



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN
AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA
DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA – 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA

**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 EN RELACIÓN
AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA
DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA – 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. CESAR GUILLEMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

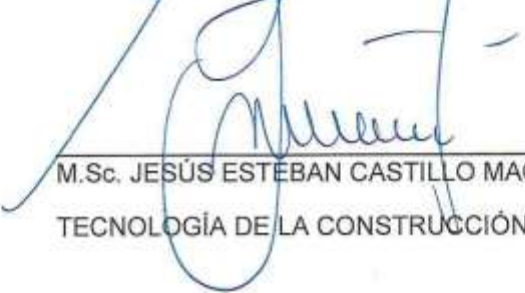
SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**UNIVERSIDAD ANDINA**
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1741-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12853 presentado por el (la) Bachiller: **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA** 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. **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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 él (la) bachiller: **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes 23 de diciembre 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 CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
Investigación



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 928-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 2184 por el señor (a): **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 733-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 088 - 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): **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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° 088 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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 merito 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): **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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.



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. OSCAR V. VIANORTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Momani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 554-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 26 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7000, presentado por el señor (a) **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 421-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 001 -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): **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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° 001 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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 merito 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): **PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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)





EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA – 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

8%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.uct.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA – 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74136076
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-4078-1558
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: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/Efu45rSIHFUPaGBK68
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2025 – Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	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



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Frída Willy Mamani Apaza
DIRECTOR



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA, identificado con DNI

Nro. 74136076, 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 EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO

DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO

FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 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 30 de diciembre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico la presente tesis, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa tan importante de mi formación profesional; a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio diario, quienes han sido el pilar fundamental para alcanzar mis metas personales y académicas; y a mi familia, por su comprensión, aliento y confianza, que me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios, por guiar cada paso de mi formación académica y brindarme la fortaleza necesaria para superar los retos presentados durante el desarrollo de esta investigación; a mi familia, por su apoyo moral, comprensión y motivación constante a lo largo de todo este proceso; y a mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos conocimientos, los cuales fueron fundamentales para la correcta elaboración del presente trabajo.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
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.....	16
1.3 Justificación de la investigación.....	16
1.3.1 Justificación técnica.....	16
1.3.2 Justificación económica	16
1.3.3 Justificación social	17
1.3.4 Justificación ambiental.....	17
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5 Variables e indicadores	18
1.5.1 Variable independiente	18
1.5.2 Variable dependiente.....	19
1.5.3 Variable interviniente	19
1.6 Operacionalización de variables	20



CAPITULO 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 local	26
2.2	Bases teóricas.....	28
2.2.1	Pavimento flexible	28
2.2.1.1	Comparación con los Pavimentos Rígidos.....	29
2.2.1.2	Factores que afectan el Desempeño.	30
2.2.2	Índice de condición del pavimento.	31
2.2.2.1	Cálculo y Clasificación del PCI	31
2.2.2.2	Rangos de Calificación del PCI	32
2.2.2.3	Aplicaciones del PCI.....	33
2.2.2.4	Limitaciones del PCI.....	33
2.2.3	Fallas en los pavimentos	34
2.2.4	Deficiencias en pavimento flexible	38
2.2.5	Tipos de fallas en pavimentos	44
2.2.6	Tipos de deformaciones en pavimentos.....	51
2.3	Marco conceptual	55

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Enfoque de investigación.....	57
3.2	Tipo de investigación.....	57
3.3	Nivel de investigación	58
3.4	Diseño de investigación.....	58
3.5	Método de investigación	59
3.6	Población y muestra	59
3.6.1	Población.....	59
3.6.2	Muestra	59
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.7.1	Técnicas de recolección de datos.....	60



3.7.2 Instrumentos de recolección y análisis de datos	62
3.8 Plan de recolección y procesamiento de datos	63
3.8.1 Etapa I: Ubicación de la vía	64
3.8.2 Etapa II: Inspección visual de las vías	67
3.8.3 Etapa III: Evaluación del estado del pavimento	70
3.8.4 Procesamiento de datos	73
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Resultados previos obtenidos	74
4.1.1 Fallas superficiales y grado del pavimento flexible	74
4.1.2 Nivel de condición superficial del pavimento flexible	87
4.1.3 Plan de mantenimiento de pavimento flexible	98
4.2 Discusión de resultados	103
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	115



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	20
Tabla 2 Ventajas y desventajas.....	30
Tabla 3 Rangos de calificación del PCI.	32
Tabla 4 Progresiva de los tramos analizados del jirón Cahuide	66
Tabla 5 Tipos de fallas superficiales.....	74
Tabla 6 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 1.....	75
Tabla 7 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 2.....	76
Tabla 8 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 3.....	77
Tabla 9 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 4.....	78
Tabla 10 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 5.....	79
Tabla 11 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 6.....	80
Tabla 12 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 7.....	81
Tabla 13 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 8.....	82
Tabla 14 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 9.....	83
Tabla 15 Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 10.....	84
Tabla 16 Resumen de fallas por severidad alta	85
Tabla 17 Resumen de fallas por severidad media	86
Tabla 18 Resumen de fallas por severidad leve	86
Tabla 19 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 1.....	87
Tabla 20 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 2.....	88
Tabla 21 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 3.....	89
Tabla 22 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 4.....	90
Tabla 23 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 5.....	91
Tabla 24 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 6.....	92
Tabla 25 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 7.....	93
Tabla 26 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 8.....	94



Tabla 27 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 9.....	95
Tabla 28 Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 10.....	96
Tabla 29 Resumen de índice de condición de pavimento PCI	97
Tabla 30 Resumen de plan de mantenimiento.....	101



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo del procedimiento paso a paso de PCI	64
Figura 2 Extensión longitudinal del jirón Cahuide	65
Figura 3 Inspección visual del Jr. Cahuide	65
Figura 4 Esquematización de las unidades de muestra del Jr. Cahuide	66
Figura 5 Inicio de inspección visual del Jr. Cahuide	68
Figura 6 Fin de inspección visual del Jr. Cahuide	68
Figura 7 Formato de inspección en campo según manual PCI	73
Figura 8 Densidades de los tipos de falla – tramo 1	75
Figura 9 Densidades de los tipos de falla – tramo 2	76
Figura 10 Densidades de los tipos de falla – tramo 3	77
Figura 11 Densidades de los tipos de falla – tramo 4	78
Figura 12 Densidades de los tipos de falla – tramo 5	79
Figura 13 Densidades de los tipos de falla – tramo 6	80
Figura 14 Densidades de los tipos de falla – tramo 7	81
Figura 15 Densidades de los tipos de falla – tramo 8	82
Figura 16 Densidades de los tipos de falla – tramo 9	83
Figura 17 Densidades de los tipos de falla – tramo 10	84
Figura 18 Tipos de falla con severidad alta - densidades	85
Figura 19 Valores deducidos corregidos - tramo 1	87
Figura 20 Valores deducidos corregidos - tramo 2	88
Figura 21 Valores deducidos corregidos - tramo 3	89
Figura 22 Valores deducidos corregidos - tramo 4	90
Figura 23 Valores deducidos corregidos - tramo 5	91
Figura 24 Valores deducidos corregidos - tramo 6	92
Figura 25 Valores deducidos corregidos - tramo 7	93
Figura 26 Valores deducidos corregidos - tramo 8	94



Figura 27 Valores deducidos corregidos - tramo 9	95
Figura 28 Valores deducidos corregidos - tramo 10	96
Figura 29 Comparativa de niveles de PCI en los tramos evaluados	97



RESUMEN

El presente trabajo “Evaluación de la condición superficial en relación al método americano de inspección y propuesta de plan de mantenimiento del pavimento flexible del jirón Cahuide del distrito de Juliaca 2025”, tiene como objetivo principal evaluar el estado superficial por medio de inspección visual y propuesta de plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide. La metodología del estudio comprende un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental. Los resultados muestran que las fallas de mayor incidencia sobre la vía son Ahuellamiento, Desprendimiento de agregados Desnivel carril/berma, Depresión, Grieta de borde, Depresión, Pulimiento de agregado, Parcheo, Huecos, con densidades elevadas, resultado un índice de condición de pavimento de la vía en general tiene un promedio de 22% que lo califica como muy malo, requiriendo un mantenimiento rutinario inmediato. El estudio concluye que, el PCI se encuentra entre condiciones fallas, muy malas y malas en los 10 tramos evaluados, con un estado general de muy malo, sin embargo, con tramos donde se requiere intervención media, lo que requiere un plan de mantenimiento rutinario de la vía, con sellos asfálticos en fisuras longitudinales y transversales, así como el parcheo de huecos al largo de la vía.

Palabras clave: Condición superficial, pavimento flexible, método PCI, plan de mantenimiento.



ABSTRACT

This study, "Evaluation of Surface Condition in Relation to the American Inspection Method and Proposal for a Maintenance Plan for the Flexible Pavement of Jirón Cahuide in the Juliaca District 2025," aims to evaluate the surface condition through visual inspection and propose a maintenance plan for the flexible pavement of Jirón Cahuide. The study methodology employs a quantitative approach, a descriptive level, and a non-experimental design. The results show that the most prevalent defects on the road are rutting, aggregate spalling, lane/shoulder unevenness, depression, edge cracking, aggregate polishing, patching, and potholes, with high densities. As a result, the overall pavement condition index for the road has an average of 22%, which qualifies it as very poor, requiring immediate routine maintenance. The study concludes that the PCI (Pavement Condition Index) is between poor, very poor, and poor conditions in the 10 evaluated sections, with an overall condition of very poor. However, there are sections where medium intervention is required, which necessitates a routine road maintenance plan, including asphalt seals on longitudinal and transverse cracks, as well as patching potholes along the road.

Keywords: Surface condition, flexible pavement, PCI method, maintenance plan.



INTRODUCCIÓN

La evaluación de pavimentos ha avanzado a nivel mundial hacia metodologías estandarizadas que permiten evaluar con precisión la integridad superficial y estructural de las carreteras. Una de estas herramientas es el PCI, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Actualmente, es una forma común de organizar las inspecciones y el mantenimiento de pavimentos flexibles y rígidos. Muchos países emplean este método para obtener una evaluación cuantitativa y objetiva basada en el tipo, la gravedad y la extensión de las fallas. Esto facilita la toma de decisiones técnicas y la elección de tratamientos en función de su costo-beneficio y sus efectos a largo plazo.

Mantener las carreteras en excelentes condiciones en todo el Perú es un gran problema para el país. Las carreteras urbanas y rurales se deterioran con mayor rapidez debido a factores como el aumento del tráfico, el mal tiempo en ciertas zonas, la falta de recursos y la falta de planes de reparación regulares. Si bien en los últimos años se han realizado esfuerzos para mejorar la gestión vial, aún se necesitan métodos estandarizados como el Índice de Desempeño (IP) para garantizar que las evaluaciones sean precisas, comparables, cumplan con los estándares internacionales y se adapten a las condiciones geotécnicas y climáticas del país.

