principales actividades económicas. Cultivos como alfalfa, avena y cañahua se siembran en las áreas más favorables, mientras que el pastoreo de ganado camélido y vacuno se lleva a cabo en las llanuras de mayor altitud (Rifai et al., 2020).

Las condiciones geográficas y climáticas de la provincia de Lampa, al estar en la región andina, también crean un entorno propenso para la presencia de zonas de reserva ecológica y áreas naturales que albergan flora y fauna adaptadas al frío y a la aridez. Esta particularidad hace que la provincia tenga un alto valor ecológico, además de ser un atractivo potencial para el ecoturismo, en especial para aquellos interesados en la observación de aves y la exploración de sitios arqueológicos e históricos (Rifai et al., 2020).

2.2.5.2 Infraestructura Vial en la Provincia de Lampa

La infraestructura vial en la provincia de Lampa es un componente clave para el desarrollo económico y social de la región. Debido a su ubicación en el altiplano peruano, la red vial de la provincia enfrenta desafíos específicos, como las condiciones climáticas

extremas, el terreno montañoso y la dispersión de las zonas habitadas. Sin embargo, las autoridades locales han implementado diversas estrategias para mejorar la conectividad y facilitar el acceso a las diferentes áreas del distrito y la provincia en su conjunto. A pesar de estos esfuerzos, aún existen importantes limitaciones que requieren atención para optimizar el sistema de transporte (Morales, 2019).

La provincia cuenta con una red de carreteras asfaltadas y de tierra, siendo las primeras las que conectan las principales ciudades y los centros poblados más importantes, como la ciudad de Lampa, que es la capital de la provincia. Estas vías asfaltadas son fundamentales para el transporte de productos agrícolas y ganaderos, ya que permiten una circulación más eficiente y segura. Sin embargo, muchas de las carreteras secundarias y terciarias que conectan los distritos rurales con la capital provincial y otras zonas cercanas aún son de tierra, lo que dificulta el tránsito, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando las carreteras pueden volverse intransitables debido a los deslizamientos de tierra y las inundaciones (Rifai et al., 2020).

La carretera que conecta Lampa con otras provincias cercanas es crucial para el transporte regional y nacional. A través de esta vía, los productos locales pueden llegar a mercados más amplios, lo que impulsa la economía de la provincia. Sin embargo, el mantenimiento de esta infraestructura vial ha sido un desafío constante debido al desgaste natural del pavimento y a la falta de recursos para realizar reparaciones oportunas. A pesar de esto, el gobierno local y regional ha priorizado ciertas obras de rehabilitación y pavimentación para mejorar la accesibilidad, especialmente en áreas que experimentan un alto volumen de tráfico comercial (Rifai et al., 2020).

En las zonas rurales y más alejadas, la infraestructura vial es aún más limitada. La mayoría de los caminos son de ripio o tierra compactada, lo que reduce considerablemente la velocidad y la seguridad en el transporte. En algunos casos, los caminos no están bien señalizados, lo que aumenta los riesgos de accidentes. Además, la falta de un BUENO sistema de drenaje en algunas carreteras secundarias contribuye al deterioro rápido del

pavimento y a la acumulación de agua en los tramos más vulnerables, especialmente durante la temporada de lluvias (Freire Cazagallo, 2024).

Para mejorar la infraestructura vial de la provincia, se ha propuesto un plan integral de mantenimiento y rehabilitación que incluye la pavimentación de carreteras rurales, la mejora de la señalización vial y la construcción de puentes en zonas de difícil acceso. Este plan busca facilitar la circulación de los productos agrícolas y ganaderos, promover el turismo, y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Lampa, especialmente aquellos en las zonas rurales más apartadas (Rifai et al., 2020).

A pesar de los esfuerzos en curso, el desarrollo de la infraestructura vial en la provincia de Lampa enfrenta desafíos económicos y logísticos, debido a la geografía montañosa, el clima y los recursos limitados. Aun así, las autoridades siguen trabajando para mejorar la red vial, reconociendo su importancia crítica para la integración de la provincia en la región y el país.

2.2.6 Normativas y Estándares en la Evaluación de Pavimentos

Las normativas y estándares en la evaluación de pavimentos son fundamentales para garantizar que los procesos de diagnóstico, mantenimiento y reparación de infraestructuras viales se realicen de manera coherente, efectiva y conforme a los mejores procedimientos técnicos disponibles. Estas normativas proporcionan directrices claras sobre cómo deben llevarse a cabo las inspecciones y evaluaciones, y aseguran que los pavimentos sean evaluados de forma objetiva y sistemática, independientemente del lugar o la entidad encargada de la evaluación. A nivel mundial y nacional, existen diversos estándares que regulan las técnicas y metodologías aplicadas en la evaluación del estado de las superficies viales, cada uno adaptado a las características de la infraestructura y el entorno local (Freire Cazagallo, 2024).

A nivel internacional, uno de los estándares más conocidos es la norma ASTM D6433, desarrollada por la American Society for Testing and Materials (ASTM). Esta norma establece el procedimiento detallado para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento

(PCI), que es una de las herramientas más utilizadas en la evaluación de pavimentos. La ASTM D6433 describe cómo realizar una inspección visual del pavimento, cómo identificar y clasificar los diferentes tipos de defectos, y cómo calcular el índice numérico que refleja el estado general del pavimento. La norma también incluye directrices sobre cómo abordar diferentes tipos de pavimentos (flexibles, rígidos, etc.), lo que asegura que el PCI se aplique de manera adecuada a cada tipo de infraestructura (Rahman y Tarefder, 2020).

En el ámbito nacional, cada país tiene sus propias normativas que adaptan los estándares internacionales a sus condiciones geográficas, climáticas y económicas. Por ejemplo, en Perú, la Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de diversas resoluciones y directivas, establece normas específicas para la inspección, conservación y rehabilitación de pavimentos. Estas normativas se basan en los principios internacionales, pero ajustadas a las particularidades del país, como las condiciones del terreno y las exigencias del tráfico vehicular. Además, el MTC recomienda el uso de tecnologías específicas para la evaluación de pavimentos, incluyendo el PCI y otros métodos complementarios, como la deflectometría y las inspecciones visuales detalladas.

Además de las normativas para la evaluación, existen estándares técnicos que guían las prácticas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. Estos incluyen especificaciones sobre el tipo de materiales a utilizar en la reparación de pavimentos, los procedimientos para la aplicación de asfalto y otros materiales de construcción, y las metodologías para garantizar la durabilidad y resistencia de las intervenciones. En algunos casos, estas normativas también incluyen directrices sobre la gestión de los recursos destinados a la infraestructura vial, asegurando que se empleen de la manera más eficiente posible (Freire Cazagallo, 2024).

En términos de mantenimiento preventivo y correctivo, las normativas establecen los tiempos y las condiciones bajo las cuales deben realizarse las intervenciones, dependiendo de la clasificación obtenida mediante la evaluación del PCI o de otros métodos de diagnóstico. Estas pautas permiten priorizar las áreas más deterioradas y establecer un plan de trabajo que optimice los recursos disponibles.

2.2.6.1 Normativas Nacionales e Internacionales Relacionadas con la Evaluación del Pavimento

Las normativas nacionales e internacionales relacionadas con la evaluación del pavimento son fundamentales para asegurar que los procesos de diagnóstico, conservación y rehabilitación de las infraestructuras viales se realicen bajo criterios técnicos y objetivos, garantizando la seguridad, durabilidad y eficiencia de las carreteras. Estas normativas establecen directrices precisas sobre cómo evaluar el estado de los pavimentos, qué métodos de inspección utilizar, y cómo interpretar los resultados para tomar decisiones adecuadas sobre mantenimiento y rehabilitación (Rahman y Tarefder, 2020).

A nivel internacional, una de las principales normativas que regula la evaluación del pavimento es la ASTM D6433, desarrollada por la American Society for Testing and Materials (ASTM). Esta norma establece el procedimiento para la medición del Índice de Condición del Pavimento (PCI), una de las herramientas más utilizadas globalmente para evaluar el estado de conservación de los pavimentos. El PCI se obtiene a partir de una inspección visual sistemática de la superficie del pavimento, donde se identifican los defectos más comunes, como grietas, baches y fisuras. La norma proporciona un sistema de clasificación que asigna un valor numérico, lo que permite obtener un diagnóstico claro y objetivo sobre la condición del pavimento. Además, la norma ASTM D6433 también especifica las condiciones bajo las cuales deben realizarse las inspecciones, garantizando que el proceso sea consistente y fiable (Freire Cazagallo, 2024).

En el contexto nacional, cada país cuenta con su propio conjunto de normativas que adaptan los estándares internacionales a las particularidades de las condiciones locales. En Perú, por ejemplo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) establece directivas y resoluciones para la evaluación y conservación de pavimentos a través de documentos como la Norma Técnica para la Evaluación de Pavimentos. Estas normativas están alineadas con los estándares internacionales, pero incorporan elementos específicos de la realidad peruana, como las características geográficas y climáticas de las

distintas regiones del país. El MTC también promueve el uso de herramientas como el PCI, junto con otros métodos complementarios de evaluación, como la deflectometría, para asegurar una evaluación exhaustiva y precisa de los pavimentos.

Además de las normativas de evaluación, existen regulaciones para el diseño y construcción de pavimentos que también impactan en la forma en que se realizan las evaluaciones. Por ejemplo, la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) establece directrices para el diseño de pavimentos y las pruebas de calidad de los materiales utilizados, lo que influye en la evaluación de su desempeño a lo largo del tiempo. A nivel nacional, las autoridades peruanas adaptan estos estándares para mejorar la calidad de las infraestructuras viales y establecer procedimientos para la inspección de nuevas construcciones (Freire Cazagallo, 2024).

El cumplimiento de estas normativas nacionales e internacionales no solo asegura que la evaluación del pavimento sea precisa y objetiva, sino que también facilita la planificación de intervenciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Al seguir los lineamientos establecidos en estas normativas, se optimizan los recursos destinados a la conservación de las infraestructuras viales y se prolonga la vida útil de los pavimentos, contribuyendo a la seguridad vial y a la eficiencia del transporte en el país.

2.2.6.2 Estándares para la Evaluación de Pavimentos Flexibles

Los estándares para la evaluación de pavimentos flexibles son directrices que regulan los procedimientos y metodologías aplicadas para evaluar el estado de las superficies viales construidas con materiales flexibles, como asfalto y mezclas bituminosas. Estos estándares son esenciales para asegurar que las evaluaciones sean precisas, coherentes y conformes con los requisitos técnicos necesarios para mantener y mejorar la infraestructura vial. Los pavimentos flexibles, a diferencia de los rígidos, se caracterizan por su capacidad de adaptarse a las cargas y a las condiciones climáticas sin perder su funcionalidad, por lo que su evaluación requiere una metodología específica para medir su desempeño (Rahman y Tarefder, 2020).

En términos internacionales, uno de los estándares más utilizados para la evaluación de pavimentos flexibles es la norma ASTM D6433, que establece el procedimiento para la obtención del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Esta norma detalla cómo realizar una inspección visual del pavimento flexible, identificando defectos tales como grietas, fisuras, deformaciones y baches, que afectan la superficie. El PCI, que es ampliamente reconocido, asigna una puntuación que varía entre 0 y 100, donde un valor más bajo indica un mayor grado de deterioro. La norma ASTM D6433 también especifica los métodos de clasificación de los defectos según su severidad y extensión, lo que facilita un diagnóstico detallado del estado del pavimento y permite priorizar las intervenciones de mantenimiento (Freire Cazagallo, 2024).

En el ámbito nacional, los estándares peruanos también se alinean con las directrices internacionales y adaptan las metodologías a las características específicas de las infraestructuras viales del país. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en Perú establece normativas que regulan las pruebas de calidad de los pavimentos flexibles y los procedimientos para la inspección y evaluación de las condiciones del pavimento. Estas directrices incluyen el uso del PCI como herramienta principal, así como la implementación de otros métodos complementarios de evaluación, como la deflectometría y las pruebas de superficie, que permiten obtener una visión más completa del estado estructural y funcional del pavimento (Rahman y Tarefder, 2020).

Una de las características más relevantes de los estándares para la evaluación de pavimentos flexibles es su enfoque en la identificación de defectos específicos que son comunes en este tipo de pavimento. Estos defectos incluyen grietas longitudinales, fisuras por fatiga, hundimientos, y daños por termofluencia. Los estándares definen procedimientos detallados para inspeccionar cada tipo de defecto y asignar un puntaje en función de su severidad y extensión. Esta clasificación permite que las intervenciones de mantenimiento sean más eficaces, ya que los recursos pueden ser distribuidos de manera prioritaria hacia las áreas más deterioradas.

Además, los estándares para la evaluación de pavimentos flexibles incluyen directrices sobre el mantenimiento preventivo y las mejores prácticas para prolongar la vida útil del pavimento. Estos estándares sugieren intervenciones como el sellado de grietas, el reparo de baches y el reencarpetado, que deben llevarse a cabo en función del diagnóstico obtenido mediante las evaluaciones. La correcta aplicación de estos estándares no solo mejora la durabilidad de los pavimentos, sino que también optimiza los costos operativos al prevenir un deterioro acelerado que pueda requerir reparaciones más costosas en el futuro (Rahman y Tarefder, 2020).

2.2.7 Mantenimiento y Restauración de Pavimentos Flexibles

El mantenimiento y restauración de pavimentos flexibles son procesos esenciales para garantizar la longevidad y el rendimiento de las infraestructuras viales construidas con materiales asfálticos. A diferencia de los pavimentos rígidos, los pavimentos flexibles requieren un enfoque específico para su conservación, debido a su capacidad de adaptarse y distribuir las cargas vehiculares sin perder funcionalidad. Sin embargo, con el tiempo y debido a factores como el tráfico, las condiciones climáticas extremas y la falta de mantenimiento BUENO, los pavimentos flexibles pueden presentar diversas formas de deterioro, lo que exige intervenciones periódicas para restaurar su integridad y garantizar su desempeño (Freire Cazagallo, 2024).

El mantenimiento de pavimentos flexibles se divide principalmente en dos tipos: mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo incluye actividades que se realizan antes de que se presenten daños graves en el pavimento, con el objetivo de prolongar su vida útil. Entre las intervenciones preventivas más comunes se encuentran el sellado de grietas, el parcheo superficial y la aplicación de capas delgadas de asfalto para restaurar la superficie de rodadura. Estas actividades ayudan a evitar la infiltración de agua, que puede causar daños internos en las capas de pavimento, y protegen las superficies de la acción del tráfico y las condiciones climáticas adversas. Además, el mantenimiento preventivo incluye la inspección periódica del pavimento para identificar los

primeros signos de deterioro y planificar las intervenciones necesarias antes de que los daños sean más graves (Rahman y Tarefder, 2020).

Por otro lado, el mantenimiento correctivo se lleva a cabo cuando ya se han detectado daños significativos en la superficie del pavimento, como baches, grietas de mayor extensión o deformaciones. En estos casos, es necesario realizar intervenciones más profundas, como el parcheo profundo, que consiste en la reparación de áreas dañadas con la sustitución de materiales de pavimento deteriorados. Otra técnica común en el mantenimiento correctivo es el fresado y reposición de capas asfálticas, que implica la remoción de las capas deterioradas y la aplicación de nuevas capas de mezcla asfáltica. Este tipo de intervención es fundamental para restaurar la capacidad estructural del pavimento y garantizar una superficie de rodadura segura y funcional.

La restauración de pavimentos flexibles es una parte crítica del mantenimiento, especialmente cuando los pavimentos han sufrido un desgaste significativo debido al tráfico pesado o las condiciones climáticas extremas. La restauración puede implicar la rehabilitación estructural, que se refiere a la reparación y fortalecimiento de las capas internas del pavimento, o la rehabilitación superficial, que se centra en la restauración de la capa de rodadura para mejorar la fricción y la seguridad vial. Entre las técnicas más comunes de restauración se encuentran el recapado, que consiste en la aplicación de una nueva capa de asfalto sobre el pavimento existente, y el refuerzo con emulsiones asfálticas, que se utiliza para mejorar la adhesión entre las capas de pavimento y aumentar su durabilidad (Freire Cazagallo, 2024).

Es importante mencionar que, en muchas ocasiones, el mantenimiento y restauración de pavimentos flexibles no solo dependen de las técnicas utilizadas, sino también de una correcta gestión de la infraestructura vial. Esto incluye el uso de tecnologías avanzadas para la evaluación del estado del pavimento, como el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y otras técnicas complementarias, que permiten identificar las áreas que requieren atención y planificar las intervenciones de manera eficiente. Un enfoque bien planificado y ejecutado en el mantenimiento y restauración de pavimentos

flexibles no solo mejora la calidad de la infraestructura vial, sino que también reduce los costos operativos a largo plazo, al evitar intervenciones más costosas y complejas en el futuro (Rahman y Tarefder, 2020).

2.2.7.1 Técnicas de Mantenimiento Preventivo

Las técnicas de mantenimiento preventivo son estrategias clave en la gestión de pavimentos, ya que buscan prolongar la vida útil de las infraestructuras viales y evitar daños graves antes de que ocurran. Estas intervenciones se realizan de forma periódica y están diseñadas para mantener la funcionalidad de la carretera sin esperar a que se presenten fallas estructurales significativas. El mantenimiento preventivo se enfoca en actividades que minimicen el deterioro prematuro del pavimento, lo que permite reducir los costos de reparación a largo plazo y asegurar la seguridad de los usuarios (Rahman y Tarefder, 2020).

Una de las principales técnicas de mantenimiento preventivo es el sellado de grietas, que se utiliza para evitar que el agua y otros elementos externos penetren en las capas internas del pavimento. Este método es especialmente efectivo para prevenir el deterioro por la infiltración de agua, que puede causar el agrietamiento y la expansión de las fallas en el pavimento. El sellado de grietas se lleva a cabo aplicando una capa de material sellador sobre las grietas visibles en la superficie del pavimento. Este material, generalmente una mezcla de asfalto y polímeros, sella la grieta y evita que el agua se filtre, lo que contribuye a mantener la integridad de la superficie.

Otra técnica comúnmente utilizada es el parcheo superficial, que se aplica cuando se detectan pequeñas áreas de daño superficial, como baches o áreas deterioradas por el tráfico o las condiciones climáticas. El parcheo consiste en la reparación de estos daños aplicando una capa de asfalto nuevo sobre las áreas afectadas. Esta intervención es rápida y relativamente económica, y ayuda a evitar que los pequeños daños se agraven, lo que podría resultar en reparaciones más costosas en el futuro (Freire Cazagallo, 2024).

El fresado y reposición de capa superficial es otra técnica de mantenimiento preventivo, que se emplea para renovar las capas superficiales del pavimento cuando la superficie presenta un desgaste generalizado, pero aún mantiene una base sólida. En este proceso, se retira una capa delgada de la superficie del pavimento con una fresadora, y luego se aplica una nueva capa de mezcla asfáltica para restaurar la superficie de rodadura. Esta técnica es eficaz para restaurar la textura y la fricción del pavimento, mejorando su capacidad de respuesta al tráfico y reduciendo el riesgo de accidentes (Rahman y Tarefder, 2020).

Además, el tratamiento con emulsión asfáltica es otra técnica preventiva que se utiliza para rejuvenecer pavimentos que han perdido sus propiedades debido a la exposición al sol y al tráfico. Este tratamiento consiste en aplicar una capa de emulsión asfáltica sobre la superficie del pavimento, que penetra en las grietas y fisuras, restaurando la flexibilidad del asfalto. Este proceso ayuda a mejorar la resistencia del pavimento a las inclemencias del clima y a la carga del tráfico, prolongando su vida útil.

El microaglomerado es una técnica menos invasiva que también se utiliza en el mantenimiento preventivo de pavimentos. Consiste en aplicar una capa delgada de mezcla asfáltica sobre la superficie existente para mejorar su durabilidad y resistencia. El microaglomerado es especialmente útil para pavimentos con desgaste moderado, ya que mejora la adherencia de la capa de rodadura sin necesidad de realizar una intervención mayor (Rahman y Tarefder, 2020).

En conjunto, las técnicas de mantenimiento preventivo forman un conjunto de medidas eficaces para conservar la calidad de los pavimentos y evitar que pequeños problemas se conviertan en fallas costosas y complejas de reparar. Al implementar estas intervenciones de forma regular, se optimiza el rendimiento de la infraestructura vial y se extiende la vida útil del pavimento, garantizando una circulación más segura y eficiente para los usuarios (Freire Cazagallo, 2024).

2.2.7.2 Métodos de Restauración y Reparación de Pavimentos Flexibles

Los métodos de restauración y reparación de pavimentos flexibles son esenciales para recuperar la funcionalidad y la seguridad de las infraestructuras viales que han experimentado un deterioro significativo debido al tráfico, las condiciones climáticas o el paso del tiempo. Estas técnicas se aplican cuando los métodos de mantenimiento preventivo ya no son suficientes para garantizar la estabilidad del pavimento, y se requiere una intervención más profunda para restaurar su integridad estructural. La restauración y reparación de pavimentos flexibles pueden variar desde intervenciones superficiales hasta procesos más complejos que afectan las capas internas del pavimento (Freire Cazagallo, 2024).

Una de las técnicas más comunes en la restauración de pavimentos flexibles es el recapado. El recapado implica la aplicación de una nueva capa de mezcla asfáltica sobre la capa de rodadura existente. Esta técnica se utiliza cuando la superficie de pavimento ha sufrido un desgaste generalizado, pero las capas inferiores aún son estructuralmente sólidas. El objetivo del recapado es restaurar la funcionalidad de la superficie, mejorar la textura, y aumentar la fricción, proporcionando una rodadura más segura para los vehículos. Este proceso es relativamente rápido y económico, y prolonga la vida útil del pavimento sin necesidad de una reconstrucción completa (Rahman y Tarefder, 2020).

El fresado y reposición de capas es otra técnica utilizada en la reparación de pavimentos flexibles. En este proceso, se elimina la capa deteriorada de asfalto mediante un fresado, y luego se reemplaza por una capa nueva de mezcla asfáltica. Este método es BUENO cuando el pavimento presenta una deformación más profunda o daños extendidos en varias áreas, como baches graves o grietas profundas. El fresado no solo elimina los daños visibles, sino que también prepara la base para recibir la nueva capa de asfalto, asegurando una mejor adherencia y una distribución uniforme de las cargas del tráfico.

Una opción más avanzada de restauración es la rehabilitación estructural, que implica el tratamiento de las capas internas del pavimento. Este método es necesario cuando el pavimento flexible ha sufrido un deterioro severo, tanto en su capa superficial

como en las capas de base y subbase. La rehabilitación estructural puede incluir la mejora de las capas inferiores mediante la adición de materiales estabilizantes como cal o cemento, que refuerzan la base del pavimento y aumentan su capacidad para soportar cargas pesadas. Además, en algunos casos, es necesario reconstruir las capas subyacentes si el deterioro es significativo (Rahman y Tarefder, 2020).

El parcheo profundo es otra técnica clave en la reparación de pavimentos flexibles. Este método se utiliza cuando existen daños localizados graves, como baches o zonas con grietas extensas. En el parcheo profundo, se retira la sección dañada del pavimento y se reemplaza con una nueva mezcla asfáltica. Este proceso es más costoso y laborioso que el parcheo superficial, pero es necesario para garantizar la estabilidad estructural del pavimento en áreas críticas. El parcheo profundo también puede incluir la estabilización de las capas inferiores si se detectan problemas en la base del pavimento (Nuñez y Francisco, 2019).

Otro enfoque en la restauración de pavimentos flexibles es el uso de técnicas de reciclaje en sitio. El reciclaje de pavimentos asfálticos consiste en la remoción de capas de pavimento deterioradas, que luego se procesan y reutilizan para crear una nueva mezcla asfáltica. Este método no solo es una opción ecológica, al reducir la cantidad de materiales desperdiciados, sino que también es económico, ya que permite reutilizar los materiales existentes en lugar de adquirir nuevos. El reciclaje en sitio es BUENO para pavimentos que aún conservan su estructura básica, pero requieren una renovación de la capa de rodadura o de las capas superficiales.

El tratamiento con emulsión asfáltica es otra técnica utilizada en la restauración de pavimentos flexibles. Esta técnica consiste en la aplicación de una emulsión asfáltica que se infiltra en las grietas y fisuras del pavimento, restaurando su flexibilidad y evitando que el agua penetre en las capas subyacentes. Es una opción efectiva para pavimentos con daños superficiales moderados, como fisuras por fatiga o grietas finas, y se utiliza para prevenir que estos defectos se agraven y provoquen daños más serios (Rahman y Tarefder, 2020).

Los métodos de restauración y reparación de pavimentos flexibles juegan un papel crucial en la conservación de las infraestructuras viales, ya que permiten restaurar la funcionalidad de las carreteras y prolongar su vida útil de manera económica y eficiente. Cada técnica se selecciona en función del tipo y la extensión del daño, y su correcta aplicación asegura que los pavimentos sigan siendo seguros y operativos para el tráfico vehicular.

2.3 Marco conceptual

a. Pavimento Flexible:

Se caracteriza por su capacidad para distribuir las cargas del tráfico a través de una serie de capas de materiales, principalmente asfálticos, que permiten cierto grado de deformación bajo la carga. A diferencia de los pavimentos rígidos, no tiene una base rígida, lo que le otorga flexibilidad y adaptabilidad a las condiciones del terreno y el clima. Este tipo de pavimento es comúnmente utilizado en carreteras de zonas rurales y urbanas de tráfico moderado (Nuñez y Francisco, 2019).

b. Evaluación de Pavimentos:

Es el proceso de inspeccionar y analizar las condiciones físicas y estructurales de un pavimento (Rahman y Tarefder, 2020), con el objetivo de identificar su nivel de deterioro y planificar las intervenciones necesarias para su mantenimiento o reparación. La evaluación se basa en una serie de métodos estandarizados que permiten determinar la necesidad de intervenciones de mantenimiento preventivo, correctivo o restaurativo, y se lleva a cabo a través de inspecciones visuales y técnicas avanzadas, como el (PCI).

c. Índice de Condición del Pavimento (PCI):

Es una herramienta técnica utilizada para evaluar el estado de un pavimento, asignando un valor numérico que refleja el grado de deterioro de la superficie vial. El PCI

se obtiene a partir de la observación de fallas visibles como grietas, baches y deformaciones, y se calcula mediante un sistema de puntuación que va de 0 a 100, donde un valor cercano a 100 indica un pavimento en buenas condiciones y un valor cercano a 0 indica un pavimento severamente deteriorado (Cuéllar y Javier, 2018).

d. Mantenimiento

Preventivo: Se refiere al conjunto de actividades realizadas de manera periódica con el fin de prevenir el deterioro prematuro del pavimento. Las intervenciones preventivas incluyen tareas como el sellado de grietas, el parcheo superficial y la aplicación de capas delgadas de asfalto para restaurar la superficie de rodadura. El mantenimiento preventivo tiene como objetivo prolongar la vida útil del pavimento y evitar la aparición de daños graves que requieran reparaciones costosas.

e. Mantenimiento Correctivo:

Es el conjunto de actividades que se realizan cuando ya han aparecido daños importantes en el pavimento, tales como baches, grietas profundas o deformaciones. Las intervenciones correctivas incluyen el fresado y reposición de capas, el parcheo profundo y la rehabilitación estructural. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo para restaurar la funcionalidad del pavimento y garantizar la seguridad vial, y generalmente requiere mayor tiempo y recursos que el mantenimiento preventivo.

f. Restauración de Pavimentos:

Implica la aplicación de técnicas más complejas que el mantenimiento preventivo o correctivo, con el objetivo de recuperar la integridad estructural y la funcionalidad de un pavimento deteriorado. La restauración puede incluir el recapado, que consiste en la aplicación de una nueva capa de asfalto sobre el pavimento existente, o la rehabilitación estructural, que implica la mejora de las capas internas del pavimento para asegurar su capacidad de carga.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se refiere al conjunto de métodos, técnicas y procedimientos que se emplean para llevar a cabo un estudio de manera sistemática y rigurosa. Su propósito es guiar al investigador en el proceso de recolección, análisis e interpretación de los datos, con el fin de obtener resultados confiables y válidos. En este sentido, la metodología define el enfoque y los pasos a seguir para responder a las preguntas de investigación, asegurando que los métodos seleccionados sean apropiados para el tipo de estudio que se está realizando. La elección de la metodología depende del objetivo de la investigación, del marco teórico y de los recursos disponibles.

Existen diferentes tipos de metodologías de investigación, entre las cuales se destacan la cuantitativa, que se enfoca en la recolección y análisis de datos numéricos, y la cualitativa, que se orienta a entender fenómenos a través de la interpretación de experiencias, percepciones y contextos. Además, algunas investigaciones combinan ambos enfoques, lo que se denomina metodología mixta. La metodología también incluye las estrategias para garantizar la validez y la fiabilidad de los resultados, así como los procedimientos éticos que deben ser respetados durante todo el proceso investigativo.

3.1 Enfoque de investigación

El estudio tiene un enfoque **cuantitativo** porque se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar el estado de los pavimentos flexibles mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Este enfoque permite obtener mediciones precisas y objetivas de las variables relacionadas con la calidad del pavimento, lo que facilita el análisis estadístico y la formulación de conclusiones basadas en datos cuantificables. La objetividad y precisión de este enfoque son fundamentales para garantizar resultados confiables y para realizar comparaciones entre diferentes zonas de estudio.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de métodos y herramientas que permiten recolectar datos numéricos y analizarlos estadísticamente para identificar patrones y relaciones entre las variables estudiadas. Este enfoque se centra en medir, contar y clasificar fenómenos, con el objetivo de obtener resultados objetivos y generalizables. La investigación cuantitativa se basa en la recolección de datos estructurados, que se procesan mediante técnicas estadísticas para generar conclusiones que se puedan replicar en otros contextos o poblaciones similares (Castro et al., 2023).

3.2 Tipo de la investigación

El estudio es de tipo **aplicada** porque su objetivo principal es resolver un problema práctico relacionado con la evaluación y el mantenimiento de pavimentos flexibles en la provincia de Lampa. A través de la implementación del PCI y otras técnicas de evaluación, se busca generar soluciones que puedan ser directamente aplicadas en la gestión de infraestructuras viales. Este enfoque permite que los resultados obtenidos tengan un impacto inmediato y relevante para la toma de decisiones en la mejora de la infraestructura vial local.

La investigación aplicada se enfoca en la resolución de problemas prácticos y específicos mediante la aplicación directa de conocimientos teóricos. A diferencia de la

investigación básica, que busca generar teorías generales, la investigación aplicada tiene como objetivo generar soluciones prácticas que puedan implementarse en contextos reales. Este tipo de investigación es común en campos como la ingeniería, la salud y la educación, donde se busca mejorar procesos, productos o servicios mediante intervenciones concretas basadas en evidencia (Castro et al. 2023).

3.3 Nivel de la investigación

El nivel **descriptivo** de nuestro estudio se debe a que buscamos comprender no solo las condiciones actuales del pavimento flexible, sino también las causas subyacentes de su deterioro. A través del análisis de los datos obtenidos, intentamos identificar los factores específicos que contribuían al desgaste del pavimento, tales como el tipo de tráfico, las condiciones climáticas y la calidad de los materiales utilizados, lo que nos permitió proponer soluciones dirigidas a mitigar estos problemas y mejorar la durabilidad del pavimento.

El nivel descriptivo en la investigación busca no solo describir los fenómenos observados, sino también comprender las causas y efectos subyacentes que los explican. Este tipo de investigación se adentra en la identificación de las relaciones causales entre variables y en la construcción de teorías que puedan explicar los procesos estudiados. A través del análisis de datos, la investigación explicativa intenta ofrecer una comprensión profunda de los factores que intervienen en la ocurrencia de un fenómeno y cómo estos influyen en su desarrollo o evolución (Ramos, 2020).

3.4 Diseño de la investigación

El diseño **no experimental** se emplea en nuestro estudio porque no se manipularán las variables bajo investigación. En lugar de intervenir directamente sobre las condiciones de los pavimentos, se realizarán observaciones y evaluaciones detalladas utilizando el PCI y otras herramientas analíticas, lo que permite obtener información sobre las condiciones

actuales del pavimento sin alterarlas. Este diseño es BUENO cuando se busca analizar fenómenos tal como ocurren en su entorno natural, sin generar una modificación directa en las variables.

El diseño no experimental es aquel en el que el investigador no manipula ni controla las variables que está estudiando, sino que se limita a observar y registrar las características de los fenómenos tal como ocurren de manera natural. Este tipo de diseño es común cuando es difícil o poco ético intervenir directamente sobre los sujetos o variables de estudio. El objetivo principal de un diseño no experimental es explorar las relaciones entre variables sin alterar el entorno o las condiciones de los participantes, permitiendo obtener información sobre las condiciones reales de un fenómeno (Vega y Cahuana, 2021).

3.5 Método de la investigación

El estudio sigue el método científico porque se basa en un proceso sistemático y estructurado de observación, hipótesis, recolección de datos, análisis y conclusión. Comienza con la formulación de preguntas sobre el estado del pavimento y las causas de su deterioro, seguido de la recolección de datos mediante técnicas precisas y la aplicación de modelos de análisis estadístico. La interpretación de los resultados se realiza de manera objetiva y basada en evidencia, lo que permite llegar a conclusiones verificables y replicables.

El método científico es un proceso sistemático y estructurado de investigación que se utiliza para formular hipótesis, recolectar datos, analizar resultados y llegar a conclusiones fundamentadas en la observación y la experimentación. Este método se basa en la objetividad, la repetibilidad y la verificación de los resultados, y se aplica en todas las ciencias para asegurar que los hallazgos sean válidos, confiables y útiles. A través del método científico, los investigadores pueden probar teorías, refutar hipótesis erróneas y

ampliar el conocimiento sobre fenómenos específicos de manera racional y objetiva (Reyes, 2022).

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

La población es el conjunto completo de elementos, individuos o unidades que comparten una característica o atributo común que es objeto de estudio en una investigación. En el ámbito de la investigación, la población incluye todos los miembros de un grupo definido por las condiciones del estudio y se considera el universo total sobre el cual se harán las observaciones o inferencias (Ojeda, 2020).

La población de este estudio está constituida por todos los segmentos de pavimento flexible presentes en las vías principales y secundarias de la provincia de Lampa, incluyéndose todas las superficies pavimentadas que, en función de sus características estructurales y funcionales, presentaban variabilidad en cuanto a su antigüedad, condiciones de tráfico, exposición a factores climáticos y a nivel de pavimento flexible.

3.6.2 Muestra

Una muestra es un subconjunto representativo de la población total, seleccionada para participar en el estudio con el fin de obtener datos que sirvan para hacer inferencias sobre la población. La muestra es utilizada cuando resulta inviable o innecesario estudiar a toda la población, permitiendo realizar análisis más prácticos y menos costosos (Castro et al., 2023).

La muestra de este estudio está constituida por 2 vías a nivel de pavimento flexible de la provincia de Lampa, específicamente en las vías 1 (carretera Lampa – Pucara) y vía 2 (carretera Lampa - Palca) en este caso particular, el tramo evaluado de la carretera Lampa-Palca corresponde a la sección de pavimento flexible ubicada entre la vía urbana,

ya en las afueras de la ciudad, y que tiene una extensión aproximada de 400 metros, además, la selección de los tramos se llevó a cabo mediante un muestreo estratificado, teniendo un total de 800 metros evaluados entre ambas vías, teniendo en cuenta factores clave como la antigüedad del pavimento, la intensidad del tráfico vehicular y la ubicación geográfica de cada vía, lo que facilita la definición de una muestra representativa que reflejara la diversidad de condiciones en la infraestructura vial de la zona.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

En primer lugar, se realizó una inspección visual detallada de las vías en cuestión, con el fin de identificar las principales distorsiones y deterioros en el pavimento. Esta inspección se llevó a cabo sobre el terreno, siguiendo un recorrido predefinido en las principales rutas de la provincia de Lampa. Durante este proceso, se registraron las características visibles del pavimento, tales como grietas, baches, deformaciones, hundimientos y otros tipos de daño. Esta técnica fue esencial para establecer una primera aproximación al estado general de los pavimentos, antes de aplicar el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Posteriormente, se procedió a la aplicación del método PCI (Pavement Condition Index) en cada sección de las vías estudiadas. Este método cuantitativo consistió en la evaluación sistemática de las condiciones de la superficie del pavimento, con base en la observación y la clasificación de las distintas patologías que se presentaron. Para ello, se utilizaron formularios estandarizados que permitieron asignar valores a cada tipo de daño detectado en función de su gravedad y extensión. Las mediciones fueron realizadas utilizando herramientas específicas como medidores de grietas y cámaras fotográficas, que facilitaron la documentación precisa de cada sección analizada (Castro et al. 2023).

Adicionalmente, se emplearon técnicas de mapeo geoespacial para registrar y visualizar los puntos críticos de deterioro en las vías de la provincia. Utilizando dispositivos

GPS y sistemas de información geográfica (SIG), se georreferenciaron las áreas con mayores problemas de pavimento. Este mapeo permitió obtener una representación gráfica del estado de las rutas y facilitar la toma de decisiones sobre posibles intervenciones de mantenimiento o rehabilitación.

Finalmente, se complementaron las observaciones del PCI con la recolección de datos secundarios sobre el historial de mantenimiento de las vías, tales como informes de reparaciones previas, programas de mantenimiento ejecutados y registros de tráfico vehicular. Estos datos proporcionaron un contexto adicional para interpretar los resultados del PCI y evaluar las causas subyacentes de los deterioros observados en el pavimento.