La calle Cahuide, ubicada en la zona de Juliaca, se encuentra en un estado lamentable y presenta problemas de pavimento que la hacen menos segura, atractiva y útil tanto para vehículos como para personas. Encontrar las soluciones adecuadas ha sido difícil, ya que no se han realizado evaluaciones técnicas periódicas. Esto ha resultado en soluciones provisionales que no abordan el problema real. El uso de la técnica de Construcción Basada en el Desempeño (CBD) en esta vía no solo proporcionará un diagnóstico claro y preciso, sino que también ayudará a elaborar un plan de mantenimiento



que optimice los recursos, prolongue la vida útil del pavimento y contribuya al crecimiento de Juliaca de forma ecológicamente sostenible.

Es por ello que este estudio pretende combinar el conocimiento técnico mundial con las realidades nacionales y las especificidades locales para proporcionar una intervención estratégica basada en datos objetivos y en línea con los principios de eficiencia, seguridad y sostenibilidad en la gestión de pavimentos.

Esta investigación se estructura en cuatro capítulos:

El Capítulo I, que aborda el planteamiento del problema, aborda el problema en su conjunto e identifica cuatro dificultades individuales. También explica el motivo de la investigación y los conceptos que la respaldaron.

El capítulo II, que trata del marco teórico, trata de obtener información sobre los antecedentes, el marco teórico y las ideas básicas que son relevantes al tema en discusión.

El capítulo III, describe los métodos establecidos para esta investigación. Esta metodología es elucidativa y, por lo tanto, se clasifica como investigación aplicada. Se describen las características de la población objetivo y se detalla la muestra, que refleja la ubicación específica del estudio.

El capítulo IV, a continuación, describe los resultados, acompañados de su respectivo análisis. Los hallazgos consisten en estadísticas definitivas que abordan los objetivos especificados y se complementan con una evaluación exhaustiva de las metodologías empleadas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

Muchos países en todo el mundo están teniendo dificultades para mantener sus carreteras en buen estado porque los pavimentos flexibles se están deteriorando más rápidamente, los materiales de asfalto están envejeciendo y el cambio climático está haciendo que los ciclos de humedad y temperatura sean más extremos. Según reportes de organismos especializados en gestión vial, como la Federal Highway Administration (FHWA) en Estados Unidos, hasta un 40 % de las carreteras principales presentan un nivel de serviciabilidad comprometido, lo cual genera sobre costos en el transporte, mayores emisiones contaminantes y una disminución de la competitividad económica. En este escenario, la aplicación de metodologías estandarizadas de inspección, como el PCI, se ha convertido en una herramienta indispensable para la evaluación objetiva y la planificación de mantenimientos oportunos que permitan optimizar recursos y prolongar la vida útil de las infraestructuras viales. (Elhadidy et al., 2021)

Perú enfrenta una grave situación en cuanto al estado de sus vías urbanas y carreteras a nivel nacional. Informes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) indican que más del 35% de la red vial nacional pavimentada se encuentra en condiciones entre regulares y malas, lo que pone en riesgo la movilidad, la seguridad vial

y el crecimiento económico y social de las localidades intermedias. Esta problemática se agrava por la falta de planes de mantenimiento sistemáticos y preventivos, ya que las intervenciones suelen ejecutarse de manera reactiva, una vez que los deterioros alcanzan niveles severos, generando mayores costos de rehabilitación y limitando la eficiencia en la gestión de los recursos públicos destinados a la infraestructura vial. (Ramos, 2020)

La vida útil de los pavimentos en la zona de Puno, especialmente en Juliaca, se está acortando debido a diversos problemas, como el diseño deficiente, el uso de componentes de baja calidad, métodos de construcción inadecuados y un mantenimiento inadecuado. La implementación de un sistema de reparación, en particular para la superficie de la carretera, es el principal objetivo de esta investigación. Se están estudiando diferentes maneras de ayudar a las personas a recuperarse para resolver este problema. El uso de asfalto caliente para reparar el pavimento dañado es una de las soluciones más exitosas que se han sugerido. Es necesario determinar el tipo de suelo en la base del pavimento flexible a la salida de Puno antes de que se pueda finalizar este proyecto. Posteriormente, se analizarán exhaustivamente los problemas superficiales identificados utilizando las metodologías adecuadas. (Morales, 2019)

Esta información se utilizará para crear el procedimiento de aplicación de asfalto caliente para restaurar la capa de asfalto. Es importante recordar que la tecnología de restauración de pavimentos utilizada en Juliaca puede solucionar este problema de forma completa y eficiente. Finalmente, es importante destacar que el tramo en cuestión es la calle Cahuide, con mucho tráfico, por lo que debe repararse de inmediato.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la condición superficial en relación al método americano de inspección y propuesta de plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca 2025?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuáles son los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta el pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca?
2. ¿Cuál es el nivel de condición superficial del pavimento flexible por tramos y a nivel general del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca?
3. ¿Cómo es el plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca?

1.3 Justificación de la investigación.

1.3.1 Justificación técnica

El pavimento flexible es un aspecto clave de la infraestructura vial, ya que mantiene las vías conectadas, facilita la circulación y garantiza la seguridad vial. Pero con el tiempo, factores como el aumento del tráfico, el exceso de peso, el mal tiempo y los problemas de construcción pueden empeorar la situación, lo que puede provocar la degradación de la superficie. Si no se hace nada, el asfalto de la calle Cahuide en Juliaca seguirá deteriorándose, lo que podría afectar la funcionalidad de la vía y reducir su vida útil.

En este escenario, el método de inspección PCI estadounidense es un método científico e imparcial para verificar la integridad de la superficie del pavimento. Este enfoque permite utilizar un método reconocido para determinar el tipo de problemas en la superficie de la carretera, su gravedad y su magnitud. Esta técnica no solo garantiza resultados correctos, sino que también ayuda a priorizar los tratamientos y optimizar los recursos de mantenimiento.

1.3.2 Justificación económica

El pavimento flexible es una gran inversión en la infraestructura de la ciudad, por lo que debe cuidarse periódicamente para garantizar su durabilidad y evitar una

reconstrucción prematura. Si la calle Cahuide en Juliaca no se mantiene, podría deteriorarse mucho más rápido, lo que encarecería considerablemente las reparaciones. Investigaciones en ingeniería vial demuestran que reparar el pavimento dañado puede costar de cuatro a seis veces más que realizar un mantenimiento preventivo a tiempo. Esto hace que la inspección y la evaluación técnica sean una buena manera de ahorrar dinero.

El método de inspección PCI de EE. UU. no solo proporciona un diagnóstico técnico preciso, sino que también optimiza el uso de los recursos financieros al concentrarse en las áreas que requieren atención inmediata y postergar las que pueden esperar para el mantenimiento periódico. Esto evita que las personas gasten demasiado en grandes reparaciones y las anima a utilizar los fondos de infraestructura vial de forma responsable.

1.3.3 Justificación social

La economía, la seguridad y el nivel de vida de una región se ven afectados directamente por el estado de sus carreteras. La calle Cahuide en Juliaca es una vía importante para movilizarse y llegar a servicios cruciales. Su deterioro no solo empeora la imagen de la ciudad, sino que también ralentiza el tráfico, alarga los desplazamientos y aumenta el riesgo de accidentes.

La técnica estadounidense de inspección PCI para verificar la calidad de las superficies del pavimento permite determinar con exactitud qué tipo de imperfecciones presenta, su gravedad y su número. Si conoce estos aspectos técnicos, podrá tomar mejores decisiones sobre el cuidado de su pavimento. Gracias a esto, la seguridad de los vehículos y las personas aumenta de inmediato, ya que se reducen los accidentes causados por baches, reductores de velocidad o superficies resbaladizas.

1.3.4 Justificación ambiental

El cuidado de las carreteras y demás infraestructura es fundamental para el medio ambiente, la economía y la sociedad. El pavimento flexible de la calle Cahuide, en la zona

de Juliaca, se está deteriorando, lo que tiene consecuencias indirectas para el medio ambiente. Por ejemplo, el desgaste de la superficie de la carretera permite la entrada de más partículas nocivas al aire, los baches y desniveles en la carretera generan más ruido, y se acumula polvo y escombros, lo que empeora la calidad del aire.

El método de inspección PCI de EE. UU. puede ayudar a detectar fallas existentes y planificar el mantenimiento necesario. Esto ayudará a evitar reparaciones imprevistas importantes, que suelen consumir más recursos naturales, energía y materiales. Esto, a su vez, reduce el impacto ambiental en el transporte y la fabricación de agregados y ligantes asfálticos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el estado superficial por medio de inspección visual y propuesta de plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta el pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca.
2. Determinar el nivel de condición superficial del pavimento flexible por tramos y a nivel general del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca.
3. Proponer un plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca.

1.5 Variables e indicadores

1.5.1 Variable independiente

Método americano de inspección



Indicadores:

- Tipo de falla
- Severidad
- Cantidad

1.5.2 Variable dependiente

Condición superficial de pavimento flexible

Dimensiones:

- Tipo de falla
- Severidad de fallas
- Clasificación del estado

1.5.3 Variable interviniente

Propuesta de alternativas de solución

Indicadores:

- Reconstrucción
- Rehabilitación
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento rutinario

1.6 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable de caracterización	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
1. Método americano de inspección	Es una metodología estandarizada (ASTM) para evaluar la integridad estructural y operativa de carreteras, asignando un valor numérico (0-100) que indica su estado y planifica mantenimientos.	PCI	Tipo de falla Severidad Cantidad	0 - 100	Ficha de PCI	Ordinal
2. Condición superficial del pavimento flexible	Es el estado físico de la superficie del pavimento flexible, evaluado mediante la identificación, cuantificación y severidad de fallas, cuyo resultado final se expresa mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI).	Tipo de falla Severidad de fallas Clasificación del estado	Tipo de falla según ASTM D6433 Baja, Media, Alta Excelente, Muy bueno, Bueno, Regular, Malo, Muy malo, Fallado	Registro de fallas Clasificación Categoría final	Ficha PCI Ficha PCI Tabla PCI – ASTM	Nominal Ordinal Ordinal
Variable de interés	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
Propuesta de plan de mantenimiento	Son las acciones técnicas recomendadas para mejorar el estado superficial del pavimento según el nivel de deterioro identificado mediante el PCI.	Tipo de mantenimiento	Reconstrucción Rehabilitación Mantenimiento correctivo Mantenimiento preventivo Mantenimiento rutinario.	Clasificación técnica	Tabla PCI	Nominal

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según González et al. (2019), en su investigación titulada "Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI)", se describe que una vía pavimentada, al entrar en funcionamiento, está expuesta constantemente a múltiples factores de deterioro. Entre estos destacan las cargas dinámicas originadas por el tránsito vehicular continuo, así como las variaciones ambientales asociadas a las condiciones climáticas locales. Estas influencias actúan de forma progresiva sobre los componentes del pavimento, afectando tanto sus características físicas como su funcionalidad, lo cual repercute negativamente en su capacidad estructural y en la calidad de rodadura, reduciendo así la seguridad y comodidad de los usuarios. Este estudio ofrece un amplio análisis bibliográfico destinado a identificar, evaluar y comparar las diversas metodologías utilizadas para evaluar el estado de los pavimentos flexibles, con especial énfasis en los indicadores globales que cuantifican la condición superficial del pavimento. Uno de los métodos más conocidos y utilizados para verificar el estado del pavimento es el Índice de Condición del Pavimento (ICP). Este se realiza detectando y registrando problemas evidentes periódicamente. La técnica ICP se

empleó en un tramo de la Carretera Central que discurre entre los distritos de Seminario Bautista y Loma la Cruz. Este tramo forma parte de la histórica Carretera del Cobre. Esta tecnología se empleó de forma práctica para obtener un diagnóstico técnico completo del estado actual del pavimento en esta zona. La escala PCI reveló que la carretera examinada se encontraba en condiciones "regulares". Esto significa que presenta daños leves, pero que deben repararse de inmediato para evitar que se agraven. Este estudio demuestra la necesidad de evaluaciones frecuentes y sistemáticas para facilitar la toma de decisiones técnicas sobre el mantenimiento y la rehabilitación de las carreteras. Esto conducirá a métodos de conservación más eficaces y duraderos que prolongarán la vida útil del pavimento y lo mantendrán en buen estado.