Con estas técnicas, se logró una evaluación integral de las condiciones superficiales de las vías en la provincia de Lampa, lo que permitió identificar áreas críticas y sugerir acciones correctivas basadas en datos precisos y actualizados.

Tabla 2

Técnicas aplicadas durante el estudio

Técnica	Descripción
Inspección visual detallada de las vías	1. Realización de un recorrido visual sobre las principales rutas para identificar daños visibles como grietas, baches y deformaciones.
Aplicación del método PCI (Pavement Condition Index)	2. Evaluación sistemática de las condiciones de la superficie del pavimento, clasificando los daños según su gravedad y extensión utilizando el método PCI.
Uso de herramientas específicas para medición	3. Uso de medidores de grietas y cámaras fotográficas para documentar y medir los daños en el pavimento.
Mapeo geoespacial con GPS y SIG	4. Georreferenciación de las áreas críticas de deterioro mediante dispositivos GPS y sistemas de información geográfica (SIG) para crear representaciones gráficas del estado del pavimento.
Recolección de datos secundarios sobre historial de mantenimiento	5. Recolección de información secundaria sobre el historial de mantenimiento de las vías, incluyendo informes de reparaciones y programas de mantenimiento ejecutados.

La tabla presentada resume las técnicas empleadas para evaluar las condiciones del pavimento en las principales rutas de la provincia. Cada técnica detallada refleja un proceso metodológico clave que permitió realizar un análisis exhaustivo de las condiciones superficiales del pavimento, desde la inspección visual en el terreno hasta el uso de herramientas avanzadas como el índice PCI y sistemas geoespaciales, complementados con la recopilación de datos históricos de mantenimiento. Todo esto con el fin de obtener una visión integral y precisa del estado de las infraestructuras viales.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos en este estudio fueron seleccionados con el objetivo de garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados. En primer lugar, se emplearon formularios estandarizados del PCI como herramienta principal para evaluar la condición del pavimento. Estos formularios permitieron registrar de manera sistemática las diferentes patologías del pavimento, como grietas, baches y hundimientos, clasificándolas según su tipo y severidad. A través de esta herramienta, se obtuvo un índice PCI para cada tramo evaluado, lo que facilitó la comparación entre secciones y proporcionó una evaluación objetiva del estado general del pavimento.

Adicionalmente, se utilizaron cintas métricas y odómetros para medir las dimensiones de las grietas y otros daños presentes en el pavimento. Las cintas métricas fueron fundamentales para medir con precisión el tamaño de las grietas y otros daños superficiales, mientras que el odómetro permitió calcular las distancias recorridas durante la inspección, lo que ayudó a registrar de manera exacta los tramos evaluados. Estos instrumentos proporcionaron datos cuantificables que fueron clave para el análisis detallado del pavimento.

Además, se utilizó una cámara fotográfica para documentar visualmente los daños observados en el pavimento. Las fotografías tomadas durante la evaluación sirvieron como un respaldo visual de los daños, proporcionando evidencia que complementó los datos obtenidos a través del PCI. Este registro visual facilitó el análisis posterior, permitiendo

identificar con claridad las áreas más afectadas y ayudando en la elaboración de recomendaciones para las intervenciones necesarias.

En conjunto, estos instrumentos permitieron realizar una evaluación exhaustiva y confiable del estado superficial del pavimento, asegurando que los resultados obtenidos fueran precisos y proporcionaran una base sólida para las decisiones sobre el mantenimiento y la rehabilitación de las vías.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación de los instrumentos

La validación de los instrumentos utilizados en este estudio fue un paso esencial para garantizar que los datos obtenidos fueran precisos, consistentes y confiables. Se emplearon diferentes herramientas para la recolección de datos: el formato PCI para registrar y clasificar las fallas en el pavimento, la cinta métrica para medir las grietas y otros daños, el odómetro para medir la distancia recorrida en las secciones evaluadas, y la cámara fotográfica para documentar visualmente los daños observados. Cada uno de estos instrumentos fue validado de acuerdo con su capacidad para generar mediciones precisas y reproducibles, lo que permitió asegurar la calidad de la evaluación del pavimento.

Para asegurar la validación interna de los instrumentos, se realizó una prueba piloto en una sección representativa de las vías seleccionadas. Durante esta fase, los instrumentos fueron utilizados repetidamente en diferentes momentos para comprobar que los resultados fueran coherentes y que las mediciones no dependieran de factores externos como la variabilidad en las condiciones del momento. En el caso del formato PCI, se verificó que cubriera adecuadamente todos los tipos de fallas en el pavimento, como grietas, baches y deformaciones, y que las categorías de clasificación fueran claras y precisas. Además, se compararon los resultados obtenidos con observaciones previas y se ajustaron los procedimientos cuando fue necesario para mejorar la precisión.

3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.9.1 Procedimiento de evaluación

El procedimiento de evaluación para este estudio fue diseñado con el objetivo de asegurar que el proceso de recolección de datos y análisis de la condición del pavimento se realizara de manera estructurada, sistemática y consistente. Este procedimiento incluyó varias etapas interrelacionadas que abarcaron desde la planificación inicial hasta la recolección de datos sobre el terreno, así como el análisis final de los resultados obtenidos. A continuación, se detallan los pasos clave del procedimiento de evaluación:

Selección de las vías a evaluar: En primer lugar, se identificaron las vías principales de la provincia de Lampa que serían objeto de estudio. La selección de estas rutas se basó en su relevancia para la conectividad vial y su potencial de deterioro debido al alto volumen de tráfico o condiciones climáticas adversas. Se eligieron tramos representativos que permitieran obtener una visión general del estado del pavimento en distintas condiciones de tráfico y uso.

El procedimiento de evaluación se realizó de manera sencilla, utilizando únicamente herramientas y el apoyo de un pequeño equipo conformado por nosotros y un acompañante. Primero, se efectuó un recorrido visual por las vías seleccionadas para identificar y registrar las fallas presentes, empleando las fichas del método PCI como guía. Durante esta inspección se anotaron daños como grietas, baches, ahuellamiento y desprendimiento de agregados, procurando observar con detalle cada tramo para no omitir deterioros relevantes.

Posteriormente, se aplicó el método PCI clasificando cada falla según su tipo y severidad, lo que permitió calcular el índice de condición del pavimento para cada unidad evaluada. También se tomaron fotografías como respaldo del estado real de las superficies, así como algunas mediciones básicas de grietas cuando fue necesario. Con toda esta información, se organizaron los datos y se determinó qué tramos presentaban mejores o peores condiciones. Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se

elaboraron recomendaciones según el nivel de deterioro, estableciendo las intervenciones que cada sector requería y reuniendo toda la información en el informe final.

3.9.2 Etapa de gabinete

La etapa de evaluación en este estudio se llevó a cabo de forma práctica con un equipo reducido. El trabajo de campo fue realizado por el equipo, compuesto principalmente por nosotros y, en algunos casos, un acompañante. El proceso consistió en inspeccionar visualmente las vías seleccionadas utilizando formularios básicos para registrar los daños observados, como grietas, baches y hundimientos. Las mediciones se realizaron de manera directa, sin el uso de equipos sofisticados, con el fin de obtener datos que pudieran proporcionar una visión clara sobre el estado del pavimento.

En cuanto al análisis de los datos recolectados, nos enfocamos en clasificar y organizar la información obtenida en el campo. Los registros de las fallas y las condiciones de las vías fueron revisados manualmente para generar un informe final. A pesar de las limitaciones tecnológicas, se pudo identificar de manera efectiva las áreas más críticas que requerían intervención, basándonos en el análisis de los índices obtenidos. Finalmente, se elaboraron recomendaciones sobre las acciones correctivas necesarias, priorizando las áreas con mayor deterioro y proponiendo soluciones prácticas y efectivas para mejorar la infraestructura vial.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

Análisis de resultados es una etapa crucial en cualquier estudio de investigación, ya que permite organizar y exponer de manera clara los hallazgos obtenidos a partir de los datos recopilados. En esta fase, los resultados se estructuran de forma coherente y se presentan mediante tablas, gráficos, mapas u otros recursos visuales que faciliten su comprensión. El objetivo es proporcionar una visión clara y comprensible de los datos, permitiendo a los investigadores y a los lectores identificar patrones, tendencias y relaciones significativas.

El análisis de resultados, por su parte, implica un proceso de interpretación crítica de los datos presentados. En esta etapa, los investigadores no solo describen los resultados, sino que también los comparan con estudios previos, teorías existentes o expectativas, con el fin de identificar similitudes, diferencias o nuevas perspectivas. Este análisis permite extraer conclusiones significativas sobre el fenómeno estudiado y evaluar la validez de las hipótesis. Además, se pueden identificar limitaciones en los datos o en el diseño de la investigación, lo que abre la posibilidad de futuras líneas de investigación. En resumen, el análisis de resultados proporciona una comprensión profunda de los hallazgos, transformando los datos en información útil y relevante para la toma de decisiones.

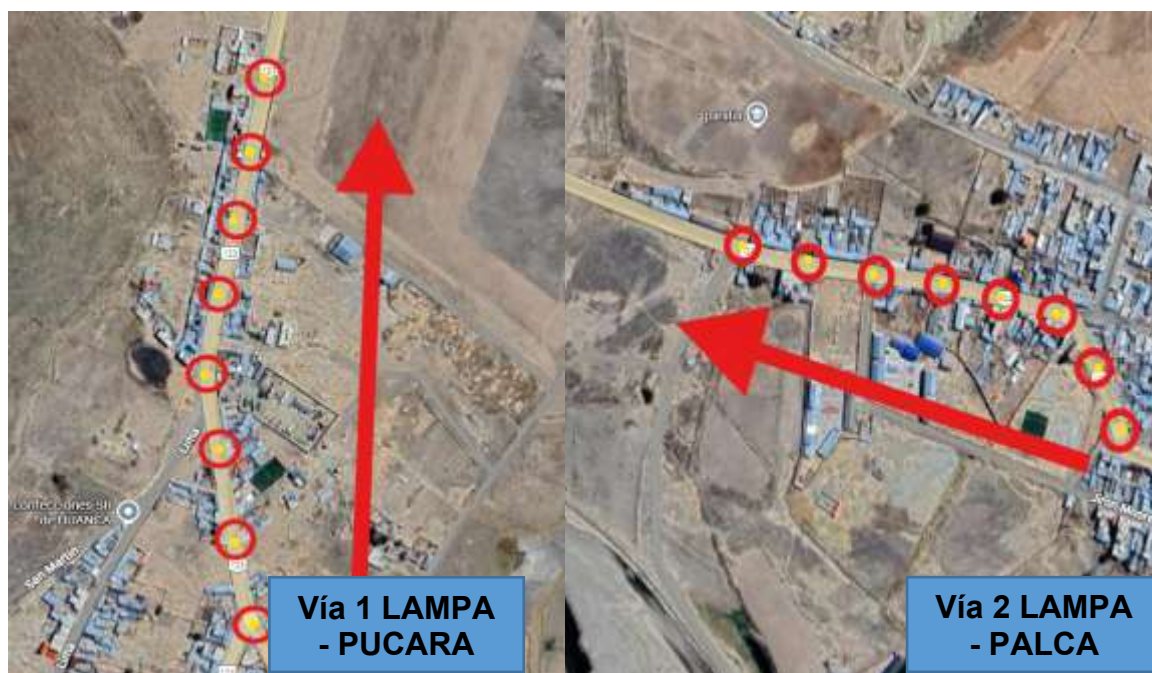
a. Descripción del sector

Las vías 1 y 2 son dos arterias principales ubicadas en la provincia de Lampa, en el departamento de Puno, Perú. Estas vías forman parte del sistema vial que conecta diversos sectores residenciales, comerciales e industriales, facilitando la movilidad y el acceso a servicios esenciales para los habitantes de la región. La infraestructura vial de estas vías ha sido objeto de atención en estudios previos.

La evaluación del pavimento en estas vías proporciona información sobre su estado actual y las necesidades de mantenimiento o rehabilitación. Este análisis es fundamental para la planificación de intervenciones que mejoren la calidad de la infraestructura vial y, por ende, la calidad de vida de los residentes de Lampa. Además, la recopilación de datos sobre el estado del pavimento en estas vías contribuirá a la elaboración de planes de mantenimiento y mejora que optimicen el uso de los recursos disponibles y promuevan un desarrollo sostenible en la región.

Figura 1

Vías de Lampa



En el presente estudio, se ha utilizado GoogleMaps como herramienta para representar las vías evaluadas, permitiendo visualizar de manera precisa los tramos objeto de análisis.

Estimación del PCI basado en el índice de condición de pavimentos:**Características de la muestra:****VÍA 1 (CARRETERA LAMPA - PUCARA) Y VÍA 2 (CARRETERA LAMPA - PALCA):**

Área: 400m.

Ancho: 7m

Figura 2*Valores del índice de estado de superficie vial*

100	EXCELENTE
85	MUY BUENO
70	BUENO
55	REGULAR
40	MALO
25	MUY MALO
10	FALLADO
0	

La imagen muestra una escala que representa el índice de estado de la superficie vial, una herramienta utilizada para clasificar la calidad de las carreteras y pavimentos. Este índice va de 0 a 100, donde el valor máximo, 100, corresponde a una condición "Excelente", indicando un pavimento en perfectas condiciones. A medida que el valor disminuye, se asignan categorías como "Muy Bueno" (85), "Bueno" (70), "Regular" (55), "Malo" (40), y "Muy Malo" (25). Finalmente, en el extremo más bajo de la escala se encuentra el valor 0, que indica un estado "Fallado", señalando un pavimento en condiciones muy deterioradas. Cada rango de esta escala se representa con un color específico, variando de tonos

oscuros a claros, lo que facilita la visualización rápida del estado de la infraestructura vial y la priorización de reparaciones o mantenimientos según la severidad de los daños.

Cálculo de unidades de muestreo

Tabla 3

Daños que se pueden presentar en la vía

Descripción	Valor
Longitud total a evaluar	800 m
Sentidos	cada uno con 400 m
Ancho total	7 m
Unidad de muestreo - Longitud del segmento	50 m
Área de una unidad de muestreo	350 m ²
Nº total de muestreo	16 unidades totales
Aplicación práctica	Cada unidad de muestreo será evaluada individualmente para identificar áreas con mayor deterioro y priorizar intervenciones.

La imagen presenta una tabla con los detalles del cálculo de unidades de muestreo para la evaluación de la condición superficial del pavimento en una vía. Se describe la longitud total de la vía a evaluar, que es de 800 metros, y se especifican los sentidos de circulación, divididos en tramos de 400 metros. La vía tiene un ancho total de 7, y el segmento de cada unidad de muestreo tiene una longitud de 50 metros y un ancho de 7 metros, cubriendo un carril por cada sentido. Con base en estas dimensiones, se calculan las unidades de muestreo, resultando en 16 unidades de muestreo. Cada unidad será evaluada de forma individual para identificar áreas con mayor deterioro y priorizar las intervenciones necesarias para mejorar la infraestructura vial.

Identificación de fallas

La identificación de fallas es el proceso mediante el cual se detectan y analizan los defectos o deterioros presentes en una infraestructura, sistema o componente. En el contexto de pavimentos, esta actividad implica la inspección visual y técnica de la superficie vial para reconocer irregularidades como grietas, baches, deformaciones, fisuras o cualquier otra señal de daño. La identificación precisa de estas fallas es fundamental para evaluar el estado actual de la vía, priorizar las reparaciones necesarias y establecer un

plan de mantenimiento BUENO que garantice la seguridad y durabilidad del pavimento a lo largo del tiempo.

Tipos de falla:

1. Grietas longitudinales
2. Grietas transversales
3. Grietas en red
4. Baches o hundimientos
5. Desgaste de la capa de rodadura
6. Deformaciones plásticas
7. Desprendimiento de material
8. Desprendimiento de juntas
9. Desgaste por fatiga
10. Deterioro por humedad
11. Desprendimiento de gravilla o agregado
12. Pérdida de adherencia entre capas
13. Adelgazamiento de la capa de rodadura
14. Deslizamiento de la superficie
15. Levantamiento por presión interna
16. Erosión de los bordes
17. Surcos o canales por tráfico pesado
18. Oxidación de materiales bituminosos
19. Manchas de aceites o químicos

Cuantificación de las unidades de muestra

La cuantificación de las unidades de muestra es el proceso mediante el cual se determina el número total de segmentos o unidades que se evaluarán dentro de un área de estudio, en este caso, el pavimento. Este proceso involucra el cálculo de la cantidad de unidades necesarias para cubrir completamente la superficie a analizar, tomando en

cuenta la extensión total de la vía, el ancho de la carretera, y las dimensiones de cada unidad de muestra. La cantidad de unidades de muestra debe ser suficiente para obtener un análisis representativo y confiable del estado del pavimento, asegurando que todos los posibles tipos de fallas o deterioros sean identificados.

La cuantificación adecuada permite realizar un estudio detallado del pavimento, facilitando la evaluación de su condición en diferentes segmentos representativos. Además, garantiza que el proceso de muestreo sea eficiente, económico y estadísticamente válido. A través de esta cuantificación, se optimizan los recursos, ya que permite asignar las unidades de muestra de forma estratégica, priorizando las áreas que presentan mayores problemas o que requieren intervenciones más urgentes, contribuyendo así a la toma de decisiones informadas para la planificación de reparaciones o mantenimientos.

Tabla 4*Total de puntos de muestreo evaluados*

Muest.	Prog. inicial (km)	Prog. final (km)	Long. (m)	Ancho (m)	Área (m2)
VÍA 1 (Carretera Lampa - Pucara)					
U (1)	1+000	1+050	50	7.0	350
U (2)	1+050	1+100			
U (3)	1+100	1+150			
U (4)	1+150	1+200			
U (5)	1+200	1+250			
U (6)	1+250	1+300			
U (7)	1+300	1+350			
U (8)	1+350	1+400			
VÍA 2 (Carretera Lampa - Palca)					
U (1)	1+000	1+050	50	7.0	350
U (2)	1+050	1+100			
U (3)	1+100	1+150			
U (4)	1+150	1+200			
U (5)	1+200	1+250			
U (6)	1+250	1+300			
U (7)	1+300	1+350			
U (8)	1+350	1+400			

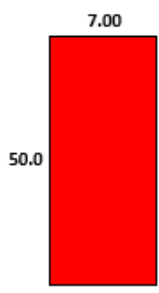
La tabla presenta el total de puntos de muestreo evaluados en las vías 1 y 2, detallando para cada unidad de muestreo su ubicación, expresada en términos de progresiva inicial y final en kilómetros, así como las dimensiones de cada unidad. La longitud de cada unidad

es de 50 metros, con un ancho de 7 metros, lo que resulta en un área de 350 m² por unidad. Estas unidades de muestreo están distribuidas a lo largo de ambas vías, y los datos muestran la segmentación precisa de cada tramo evaluado para su análisis de condiciones, facilitando el cálculo y evaluación del estado del pavimento en esas zonas específicas. Esta estructura de datos es útil para el monitoreo y la planificación de las intervenciones de mantenimiento o mejora del pavimento en cada uno de los puntos muestreados.