Andrade et al. (2021), en su estudio titulado "Efectos de la variabilidad inicial de los datos en el índice de condición del pavimento y la predicción de su deterioro", investigan la influencia de la heterogeneidad de los datos recopilados en campo en la evaluación del PCI y la precisión de los modelos de predicción de degradación. Buscan utilizar el coeficiente de variación de Pearson como herramienta estadística para determinar el grado de impacto de esta variabilidad. Numerosos estudios se centran en los métodos de evaluación de pavimentos y el desarrollo de modelos de predicción; sin embargo, pocas investigaciones han investigado rigurosamente la influencia de la subjetividad del evaluador en los resultados. Este estudio desarrolló un instrumento de evaluación estandarizado utilizando la metodología PCI para optimizar la recopilación de datos durante las inspecciones. La investigación empleó una técnica de doble ciego, con veinte especialistas en evaluación de pavimentos, para analizar la fiabilidad de los hallazgos y la variabilidad de los datos obtenidos. Las investigaciones demostraron que la principal razón de las diferencias reside en la forma en que se detectan y agrupan los defectos del pavimento. Inicialmente, se registraron diecinueve tipos distintos de daños. Se empleó el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) para ordenar los datos de forma que hubiera menos fluctuaciones y los diagnósticos fueran más precisos. Esta estrategia tuvo en cuenta



factores importantes como la frecuencia, la gravedad y la probabilidad de ocurrencia de cada problema. En consecuencia, se seleccionaron los nueve tipos de daño más indicativos, lo que redujo significativamente la variabilidad de los datos. Esto aumentó la precisión del índice PCI y ayudó al modelo de degradación a predecir mejor los daños futuros. Esto facilitó la toma de decisiones sobre estrategias de intervención de mantenimiento, que fueron más rápidas y precisas.

Según Elhadidy et al. (2021), en su estudio titulado "Un modelo simplificado de regresión del índice de condición del pavimento para la evaluación del pavimento", Sugieren una nueva forma de utilizar las matemáticas para conectar el PCI y el IRI, dos de las medidas de calidad de la superficie vial más utilizadas en el mundo. El estudio usa una base de datos del LTPP para desarrollar un modelo de regresión que permite predecir el PCI mediante los valores del IRI. El análisis se realizó utilizando registros de deterioros superficiales extraídos de 1,448 secciones pavimentadas, abarcando un total de 12,744 puntos de datos distribuidos entre estudios específicos (SP) y estudios generales (GPS). De esta base, se seleccionaron 1,208 secciones (10,868 datos) para construir el modelo y las 240 secciones restantes (1,876 datos) para su validación. El modelo resultante mostró una correlación muy fuerte entre PCI e IRI, ajustándose de forma óptima a una función sigmoide con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.995, lo que evidencia un nivel excepcional de precisión y fiabilidad. Asimismo, el sesgo en las predicciones fue mínimo, y la validación externa reafirmó la solidez del modelo, alcanzando un R^2 de 0.992. A partir de estos resultados, se desarrolló un sistema de clasificación de la condición del pavimento basado en el IRI, que ofrece evaluaciones equiparables a las del método PCI, lo que lo convierte en una alternativa técnica viable, práctica y de amplio alcance para los gestores de infraestructura vial.

2.1.2 Antecedente nacional

Según Mundaca (2019) llevó a cabo la investigación titulada “Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI, en las calles del distrito de Chóchope, Lambayeque”, donde se enfocó en el análisis del comportamiento del pavimento rígido instalado en dicho distrito. En el Perú, la normativa técnica establece que las estructuras de pavimento rígido deben diseñarse para una vida útil promedio de 20 años, bajo el cumplimiento de procedimientos constructivos específicos y especificaciones técnicas establecidas en los expedientes técnicos. Sin embargo, en la práctica, se observa frecuentemente el incumplimiento de estos lineamientos por parte de los contratistas o entidades ejecutoras, lo que conduce a la aparición de defectos prematuros en la superficie del concreto. El objetivo es evaluar objetivamente el estado de los pavimentos existentes en una superficie de 21.766,38 m² mediante una técnica descriptiva de dos fases que incluyó trabajo de campo y análisis en la oficina. El primer paso consistió en examinar el pavimento y registrar cualquier daño observable, clasificándolo por tipo y gravedad. El enfoque PCI se utilizó para analizar los datos recopilados en la segunda etapa. Esto se realizó de acuerdo con la norma ASTM D6433, que establece las normas para la evaluación de pavimentos rígidos. Como resultado, se obtuvo un inventario detallado de fallas, el cual sirvió de base para elaborar propuestas de mantenimiento correctivo. Asimismo, se estimó el presupuesto necesario para intervenir adecuadamente en los sectores más críticos, con el fin de prolongar la durabilidad del pavimento y mejorar el servicio que presta la infraestructura vial a la población de Chóchope.

Según Ugaz (2020), en su estudio denominado “Evaluación de fallas mediante el método índice de condición de pavimento para rehabilitación del pavimento flexible. Caso: Av. Perú cdra. 42–51, Callao, 2020”, se propuso identificar el estado superficial del pavimento flexible en el tramo comprendido entre las cuadras 42 y 51 de la avenida Perú, con el fin de plantear alternativas viables de rehabilitación. Para ello, se aplicó el método PCI como herramienta principal de evaluación, debido a su alta confiabilidad, precisión y

respaldo normativo, ya que está alineado con los estándares de la ASTM. El análisis desarrollado permitió determinar que el pavimento de dicho sector se encontraba en condiciones favorables, obteniendo un índice PCI de 70, el cual corresponde a una clasificación "buena". Este valor indica que el pavimento presentaba un desgaste superficial mínimo, manteniendo su capacidad funcional y estructural, por lo que aún no requería una intervención mayor. Sin embargo, el estudio enfatiza la importancia de establecer un programa preventivo de mantenimiento periódico que contemple inspecciones regulares y correctivos menores, con el objetivo de conservar el buen estado de la vía por más tiempo. Asimismo, se hizo hincapié en la necesidad de monitorear las actividades urbanas o económicas desarrolladas en la zona que puedan acelerar el deterioro del pavimento, promoviendo una gestión integral del entorno y su infraestructura vial.

Según Bernedo y Diaz (2024), en su investigación "Deterioro de la carpeta asfáltica y el uso de granos de caucho reutilizable para el mejoramiento del pavimento flexible en la avenida Panamericana, Kennedy del distrito de Ilo en la región de Moquegua", El objetivo del proyecto de estudio es evaluar la degradación de la capa asfáltica a lo largo de un tramo de 1,5 km de doble calzada, con un ancho de carril de 6,6 metros. Esto permitirá el análisis, la evaluación y la aplicación de nuevos recursos para la aplicación y/o mejora del pavimento en la Carretera Panamericana Kennedy. Para descubrir las diferentes fallas del pavimento, se busca evaluar su análisis estructural y funcional utilizando métodos como el PCI. Además, el estudio busca determinar los efectos de la inclusión de gránulos de caucho reciclado en el diseño de la mezcla asfáltica del pavimento flexible. Es importante destacar que el uso de gránulos de caucho reciclado forma parte de una estrategia para reutilizar los residuos sólidos de neumáticos viejos y mejorar el diseño de la mezcla. Mediante el método PCI, se realizaron diversas pruebas de control y evaluación para determinar el funcionamiento del pavimento y las mejores opciones para solucionarlo. En campo, se recopilaron datos pertinentes, registrando la cantidad, la clasificación y la gravedad de

cada problema identificado. Se emplearon 26 PAV (13 PAV por cada carril) para determinar la integridad estructural (IP) del pavimento mediante el método PCI. El IP promedio para todo el carril izquierdo fue de 39,71, lo que significa que estaba en mal estado. El IP promedio para todo el carril derecho fue de 54,59, lo que significa que estaba en buen estado. Añadir gránulos de caucho reciclado, un material que mejora considerablemente la calidad de la mezcla, es una forma de resolver el problema. El enfoque de IP se utilizó para realizar una serie de experimentos de control y evaluación sobre las características del pavimento flexible con el fin de obtener estos hallazgos. Al decidir si construir un nuevo pavimento o mantener el pavimento existente, estos hallazgos fueron esenciales.

2.1.3 Antecedente local

Según Manrique (2024), en su estudio titulado "Evaluación superficial del pavimento flexible con el método del índice de condición del pavimento mediante la fotogrametría aérea de la Vía Lampa – Caracara de la Región Puno", plantea una innovadora propuesta metodológica para el análisis de la condición superficial de pavimentos mediante el uso de tecnología de vehículos aéreos (UAV o drones), combinada con la metodología PCI. El objetivo fue realizar una evaluación precisa del estado del pavimento flexible de la vía que conecta las localidades de Lampa y Caracara, en la región Puno, haciendo uso de técnicas fotográficas aéreas que permitan recopilar información sin alterar el entorno físico del pavimento. El diseño de investigación fue de tipo descriptivo, centrándose en identificar los daños superficiales presentes, tales como agrietamientos transversales y longitudinales, deterioro tipo "piel de cocodrilo", desprendimientos de agregados, baches y parches mal ejecutados. El trabajo de campo convencional arrojó un valor PCI de 16.12, clasificado como "muy malo" o en condición catastrófica. Simultáneamente, el análisis realizado mediante fotogrametría aérea con un dron operando a una altitud de 35 metros produjo un resultado similar, con un PCI de 15.42. Esta estrecha comparación de los hallazgos demostró que la técnica basada en drones fue muy fiable y precisa, con una tasa de precisión del 92,54 % en comparación con el método

anterior. Los resultados indican que los drones son un método rápido, eficaz y no invasivo para diagnosticar técnicamente el estado del pavimento. Debido al alto nivel de daños detectado, la investigación sugiere que una intervención completa debería ser la máxima prioridad en la parte estudiada. Esto debería incluir la reconstrucción de la estructura y la restauración completa de la carretera. También sugiere la elaboración de estrategias de conservación y mantenimiento correctivo para garantizar la máxima durabilidad del pavimento y su seguridad, operabilidad y utilidad.