Figura 3

Plantilla informativa

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO
PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO											
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA: 					
PUNO/LAMPA		1 + 000		U - 01							
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)							
VÍA 1		1 + 050		350.00							
INSPECCIONADO POR:											
BRAYAN QUISPE MAMANI				FECHA:							
N°	DAÑO										
1	Piel de cocodrilo.			11	Parcheo.						
2	Exudación.			12	Pulimiento de agregados.						
3	Agrietamiento en Bloque.			13	Huecos.						
4	Abultamiento y Hundimiento.			14	Cruce de vía férrea.						
5	Corrugación.			15	Ahuellamiento						
6	Depresión.			16	Desplazamiento.						
7	Grieta de Borde.			17	Grieta Parabólica.						
8	Grieta de reflexión de junta.			18	Hincharamiento.						
9	Desnivel carril/ Berma.			19	Desprendimiento de agregados.						
10	Grieta Longitud y Transvers.										
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	= Valor Deducido	
1	M	1.50	0.60					2.10	0.76	9	
1	M	3.30	1.15					4.45	1.62	15	
3	H	2.4	2.64					5.04	1.83	11	
10	H	13.6	0.7					14.30	5.20	24	
									VDT	59	

Cálculo del valor del PCI

El cálculo del valor del Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un proceso técnico que involucra la cuantificación de las condiciones superficiales de una vía, basado

en la evaluación sistemática de diversas patologías presentes en el pavimento. Este índice se obtiene mediante la inspección visual y la medición de daños tales como grietas, baches, deformaciones y desgaste de la capa de rodadura, entre otros, los cuales son clasificados y ponderados en función de su severidad y extensión. Cada tipo de daño es asignado a una categoría dentro de una escala preestablecida, cuyo valor numérico contribuye a la obtención de un puntaje global que refleja el estado general del pavimento.

El cálculo del PCI se realiza a través de un algoritmo que combina las áreas afectadas por cada patología y su gravedad, lo cual se traduce en un índice comprendido entre 0 y 100, donde 100 representa un pavimento en condiciones óptimas y 0 un pavimento completamente deteriorado. Este valor se utiliza para clasificar el pavimento en categorías que van desde "Excelente" hasta "Fallido", lo que permite a los ingenieros de tránsito y urbanismo priorizar las áreas que requieren intervención de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, optimizando así los recursos y mejorando la calidad de las infraestructuras viales.

Tabla 5*Fases para determinar los valores del PCI*

Fase	Descripción
Inspección visual del pavimento	Se realiza un recorrido por la vía para observar los daños superficiales y catalogar las patologías presentes.
Identificación y clasificación de fallas	Se identifican y clasifican los tipos de fallas del pavimento, como grietas, baches, deformaciones, entre otros.
Cálculo de la extensión de los daños	Se mide la extensión de las fallas encontradas para determinar el impacto de cada una en la superficie del pavimento.
Asignación de ponderaciones a las fallas	A cada tipo de falla se le asigna una ponderación según su severidad y extensión, utilizando una escala predefinida.
Cálculo del PCI por sección	Se calcula el valor del PCI para cada sección de pavimento, teniendo en cuenta la gravedad de los daños y su distribución.
Evaluación del estado global del pavimento	Se obtiene un valor global que refleja el estado general del pavimento en la zona evaluada.
Elaboración del informe y recomendaciones	Se genera un informe detallado con los resultados del cálculo del PCI, acompañado de recomendaciones para intervenciones.

La imagen presenta una tabla que describe las diversas fases para determinar los valores del PCI, un proceso crucial para evaluar el estado del pavimento. Se inicia con la inspección visual, que consiste en recorrer la vía y observar los daños superficiales. Luego, se lleva a cabo la identificación y clasificación de las fallas, donde se identifican diferentes tipos de daños como grietas y baches. En la fase siguiente, cálculo de la extensión de los daños, se mide la magnitud de las fallas encontradas. Posteriormente, se asignan ponderaciones a las fallas, asignando un peso relativo a cada tipo de daño según su severidad. Después, se calcula el PCI por sección, obteniendo un valor específico para cada segmento de pavimento. En la fase de evaluación del estado global del pavimento, se obtiene una valoración general que refleja el estado de la infraestructura.

Figura 4

Calculo de sumatorias

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M (MEDIUM)	12.80	21.28	5.17	10.66	5.55	98.67	9.46	19.83	183.42	29.11	60
3	M (MEDIUM)	45.00	15.56	16.96	20.37	133.13	13.47			244.49	38.81	30
10	M (MEDIUM)	32.00	21.20	118.35						171.55	27.23	29
10	H (HIGH)	5.10								5.10	0.81	8
11	H (HIGH)	6.46								6.46	1.03	20
18	L (LOW)	0.04	0.18	0.05						0.27	0.04	0

Se observa una tabla que clasifica las fallas en una superficie pavimentada según su severidad: baja, media y alta. Cada tipo de falla tiene asociado un valor en la columna Cantidad, que representa la magnitud de la falla detectada en distintas secciones de la vía. La columna Total muestra la suma de los valores registrados para cada tipo de falla, reflejando su impacto general en la superficie pavimentada.

La columna Densidad indica la concentración de cada tipo de falla en la superficie evaluada, calculada en base a los valores de cantidad y total. A su vez, el Valor Deducido refleja la relevancia de cada tipo de falla, considerando tanto su severidad como su densidad en el pavimento, lo cual es importante para priorizar las reparaciones necesarias.

Al final de la tabla, se encuentra una sección de Sumatoria, que resume los valores totales para cada columna, proporcionando una visión general del estado de la infraestructura vial.

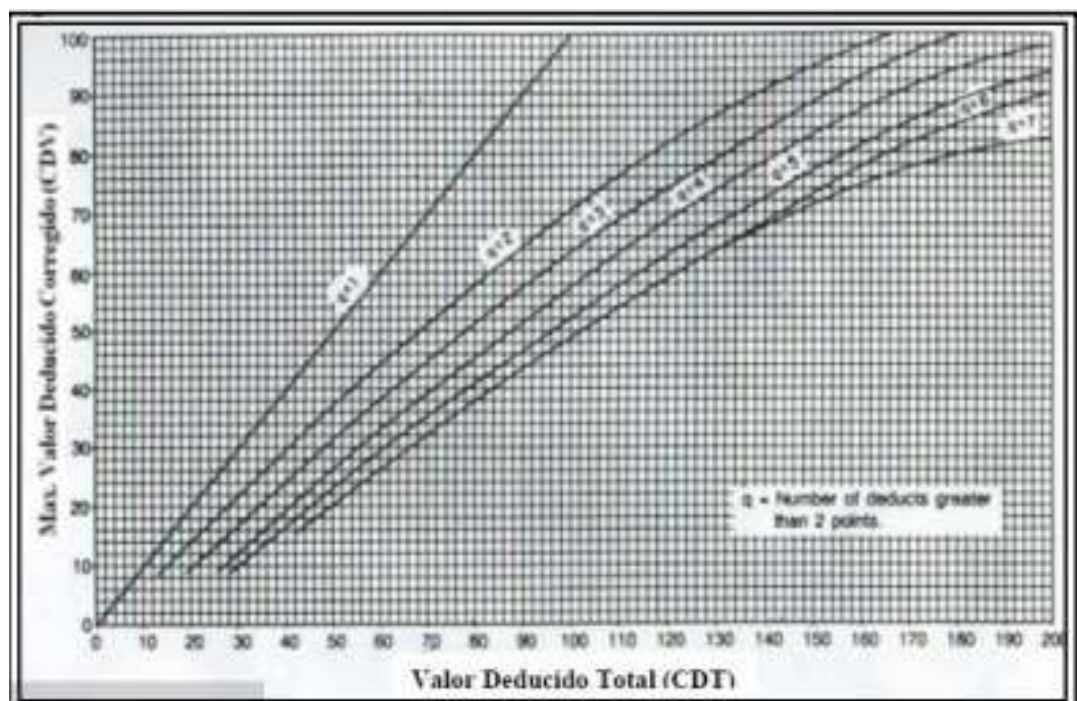
Figura 5

Reducción de valores deducidos

Nº	m	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
		60	30	29	20	8			
1	4.67	60	30	29	20	8			
2		60	30	29	20	5.36	144.36	5	74
3		60	30	29	20	2	141	4	79
4		60	30	29	2	2	123	3	76
5		60	30	2	2	2	96	2	68
6		60	2	2	2	2	68	1	68

La imagen presenta una tabla relacionada con el proceso de reducción de valores deducidos, que es una operación matemática utilizada en el cálculo de índices o valores ajustados en la evaluación de pavimentos. La fórmula $m = 1 + (9/98) * (100 - 60)$ se muestra en la parte superior, donde m es el valor ajustado y la operación busca obtener un valor de reducción basado en la relación entre un valor inicial (60) y un total de referencia (98). El resultado de esta operación es 4.67, que se encuentra en la tabla bajo la columna de Valor Deducido.

La tabla muestra los valores correspondientes a cada operación y las columnas de Total y CD (que podrían representar otra medida relacionada con la evaluación de la pavimentación, aunque no se especifica en la imagen). Al realizar la multiplicación de 0.67 por el valor correspondiente en la columna Total (que da como resultado 5.36), se obtiene el valor final deducido que refleja una reducción ajustada según los parámetros establecidos en la fórmula. Este tipo de cálculos es esencial para modificar o ajustar los valores de evaluación, permitiendo una mejor interpretación de los datos y facilitando la toma de decisiones en cuanto a las intervenciones necesarias en el pavimento.

Figura 6*Corrección de valores deducidos***Nota:** obtenido de Google

La imagen muestra un gráfico utilizado para la corrección de valores deducidos en el contexto de la evaluación de pavimentos. Este gráfico tiene como eje horizontal el Valor Deducido Total (CDT) y como eje vertical el Máximo Valor Deducido Corregido (CDT). El gráfico está compuesto por varias curvas que representan diferentes niveles de corrección según el número de deducciones mayores a dos puntos (denotado por "n" en la leyenda). Estas curvas se utilizan para ajustar los valores deducidos obtenidos previamente, permitiendo una corrección más precisa en función de la cantidad de fallas o problemas detectados en la superficie vial.

El objetivo de este gráfico es proporcionar una herramienta visual para corregir los valores deducidos, tomando en cuenta la cantidad de defectos identificados en el pavimento. La corrección de estos valores es fundamental para mejorar la precisión del cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI), ajustando las mediciones y asegurando que los valores finales reflejen de manera más exacta el estado real de la vía.

Figura 7

Corrección de valores deducidos

Nº	m	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
1	4.67	60	30	29	20	8			
2		60	30	29	20	5.36	144.36	5	74
3		60	30	29	20	2	141	4	79
4		60	30	29	2	2	123	3	76
5		60	30	2	2	2	96	2	68
6		60	2	2	2	2	68	1	68

La imagen muestra una tabla relacionada con la corrección de valores deducidos, en la que se registran distintos valores asociados con el análisis de pavimentos. En la tabla, se presenta una serie de valores deducidos para diferentes puntos de evaluación, indicando la magnitud de las fallas detectadas en la superficie del pavimento. Los valores deducidos están organizados en columnas, seguidos por el cálculo de un total, que probablemente refleja la suma de los daños o defectos en la sección evaluada.

Además, la columna q indica el número de defectos mayores a dos puntos detectados, lo cual influye directamente en la corrección del valor deducido. En la columna CDV, se muestra el valor corregido, que es el resultado final tras aplicar la corrección de acuerdo con la cantidad de defectos identificados. La fórmula m se utiliza para ajustar los valores deducidos, y en este caso, se ha obtenido un valor corregido de 79 en una de las filas, lo que sugiere la influencia de los defectos en el cálculo final.

4.1.1 Tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia en las vías

Tabla 6

Fallas y severidad en U1 vía 1

Fallas	severidades	densidades %
Piel de cocodrilo	MEDIA	8.76
Ahuellamiento	MEDIA	5.62
huecos	ALTA	2.83
Grieta longitudinal	ALTA	5.2

La tabla muestra las fallas en la unidad **U1**, donde se observan **piel de cocodrilo** y **ahuellamiento** con **severidad media**, y **huecos** y **grietas longitudinales** con **severidad alta**, siendo estas últimas las más prominentes con una densidad del **5.2%**.

Tabla 7*Fallas y severidad en U2 vía 1*

Fallas	severidades	densidades %
Grietas longitudinales	ALTA	5.45
Desprendimiento	MEDIA	1.71
Piel de cocodrilo	ALTA	3.82
Ahuellamiento	BAJA	0.69

La tabla muestra las fallas en la unidad U2, donde se observan grietas longitudinales con severidad alta y una densidad del 5.45%, siendo las más prominentes. También se identifican fallas como piel de cocodrilo y desprendimiento, ambas con severidad alta y media, respectivamente, y densidades de 3.82% y 1.71%. Finalmente, el ahuellamiento presenta una severidad baja con una densidad de 0.69%.

Tabla 8*Fallas y severidad en U3 vía 1*

Fallas	severidades	densidades %
Piel de cocodrilo	MEDIA	6.19
Parcheo	MEDIA	14.19
Ahuellamiento	ALTA	5.65
Grieta longitudinal	ALTA	8.20

La tabla muestra las fallas en la unidad **U3**, donde se observan **piel de cocodrilo** y **ahuellamiento** con **severidad media**, **parcheo** y **grietas longitudinales** con **severidad alta**, siendo estas últimas las más prominentes con una densidad del **8.20%**.

Tabla 9*Fallas y severidad en U4 vía 1*

Fallas	severidades	densidades %
Ahuellamiento	BAJA	3.84
Parcheo	ALTA	4.25

La tabla muestra las fallas en la unidad U4, donde se observa ahuellamiento con severidad baja y una densidad del 3.84%. La falla más significativa es el parcheo, con severidad alta y una densidad del 4.25%, indicando que esta reparación afecta una porción considerable del tramo evaluado.

Tabla 10*Fallas y severidad en U5 vía 1*

Fallas	severidades	densidades %
Piel de cocodrilo	MEDIA	10.30
Pulimento de agregados	BAJO	12.32
Grieta longitudinal	BAJO	5.94
Parcheo	MEDIA	8.95

La tabla muestra las fallas en la unidad U5, donde se observa piel de cocodrilo con severidad media y una densidad del 10.30%, siendo la falla más prominente. Otras fallas incluyen pulimento de agregados, grieta longitudinal y parcheo, todas con severidad baja o media, y densidades del 12.32%, 5.94% y 8.95%, respectivamente.

Tabla 11*Fallas y severidad en U6 vía 1*

Fallas	severidades	densidades %
Grietas de borde	BAJA	3.04
Pulimento de agregados	ALTA	4.10
Grieta longitudinal	BAJA	2.78
Parcheo	ALTA	3.20
Ahuellamiento	BAJA	2.13

La tabla muestra las fallas en la unidad U6, donde se observa pulimento de agregados con severidad alta y una densidad del 4.10%, siendo la falla más prominente. También se

encuentran grietas de borde y grietas longitudinales con severidad baja, con densidades de 3.04% y 2.78%, respectivamente. Otras fallas incluyen parcheo (con severidad alta y densidad de 3.20%) y ahuellamiento (con severidad baja y densidad de 2.13%), lo que sugiere un deterioro moderado en la superficie. El desprendimiento de agregados tiene una severidad media y una densidad del 2.24%, indicando un daño menor pero relevante.

Tabla 12*Fallas y severidad en U7 vía 1*

Fallas	severidades	densidades %
Parcheo	BAJA	3.53
Ahuellamiento	BAJA	2.05
Desprendimiento de agregados	BAJA	2.33

La tabla muestra las fallas en la unidad U7, donde se observan tres tipos de fallas con severidad baja: parcheo (con una densidad de 3.53%), ahuellamiento (con densidad de 2.05%) y desprendimiento de agregados (con densidad de 2.33%). Estas fallas indican un deterioro menor en la superficie del pavimento, que requiere atención para evitar que el daño se agrave.

Tabla 13*Fallas y severidad en U8 vía 1*

Fallas	severidades	densidades %
Piel de cocodrilo	MEDIA	3.04
Parcheo	BAJA	8.25
Huecos	BAJA	4.76
Desprendimiento de agregado	BAJA	1.30

La tabla muestra las fallas en la unidad U8, donde se observa piel de cocodrilo con severidad media y una densidad del 3.04%, siendo una de las fallas más destacadas.

Además, se identifican fallas con severidad baja como parcheo (con densidad del 8.25%), huecos (con densidad del 4.76%) y desprendimiento de agregado (con densidad del 1.30%). Estas fallas indican un deterioro moderado que requiere atención para evitar que se agrave.

Tabla 14*Fallas y severidad en U1 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Grieta longitudinal	ALTA	8.71
Parcheo	BAJA	2.54
Huecos	MEDIA	3.35
Desprendimiento de agregados	MEDIA	3.16

La tabla muestra las fallas en la unidad U1 de la Vía 2, donde se observa grieta longitudinal con severidad alta y una densidad del 8.71%, siendo la falla más significativa. También se encuentran huecos y desprendimiento de agregados, ambos con severidad media y densidades del 3.35% y 3.16%, respectivamente.

Tabla 15*Fallas y severidad en U2 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Parcheo	BAJA	2.99
Huecos	MEDIA	2.69
Desprendimiento de agregados	BAJA	4.48

La tabla muestra las fallas en la unidad U2 de la Vía 1, donde se observa parcheo con severidad baja y una densidad del 2.99%. También se encuentran huecos con severidad

media y una densidad del 2.69%, así como desprendimiento de agregados con severidad baja y densidad del 4.48%.

Tabla 16*Fallas y severidad en U3 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Grieta longitudinal	ALTA	8.71
Parcheo	BAJA	2.54
Huecos	MEDIA	3.35
Desprendimiento de agregados	MEDIA	3.16

La tabla muestra las fallas en la unidad U3 de la Vía 2, donde se observa grieta longitudinal con severidad alta y una densidad del 8.71%, siendo la falla más prominente. Además, se identifican parcheo con severidad baja y densidad del 2.54%, y huecos y desprendimiento de agregados, ambos con severidad media y densidades del 3.35% y 3.16%, respectivamente.

Tabla 17*Fallas y severidad en U4 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Piel de cocodrilo	BAJA	1.60
Parcheo	BAJA	3.52
Huecos	BAJA	6.45
Desprendimiento de agregados	MEDIA	3.56

La tabla muestra las fallas en la unidad U4 de la Vía 2, donde se observa piel de cocodrilo, parcheo y huecos, todas con severidad baja y densidades de 1.60%, 3.52% y 6.45%,

respectivamente. También se presenta desprendimiento de agregados con severidad media y densidad del 3.56%. Estas fallas sugieren un deterioro moderado en la superficie del pavimento, que debe ser atendido para evitar mayores daños.

Tabla 18*Fallas y severidad en U5 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Grieta longitudinal	MEDIA	4.03
Ahuellamiento	BAJO	2.73
Desprendimiento de agregados	MEDIA	2.94

La tabla muestra las fallas en la unidad U5 de la Vía 2, donde se observa grieta longitudinal y desprendimiento de agregados con severidad media y densidades del 4.03% y 2.94%, respectivamente. También se presenta ahuellamiento con severidad baja y una densidad del 2.73%. Estas fallas indican un deterioro moderado en la superficie del pavimento que debe ser atendido para evitar que se agrave.

Tabla 19*Fallas y severidad en U6 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Piel de cocodrilo	BAJA	3.29
Huecos	MEDIA	1.56
Desprendimiento de agregados	MEDIA	4.40

La tabla muestra las fallas en la unidad U6 de la Vía 2, donde se observa piel de cocodrilo con severidad baja y una densidad del 3.29%. También se presentan huecos y

desprendimiento de agregados, ambos con severidad media y densidades del 1.56% y 4.40%, respectivamente. Estas fallas indican un deterioro moderado que requiere atención para evitar que el daño se agrave.

Tabla 20*Fallas y severidad en U7 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Grieta longitudinal	BAJA	4.55
Parcheo	BAJA	2.52
Ahuellamiento	BAJA	3.21

La tabla muestra las fallas en la unidad U7 de la Vía 2, donde se observan tres tipos de fallas con severidad baja: grieta longitudinal (con densidad del 4.55%), parcheo (con densidad del 2.52%) y ahuellamiento (con densidad del 3.21%).

Tabla 21*Fallas y severidad en U8 vía 2*

Fallas	severidades	densidades %
Piel de cocodrilo	BAJO	3.69
Huecos	MEDIO	1.45
Ahuellamiento	MEDIO	4.86

La tabla muestra las fallas en la unidad U8 de la Vía 2, donde se observa piel de cocodrilo con severidad baja y una densidad del 3.69%. También se presentan huecos y

ahuellamiento, ambos con severidad media y densidades del 1.45% y 4.86%, respectivamente.

Tabla 22

Conteo de fallas de mayor incidencia de la vía Lampa – Pucara

Falla	Total, de Fallas (vía 1 (carretera Lampa - Pucara))
Ahuellamiento	6
Parcheo	6
Piel de cocodrilo	5
Grieta longitudinal	5
Desprendimiento de agregados	5
Huecos	2
Grieta de borde	1

La tabla muestra el conteo total de las fallas encontradas en la Vía 1 (Carretera Lampa-Pucará), donde se identificaron 6 casos de ahuellamiento y parcheo, 5 de piel de cocodrilo, grieta longitudinal y desprendimiento de agregados, y 1 de grieta de borde. Estas fallas reflejan el estado general del pavimento, donde el ahuellamiento y parcheo son los problemas más comunes.

Tabla 23

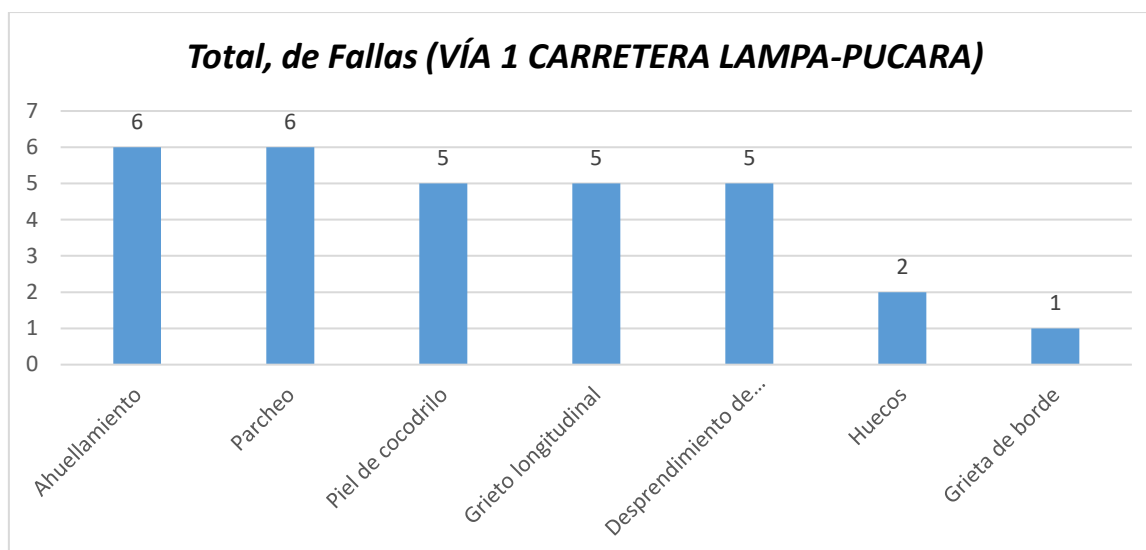
Conteo de fallas de mayor incidencia de la vía Lampa – Palca

Falla	Total, de Fallas (vía 2 (Carretera Lampa - Palca))
Desprendimiento de agregados	7
Huecos	6
Parcheo	4
Grieta longitudinal	4
Piel de cocodrilo	3
Ahuellamiento	3

La tabla muestra el conteo total de las fallas encontradas en la Vía 2 (Carretera Lampa - Palca), donde el desprendimiento de agregados es la falla más frecuente, con 7 casos registrados. Le siguen los huecos con 6 casos, y las fallas de parcheo, grieta longitudinal, piel de cocodrilo y ahuellamiento, con 4, 4, 3 y 3 casos respectivamente. Este conteo refleja los problemas más comunes en la superficie del pavimento en esta vía.

Figura 8

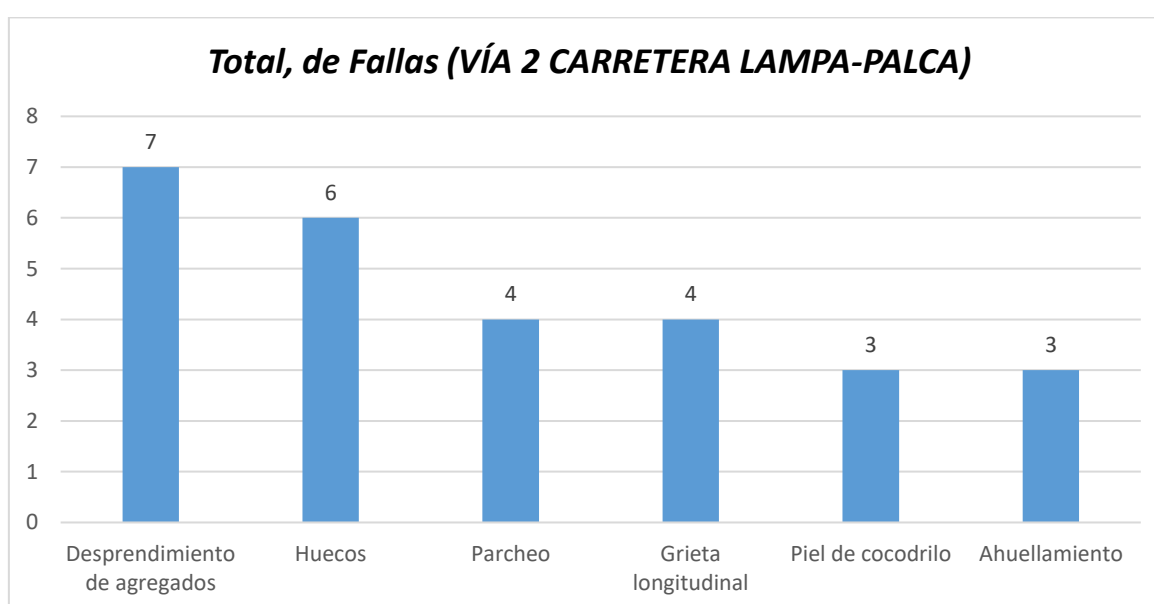
Comparativa de fallas de mayor incidencia de la vía Lampa – Pucara



El gráfico muestra la comparativa de fallas encontradas en la Vía 1 (Carretera Lampa-Pucará). Las fallas de mayor incidencia son ahuellamiento y parcheo, con 6 casos cada una. Le siguen piel de cocodrilo, grieta longitudinal y desprendimiento de agregados, todas con 5 casos. Huecos y grieta de borde son menos comunes, con 2 y 1 caso, respectivamente. Este gráfico resalta las fallas más prevalentes que afectan la vía.

Figura 9

Comparativa de fallas de mayor incidencia de la vía Lampa – Palca



El gráfico muestra la comparativa de fallas encontradas en la Vía 2 (Carretera Lampa - Palca). La falla de mayor incidencia es el desprendimiento de agregados, con 7 casos, seguida por los huecos con 6 casos. Las fallas como parcheo y grieta longitudinal se repiten 4 veces, mientras que piel de cocodrilo y ahuellamiento tienen 3 casos cada una. Este gráfico resalta las fallas más comunes que afectan la infraestructura de la vía.

4.1.2 Índice de condición superficial de las vías evaluadas

La determinación del índice de condición del pavimento (PCI) es un proceso técnico utilizado para evaluar el estado físico de una carretera o pavimento. Este índice se calcula mediante la inspección visual y el análisis de las fallas o defectos presentes en la superficie vial, tales como grietas, baches, deformaciones o desgaste. Cada tipo de daño se clasifica según su severidad y extensión, y se asigna un valor numérico en una escala predefinida. La suma de los valores asignados a las distintas fallas en la vía permite obtener un valor global del PCI, el cual oscila entre 0 y 100, donde 100 indica un pavimento en condiciones óptimas y 0 refleja un pavimento completamente deteriorado.

Tabla 24

Condición de tramo en U1 vía 1

Tipo de Falla	VDC	PCI
Piel de cocodrilo	50	CALIFICACIÓN "48" REGULAR
Ahuellamiento	52	
huecos	49	
Grieta longitudinal	37	

La tabla muestra las condiciones del tramo U1 en la Vía 1, con fallas como piel de cocodrilo, ahuellamiento, huecos, y grieta longitudinal. Todas estas fallas tienen un VDC entre 37 y 52 y un PCI que indica un estado "Regular", lo que sugiere que el pavimento necesita mantenimiento.

Tabla 25*Condición de tramo en U2 vía 1*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Grietas longitudinales	48	CALIFICACIÓN "52" REGULAR
Desprendimiento	37	
Piel de cocodrilo	30	
Ahuellamiento	36	

La tabla muestra la condición del tramo U2 en la Vía 1, donde se registran fallas como grietas longitudinales, desprendimiento, piel de cocodrilo y ahuellamiento, con valores VDC entre 30 y 48. El tramo obtiene un PCI de 52, lo que lo clasifica en estado "Regular", indicando que requiere mantenimiento para evitar un mayor deterioro.

Tabla 26*Condición de tramo en U3 vía 1*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Piel de cocodrilo	31	CALIFICACIÓN "51"
Parcheo	30	
Ahuellamiento	49	REGULAR
Grieta longitudinal	34	

La tabla muestra la condición del tramo U3 en la Vía 1, donde se identifican fallas como piel de cocodrilo, parcheo, ahuellamiento y grieta longitudinal, con valores VDC entre 30 y 49. El pavimento obtiene un PCI de 51, clasificándolo en estado "Regular", lo que indica que requiere intervenciones de mantenimiento para evitar un deterioro mayor.

Tabla 27*Condición de tramo en U4 vía 1*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Ahuellamiento	50	CALIFICACIÓN "45" REGULAR
Parcheo	55	

La tabla muestra la condición del tramo U4 en la Vía 1, donde se registran dos fallas principales: ahuellamiento con un VDC de 50 y parcheo con un VDC de 55. El tramo obtiene un PCI de 45, lo que lo ubica en la categoría "Regular", indicando que el pavimento necesita mantenimiento para evitar un deterioro mayor.

Tabla 28*Condición de tramo en U5 vía 1*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Piel de cocodrilo	50	CALIFICACIÓN "50" REGULAR
Pulimento de agregados	38	
Grieta longitudinal	33	
Parcheo	34	

La tabla muestra que el tramo U5 presenta fallas como piel de cocodrilo, pulimento de agregados, grieta longitudinal y parcheo, con valores VDC entre 33 y 50. Estas fallas reflejan un desgaste ya evidente del pavimento. Con un PCI de 50, el tramo se clasifica como "Regular", indicando que sigue funcionando, pero ya necesita mantenimiento para evitar que el deterioro avance.

Tabla 29*Condición de tramo en U6 vía 1*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Grietas de borde	48	CALIFICACIÓN "41" REGULAR
Pulimento de agregados	55	
Grieta longitudinal	59	
Parcheo	28	
Ahuellamiento	37	

La tabla del tramo U6 en la Vía 1 muestra varias fallas con valores VDC entre 28 y 59, destacando grietas de borde, pulimento de agregados, grieta longitudinal, parcheo y ahuellamiento. Este conjunto de fallas refleja un desgaste más marcado del pavimento. Con un PCI de 41, el tramo se clasifica como "Regular", indicando que necesita mantenimiento pronto para evitar que el deterioro avance a un nivel crítico.

Tabla 30*Condición de tramo en U7 vía 1*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Parcheo	40	CALIFICACIÓN "60" BUENO
Ahuellamiento	37	
Desprendimiento de agregados	29	

La tabla del tramo U7 en la Vía 1 muestra fallas como parcheo, ahuellamiento y desprendimiento de agregados, con valores VDC entre 29 y 40, lo que indica un deterioro leve. El tramo obtiene un PCI de 60, clasificado como "Bueno", por lo que, aunque presenta fallas menores, el pavimento aún mantiene un desempeño aceptable.

Tabla 31*Condición de tramo en U8 vía 1*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Piel de cocodrilo	41	CALIFICACIÓN "56" BUENO
Parcheo	44	
Huecos	19	
Desprendimiento de agregado	29	

La tabla del tramo U8 en la Vía 1 muestra fallas como piel de cocodrilo, parcheo, huecos y desprendimiento de agregado, con valores VDC que van desde 19 hasta 44, lo que indica un desgaste leve a moderado. Con un PCI de 56, el tramo se clasifica como "Bueno", reflejando que, pese a las fallas presentes, el pavimento todavía mantiene un estado funcional aceptable.

Tabla 32*Condición de tramo en U1 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Grieta longitudinal	27	CALIFICACIÓN "70" BUENO
Parcheo	30	
Huecos	29	
Desprendimiento de agregados	28	

La tabla del tramo U1 en la Vía 2 muestra fallas como grieta longitudinal, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, con valores VDC entre 27 y 30, lo que refleja un deterioro leve. El tramo obtiene un PCI de 70, clasificado como "Bueno", indicando que el pavimento se encuentra en buen estado general, con fallas menores que aún no comprometen su funcionamiento.

Tabla 33*Condición de tramo en U2 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Parcheo	45	CALIFICACIÓN "45" REGULAR
Huecos	55	
Desprendimiento de agregados	29	

La tabla del tramo U2 en la Vía 2 muestra fallas como parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, con valores VDC entre 29 y 55, indicando un deterioro moderado. El tramo obtiene un PCI de 45, lo que lo clasifica como "Regular", reflejando la necesidad de mantenimiento para evitar que las fallas progresen.

Tabla 34*Condición de tramo en U3 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Grieta longitudinal	33	CALIFICACIÓN "38" MALO
Parcheo	62	
Huecos	25	
Desprendimiento de agregados	49	

La tabla del tramo U3 en la Vía 2 muestra fallas como grieta longitudinal, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, con valores VDC que van de 25 a 62, lo que evidencia un deterioro marcado del pavimento. Con un PCI de 38, el tramo se clasifica como "Malo", indicando que requiere una intervención correctiva urgente para recuperar su funcionalidad.

Tabla 35*Condición de tramo en U4 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Piel de cocodrilo	39	CALIFICACIÓN "35" MALO
Parcheo	44	
Huecos	65	
Desprendimiento de agregados	37	

La tabla del tramo U4 en la Vía 2 muestra fallas como piel de cocodrilo, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, con valores VDC entre 37 y 65, lo que evidencia un deterioro significativo. Con un PCI de 35, el tramo se clasifica como "Malo", indicando que el pavimento presenta daños severos y requiere una intervención correctiva urgente.

Tabla 36*Condición de tramo en U5 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Grieta longitudinal	46	CALIFICACIÓN "54" REGULAR
Ahuellamiento	22	
Desprendimiento de agregados	19	

La tabla del tramo U5 en la Vía 2 muestra fallas como grieta longitudinal, ahuellamiento y desprendimiento de agregados, con valores VDC entre 19 y 46, lo que indica un desgaste moderado del pavimento. Con un PCI de 54, el tramo se clasifica como "Regular", por lo que requiere mantenimiento para evitar que el deterioro avance.

Tabla 37*Condición de tramo en U6 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Piel de cocodrilo	37	CALIFICACIÓN "51" REGULAR
Huecos	48	
Desprendimiento de agregados	49	

La tabla del tramo U6 en la Vía 2 muestra fallas como piel de cocodrilo, huecos y desprendimiento de agregados, con valores VDC entre 37 y 49, lo que refleja un deterioro moderado en la superficie. Con un PCI de 51, el tramo se clasifica como "Regular", indicando que requiere mantenimiento para evitar que las fallas evolucionen a un estado más severo.

Tabla 38*Condición de tramo en U7 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Grieta longitudinal	50	CALIFICACIÓN "50" REGULAR
Parcheo	39	
Ahuellamiento	49	

La tabla del tramo U7 en la Vía 2 muestra fallas como grieta longitudinal, parcheo y ahuellamiento, con valores VDC entre 39 y 50, lo que evidencia un deterioro moderado. Con un PCI de 50, el tramo se clasifica como "Regular", indicando que necesita mantenimiento para evitar que las fallas continúen avanzando.

Tabla 39*Condición de tramo en U8 vía 2*

Tipo de Falla	VDC	PCI
Piel de cocodrilo	24	CALIFICACIÓN "58" BUENO
Huecos	38	
Ahuellamiento	42	

El tramo U8 vía 2 presenta fallas leves a moderadas, como piel de cocodrilo, huecos y ahuellamiento, lo que genera un PCI de 58, clasificado como BUENO. En general, el pavimento muestra desgaste, pero su condición sigue siendo aceptable.