Según Paucar (2019), en su investigación titulada "Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno", Este documento analiza la importancia de la infraestructura vial para el crecimiento social y económico de un país. Las carreteras son importantes porque facilitan el transporte de personas, bienes y servicios a sus destinos de forma rápida y económica, a la vez que mejoran la comunicación entre zonas. Sin embargo, estas infraestructuras se ven afectadas por factores como el uso continuo, el clima y la falta de mantenimiento, lo cual disminuye progresivamente su desempeño estructural y funcional. En el caso específico de la ciudad de Puno, se ha identificado una problemática evidente relacionada con el progresivo deterioro de la transitabilidad urbana, principalmente causado por una gestión deficiente y poco sistematizada del mantenimiento vial. Ante este escenario, la investigación de Morales Colca buscó evaluar el estado de la superficie de dos vías urbanas representativas, la Avenida Floral y el Jr. Carabaya, empleando dos metodologías técnicas complementarias: el PCI y el VIZIR. El objetivo era determinar qué tipos de daños existían, su gravedad y sugerir medidas técnicas de reparación adecuadas para el estado de cada vía. El carril izquierdo de la Avenida Floral tenía un ICP de 49,35 y el carril derecho un ICP de 41,91, lo que significa que la vía estaba en buen estado. El índice VIZIR complementario arrojó las mismas calificaciones de 3 y 4, lo que demuestra que habían empeorado mucho. Entre las principales patologías detectadas figuran baches,

agrietamiento tipo “piel de cocodrilo” y múltiples intervenciones superficiales mal ejecutadas. Como solución, se propone implementar un plan de mantenimiento integral que incluya trabajos rutinarios y periódicos —especialmente antes del inicio de la temporada de lluvias— como sellado de fisuras, reparaciones superficiales y profundas, reposición de capas deterioradas y reconfiguración de la señalización horizontal. Esta estrategia requeriría una inversión aproximada de S/. 119,118.50. En cuanto al Jr. Carabaya, pavimentado con concreto rígido, el análisis reveló un PCI promedio de 67.30, lo cual lo ubica dentro de una condición “buena”. Las principales fallas identificadas fueron losas fracturadas, presencia de grietas lineales y reparaciones puntuales. Para conservar su buen estado, se recomienda un mantenimiento rutinario continuo y uno periódico previo a épocas de precipitaciones. Las acciones sugeridas incluyen el sellado de juntas y grietas y la renovación de señalización horizontal, estimándose un presupuesto de S/. 268,670.23.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Pavimento flexible*

Son sistemas de construcción vial que consisten en capas sucesivas diseñadas para distribuir las cargas vehiculares hacia las capas inferiores, o subrasante. Pérez (2020). Su diseño es especialmente adecuado para áreas donde se espera un tránsito vehicular pesado, pero donde el costo y el mantenimiento de los pavimentos rígidos no son viables.

El pavimento flexible se compone de varias capas que trabajan juntas para proporcionar la estabilidad y durabilidad necesarias. Estas son:

La capa superior del pavimento flexible es la capa asfáltica, también llamada asfalto en caliente. Esta capa se fabrica calentando asfalto y áridos como arena, grava y piedra triturada a temperaturas extremadamente altas. Esta capa debe ser resistente al agua y al desgaste del vehículo. (González et al., 2019). Dependiendo de las necesidades del

proyecto, la capa asfáltica puede tener un espesor de entre 3 y 7 cm. Esto depende del tipo de terreno y del tráfico previsto.

Base granular: Es la capa de materiales triturados, como piedra, grava y arena, que se encuentra debajo de la capa asfáltica. Esta capa es importante porque proporciona al pavimento su soporte estructural fundamental y distribuye el peso a las capas inferiores. Los materiales utilizados en esta capa deben ser de alta calidad para que el pavimento pueda soportar el tráfico. Ramírez (2020) afirma que una cimentación granular mal compactada o de mala calidad puede restar estabilidad al pavimento, lo que aumenta su probabilidad de fractura o deformación.

Subbase: A veces se coloca una subbase debajo de la base granular. Esta capa puede no ser necesaria, dependiendo del diseño y el tipo de terreno. Esta capa conecta la base con la subrasante, fortaleciendo el pavimento y ayudando a distribuir la tensión de la conducción (Martínez, 2021). El grosor y la composición de la subbase también pueden variar según las necesidades del proyecto. Pero la mayoría de las veces, se utiliza grava o arena para crear una capa uniforme y compacta.

Subrasante: Es el suelo que soporta el peso de las capas superiores. Puede ser creado por la naturaleza. La resistencia de la subrasante debe tenerse en cuenta al construir pavimentos, ya que influye directamente en su durabilidad. La arcilla, la arena o la grava son los tipos de suelo natural más comunes para construir subrasantes. Sin embargo, en ocasiones es necesario reforzar la subrasante mediante tratamientos específicos, como la estabilización con cal o cemento (Torres, 2021).

2.2.1.1 Comparación con los Pavimentos Rígidos

Una de las mejores cosas de los pavimentos flexibles es que pueden soportar pequeños cambios en el suelo. Esta flexibilidad les permite resistir mejor los efectos de movimientos del suelo y de cargas vehiculares sin desarrollar grietas o fisuras, lo que los hace más adecuados para terrenos con características menos estables Hernández et al.,

(2020). Sin embargo, a pesar de su flexibilidad, los pavimentos flexibles tienen limitaciones en términos de vida.

Tabla 2

Ventajas y desventajas.

Característica	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Material	Asfalto + agregados	Hormigón de cemento Portland
Flexibilidad	Se adapta a deformaciones menores	Mayor rigidez, susceptible a grietas
Costo inicial	Menor	Mayor
Mantenimiento	Frecuente (grietas, baches)	Menos frecuente (pero costoso)
Vida útil	10-15 años (depende del tránsito)	20-30 años

El costo inicial de los pavimentos flexibles suele ser menor en comparación con los pavimentos rígidos, lo que los convierte en una opción atractiva para proyectos con presupuesto limitado González (2020). Sin embargo, es necesario un mantenimiento regular para este tipo de pavimento, debido a que las capas asfálticas pueden deteriorarse más rápidamente, especialmente en áreas con climas extremos o donde el tráfico es muy pesado. Por otro lado, los pavimentos rígidos, aunque más caros inicialmente, tienen una vida útil más prolongada. Pérez (2020).

2.2.1.2 Factores que afectan el Desempeño.

Hay algunos factores que afectan el funcionamiento de los pavimentos flexibles y algunos de ellos se detallan aquí:

Carga Vehicular: La longevidad de los pavimentos flexibles se ve afectada en gran medida por el tráfico pesado, especialmente camiones y autobuses. Estos vehículos generan esfuerzos adicionales sobre las capas del pavimento, acelerando la fatiga del material, lo que puede dar lugar a grietas, baches y otros tipos de daño estructural Hernández (2021). Para garantizar que las capas sean lo suficientemente robustas, un buen diseño del pavimento debe tener en cuenta la frecuencia y el peso de los vehículos.

Clima: El clima influye considerablemente en el funcionamiento de los pavimentos.

Cuando llueve mucho, el agua puede penetrar en las capas del pavimento, lo que puede debilitar la estructura. Además, el calor puede ablandar el asfalto, lo que lo hace más propenso a fracturarse y flexionarse (Martínez, 2021). Los pavimentos flexibles deben construirse para resistir las condiciones climáticas locales, utilizando mezclas asfálticas que funcionen bien en los climas muy cálidos y muy fríos de la zona.

Calidad de los materiales: La unión entre los áridos y el asfalto es fundamental para la durabilidad del pavimento. Si los materiales no se adhieren correctamente, pueden descomponerse con el tiempo, lo que puede provocar baches y otras dificultades (González et al., 2020). Otro factor importante es la densidad de compactación. Si las capas inferiores no están bien compactadas, podrían no soportar el tráfico, lo que podría provocar la deformación del pavimento.

2.2.2 Índice de condición del pavimento.

El Índice de Estado del Pavimento (PCI) es una forma útil de determinar el estado del pavimento. Este índice proporciona un número que permite agrupar los pavimentos según el estado de su superficie y estructura. Esto facilita la decisión de qué reparaciones realizar. El estado y la estructura del pavimento dependen de varios factores, como la cantidad de tráfico y la calidad de los materiales utilizados en su construcción. El PCI clasifica los pavimentos en varios grupos según su aspecto, desde los que están en buen estado hasta los que están completamente desgastados. González et al. (2020).

2.2.2.1 Cálculo y Clasificación del PCI

Se basa en una evaluación visual del deterioro de la superficie del pavimento. Este índice considera tres aspectos básicos: el tipo de daño, su gravedad y su extensión. La clase de daño indica el tipo de daño en el pavimento, incluyendo grietas, baches o pérdida de agregado. La gravedad se refiere a la profundidad o amplitud del daño, mientras que la extensión se refiere a la extensión de la región afectada.

El cálculo del PCI utiliza un método que considera estos tres aspectos y otorga una puntuación de 0 a 100. Una puntuación de 100 significa que el pavimento está en excelente estado. Una puntuación de 0 significa que la reparación fue deficiente (Martínez et al., 2021). Esta herramienta puede ayudarle a identificar las partes del pavimento que necesitan reparación inmediata.

2.2.2.2 Rangos de Calificación del PCI

El PCI cuenta con una lista completa de criterios que muestran el estado del pavimento. La siguiente tabla muestra varias categorías que facilitan el análisis rápido de un pavimento:

Tabla 3

Rangos de calificación del PCI.

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

Nota. Manual de PCI. P3

Esta escala muestra que los pavimentos con un PCI entre 100 y 85 son excelentes, lo que significa que están en muy buenas condiciones para el tráfico y no tienen daños importantes. Los pavimentos con una antigüedad de entre 70 y 85 años se encuentran en excelente estado y solo presentan daños menores, como grietas superficiales, que pueden repararse con un mantenimiento regular. Por otro lado, los pavimentos con un PCI entre 55 y 70 se consideran en excelente estado y solo requieren reparaciones menores para evitar su deterioro.

Cuando el PCI cae por debajo de 55, el pavimento comienza a caer en la categoría regular. Esto significa que el daño es mayor y requiere mayor esfuerzo, como reparación o repavimentación. El pavimento se considera deficiente cuando el valor del PCI cae por

debajo de 40 y 25. Esto sugiere que requiere mayor esfuerzo para repararlo, e incluso podría ser necesario reconstruir parte del mismo. Por último, si el PCI es inferior a 25, el pavimento está en muy mal estado o roto, lo que significa que la infraestructura está completamente deteriorada y debe ser reemplazada o reconstruida. Ramírez (2021).

2.2.2.3 Aplicaciones del PCI

El PCI tiene múltiples aplicaciones en la gestión de pavimentos. Las principales incluyen:

Planificación de Mantenimiento: El PCI es crucial para priorizar intervenciones de mantenimiento. A medida que el índice disminuye, las reparaciones se vuelven más urgentes, y se deben tomar decisiones sobre el tipo de acción a realizar, ya sea un sellado de grietas, un parcheo o un recapeo completo González (2020).

El PCI también es útil para determinar cómo invertir dinero y elaborar planes. Permite a los responsables de la infraestructura vial seleccionar qué pavimentos necesitan reparación inmediata y cuáles pueden esperar hasta la próxima evaluación. Martínez et al. (2021).

Vigilancia del estado del pavimento a lo largo del tiempo: Se puede controlar la evolución del PCI revisándolo con frecuencia. Esto permite estimar su vida útil y programar reparaciones con antelación. Torres (2020).

2.2.2.4 Limitaciones del PCI

El PCI es útil y popular, pero presenta varios problemas que deben considerarse. El PCI depende de la capacidad de visión del evaluador, que puede variar según la persona. Además, el PCI solo analiza el estado de la superficie del pavimento y no ofrece una visión completa de los problemas estructurales internos, como la posible curvatura de las capas subyacentes o la posible acumulación de fatiga estructural con el tiempo (González et al., 2020). Para obtener una mejor imagen, lo ideal es utilizar el PCI junto con otros métodos, como el análisis de deflexión o la monitorización de la textura superficial.

2.2.3 Fallas en los pavimentos

2.2.3.1. Concepto de falla en pavimentos

Cuando un pavimento falla, pierde parte o la totalidad de sus características estructurales o funcionales, lo que significa que no puede cumplir su función de brindar una superficie segura y atractiva para el tráfico. Las fallas pueden manifestarse en la superficie, afectando principalmente la textura y la regularidad, o pueden ocurrir en el interior, reduciendo la estabilidad de la estructura. El diseño, los métodos de construcción, los materiales, la carga o el clima podrían ser los responsables de su aparición. (Andrade et al., 2021)

2.2.3.2. Clasificación general de fallas en pavimentos

Aranibar y Saavedra (2019) afirman que existen tres tipos principales de fallas que pueden ocurrir con los pavimentos:

- Estructurales: Asociadas a la pérdida de capacidad portante de alguna de las capas.
- Superficiales: Ligadas a la degradación de la carpeta asfáltica sin afectar la estructura subyacente.
- Funcionales: Relacionado con la pérdida de comodidad, seguridad y fricción.

2.2.3.3. Fallas estructurales en pavimentos

Algunas de ellas son fracturas por fatiga, ahuellamientos severos, hundimientos y deformaciones permanentes. Estas fallas implican que las capas inferiores se deterioran, lo que reduce la resistencia del pavimento. Para solucionarlas, generalmente es necesario rehabilitarlas o reconstruirlas parcialmente, ya que los tratamientos superficiales por sí solos no funcionan. (Castro et al. 2023)

2.2.3.4. Fallas superficiales y funcionales en pavimentos

Algunos defectos superficiales incluyen pérdida de áridos, pulido, exudación de aglutinante y pequeñas grietas. Los defectos funcionales se manifiestan como una rugosidad excesiva, pérdida de adherencia y un menor coeficiente de fricción, todo lo cual reduce la seguridad de la carretera. No siempre dañan el edificio, pero sí reducen su calidad de servicio y aceleran el proceso de deterioro. (Castro et al. 2023)

2.2.3.5. Causas primarias de deterioro en pavimentos

Los principales culpables son un mal diseño estructural, una mala elección de materiales, una construcción deficiente y un exceso de vehículos en circulación. Estos factores afectan directamente la capacidad del pavimento para soportar peso y su durabilidad, por lo que es importante realizar un control de calidad en cada etapa para evitar fallas prematuras. (Castro et al. 2023)

2.2.3.6. Factores secundarios que aceleran el deterioro

Se incluyen el drenaje deficiente, la acción de agentes químicos, la vegetación invasiva y el mal uso de la vía. Aunque no originan las fallas, actúan como catalizadores que aceleran su propagación y aumentan los costos de rehabilitación. (Castro et al. 2023).

2.2.3.7. Influencia del tránsito y sobrecargas en la aparición de fallas

El tránsito pesado y las sobrecargas producen esfuerzos repetidos que inducen fatiga en la carpeta asfáltica y deformaciones acumulativas en las capas granulares y la subrasante. El daño es acumulativo y se intensifica de forma exponencial cuando las cargas superan las previstas en el diseño. (Elhadidy et al., 2021).

2.2.3.8. Impacto de las condiciones climáticas en la degradación del pavimento

Las variaciones de temperatura, humedad y radiación solar afectan tanto el ligante asfáltico como las capas granulares. En climas cálidos, el asfalto se reblandece,

aumentando el riesgo de ahuellamiento; en climas fríos, se vuelve frágil y propenso a fisuras. La humedad favorece la pérdida de soporte en la subrasante y la desintegración de agregados. (Elhadidy et al., 2021)

2.2.3.9. Efectos del envejecimiento del ligante asfáltico

Con el tiempo, el asfalto pierde sus aceites volátiles por oxidación, volviéndose más rígido y quebradizo. Este proceso incrementa la susceptibilidad a la fisuración y reduce la flexibilidad necesaria para absorber deformaciones. El envejecimiento prematuro puede deberse a altas temperaturas de mezclado, exposición prolongada al sol o a la presencia de contaminantes. (Fernandez y Jimenez, 2021)

2.2.3.10. Proceso de formación de ahuellamientos

El ahuellamiento en la zona de rodadura causada por la deformación plástica de las capas del pavimento, especialmente en la carpeta y la base. Se produce por una combinación de tránsito repetitivo, temperaturas elevadas y materiales con baja calidad a la deformación. (Fernandez y Jimenez, 2021)

2.2.3.11. Mecanismo de aparición de grietas por fatiga

Las grietas por fatiga se originan cuando las tensiones repetidas de tracción en la parte inferior de la carpeta superan su límite de resistencia, generando microfisuras que se propagan y coalescen en patrones típicos de "piel de cocodrilo". Este proceso se acelera con sobrecargas y mala compactación. (Suárez, 2022)

2.2.3.12. Fenómenos de desprendimiento de agregados y pérdida de textura superficial

Ocurre cuando el ligante pierde su capacidad de adhesión o cohesión, provocando que los agregados se desprendan. Esto reduce la fricción superficial, incrementa el riesgo

de accidentes y facilita la penetración de agua, lo que acelera el deterioro estructural.

(Suárez, 2022)

2.2.3.13. Fallas por humedad y daños asociados al drenaje deficiente

La humedad es uno de los agentes más destructivos del pavimento flexible. Cuando se infiltra en las capas inferiores, disminuye la resistencia al corte y provoca bombeo de finos, erosión interna y pérdida de soporte. Un drenaje inadecuado acelera estos procesos.

(Mundaca, 2019)

2.2.3.14. Métodos de inspección visual en pavimentos

La inspección visual es una técnica fundamental para identificar fallas. Consiste en recorrer la vía, registrar el tipo, severidad, y documentar su ubicación. Puede complementarse con fotografías, videos y uso de drones para áreas extensas. (Mundaca, 2019).

2.2.3.15. Clasificación de severidad y extensión de fallas

Las fallas se clasifican en baja, media y alta severidad, dependiendo de su profundidad y afectación a la seguridad. Esta clasificación es esencial para determinar la urgencia y tipo de tratamiento requerido. (Mundaca, 2019).

2.2.3.16. Indicadores técnicos para evaluar el nivel de deterioro (PCI, IRI, PSI)

Según Hasrudin y Maha (2024), sostiene que:

- PCI (Pavement Condition Index): Evalúa el estado superficial en una escala de 0 a 100.
- IRI (International Roughness Index): Mide la regularidad longitudinal en m/km.

- PSI (Present Serviceability Index): Relaciona condición estructural y confort del usuario.

Estos indicadores permiten establecer planes de mantenimiento basados en criterios cuantitativos.

2.2.3.17. Importancia de la identificación de fallas para el mantenimiento vial

Detectar fallas en sus etapas iniciales permite aplicar tratamientos de bajo costo y alta efectividad, evitando que se transformen en problemas estructurales mayores. La identificación temprana es un pilar de la gestión vial moderna, ya que prolonga la vida del pavimento y optimiza el uso de recursos. (Gonzales et al., 2019)

2.2.4 Deficiencias en pavimento flexible

2.2.4.1. Definición

Una deficiencia en pavimento flexible se entiende como la condición en la cual el pavimento deja de cumplir total o parcialmente los estándares funcionales o estructurales para los que fue diseñado, sin necesariamente haber llegado al colapso total o a una falla irreparable. Puede presentarse en forma de irregularidades, pérdida de capacidad portante, deterioro de la textura superficial, reducción de fricción, entre otros aspectos. Esta definición es más amplia que la de "falla", pues una deficiencia puede ser corregida oportunamente antes de que evolucione a un estado crítico, extendiendo así la vida del pavimento y optimizando los costos de mantenimiento. (Gonzales et al., 2019).

2.2.4.2. Diferencia entre deficiencia, deterioro y falla en pavimentos

Aunque estos términos suelen emplearse de forma intercambiable, en ingeniería vial tienen significados específicos. El deterioro es la pérdida gradual de la calidad o el rendimiento del pavimento con el tiempo debido a las cargas repetitivas, el clima y el envejecimiento de los materiales. La deficiencia es el signo visible de esta degradación en

una etapa intermedia, cuando las condiciones funcionales o estructurales comienzan a deteriorarse. La falla, por otro lado, se produce cuando el pavimento ya no puede cumplir su función sin un trabajo intensivo. Esta diferencia es fundamental, ya que una buena gestión vial debe centrarse en solucionar los problemas mientras el pavimento se encuentra en la etapa deficiente, lo cual resulta menos costoso que reparar una falla completa. (Freire, 2024)

2.2.4.3. Clasificación general de deficiencias en pavimentos flexibles

Existen tres tipos básicos de problemas que pueden presentarse con los pavimentos flexibles: estructurales, funcionales y superficiales. Las deficiencias estructurales reducen la capacidad del pavimento para soportar peso, las deficiencias funcionales lo hacen menos cómodo para los usuarios, y las deficiencias superficiales hacen que la capa de rodadura sea menos resbaladiza e impermeable. Esta categorización permite clasificar los tratamientos según el grado en que cada tipo de deficiencia afecta el funcionamiento de la carretera y la durabilidad del pavimento. (Freire, 2024)

2.2.4.4. Deficiencias estructurales

Estos problemas reducen la resistencia del pavimento y su capacidad para soportar peso. Se producen deformaciones persistentes, pérdida de soporte en niveles inferiores, agrietamiento por fatiga y colapso localizado. Estas dificultades se deben principalmente a un mal diseño, un peso excesivo en el vehículo o problemas con la subrasante. Puede ser más difícil detectarlas al principio, lo que dificulta su detección temprana y aumenta la probabilidad de que empeoren rápidamente (Freire, 2024).