Tabla 40

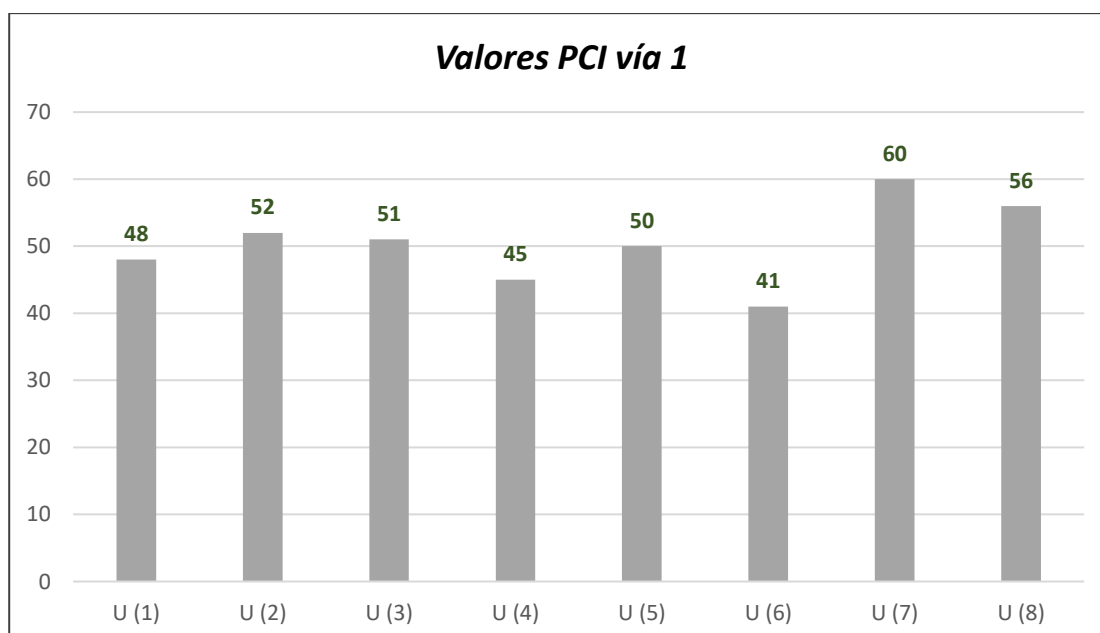
Resumen del Índice de condición del pavimento de la vía 1

VÍAS DE LAMPA							
VÍA 1 (CARRETERA LAMPA - PUCARA)							
UND. MSTRA	INICIO	FINAL	AREA	VALOR DEDUCIDO	PCI	DESCRIPCIÓN	PCI PROMEDIO
U (1)	1+000	1+050	350 M2	52	48	REGULAR	50
U (2)	1+050	1+100		48	52	REGULAR	
U (3)	1+100	1+150		49	51	REGULAR	
U (4)	1+150	1+200		55	45	REGULAR	
U (5)	1+200	1+250		50	50	REGULAR	
U (6)	1+250	1+300		59	41	REGULAR	
U (7)	1+300	1+350		40	60	BUENO	
U (8)	1+350	1+400		44	56	BUENO	

Los resultados obtenidos del estudio del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para la vía 2 (Carretera Lampa - Pucara). El PCI es una herramienta clave para determinar la necesidad de intervenciones de mantenimiento, clasificando las condiciones del pavimento en varias categorías: Muy Bueno, Bueno, Regular, y Malo. A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos, destacando las unidades de pavimento con mejor y peor desempeño.

Figura 10

Comparativa de valores alcanzados vía 1



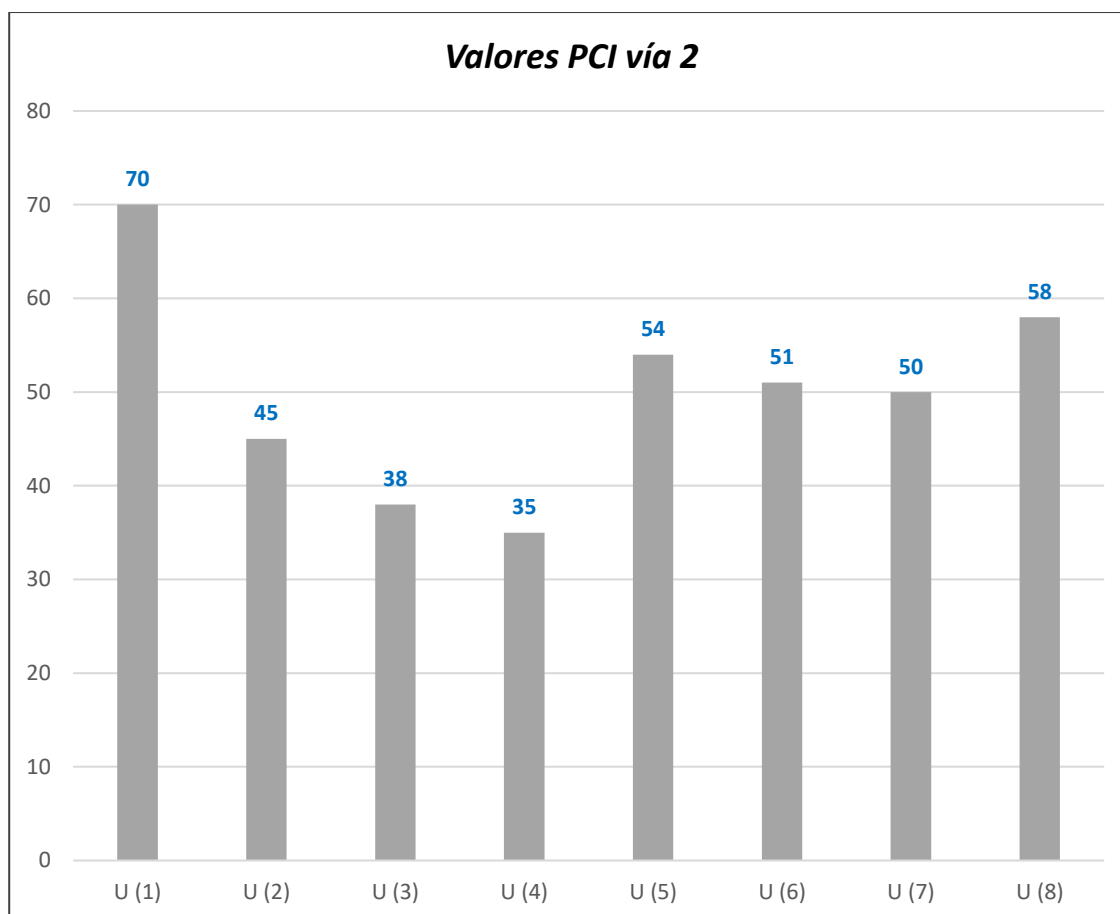
El gráfico de valores PCI en la vía 1 muestra una variabilidad evidente en el estado del pavimento entre las diferentes unidades evaluadas. Los valores oscilan desde un mínimo de 41 en la U (6), que indica una condición más deteriorada, hasta un máximo de 60 en la U (7), donde el pavimento presenta un mejor desempeño. Unidades como U (1), U (2), U (3) y U (5) mantienen valores intermedios (entre 48 y 52), reflejando un estado aceptable, pero con necesidades de mantenimiento puntual. En conjunto, la vía presenta sectores con buen comportamiento estructural y otros que requieren intervención prioritaria para evitar un deterioro progresivo.

Tabla 41

Resumen del índice de condición del pavimento de la vía 2

VÍAS DE LAMPA								
VÍA 2 (CARRETERA LAMPA - PALCA)								
UND. MSTR	INICIO	FINAL	AREA	VALOR DEDUCIDO	PCI	DESCRIPCIÓN	PCI PROMEDIO	DESCRIPCIÓN
U (1)	1+000	1+050	350 M2	30	70	BUENO	49	REGULAR
U (2)	1+050	1+100		55	45	REGULAR		
U (3)	1+100	1+150		62	38	MALO		
U (4)	1+150	1+200		65	35	MALO		
U (5)	1+200	1+250		46	54	REGULAR		
U (6)	1+250	1+300		49	51	REGULAR		
U (7)	1+300	1+350		50	50	REGULAR		
U (8)	1+350	1+400		42	58	BUENO		

Los resultados obtenidos del estudio del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para la vía 2 (Carretera Lampa - Palca). El PCI es una herramienta clave para determinar la necesidad de intervenciones de mantenimiento, clasificando las condiciones del pavimento en varias categorías: Muy Bueno, Bueno, Regular, y Malo. A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos, destacando las unidades de pavimento con mejor y peor desempeño.

Figura 11*Comparativa de valores alcanzados vía 2*

El gráfico de valores PCI en la vía 1 muestra una variabilidad evidente en el estado del pavimento entre las diferentes unidades evaluadas. Los valores oscilan desde un mínimo de 35 en la U (4), que indica una condición más deteriorada, hasta un máximo de 70 en la U (1), donde el pavimento presenta un mejor desempeño. Unidades como U (2), U (3) y U (5) mantienen valores intermedios (entre 38 y 54), reflejando un estado aceptable, pero con necesidades de mantenimiento puntual. En conjunto, la vía presenta sectores con buen comportamiento estructural y otros que requieren intervención prioritaria para evitar un deterioro progresivo.

4.1.3 Alternativa de intervención según el índice de condición del pavimento

El mantenimiento vial es una actividad esencial para preservar la funcionalidad, seguridad y durabilidad de las infraestructuras de transporte. Tradicionalmente, el mantenimiento se ha basado en métodos convencionales como la inspección visual y actividades correctivas o preventivas estandarizadas. Sin embargo, la evolución tecnológica ha permitido el desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías que optimizan el diagnóstico, la planificación y la ejecución de los planes de mantenimiento, permitiendo un manejo más eficiente y sostenible de los recursos.

Tabla 42

Resumen de las intervenciones requeridas en los tramos

VÍAS DE LAMPA			
VÍA 1 (CARRETERA LAMPA - PUCARA)			
UNI. DE MSTR	PCI	CLASIFICACIÓN	INTERVENCIONES
U (1)	48	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (2)	52	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (3)	51	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (4)	45	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (5)	50	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (6)	41	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (7)	60	BUENO	Mantenimiento rutinario y preventivo ligero
U (8)	56	BUENO	Mantenimiento rutinario y preventivo ligero
VÍA 2 (CARRETERA LAMPA - PALCA)			
U (1)	70	BUENO	Mantenimiento rutinario y preventivo ligero
U (2)	45	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (3)	38	MALO	Rehabilitación mayor
U (4)	35	MALO	Rehabilitación mayor
U (5)	54	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (6)	51	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (7)	50	REGULAR	Mantenimiento correctivo o preventivo
U (8)	58	BUENO	Mantenimiento rutinario y preventivo ligero

La tabla presentada sintetiza la condición superficial de las unidades de muestreo evaluadas en ambas vías del distrito de Lampa, clasificando cada tramo según su Índice de Condición del Pavimento (PCI). Esta clasificación permite identificar de forma objetiva

el nivel de deterioro existente en cada segmento, así como priorizar las acciones de mantenimiento necesarias. En la Vía 1 (Carretera Lampa–Pucara), se observa que la mayoría de las unidades se ubican dentro de la categoría “Regular”, evidenciando la presencia de fallas que, si bien no comprometen de manera crítica la estructura del pavimento, requieren la implementación de mantenimiento correctivo o preventivo para evitar un deterioro acelerado. Asimismo, se identifica que dos unidades alcanzan la condición “Buena”, lo que sugiere que estas zonas mantienen un desempeño aceptable y solo requieren mantenimiento rutinario y preventivo ligero para conservar su estado funcional.

En la Vía 2 (Carretera Lampa–Palca), la distribución de los valores PCI muestra una mayor variabilidad. Se identifican unidades clasificadas como “Buenas”, principalmente asociadas a tramos con menor incidencia de fallas y mejor comportamiento superficial. Sin embargo, también se registran unidades calificadas como “Malas”, las cuales presentan un deterioro evidente y requieren intervenciones de rehabilitación mayor, debido a que el nivel de daño supera las capacidades de recuperación mediante mantenimiento básico. El resto de unidades se ubica en condición “Regular”, lo que refuerza la necesidad de intervenciones oportunas que garanticen la prolongación de la vida útil del pavimento. En conjunto, la tabla constituye un insumo fundamental para la planificación vial, pues permite visualizar de manera clara el estado actual de cada tramo y priorizar adecuadamente los recursos destinados al mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial.

4.1.3.1. Diagnóstico y Evaluación del Pavimento

La base para un plan efectivo de mantenimiento es una evaluación precisa y objetiva del estado del pavimento. Entre las tecnologías y metodologías contemporáneas destacan:

- **Índice de Condición del Pavimento (PCI):** Herramienta fundamental para evaluar el estado superficial del pavimento mediante inspección visual sistemática estandarizada, que permite cuantificar niveles y tipos de daño.
- **Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Tecnologías que integran datos espaciales con información técnica para mapear y analizar detalladamente las condiciones del pavimento, facilitando la priorización de intervenciones.
- **Sensores Embebidos y Monitoreo en Tiempo Real:** Tecnología que incorpora sensores dentro de las capas del pavimento para detectar cambios estructurales o ambientales que puedan afectar su capacidad, permitiendo anticipar deterioros y planificar intervenciones de manera proactiva.
- **Tecnologías No Destructivas:** Uso de escáneres láser, deflectómetros, radar de penetración terrestre (GPR) y drones con sensores para evaluar la estructura interna y superficial sin dañarla, obteniendo datos precisos para diagnósticos complejos.
- **Análisis Predictivo e Inteligencia Artificial:** Aplicación de modelos de machine learning que procesan grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real para prever tendencias de deterioro y optimizar los cronogramas y tipos de mantenimiento.

4.1.3.2. Estrategias de Mantenimiento Innovadoras

De acuerdo con el diagnóstico, el plan de mantenimiento contempla estrategias diferenciadas y segmentadas basadas en el estado del pavimento:

1. Reconstrucción Total:

- Aplica en tramos con deterioro irreversible y condiciones falladas estructuralmente.
- Utiliza maquinaria pesada de última generación para remoción completa y reconstrucción con materiales estabilizados, asegurando durabilidad y capacidad portante.
- Control riguroso de calidad a través de sistemas digitales durante la ejecución.

2. Rehabilitación Profunda o Parcial:

- Dirigida a tramos con daños estructurales avanzados pero recuperables.
- Implementa tecnologías de reciclado en frío, estabilización con aditivos químicos y aplicación de asfalto modificado con polímeros para mejorar la resistencia.
- Inclusión de tratamientos localizados mediante equipos robotizados y drones para inspección y reparación precisa.

3. Mantenimiento Correctivo:

- Destinado a reparar daños superficiales y puntuales para evitar progresión del deterioro.
- Emplea maquinaria ligera con capacidad para realizar parches estructurales, fresado localizado y tratamientos superficiales avanzados como nano-revestimientos hidrofóbicos.

4. Mantenimiento Preventivo:

- Enfocado en preservar la integridad de tramos en condiciones óptimas o aceptables.
- Incluye sellado de grietas, aplicación de micro aglomerados ecológicos y mantenimiento de drenajes apoyado en sistemas automatizados y monitoreo remoto.
- Se realizan inspecciones periódicas apoyadas con dispositivos móviles para reporte en tiempo real.

4.1.3.3. Implementación y Gestión Digital

- **Sistema de Gestión de Pavimentos (PMS):** Plataforma integral digital que centraliza la información para la planificación, ejecución y monitoreo continuo, facilitando la toma de decisiones basadas en datos técnicos.
- **Drones y Vehículos de Inspección Automatizada:** Utilizados para evaluar rápidamente grandes extensiones con precisión, capturando imágenes y datos térmicos que complementan la evaluación visual.



- **Aplicaciones Móviles:** Herramientas que permiten a técnicos y operadores reportar condiciones de campo, controlar avances y acceder a información histórica.
- **Capacitación Técnica Continua:** Formación especializada en nuevas tecnologías para el personal encargado, garantizando un manejo adecuado y eficiente de las herramientas y técnicas.

4.1.3.4. Beneficios del Plan con Nuevas Tecnologías

- Diagnóstico más preciso y oportuno que reduce incertidumbres en la toma de decisiones.
- Mejora en la planificación estratégica con optimización de recursos y reducción de costos a mediano y largo plazo.
- Prolongación significativa de la vida útil de la infraestructura vial y mejora en la seguridad y comodidad del usuario.

Mayor sostenibilidad ambiental al minimizar la necesidad de reconstrucciones completas y fomentar el uso eficiente de materiales.

Matriz de alternativas de intervención

Tabla 43

Resumen de alternativas de intervención

Nº	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE	SEVERIDA	INTERVENCIONES	OBSERVACIONES	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
1	GRIETAS PIEL DE COCODRILO	DETERIOROS CAUSADOS POR LA FATIGA DE LA CARPETA ASFÁLTICA DEL PAVIMENTO ANTIGUO DEBIDO A LA ACCIÓN REPETIDA DE LAS CARGAS DE TRÁNSITO, ESTOS SE MANIFIESTAN MEDIANTE GRIETAS INTERCONECTADAS EN FORMA DE POLIGONOS IRREGULARES	BAJA	SELLADO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	 
		DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	MEDIA	BACHEO PROFUNDO	-	
			BAJA / MEDIA	-	REALIZAR LA INTERVENCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FALLA PRINCIPAL	
2	AGRIETAMIENTO	DETERIOROS CAUSADOS EN EL PAVIMENTO ANTIGUO POR LA CONTRACCIÓN DEL ASFÁLTO ENDURECIDO DEBIDO A LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA, ESTOS SE MANIFIESTAN COMO FISURAS INTERCONECTADAS QUE DIVIDEN EL PAVIMENTO	BAJA	SELLADO DE GRIETAS	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	
			MEDIA	BACHEO PROFUNDO	-	
3	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 DE LOS SARDINELES CONTIGUOS, CONSIDERANDO LAS CARGAS DEL TRÁNSITO SE PRODUCEN ÁREAS CON NIVELES INFERIORES	MEDIA	BACHEO PROFUNDO	REALIZAR MANTENIMIENTO DE SARDINELES CONTIGUOS (SELLADO DE JUNTAS)	
			ALTA			

N°	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES	OBSERVACIONES	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
4	GRIETAS LONGITUDIN AL/ TRANSVERSA L	DETERIOROS CAUSADOS EN ZONAS DE INTERFASE ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON DIFERENTES TIEMPOS DE SERVICIO QUE PRESENTAN COMPORTAMIENTOS DISTINTOS	BAJA	SELLADO DE GRIETAS	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	
			MEDIA			
5	HUECOS	DETERIOROS CAUSADOS POR EL DESPRENDIMIENTO Y DESINTEGRACIÓN PROGRESIVA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PRODUCIDA POR FALLAS DEL TIPO PIEL DE COCODRILO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS, SUMADO A LA ACCIÓN ABRASIVA DEL TRÁNSITO	BAJA	BACHEO SUPERFICIAL	-	
			MEDIA			
			ALTA	BACHEO PROFUNDO		
6	AHUELLAMIENTO	DETERIORO SUPERFICIAL CAUSADO POR UTILIZAR EN LA CAPA DE RODADURA UNA MEZCLA ASFÁLTICA INESTABLE QUE CONTIENE EXCESO DE LIGANTE Y SE MANIFIESTA POR UNA DEPRESIÓN A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA DE LAS HUELLAS DE LOS VEHICULOS	BAJA	BACHEO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	
			MEDIA			
			ALTA			



Nº	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES	OBSERVACIONES	IMÁGENES REPRESENTATIVAS
7	DESPLAZAMIENTO	DETERIORO SUPERFICIAL CAUSADO POR EL DESPLAZAMIENTO LATERAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA A CONSECUENCIA DE LA FALLA POR AHUELLAMIENTO PRODUCIDO SOBRE EL PAVIMENTO FLEXIBLE	BAJA	BACHEO SUPERFICIAL	REALIZAR PREVIAMENTE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	
			MEDIA			
			ALTA			
8	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 SUPERFICIAL	-	
			MEDIA	BACHEO SUPERFICIAL		
			ALTA			
			DETERIOROS CAUSADOS A CONSECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DE OTRO TIPO DE FALLAS COMO EL AHUELLAMIENTO, DESPLAZAMIENTO O DEPRESIÓN	BAJA / MEDIA/ ALTA	-	

4.2 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos a través de la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en las vías de la provincia de Lampa proporcionan un panorama claro y detallado sobre el estado actual de las infraestructuras viales en esta región. A partir del análisis de los datos recolectados, se ha logrado identificar las áreas que requieren atención inmediata, así como aquellas que, a pesar de presentar algunos daños menores, aún se encuentran en condiciones aceptables. Este análisis es crucial para comprender la magnitud del deterioro del pavimento y establecer prioridades en términos de intervención (Oblitas et al. 2021).