2.2.4.5. Deficiencias funcionales

Estas fallas hacen que el pavimento sea menos útil para el usuario, pero no necesariamente implican que la construcción se desmorone de inmediato. Algunas son demasiado irregulares, presentan baches demasiado largos o demasiado cortos, carecen

de suficiente fricción o presentan dificultades con el drenaje superficial. No siempre detienen el tráfico, pero sí hacen que las carreteras sean menos seguras, generan molestias y aceleran el desgaste de los vehículos. (Castro et al., 2023).

2.2.4.6. Deficiencias superficiales

Estos defectos generalmente solo afectan la capa superior, cambiando su apariencia, su tacto y su eficacia para evitar el paso del agua. Algunos casos comunes incluyen el desconchado de áridos, la exudación del ligante y el pulido de la superficie. Aunque estas deficiencias no comprometen inmediatamente la capacidad estructural, pueden facilitar la entrada de agua en el sistema, acelerando el deterioro de las capas inferiores y reduciendo drásticamente al pavimento. (Castro et al. 2023)

2.2.4.7. Causas principales de deficiencias en los pavimentos

Las deficiencias en pavimentos suelen tener un origen multifactorial, aunque en su mayoría de los casos se deben a una combinación de diseño inadecuado, materiales de baja calidad, deficiencias constructivas y cargas de tránsito superiores a las previstas. El dimensionamiento insuficiente de capas, el uso de mezclas asfálticas mal dosificadas o con granulometrías inadecuadas y la compactación deficiente favorecen la aparición prematura de problemas estructurales y funcionales. Asimismo, la falta de programas de mantenimiento y el desconocimiento del comportamiento real del pavimento en servicio contribuyen a que las deficiencias se acumulen y evolucionen rápidamente hacia fallas graves. (Ramos, 2020)

2.2.4.8. Factores ambientales que contribuyen a las deficiencias

Las condiciones climáticas influyen de manera determinante en la aparición y propagación de deficiencias. En zonas de clima cálido, las altas temperaturas pueden provocar el reblandecimiento del asfalto, facilitando deformaciones plásticas como el ahuellamiento. En climas fríos, la contracción térmica favorece la fisuración, mientras que

los ciclos de hielo-deshielo generan expansión del agua dentro de los poros y fisuras, debilitando el material. La radiación ultravioleta acelera el envejecimiento oxidativo del ligante, mientras que las lluvias intensas, si no son correctamente drenadas, infiltran agua a capas inferiores, reduciendo su capacidad estructural. Este conjunto de factores obliga a adaptar el diseño y mantenimiento a las condiciones específicas de cada región. (Ramos, 2020)

2.2.4.9. Influencia del tránsito y sobrecarga vehicular en la aparición de deficiencias

El tránsito, especialmente el de vehículos pesados, es uno de los principales generadores de esfuerzos repetitivos sobre el pavimento. Cuando el volumen o el peso de los vehículos supera lo previsto en el diseño, las capas del pavimento experimentan deformaciones acumulativas que terminan manifestándose en deficiencias como fisuras por fatiga, ahuellamientos o pérdida de soporte en capas inferiores. Las sobrecargas no solo aceleran la degradación, sino que también reducen de forma significativa la vida útil del pavimento. La gestión de pesos y dimensiones vehiculares, junto con una correcta proyección de crecimiento de tránsito, es esencial para prevenir este tipo de problemas. (Ramos, 2020)

2.2.4.10. Efecto del envejecimiento de materiales en la aparición de deficiencias

Con el paso del tiempo, el ligante asfáltico experimenta un proceso de oxidación que incrementa su rigidez y reduce su capacidad de deformación. Este envejecimiento provoca que las mezclas asfálticas pierdan flexibilidad, haciéndose más propensas a la fisuración. Además, la exposición prolongada a condiciones ambientales extremas y al tráfico constante degrada los agregados, provocando desprendimientos superficiales. En la base y subbase, la compactación excesiva por cargas repetidas puede disminuir la permeabilidad y alterar la distribución de esfuerzos, contribuyendo al desarrollo de deficiencias estructurales. (Ramos, 2020)

2.2.4.11. Métodos de identificación y diagnóstico de deficiencias

La identificación de deficiencias puede realizarse mediante inspección visual, auscultación mecánica y métodos de ensayo no destructivos. La inspección visual es el método más utilizado, ya que es rápida y económica, y permite establecer el tipo, la gravedad de los problemas. Las pruebas mecánicas, como el uso de deflectómetros de peso frontal (FWD), determinan la capacidad estructural que aún conserva el pavimento. Tecnologías como el escaneo láser y el georradar (GPR) pueden detectar huecos, humedad interior y el espesor real de las capas. Para diseñar tratamientos oportunos y precisos, un diagnóstico correcto debe incluir tanto la observación directa como medidas objetivas (Nuñez, 2022).

2.2.4.12. Clasificación por severidad y magnitud de las deficiencias

La gravedad indica qué tan significativo o importante es un defecto para el funcionamiento del pavimento, mientras que la magnitud indica qué tan grande o extensa es el área dañada. Los métodos estandarizados, como los sugeridos por la norma ASTM D6433, clasifican la gravedad en tres grupos: baja, media y alta. También utilizan medidas en m² o metros lineales para determinar la magnitud. Esta categorización es importante para decidir qué trabajo de mantenimiento realizar primero, ya que ayuda a determinar si una intervención debe ser preventiva, correctiva o una rehabilitación completa. (Montes, 2021)

2.2.4.13. Consecuencias de no atender oportunamente las deficiencias

No reparar los problemas o tardar demasiado en repararlos tiene un impacto acumulativo que acelera la degradación del pavimento. Una deficiencia superficial no tratada puede permitir la infiltración de agua, provocando deficiencias estructurales, y estas, a su vez, evolucionan a fallas irreversibles que requieren rehabilitación total. El costo de intervención crece exponencialmente en función del tiempo transcurrido sin

mantenimiento, llegando a ser entre 4 y 8 veces mayor cuando se pasa de mantenimiento preventivo a rehabilitación completa. (Montes, 2021)

2.2.4.14. Importancia de la detección temprana y mantenimiento preventivo

La detección temprana permite implementar medidas correctivas mínimas, como sellado de grietas, que extienden la vida útil del pavimento. El mantenimiento preventivo es más económico para el tránsito que las intervenciones mayores, y contribuye a mantener altos niveles de seguridad y confort para el usuario. Un programa de monitoreo periódico, combinado con herramientas de gestión de pavimentos, es la estrategia más efectiva para asegurar la funcionalidad de la infraestructura vial. (Montes, 2021)

2.2.4.15. Relación entre deficiencias y reducción de la vida útil del pavimento

Cada deficiencia, por pequeña que parezca, representa un punto débil en la estructura del pavimento. Cuando se acumulan, reducen la capacidad de carga y aceleran el desgaste por tráfico y clima, acortando significativamente la vida útil proyectada. La relación es proporcional: un pavimento con múltiples deficiencias no atendidas puede perder hasta el 50% de su vida útil prevista, obligando a costosas reconstrucciones prematuras. (Montes, 2021).

2.2.4.16. Estrategias de intervención para corregir deficiencias

La elección de la estrategia depende del tipo, severidad y magnitud de la deficiencia. Para problemas superficiales leves, se emplean sellados y micro aglomerados. Deficiencias funcionales pueden corregirse con fresado y recapeo, mientras que las estructurales requieren refuerzos de base o reconstrucción parcial. Las técnicas modernas incluyen mezclas asfálticas tibias para reducir impacto ambiental, refuerzos con geotextiles para evitar fisuración reflejada y sistemas de reciclado in situ para optimizar recursos. Una correcta selección de la técnica no solo corrige la deficiencia, sino que previene su reaparición. (Andrade et al., 2021).

2.2.5 Tipos de fallas en pavimentos

Las fallas se agrupan en tres categorías: estructurales, funcionales y superficiales. Las estructurales afectan directamente la capacidad portante y la resistencia mecánica del pavimento; las funcionales comprometen la comodidad, la regularidad y la seguridad del usuario; y las superficiales afectan principalmente la textura, impermeabilidad y estética de la capa de rodadura. Esta clasificación no solo ayuda en la identificación, sino que permite vincular el tipo de daño con su posible origen, lo que es fundamental para implementar soluciones duraderas. (Andrade et al., 2021)

2.2.5.1. Fallas estructurales

Las fallas estructurales representan el grado más grave de afectación de un pavimento flexible, dado que comprometen directamente la capacidad de las capas que conforman la estructura portante. Estas fallas surgen cuando las tensiones generadas por el tránsito superan la resistencia o cuando la base y la subrasante pierden su capacidad de soporte. Generalmente, se manifiestan mediante deformaciones permanentes, fisuración generalizada, colapsos localizados y pérdida significativa de la capacidad de distribuir cargas. El tratamiento de este tipo de fallas suele ser costoso y requiere la remoción y reconstrucción de una o varias capas estructurales, razón por la cual su detección temprana es crucial para evitar rehabilitaciones de alto costo. (Rifai et al., 2020)

2.2.5.2. Fallas funcionales

Las fallas funcionales hacen que la conducción sea menos cómoda, segura y eficiente, pero no siempre significan que la estructura del pavimento esté empeorando. Algunos de los efectos más evidentes incluyen mayor rugosidad, menor fricción y baches largos e irregulares que dificultan la conducción. Estas fallas no debilitan la estructura de inmediato, pero pueden tener un gran impacto en la fluidez del tráfico y pueden resultar peligrosas para los usuarios, especialmente con mal tiempo. (Rifai et al., 2020)

2.2.5.3. Fallas superficiales

Las fallas superficiales solo ocurren en la capa de rodadura y son causadas por desgaste, pérdida de material o cambios en el ligante asfáltico. La actividad mecánica de las ruedas, la oxidación por el paso del tiempo, la acción del agua o una compactación inicial insuficiente podrían ser las responsables de su formación. Aunque en su etapa inicial no representan una amenaza para la capacidad portante del pavimento, su progresión puede permitir la infiltración de agua hacia capas inferiores, desencadenando fallas estructurales más graves. (Rifai et al., 2020)

2.2.5.4. Fisuras por fatiga

Las fisuras por fatiga, comúnmente conocidas como "piel de cocodrilo", constituyen una de las manifestaciones más comunes de falla estructural en pavimentos flexibles. Se generan por la acumulación repetitiva de cargas de tránsito que producen microfisuras en el ligante asfáltico y los agregados, hasta que estas microfisuras se interconectan formando un patrón de grietas poligonales. (Rifai et al., 2020)

2.2.5.5. Ahuellamientos y deformaciones permanentes

Los ahuellamientos se presentan como depresiones y resultan del flujo plástico del material asfáltico o de la consolidación excesiva de las capas inferiores. Además de ser un problema estético y funcional, los ahuellamientos afectan la seguridad vial al favorecer la acumulación de agua, lo que incrementa el riesgo de hidroplaneo. Cuando su origen es superficial, pueden corregirse mediante fresado y reposición de mezcla, pero si son estructurales requieren intervenciones profundas. (Rifai et al., 2020).

2.2.5.6. Fallas por pérdida de soporte

Estas fallas se producen cuando la subrasante o las capas de base pierden capacidad de carga, ya sea por saturación con agua, erosión interna, mala compactación inicial o uso de materiales inadecuados. Suelen manifestarse con hundimientos

localizados, grietas radiales o incluso colapso total de la superficie en áreas puntuales. Este tipo de falla tiene un carácter progresivo y, de no ser atendida, puede comprometer áreas cada vez más extensas de la vía. (Rifai et al., 2020)

2.2.5.7. Fractura total de capas

La fractura total implica la rotura y desintegración de una o varias capas estructurales del pavimento. Se trata de una condición extrema que obliga a una reconstrucción completa del sector afectado. Su origen suele estar asociado a una combinación de sobrecarga de tránsito, pérdida de soporte y envejecimiento severo de los materiales. (Rifai et al., 2020).

2.2.5.8. Rugosidad excesiva

La rugosidad excesiva se traduce en vibraciones incómodas para el conductor y los pasajeros, así como en un incremento del desgaste vehicular y del consumo de combustible. Este tipo de falla funcional puede originarse por asentamientos diferenciales, ahuellamientos, ondulaciones o reparaciones mal ejecutadas. La rugosidad se mide generalmente con el IRI, que permite establecer criterios objetivos de intervención. (Hasrudin y Maha, 2024).

2.2.5.9. Irregularidad longitudinal

La irregularidad longitudinal hace referencia a variaciones bruscas o graduales en el perfil de la vía a lo largo de su eje. Estas irregularidades afectan la dinámica de la conducción y la seguridad, pudiendo deberse a movimientos diferenciales de la subrasante, consolidación desigual de capas o defectos constructivos. Aunque no siempre afectan de inmediato la estructura, generan incomodidad y pueden inducir esfuerzos adicionales que aceleran otras formas de deterioro. (Hasrudin y Maha, 2024)

2.2.5.10. Pérdida de fricción

La pérdida de fricción superficial reduce la adherencia entre los neumáticos y el pavimento, incrementando el riesgo de accidentes. Puede deberse al pulimento de los agregados, exudación del ligante o acumulación de contaminantes. Para restaurar la fricción se utilizan técnicas como micro aglomerados, fresado superficial o aplicación de capas de desgaste texturizadas. (Hasrudin y Maha, 2024)

2.2.5.11. Desprendimiento de agregados

El desprendimiento ocurre cuando las partículas de la mezcla asfáltica se separan debido a la pérdida de cohesión del ligante, mala adherencia inicial o efecto de agentes climáticos. Este daño expone la mezcla a la acción directa del agua y acelera la degradación. Aunque es una falla superficial, requiere atención inmediata para evitar la progresión hacia baches. (Freire, 2024)

2.2.5.12. Pulimento superficial

El pulimento superficial consiste en el desgaste de la capa superior de los agregados, lo que reduce la macrotextura y la capacidad de fricción del pavimento. Es típico en vías de alto tránsito y curvas de gran peralte. Aunque su tratamiento no requiere reconstrucción, sí demanda la restauración de textura mediante fresado o recubrimiento. (Freire, 2024).

2.2.5.13. Exudación del ligante asfáltico

La exudación es la migración excesiva del ligante hacia la superficie, generando manchas negras brillantes y una capa resbaladiza. Este fenómeno se asocia a un contenido excesivo de asfalto en la mezcla o a la acción combinada de altas temperaturas y cargas repetidas. Su tratamiento incluye fresado superficial y aplicación de capas de rodadura con textura adecuada. (Freire, 2024)

2.2.5.14. Mecanismos de aparición de grietas en pavimentos flexibles

Las grietas pueden originarse por esfuerzos repetidos, cambios térmicos, contracciones, movimientos de la base o interacción de varias de estas causas. La morfología y patrón de fisuración constituyen indicadores importantes para identificar el mecanismo de origen y definir el tratamiento más adecuado. (Castro et al., 2023)

2.2.5.15. Grietas por fatiga

Las grietas por fatiga son el resultado de la aplicación repetida de cargas de tránsito que generan esfuerzos de tracción en la capa asfáltica, provocando microfisuras que con el tiempo se interconectan formando patrones poligonales característicos, semejantes a una piel de cocodrilo. Estas fisuras indican que la estructura ha alcanzado o superado su vida útil de diseño. Su desarrollo es más acelerado cuando existen deficiencias en la base o subrasante, ya que estas capas no logran distribuir adecuadamente las cargas. (Castro et al, 2023)

2.2.5.16. Grietas por contracción térmica

Las grietas por contracción térmica se originan por la reducción de volumen de la mezcla asfáltica en condiciones de bajas temperaturas, lo que genera esfuerzos de tracción que exceden la capacidad de deformación del material. Este fenómeno es más común en regiones con fuertes oscilaciones térmicas diarias o estacionales. Aunque en un inicio pueden no afectar de forma significativa la comodidad de circulación, su progresión permite la infiltración de humedad y favorece la aparición de baches y desprendimientos. (Aranibar y Saavedra, 2019)

2.2.5.17. Grietas por reflexión

Este tipo de grietas aparece en capas asfálticas colocadas sobre pavimentos rígidos o sobre estructuras antiguas previamente fisuradas. La superficie del asfalto muestra el mismo patrón que el original porque las juntas o grietas en la capa inferior

migran. Las grietas por reflexión son difíciles de evitar y su tratamiento debe considerar la colocación de capas intermedias de absorción de esfuerzos o refuerzos geosintéticos. (Aranibar y Saavedra, 2019)

2.2.5.18. Grietas en bloque

Las grietas se manifiestan como una red de fisuras ortogonales que dividen la superficie en paneles rectangulares de gran tamaño. Generalmente, se deben al endurecimiento y pérdida de elasticidad del ligante por envejecimiento, lo que reduce la capacidad de la mezcla para absorber deformaciones. Aunque suelen ser superficiales, su presencia es indicativa de que la capa de rodadura ha perdido sus propiedades funcionales y requiere renovación. (Aranibar y Saavedra, 2019)

2.2.5.19. Grietas longitudinales y transversales

Las grietas siguen la dirección del eje de la vía, mientras que las transversales lo cruzan perpendicularmente. Su origen puede estar asociado a defectos constructivos, falta de juntas de control, movimientos diferenciales de la subrasante o cambios térmicos. Si no se sellan a tiempo, actúan como puntos de entrada para el agua y aceleran la degradación de las capas inferiores. (Montes, 2021)

2.2.5.20. Baches

Los baches son cavidades de diferentes dimensiones formadas por la pérdida de material en la superficie, generalmente como resultado de la combinación de fisuración previa, acción del agua y cargas de tránsito. Su presencia afecta gravemente la comodidad, seguridad y operación del tránsito. Los baches también generan impactos dinámicos que inducen mayores esfuerzos sobre el pavimento y sobre los vehículos. (Morales, 2019)

2.2.5.21. Pérdida de material

Este fenómeno se refiere a la disminución gradual del espesor de la capa de rodadura debido a abrasión, desprendimiento de agregados o erosión superficial. Aunque en etapas iniciales puede pasar desapercibido, con el tiempo reduce la capacidad de la vía para resistir el tránsito y expone capas inferiores a la acción directa del agua y del desgaste mecánico. (Mundaca, 2019)

2.2.5.22. Bombeo y erosión de capas

El bombeo consiste en la expulsión de finos o lodos a través de juntas, grietas o fisuras bajo la acción repetitiva de las cargas. Este fenómeno debilita la base y la subrasante, provocando asentamientos y pérdida de soporte. La erosión interna es frecuente en pavimentos con drenaje deficiente y bases granulares susceptibles a la acción del agua. (Nuñez, 2022)

2.2.5.23. Fallas inducidas por condiciones climáticas extremas

Eventos como olas de calor, heladas, lluvias intensas o ciclos de congelamiento y deshielo aceleran el deterioro de los pavimentos flexibles. Las altas temperaturas pueden reblandecer el asfalto y favorecer el ahuellamiento, mientras que el congelamiento-expansión de agua en los poros provoca fisuración y desprendimientos. El cambio climático está intensificando este tipo de daños. (Nuñez, 2019).

2.2.5.24. Influencia del tránsito y sobrecarga vehicular

El tránsito pesado, especialmente cuando supera la carga de diseño, incrementa exponencialmente el daño acumulado en el pavimento. Los vehículos con sobrecarga provocan deformaciones plásticas, fisuración por fatiga prematura y fallas en la base y subrasante. La relación entre carga y daño no es lineal: un eje con el doble de carga puede generar hasta 16 veces más daño estructural. (Ramos, 2020)

2.2.5.25. Indicadores técnicos para evaluación (PCI, IRI, PSI)

El Pavement Condition Index (PCI) es un indicador que evalúa el estado de un pavimento con base en la severidad y extensión de sus fallas, expresado en una escala de 0 a 100. El International Roughness Index (IRI) mide la rugosidad longitudinal, mientras que el Present Serviceability Index (PSI) combina la rugosidad, el ahuellamiento y la fisuración para estimar el confort y funcionalidad de la vía. Estos indicadores permiten priorizar intervenciones y optimizar recursos en programas de mantenimiento. (Rifai et al., 2020)

2.2.5.26. Relación entre tipo de falla y método de rehabilitación

Cada tipo de falla requiere un tratamiento específico para ser corregido de forma efectiva. Las fallas superficiales pueden solucionarse con sellado, microaglomerados o recubrimientos, mientras que las fallas estructurales demandan intervenciones más profundas como reciclado, refuerzo o reconstrucción total. Una clasificación precisa permite seleccionar la técnica más eficiente y económica. (Suárez, 2022)

2.2.5.27. Importancia de la detección temprana de fallas

La identificación temprana de fallas es una estrategia clave para extender la vida de servicio del pavimento y reducir los costos de rehabilitación. El mantenimiento preventivo, aplicado antes de que el deterioro alcance niveles estructurales, puede duplicar o triplicar la vida útil de la vía. Esto requiere inspecciones periódicas, uso de indicadores objetivos y registro sistemático de las condiciones del pavimento. (Suárez, 2022)