Uno de los hallazgos más importantes es que un número significativo de tramos de pavimento presenta un PCI entre 40 y 55, lo que sugiere que la mayoría de las vías evaluadas se encuentran en una condición regular. Este rango de PCI indica que el pavimento ha comenzado a deteriorarse, pero no está completamente fallado. En estas áreas, las intervenciones deben ser más intensas que el simple mantenimiento preventivo, y pueden requerir rehabilitación parcial mediante la aplicación de materiales de refuerzo o recapado superficial. Los baches, fisuras longitudinales y deformaciones superficiales son los tipos de fallas más recurrentes, lo que resalta la importancia de sellar fisuras y rellenar baches para evitar una mayor propagación de los daños (Andrade et al. 2021).

La remoción de capas deterioradas y la aplicación de nuevas capas de pavimento flexible son las intervenciones recomendadas para estas zonas, ya que los daños son lo suficientemente graves como para comprometer la seguridad vial y la funcionalidad de las vías. En estos casos, se han identificado fallas significativas como desprendimiento de agregados y hoyos profundos que requieren atención urgente para evitar que el deterioro continúe afectando la infraestructura vial.

Lo que resulta aún más relevante en este análisis es la existencia de tramos con PCI inferior a 40, lo que indica pavimentos totalmente fallados o que han alcanzado un nivel de deterioro que pone en riesgo su funcionalidad y seguridad. En estos casos, las

intervenciones necesarias son reconstrucciones totales, ya que el pavimento ya no cumple con los estándares mínimos de seguridad y confort. La remoción completa del pavimento existente y su reemplazo por nuevas capas de pavimento flexible es esencial para restaurar la vía a un estado seguro y funcional. En la mayoría de estos tramos, se observan deformaciones graves y fisuras profundas que afectan la integridad estructural del pavimento (Elhadidy et al. 2021).

Un aspecto interesante es la identificación de ciertos tramos con PCI por encima de 85, que se clasifican como en excelente estado. Estos tramos no requieren intervenciones urgentes, pero sí es importante realizar inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo para asegurar que el pavimento siga en buenas condiciones durante su vida útil. El sellado de fisuras menores y la limpieza de drenajes pueden ser suficientes para mantener estas vías en un estado BUENO. Sin embargo, es esencial que las autoridades locales se mantengan vigilantes, ya que el clima, el tráfico pesado y otros factores pueden contribuir a un deterioro más rápido si no se gestionan adecuadamente (Aranibar y Saavedra 2019).

El análisis de estos resultados demuestra que una proporción considerable de las vías en Lampa se encuentra en condiciones regulares a malas, lo que refleja el envejecimiento del pavimento y la falta de intervenciones oportunas. Este hallazgo resalta la necesidad urgente de un plan de acción de rehabilitación en la mayoría de los tramos viales de la provincia. Si bien algunas zonas todavía pueden mantener un nivel aceptable de funcionalidad, el desgaste del pavimento es un proceso continuo, y si no se abordan de manera proactiva, las vías se deteriorarán rápidamente.

El método del PCI ha sido fundamental para establecer una priorización adecuada en las intervenciones de pavimentación, ya que permite identificar las áreas más críticas y gestionar los recursos de manera eficiente. Las zonas con PCI bajo deben ser reparadas de inmediato para evitar que el daño se extienda a otras partes de la infraestructura vial, lo que podría resultar en costos más altos y tiempo de inactividad más prolongado en el

futuro. Por lo tanto, el uso del PCI como herramienta de diagnóstico es invaluable para la toma de decisiones en el ámbito de mantenimiento de pavimentos (Nuñez 2019).

Implicaciones para la Planificación y Ejecución de Intervenciones

Los resultados del análisis del PCI tienen implicaciones significativas para la planificación y ejecución de intervenciones de mantenimiento y rehabilitación en las vías de la provincia de Lampa. Se debe priorizar la rehabilitación de los tramos con PCI bajo, especialmente aquellos que se encuentran en un estado muy malo o fallado, ya que representan riesgos para la seguridad y funcionalidad del tráfico. A nivel de planificación, los recursos deben ser asignados en función de la severidad del deterioro y la importancia estratégica de cada vía para la conectividad regional.

Además, las intervenciones no solo deben centrarse en reparaciones estructurales y restauración de la capa de rodadura, sino también en la implementación de mantenimiento preventivo en las zonas donde el pavimento aún se encuentra en condiciones aceptables. Este enfoque permitirá prolongar la vida útil de las vías y reducir el costo de intervenciones mayores a largo plazo. La capacitación técnica de los equipos de mantenimiento y la optimización de la logística también son factores clave para asegurar que las intervenciones se realicen de manera eficiente, dentro de los plazos establecidos y con la calidad adecuada (Mundaca 2019).

En conclusión, el análisis realizado utilizando el Índice de Condición del Pavimento (PCI) ha proporcionado una visión integral del estado de las infraestructuras viales en Lampa, permitiendo identificar áreas críticas y desarrollar un plan de intervención estructurado. Las recomendaciones de intervención están alineadas con la necesidad de abordar tanto las reparaciones inmediatas como el mantenimiento preventivo, con el objetivo de asegurar que las vías de la provincia continúen funcionando de manera segura y eficiente para la comunidad y el desarrollo económico de la región.

CONCLUSIONES

General, El objetivo de evaluar la condición superficial del pavimento flexible en las vías de la provincia de Lampa mediante el índice PCI ha sido cumplido exitosamente. En la Vía 1 (Carretera Lampa - Pucara), las fallas más frecuentes fueron el ahuellamiento y el parcheo, mientras que en la Vía 2 (Carretera Lampa - Palca) predominó el desprendimiento de agregados. La mayoría de las fallas fueron de baja a media severidad, reflejando procesos de desgaste progresivo y fatiga del pavimento. Los valores de PCI obtenidos fueron 50 "regular" para la Vía 1 y 49 "regular" para la Vía 2, lo que indica que ambos tramos se encuentran en condiciones aceptables y dentro de la clasificación "regular", necesitando acciones dentro de esta para mantener su estructura.

Primera, Los resultados del estudio permitieron determinar con precisión los tipos de fallas y los grados de severidad de mayor incidencia en las vías con pavimento flexible de la provincia de Lampa, evidenciándose en la Vía 1 la predominancia del ahuellamiento y el parcheo, ambos con seis ocurrencias, seguidos de fallas asociadas al deterioro superficial como piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y grietas longitudinales; mientras que en la Vía 2 la falla más recurrente fue el desprendimiento de agregados, con siete registros, seguida por huecos y otras fallas de carácter superficial. En conjunto, estas fallas en su mayoría de severidad baja a media reflejan procesos de desgaste progresivo, fatiga del pavimento y pérdida de material, cumpliéndose así el objetivo de identificar las patologías más incidentes y su severidad, información clave para fundamentar futuras estrategias de mantenimiento y rehabilitación vial.

Segunda, La estimación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) ha proporcionado una evaluación precisa y detallada del estado del pavimento en la provincia de Lampa. Con los valores obtenidos en las muestras evaluadas, se ha clasificado la condición de las vías como "regular" en su mayoría, con un PCI promedio de 50 para la Vía 1 (Carretera

Lampa - Pucara) y 49 para La Vía 2 (Carretera Lampa - Palca). Estos valores reflejan un pavimento en condiciones generalmente buenas, pero que requieren reparaciones menores para mantener su funcionalidad. El análisis del PCI ha sido fundamental para identificar los tramos con mayor deterioro, como las unidades U3 y U4 de la Vía 2 (Carretera Lampa - Pucara), donde se registraron los valores más bajos de PCI (38 y 35, respectivamente), indicando que son áreas prioritarias para las intervenciones de mantenimiento.

Tercera, La propuesta de intervención basada en los resultados del cálculo del PCI se enfoca en la rehabilitación de las áreas con PCI bajo y el mantenimiento preventivo en las zonas que mantienen un estado BUENO. Para las áreas con un PCI superior a 70, se recomienda realizar intervenciones menores, como el sellado de fisuras y el mantenimiento preventivo, mientras que para las zonas con un PCI inferior a 55, se sugiere una rehabilitación mayor, que puede incluir el recapeo o incluso la reconstrucción total del pavimento. Las intervenciones estarán dirigidas principalmente a las secciones con mayores fallas, como los tramos donde se encontraron fisuras longitudinales y transversales o baches profundos. Este plan de acción garantizará la optimización de los recursos y la mejora de la infraestructura vial en la provincia de Lampa, contribuyendo a una mayor seguridad y durabilidad de las vías.

RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda ampliar la muestra de evaluación para incluir más tramos representativos y utilizar tecnologías como sensores de infrarrojos para obtener datos más precisos. Además, realizar seguimientos periódicos para ajustar las intervenciones según los resultados.

Segunda, para mejorar la identificación de fallas, se recomienda implementar análisis espectral y métodos automatizados de inspección. También sería beneficioso incorporar datos de tráfico y condiciones climáticas para entender cómo estos factores afectan el deterioro del pavimento y ajustar las intervenciones en función de esta información.

Tercera, para obtener estimaciones más precisas del PCI, se recomienda utilizar modelos predictivos basados en inteligencia artificial, que consideren factores como el tráfico pesado y las condiciones climáticas. Esto permitiría prever el deterioro del pavimento con mayor precisión y planificar las intervenciones de manera más eficiente.

Cuarta, se recomienda implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para evaluar la efectividad de las reparaciones a lo largo del tiempo. Además, realizar un análisis de costo-beneficio antes de cada intervención optimizaría los recursos, y las pruebas piloto con diferentes técnicas de rehabilitación permitirán determinar las mejores prácticas para la conservación del pavimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A., Castillo, G., Chacater, C., Andrade, A., Castillo, G., y Chacater, C. (2021). Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *Revista Digital Novasinergia*, 4(1), 102-114. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.06>
- Aranibar Centeno, M. C., y Saavedra Blanco, K. C. (2019). Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (pci) y el índice de rugosidad internacional (IRI) en la vía principal Izcuchaca—Huarcocondo. *Universidad Andina del Cusco*. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3151>
- Elhadidy, A. A., El-Badawy, S. M., y Elbeltagi, E. E. (2021). A simplified pavement condition index regression model for pavement evaluation. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(5), 643-652. <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1633579>
- Freire Cazagallo, B. A. (2024). *Análisis comparativo del método de PCI e IRI en la calificación de la condición actual del pavimento flexible en un tramo de la Av. Llira Ñan y OE2*
- Hyarat, E., Casas-Rico, J., Montalbán-Domingo, L., y Pellicer, E. (2022). *Visión global de la adopción de Lean Construction en el sector: Beneficios y barreras*. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3163>
- Núñez, M., y Francisco, A. (2019). Evaluación del pavimento rígido aplicando el método índice de condición del pavimento (PCI), en las vías del distrito de Chóchope, Lambayeque – Lambayeque. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35909>
- Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., Paredes-Asalde, C. R., Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., y Paredes-Asalde, C. R. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de

serviciabilidad de pavimentos. *Iteckne*, 18(2), 170-175.

<https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i2.2616>

Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.

Putra, D. A., y Suprpto, M. (2019). Assessment of the road based on PCI and IRI roadroid measurement. *MATEC Web of Conferences*, 195, 04006.

RAHMAN, M. M., y TAREFDER, R. A. (2020, enero 1). *PCI and non-PCI-based pavement evaluation* [Text]. Henry Stewart Publications.
<https://www.ingentaconnect.com/content/hsp/cam/2015/000000009/000000002/art00010>

Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), 1-6.

Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.

Rifai, M., Setyawan, A., Handayani, F. S., y Arun, A. D. (2020). Evaluation of functional and structural conditions on flexible pavements using pavement condition index (PCI) and international roughness index (IRI) methods. *E3S Web of Conferences*, 429, 05011.

Salazar Tello, A. A. (2019). Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca—Tumán. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40648>

Santana, J. J., Rodríguez-Brito, N., Blanco-Peñalver, C., Mena, V. F., y Souto, R. M. (2022). Durability of Reinforced Concrete with Additions of Natural Pozzolans of Volcanic Origin.

Tho'atin, U., Setyawan, A., y Suprpto3, M. (2016). PENGGUNAAN METODE INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX (IRI), SURFACE DISTRESS INDEX (SDI) DAN PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) UNTUK PENILAIAN KONDISI JALAN DI KABUPATEN WONOGIRI.



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Tesis: “EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EMPLEO DEL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025”				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cuál es la condición superficial del pavimento flexible mediante empleo del método de índice de condición del pavimento en vías de la provincia de Lampa 2025?	Objetivo General: Evaluar la condición superficial del pavimento flexible mediante empleo del método de índice de condición del pavimento en vías de la provincia de Lampa 2025.	Hipótesis General: La condición superficial del pavimento flexible mediante empleo del método de índice de condición del pavimento en vías de la provincia de Lampa 2025, será de estado malo.	Variable Independiente MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)	Fichas y Herramientas de Laboratorio
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuáles son los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa? ¿Cuál es el índice de condición superficial de vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa? ¿Cuál es la propuesta de alternativa de intervención según el método de índice de condición del pavimento de las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa?	Determinar los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa. Estimar el índice de condición superficial de vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa. Proponer una alternativa de intervención según el método de índice de condición del pavimento de las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa.	Los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa, será de piel de cocodrilo y huecos en severidades moderadas. El índice de condición superficial de vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa, será 35 con un estado malo. La propuesta de alternativa de intervención según el método de índice de condición del pavimento de las vías a nivel de pavimento flexible en la provincia de Lampa, será un mantenimiento rutinario con sello de fisuras y bacheos.	Variable Dependiente ESTADO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Variable dependiente PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	Equipos y herramienta de Laboratorio de Concretos.

Anexo 2. Panel fotográfico



Fotografía 1. Tramo - 1 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 2. Tramo – 1 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 3. Tramo – 2 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 4. Tramo – 2 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 5. Tramo – 3 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 6. Tramo – 3 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 7. Tramo – 4 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 8. Tramo - 4 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 9. Tramo – 5 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 10. Tramo – 5 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 11. Tramo – 6 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 12. Tramo – 6 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 13. Tramo – 7 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 14. Tramo – 7 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 15. Tramo – 8 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 16. Tramo - 8 (LAMPA - PUCARA)



Fotografía 17. Tramo - 1 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 18. Tramo - 1 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 19. Tramo – 2 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 20. Tramo – 2 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 21. Tramo – 3 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 22. Tramo – 3 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 23. Tramo – 4 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 24. Tramo - 4 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 25. Tramo – 5 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 26. Tramo – 5 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 27. Tramo – 6 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 28. Tramo – 6 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 29. Tramo – 7 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 30. Tramo – 7 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 31. Tramo – 8 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 32. Tramo - 8 (LAMPA-JULIACA)



Fotografía 33. Falla – piel de cocodrilo



Fotografía 34. Falla – grieta de borde



Fotografía 35. Falla grieta longitudinal



Fotografía 36. Falla parcheo



Fotografía 37. Falla parcheo



Fotografía 38. Falla parcheo



Fotografía 39. Falla parcheo



Fotografía 40. Falla huecos



Fotografía 41. Falla ahuellamiento



Fotografía 42. Falla desprendimiento de agregados

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA: 				
PUNO/LAMPA		1 + 000		U - 01						
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)						
VÍA 1 (CARRETERA LAMPA-PUCARA)		1 + 050		350.00						
INSPECCIONADO POR:										
BRAYAN QUISPE MAMANI				FECHA:						
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.			11	Parcheo.					
2	Exudación.			12	Pulimiento de agregados.					
3	Agrietamiento en Bloque.			13	Huecos.					
4	Abultamiento y Hundimiento.			14	Cruce de vía férrea.					
5	Corrugación.			15	Ahuellamiento.					
6	Depresión.			16	Desplazamiento.					
7	Grieta de Borde.			17	Grieta Parabólica.					
8	Grieta de reflexión de junta.			18	Hinchamiento.					
9	Desnivel carril/ Berma.			19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grieta Longitud y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	11.5	10.6	8.56				30.66	8.76	9
15	M	13.3	1.15	5.22				19.67	5.62	15
3	H	7.4	2.64					9.91	2.83	11
10	H	13.6	4.6					18.20	5.20	24
									VDT	59

valor deducido más bajo	9
valor deducido más alto	24
número máximo de valores deducidos	4

N°	Valores deducidos	Total	q	CDV
1	24 11 15	50	4	50
2	24 11 15	50	3	52
3	24 11 2	37	2	49
4	24 2 2	28	1	37

MAX. VDC 52

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO =

PCI	100
PCI	48

CONDICIÓN DE PAVIMENTO =

REGULAR

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO
PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

[illegible]

valor deducido más bajo	5
valor deducido más alto	34
número máximo de valores deducidos	4

[illegible]

MAX. VDC	48
----------	----

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO	PCI	100
	PCI	52

CONDICIÓN DE PAVIMENTO: REGULAR

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO											
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA: 					
PUNO/LAMPA		1 + 100		U - 03							
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)							
VÍA 1 (CARRETERA LAMPA-PUCARA)		1 + 150		350.00							
INSPECCIONADO POR:											
BRAYAN QUISPE MAMANI						FECHA:					
N°	DAÑO										
1	Piel de cocodrilo.					11	Parcheo.				
2	Exudación.					12	Pulimiento de agregados.				
3	Agrietamiento en Bloque.					13	Huecos.				
4	Abultamiento y Hundimiento.					14	Cruce de vía férrea.				
5	Corrugación.					15	Ahuellamiento				
6	Depresión.					16	Desplazamiento.				
7	Grieta de Borde.					17	Grieta Parabólica.				
8	Grieta de reflexión de junta.					18	Hinchamiento.				
9	Desnivel carril/ Berma.					19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grieta Longit. Y Transvers.										
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
1	M	3.54	4.15	7.17	5.12	1.69		21.67	6.19	18	
11	L	16.42	14.42	10.7	8.11			49.67	14.19	15	
6	M	10.42	9.36					19.78	5.65	8	
1	L	2.7	14.24	11.7	6			28.70	8.20	10	
								VDT		51	

valor deducido más bajo	4
valor deducido más alto	18
numero máximo de valores deducidos	7

N°	Valores deducidos				Total	q	CDV
1	18	15	10	8	51	4	31
2	18	15	10	2	45	3	30
3	18	15	2	2	37	2	49
4	18	2	2	2	24	1	34
MAX. VDC						49	

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 51

CONDICIÓN DE PAVIMENTO REGULAR

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA:				
PUNO/LAMPA		1 + 150		U - 04						
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)						
VÍA 1 (CARRETERA LAMPA-PUCARA)		1 + 200		350.00						
INSPECCIONADO POR:										
BRAYAN QUISPE MAMANI				FECHA:						
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.			11 Parcheo.						
2	Exudación.			12 Pulimiento de agregados.						
3	Agrietamiento en Bloque.			13 Huecos.						
4	Abultamiento y Hundimiento.			14 Cruce de vía férrea.						
5	Corrugación.			15 Ahuellamiento.						
6	Depresión.			16 Desplazamiento.						
7	Grieta de Borde.			17 Grieta Parabólica.						
8	Grieta de reflexión de junta.			18 Hinchamiento.						
9	Desnivel carril/ Berma.			19 Desprendimiento de agregados.						
10	Grieta Longit. Y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
15	L	1.5	5.65	6.29				13.44	3.84	14
11	H	2.3	10.42	2.16				14.88	4.25	24
								VDT		38

valor deducido más bajo	14
valor deducido más alto	24
número máximo de valores deducidos	2

N°	Valores deducidos			Total	q	CDV
1	24	14		38	2	50
1	24	2		26	1	55

MAX. VDC 55

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO
PCI 100
PCI 45



CONDICIÓN DE PAVIMENTO

REGULAR

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

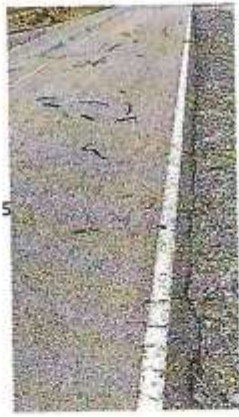
PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA: 				
PUNO/LAMPA		1 + 200		U - 05						
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)						
VÍA 1 (CARRETERA LAMPA-PUCARA)		1 + 250		350.00						
INSPECCIONADO POR:										
BRAYAN QUISPE MAMANI				FECHA:						
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.			11	Parcheo.					
2	Exudación.			12	Pulimiento de agregados.					
3	Agrietamiento en Bloque.			13	Huecos.					
4	Abultamiento y Hundimiento.			14	Cruce de via férrea.					
5	Corrugación.			15	Ahuellamiento					
6	Depresión.			16	Desplazamiento.					
7	Grieta de Borde.			17	Grieta Parabólica.					
8	Grieta de reflexión de junta.			18	Hinchamiento.					
9	Desnivel carril/ Berma.			19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grieta Longit. Y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	13.42	12.41	10.2				36.05	10.30	25
12	L	13.04	12.42	10.4 2	7.24			43.12	12.32	13
10	L	4.00	6.9	4.42	5.47			20.79	5.94	4
11	M	3.8	16.42	11.1 1				31.33	8.95	11
								VDI		55

valor deducido más bajo	4
valor deducido más alto	25
número máximo de valores deducidos	4

N°	Valores deducidos				Total	q	CDV
1	25	13	11	7	56	4	50
2	25	13	11	2	51	2	38

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA: PUNO/LAMPA		ABSCISA INICIAL 1 + 250		UNIDAD DE MUESTRO U - 06		ESQUEMA: 				
CODIGO VÍA: VÍA 1 (CARRETERA LAMPA-PUCARA)		ABSCISA FINAL 1 + 300		ÁREA DE MUESTRO (m2) 350.00						
INSPECCIONADO POR: BRAYAN QUISPE MAMANI										
FECHA:										
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.							
2	Exudación.	12	Pulimiento de agregados.							
3	Agrietamiento en Bloque.	13	Huecos.							
4	Abultamiento y Hundimiento.	14	Cruce de vía férrea.							
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento							
6	Depresión.	16	Desplazamiento.							
7	Grieta de Borde.	17	Grieta Parabólica.							
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.							
9	Desnivel carril/ Berma.	19	Desprendimiento de agregados.							
10	Grieta Longit. Y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
7	L	0.03	5.75	4.86				10.64	3.04	3
12	H	4.25	5.24	3.25	1.61			14.35	4.10	50
10	L	1.75	5.25	2.1	0.63			9.73	2.78	3
11	H	5.75	5.45	0				11.20	3.20	10
19	M	6.15	1.31					7.46	2.13	19
									VDT	86

valor deducido más bajo	3
valor deducido más alto	50
número máximo de valores deducidos	5

N°	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	50	19	10	3	1		83	5	48
2	50	19	10	3	2		84	4	55
3	50	19	10	2	2		83	3	59
4	50	19	2	2	2		75	2	28
5	50	2	2	2	2		58	1	37

MAX. VDC 59

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 41

CONDICIÓN DE PAVIMENTO REGULAR

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA: PUNO/LAMPA		ABSCISA INICIAL 1 + 300		UNIDAD DE MUESTRO U - 07		ESQUEMA: 				
CODIGO VÍA: VÍA 1 (CARRETERA LAMPA-PUCARA)		ABSCISA FINAL 1 + 350		ÁREA DE MUESTRO (m2) 350.00						
INSPECCIONADO POR: BRAYAN QUISPE MAMANI										
FECHA:										
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.							
2	Exudación.	12	Pulimiento de agregados.							
3	Agrietamiento en Bloque.	13	Huecos.							
4	Abultamiento y Hundimiento.	14	Cruce de vía férrea.							
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento							
6	Depresión.	16	Desplazamiento.							
7	Grieta de Borde.	17	Grieta Parabólica.							
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.							
9	Desnivel carril/ Berma.	19	Desprendimiento de agregados.							
10	Grieta Longit. Y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	L	4.15	1.54	4.13	3.17			9.70	12.36	22
15	L	2.54	3.11	1.53				5.65	7.18	16
16	L	3.15	3.25	1.76				6.40	8.16	8
									VDT	46

valor deducido más bajo	8
valor deducido más alto	22
número máximo de valores deducidos	3

N°	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	22	16	8			46	3	40
2	22	16	2			40	2	37
3	22	2	2			26	1	29

MAX. VDC 40

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 60

CONDICIÓN DE PAVIMENTO BUENO

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO														
ZONA: PUNO/LAMPA			ABSCISA INICIAL 1 + 350			UNIDAD DE MUESTRO U - 08			ESQUEMA: 					
CODIGO VÍA: VÍA 1 (CARRETERA LAMPA-PUCARA)			ABSCISA FINAL 1 + 400			ÁREA DE MUESTRO (m2) 350.00								
INSPECCIONADO POR: BRAYAN QUISPE MAMANI												FECHA:		
N°			DAÑO											
1	Piel de cocodrilo.			11	Parcheo.									
2	Exudación.			12	Pulimiento de agregados.									
3	Agrietamiento en Bloque.			13	Huecos.									
4	Abultamiento y Hundimiento.			14	Cruce de vía férrea.									
5	Corrugación.			15	Ahuellamiento									
6	Depresión.			16	Desplazamiento.									
7	Grieta de Borde.			17	Grieta Parabólica.									
8	Grieta de reflexión de junta.			18	Hinchamiento.									
9	Desnivel carril/ Berma.			19	Desprendimiento de agregados.									
10	Grieta Longit. Y Transvers.													
Daño	Sever.	Cantidades Parciales							Total	Densidad (%)	Valor Deducido			
1	M	0.9	1.7	1.64	1.37	5.03			10.64	3.04	18			
11	L	0.38	10.42	5.75	12.33				28.88	8.25	3			
13	L	10.42	5.4	0.5	0.4				16.66	4.76	9			
19	L	0.4	0.2	3.95					4.55	1.30	5			
										VDT	35			

valor deducido más bajo	3
valor deducido más alto	18
número máximo de valores deducidos	4

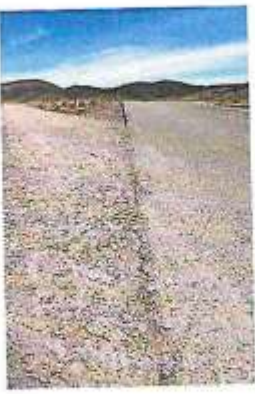
N°	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	18	9	5	3		35	4	41
2	18	9	5	2		34	3	44
3	18	9	2	2		31	2	19
4	18	2	2	2		24	1	29

MAX. VDC 44

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 56

CONDICIÓN DE PAVIMENTO BUENO

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO											
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA: 					
PUNO/LAMPA		1 + 000		U - 01							
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)							
VÍA 2 (CARRETERA LAMPA-PALCA)		1 + 050		350.00							
INSPECCIONADO POR:											
BRAYAN QUISPE MAMANI						FECHA:					
N°	DAÑO										
1	Piel de cocodrilo.					11	Parcheo.				
2	Exudación.					12	Pulimiento de agregados.				
3	Agrietamiento en Bloque.					13	Huecos.				
4	Abultamiento y Hundimiento.					14	Cruce de via férrea.				
5	Corrugación.					15	Ahuellamiento				
6	Depresión.					16	Desplazamiento.				
7	Grieta de Borde.					17	Grieta Parabólica.				
8	Grieta de reflexión de junta.					18	Hinchamiento.				
9	Desnivel carril/ Berma.					19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grieta Longit. Y Transvers.										
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
10	L	1.41	14.24	14.7	2	0.3	1.41		30.49	8.71	18
11	M	1.59	4.15	1.2	1.42	1.59		8.89	2.54	39	
19	M	2.4	3.15	5.51		2.4		11.06	3.16	10	
13	L	2.5	4.17	5.06		2.5		11.73	3.35	15	
									VDT		88

valor deducido más bajo	10
valor deducido más alto	39
numero máximo de valores deducidos	4

N°	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	39	18	15	10		82	4	27
2	39	18	15	2		74	3	30
3	39	18	2	2		61	2	29
4	39	2	2	2		45	1	28
MAX. VDC								30

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 70

CONDICIÓN DE PAVIMENTO BUENO

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA: PUNO/LAMPA		ABSCISA INICIAL 1 + 100		UNIDAD DE MUESTRO U - 03		ESQUEMA: 				
CODIGO VÍA: VÍA 2 (CARRETERA LAMPA-PALCA)		ABSCISA FINAL 1 + 150		ÁREA DE MUESTRO (m2) 350.00						
INSPECCIONADO POR: BRAYAN QUISPE MAMANI										
FECHA:										
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.							
2	Exudación.	12	Pulimiento de agregados.							
3	Agrietamiento en Bloque.	13	Huecos.							
4	Abultamiento y Hundimiento.	14	Cruce de vía férrea.							
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento							
6	Depresión.	16	Desplazamiento.							
7	Grieta de Borde.	17	Grieta Parabólica.							
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.							
9	Desnivel carril/ Berma.	19	Desprendimiento de agregados.							
10	Grieta Longit. Y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	H	2.24	3.1	0.26				5.60	1.60	29
11	L	1.2	0.74	3.04	2.01	5.33		12.32	3.52	32
13	M	0.94	14.24	7.4				22.58	6.45	2
19	M	4.15	1.43	3.12	3.76			12.46	3.56	14
								VDT		99

valor deducido más bajo	2
valor deducido más alto	32
numero máximo de valores deducidos	4

N°	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	32	29	14	2			77	5	33
2	32	29	14	2			77	4	62
3	32	29	2	2			65	3	25
4	32	2	2	2			38	2	49
								MAX. VDC	62

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 38

CONDICIÓN DE PAVIMENTO

MALO

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTRO											
ZONA: PUNO/LAMPA		ABSCISA INICIAL 1 + 150		UNIDAD DE MUESTRO U - 04		ESQUEMA: 					
CODIGO VÍA: VÍA 2 (CARRETERA LAMPA-PALCA)		ABSCISA FINAL 1 + 200		ÁREA DE MUESTRO (m2) 350.00							
INSPECCIONADO POR: BRAYAN QUISPE MAMANI											
FECHA:											
N°	DAÑO										
1	Piel de cocodrilo.		11	Parcheo.							
2	Exudación.		12	Pulimiento de agregados.							
3	Agrietamiento en Bloque.		13	Huecos.							
4	Abultamiento y Hundimiento.		14	Cruce de vía férrea.							
5	Corrugación.		15	Ahuellamiento.							
6	Depresión.		16	Desplazamiento.							
7	Grieta de Borde.		17	Grieta Parabólica.							
8	Grieta de reflexión de junta.		18	Hincharse.							
9	Desnivel carril/ Berma.		19	Desprendimiento de agregados.							
10	Grieta Longit. Y Transvers.										
Daño	Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
11	H	5.72	4.52	2.08				12.32	3.52	40	
19	L	1.8	2.5	8.16				12.46	3.56	8	
13	M	3.42	1.5	10.4	2	7.24		22.58	6.45	35	
1	M	0.54	5.06					5.60	1.60	39	
								0.00	0.00	0	
								0.00	0.00	0	
										VDT	140

valor deducido más bajo	8
valor deducido más alto	40
número máximo de valores deducidos	4

N°	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	40	39	35	8			122	4	39
2	40	39	35	2			116	3	44
3	40	39	2	2			83	2	65
4	40	2	2	2			46	1	37
								MAX. VDC	65

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 35

CONDICIÓN DE PAVIMENTO MALO

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA:				
PUNO/LAMPA		1 + 200		U - 05						
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)						
VÍA 2 (CARRETERA LAMPA-PALCA)		1 + 250		350.00						
INSPECCIONADO POR:										
BRAYAN QUISPE MAMANI				FECHA:						
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.			11	Parcheo.					
2	Exudación.			12	Pulimiento de agregados.					
3	Agrietamiento en Bloque.			13	Huecos.					
4	Abultamiento y Hundimiento.			14	Cruce de vía férrea.					
5	Corrugación.			15	Ahuellamiento					
6	Depresión.			16	Desplazamiento.					
7	Grieta de Borde.			17	Grieta Parabólica.					
8	Grieta de reflexión de junta.			18	Hinchamiento.					
9	Desnivel carril/ Berma.			19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grieta Longit. Y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
10	L	4.31	3.2	6.6			14.11	4.03	16	
15	M	1.70	3.4	4.46			9.56	2.73	9	
19	M	1.20	1.3	2.17	3.42	2.2	10.29	2.94	18	
								VDT	54	

valor deducido más bajo	9
valor deducido más alto	18
número máximo de valores deducidos	3

N°	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	18	16	9			43	3	46
2	18	16	2			36	2	22
3	18	2	2			22	1	19

MAX. VDC 46

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO
PCI 100
PCI 54

CONDICIÓN DE PAVIMENTO REGULAR

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO

CONDICIÓN DE PAVIMENTO	REGULAR
------------------------	---------

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO
PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO											
ZONA:			ABSCISA INICIAL			UNIDAD DE MUESTRO			ESQUEMA:		
PUNO/LAMPA			1 + 300			U - 07					
CODIGO VÍA:			ABSCISA FINAL			ÁREA DE MUESTRO (m2)					
VÍA 2 (CARRETERA LAMPA-PALCA)			1 + 350			350.00					
INSPECCIONADO POR:											
BRAYAN QUISPE MAMANI						FECHA:					
N°		DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.				11	Parcheo.					
2	Exudación.				12	Pulimiento de agregados.					
3	Agrietamiento en Bloque.				13	Huecos.					
4	Abultamiento y Hundimiento.				14	Cruce de vía férrea.					
5	Corrugación.				15	Ahuellamiento					
6	Depresión.				16	Desplazamiento.					
7	Grieta de Borde.				17	Grieta Parabólica.					
8	Grieta de reflexión de junta.				18	Hinchamiento.					
9	Desnivel carril/ Berma.				19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grieta Longit. Y Transvers.										
Daño		Sever.	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
10	L	3.14	4.12	3.21	2.04	3.42			15.93	4.55	25
11	L	3.52	3.41	1.89					8.82	2.52	14
15	L	5.31	2.36	1.17	0.2	2.2			11.24	3.21	20
									0.00	0.00	
									0.00	0.00	
									0.00	0.00	
									0.00	0.00	
										VDT	59

valor deducido más bajo	14
valor deducido más alto	25
número máximo de valores deducidos	3

[illegible]

MAX. VDC	50
----------	----

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO	PCI	100
	PCI	50

CONDICIÓN DE PAVIMENTO	REGULAR
------------------------	---------

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI - CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA:		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO		ESQUEMA:				
PUNO/LAMPA		1 + 350		U - 08						
CODIGO VÍA:		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTRO (m2)						
VÍA 2 (CARRETERA LAMPA-PALCA)		1 + 400		350.00						
INSPECCIONADO POR:										
BRAYAN QUISPE MAMANI				FECHA:						
N°	DAÑO									
1	Piel de cocodrilo.		11 Parcheo.							
2	Exudación.		12 Pulimiento de agregados.							
3	Agrietamiento en Bloque.		13 Huecos.							
4	Abultamiento y Hundimiento.		14 Cruce de vía férrea.							
5	Corrugación.		15 Ahuellamiento							
6	Depresión.		16 Desplazamiento.							
7	Grieta de Borde.		17 Grieta Parabólica.							
8	Grieta de reflexión de junta.		18 Hinchamiento.							
9	Desnivel carril/ Berma.		19 Desprendimiento de agregados.							
10	Grieta Longit. Y Transvers.									
Daño	Sever.	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
1	L	0.7	1.19	7.61	3.42		12.92	3.69	8	
15	M	1.12	0.12	3.84			5.08	1.45	19	
6	M	0.84	1.52	6.42	8.78		17.01	4.86	9	
							0.00	0.00		
							0.00	0.00		
							0.00	0.00		
							0.00	0.00		
								VDT	36	

valor deducido más bajo	8
valor deducido más alto	19
número máximo de valores deducidos	3

N°	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	19	9	8			36	3	24
2	19	9	2			30	2	38
3	19	2	2			23	1	42
						0	0	0
						0	0	0

MAX. VDC 42

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI 100
PCI 58

CONDICIÓN DE PAVIMENTO REGULAR



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 22-12-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BRAYAN QUISPE MAMANI
Dirección: COMUNID. CAMPESENA CARABUCO
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74702951
Teléfono: 901 770 826 email: bquispe552@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
MEDIANTE EMPLEO DEL METODO DE INDICE DE CONDICIÓN DEL
PAVIMENTO EN VÍAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): PAVIMENTO FLEXIBLE, EVALUACIÓN, INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
(PCI), MANTENIMIENTO VIAL

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17


Firma de Autor



huella digital

22-12-2025

Fecha