2.2.6 Tipos de deformaciones en pavimentos

En el campo de la ingeniería, la deformación se define como el cambio de forma, posición o nivel de la superficie o de las capas internas de la estructura, provocado por la acción combinada de cargas dinámicas, efectos ambientales y características intrínsecas de los materiales. Estas modificaciones pueden ser temporales o permanentes, y no

siempre implican un fallo estructural inmediato, pero sí constituyen un indicador de la evolución del estado del pavimento. La clasificación más aceptada distingue tres tipos principales: deformaciones plásticas, que son permanentes y derivadas de la fluencia de materiales; deformaciones elásticas, que desaparecen al eliminarse la carga; y deformaciones residuales, que combinan componentes recuperables y no recuperables. Esta tipología es fundamental para la evaluación del comportamiento mecánico del pavimento y la programación de intervenciones preventivas. (Vega y Cahuana, 2021)

2.2.6.1. Importancia del estudio de las deformaciones para la gestión y mantenimiento

La observación y análisis sistemático de las deformaciones constituye una herramienta preventiva para prolongar la vida útil de los pavimentos. Al identificar tempranamente patrones como ahuellamiento, ondulaciones o asentamientos diferenciales, se pueden implementar medidas de mantenimiento correctivo o preventivo antes de que se produzcan daños estructurales irreversibles. Este enfoque no solo optimiza el uso de recursos, sino que también mejora la seguridad vial al reducir riesgos asociados como hidroplaneo, pérdida de control vehicular y fatiga del conductor. En un contexto de presupuestos limitados, priorizar intervenciones basadas en la evolución de las deformaciones es clave para la sostenibilidad de la infraestructura vial. (Andrade et al., 2021)

2.2.6.2. Factores mecánicos, ambientales y constructivos que provocan deformaciones

Las deformaciones resultan de la interacción compleja de factores mecánicos, ambientales y constructivos. Entre los mecánicos, la magnitud y repetición de las cargas de tránsito, especialmente de vehículos pesados, son determinantes en la generación de deformaciones plásticas y residuales. Los factores ambientales incluyen variaciones extremas de temperatura, ciclos de humedad-sequía y congelación-descongelación, que

afectan tanto la viscosidad del ligante asfáltico como la resistencia de las capas granulares. En cuanto a los aspectos constructivos, deficiencias como compactación insuficiente, espesores inadecuados o el uso de materiales con baja estabilidad mecánica incrementan la susceptibilidad del pavimento a deformaciones prematuras. La comprensión integral de estas causas es esencial para el diseño de soluciones duraderas. (Aranibar y Saavedra, 2019)

2.2.6.3. Tipos principales de deformaciones en pavimentos flexibles

1. Deformaciones plásticas

Corresponden a cambios permanentes en la geometría, originados por la fluencia de los materiales bajo cargas repetidas. Suelen manifestarse como ahuellamientos o corrugaciones, y se asocian a mezclas asfálticas con baja resistencia al flujo o a capas granulares mal estabilizadas. (Castro et al. 2023)

2. Deformaciones elásticas

Son cambios temporales que desaparecen al cesar la carga. Representan el comportamiento recuperable de los materiales y, en condiciones normales, no implican daño estructural. Sin embargo, deformaciones elásticas excesivas pueden anticipar fallas de soporte. (Castro et al. 2023).

3. Deformaciones residuales

Mezclan componentes recuperables y permanentes. Suelen aparecer en fases intermedias del deterioro y requieren seguimiento para determinar el momento óptimo de intervención. (Vega y Cahuana, 2021)

4. Ahuellamiento (Rutting)

Se presenta como depresiones longitudinales en la trayectoria de las ruedas, causadas por la compactación adicional o la fluencia de materiales. Puede originarse en la capa asfáltica, en las capas granulares o en la subrasante. (Vega y Cahuana, 2021).

5. Ondulaciones y corrugaciones (Corrugation & Shoving)

Se generan por desplazamientos plásticos laterales de la mezcla asfáltica, normalmente en zonas de frenado y aceleración intensa. Este fenómeno afecta severamente el confort y la seguridad del usuario, además de acelerar el desgaste superficial. (Vega y Cahuana, 2021).

6. Abultamientos y levantamientos localizados

Causados por expansiones de la subrasante debido a humedad, heladas o presiones internas. Estos levantamientos pueden inducir esfuerzos adicionales en la capa de rodadura, provocando fisuración secundaria. (Suárez, 2022).

7. Asentamientos diferenciales

Ocurren por variaciones en la capacidad portante de la subrasante o capas inferiores, produciendo desniveles que afectan la estabilidad y la seguridad del tránsito. (Suárez, 2022).

8. Ondas y deformaciones inducidas por tráfico lento y pesado

Frecuentes en zonas industriales y puertos, donde la velocidad reducida y el peso elevado inducen fluencia viscosa en mezclas asfálticas. (Suárez, 2022).

9. Influencia de la temperatura en la susceptibilidad a deformaciones

Las mezclas asfálticas son materiales viscoelásticos cuya resistencia disminuye con el calor, aumentando su tendencia a deformarse bajo carga (Read & Whiteoak, 2003).

10. Relación entre deformación y pérdida de capacidad estructural

Deformaciones permanentes son indicadores de que el pavimento ha superado su límite de resistencia acumulada, comprometiendo su función estructural y reduciendo su vida útil. (Morales, 2019).

11. Métodos de detección y medición de deformaciones en campo

Incluyen inspección visual, perfilometría láser, sistemas LIDAR y deflectometría de impacto (FWD), que permiten cuantificar magnitud y extensión de deformaciones con alta precisión. (Morales, 2019).

12. Indicadores y umbrales de deformación aceptables en pavimentos flexibles

Normativas internacionales establecen límites para ahuellamiento, irregularidad y asentamientos, a fin de determinar cuándo un pavimento requiere intervención inmediata. (Morales, 2019)

13. Impacto funcional y de seguridad vial asociado a las deformaciones

Afectan el confort de marcha, aumentan riesgos de pérdida de control, reducen la fricción y elevan la probabilidad de accidentes en condiciones húmedas. (Montes, 2021).

14. Relación entre el tipo de deformación y el método de rehabilitación recomendado

Las deformaciones superficiales pueden corregirse con fresado y recapado; las estructurales profundas requieren reconstrucción parcial o total, dependiendo de la extensión y severidad. (Montes, 2021)

2.3 Marco conceptual

- a. **Ahuellamiento.** - El paso repetido de los neumáticos de los automóviles provoca el desarrollo de depresiones longitudinales que semejan canales en la capa superficial de los pavimentos asfálticos.
- b. **Deformaciones.** - Se refieren a los cambios que se producen en la capa superficial del pavimento, provocados en su mayoría por una compactación insuficiente de la capa, una cantidad excesiva de ligante asfáltico o la expansión de las capas de lecho que componen su estructura.
- c. **Depresiones.** - No se consideran baches abiertos, ya que suelen ser más pequeños que el resto de la superficie del pavimento. Dependiendo de las circunstancias particulares que los generan, pueden estar acompañados de grietas y aparecer como hundimientos aislados. Suelen descender al menos 2 cm por debajo de la capa superficial, lo que favorece la acumulación de agua y, en consecuencia, la desintegración gradual del pavimento.

- d. Fallas de pavimentos.** - La estructura del pavimento se ve afectada inmediatamente por las cargas y las fuerzas de excitación transportadas por los vehículos en movimiento, lo que genera respuestas mecánicas instantáneas que siguen las reglas de la física. La degradación de la carretera se caracteriza por ciertos fenómenos relacionados con estas interacciones, que se manifiestan como estados de tensión, deformación unitaria y deformación total.
- e. Grietas.** - Son fisuras que se desarrollan en los pavimentos asfálticos por diversas causas. La aplicación de cargas mecánicas que exceden la capacidad portante del material y su contracción son dos de las razones más frecuentes. Asimismo, este tipo de grieta se debe principalmente al envejecimiento y la oxidación del ligante asfáltico, acelerados por factores externos como el viento, la radiación solar y las precipitaciones.
- f. Grietas por fatiga.** - El deterioro gradual de la capa asfáltica debido a la tensión repetida de los vehículos produce grietas que crean un patrón de fracturas interconectadas en el pavimento. Debido a las tensiones causadas por el contacto de los neumáticos, estas fisuras se originan en la estructura del pavimento y luego se extienden a la superficie, donde se manifiestan como una serie de fracturas paralelas.
- g. Grietas de borde.** - Este tipo de grieta tiene forma de semicírculo y tiende a extenderse con el tiempo, rompiendo la continuidad del pavimento. En ciertas circunstancias, pueden observarse grietas transversales que llegan hasta el arcén. Sin embargo, esto no siempre ocurre, y cuando lo hace, suele significar que no hay pavimento en los arcenes.
- h. Grietas longitudinales.** - Las juntas longitudinales, que son los espacios entre las superficies del pavimento, suelen discurrir paralelas al eje de la calzada. En las mejores condiciones de diseño y construcción, estas uniones deberían ubicarse en los carriles con mayor tráfico.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

El enfoque de métodos mixtos (cuantitativo y cualitativo) es una técnica metodológica que integra enfoques de forma complementaria y metódica, con el objetivo de obtener un conocimiento más completo, exhaustivo y objetivo del tema de investigación.

El paradigma cuantitativo se centra en la medición estadística y la comprobación de ideas, mientras que el paradigma cualitativo se centra en la exploración y la interpretación. Esta técnica se basa en la premisa de que cada uno de estos paradigmas tiene sus propias fortalezas y debilidades. El enfoque de métodos mixtos busca capitalizar las fortalezas de ambas metodologías, abordando al mismo tiempo sus respectivas limitaciones. (Alfonso et al., 2020)

3.2 Tipo de investigación

La investigación aplicada es un tipo de estudio que busca satisfacer objetivos o demandas prácticas relacionadas con las operaciones industriales. Este enfoque metodológico se basa en la validación empírica de hipótesis para determinar su legitimidad científica.

El objetivo principal es encontrar respuestas eficaces a problemas de la vida real y aplicar los resultados en el mundo real. La investigación aplicada se considera un proceso orientado a la acción que utiliza lo aprendido para mejorar procesos y sistemas o crear nuevas tecnologías. (Sampieri, 2018).

3.3 Nivel de investigación

Esta investigación descriptiva se centra en la formulación de narrativas detalladas de eventos, circunstancias, entornos y sucesos, con especial énfasis en sus características y manifestaciones. El objetivo de esta investigación es proporcionar una descripción detallada de los individuos, organizaciones, instituciones, métodos o elementos analizados.

Estas estrategias son muy útiles para formular hipótesis cuando no existe mucha evidencia que las respalde. Su objetivo es definir y cuantificar los hechos, eventos y realidades de interés que deben medirse. Este tipo de pensamiento nos lleva a considerar que el estudio es descriptivo. (Reyes, 2022).

3.4 Diseño de investigación

Esta investigación utilizó una técnica de diseño no experimental, en la que se conservó la variable original y se evaluaron sus atributos. Este diseño no se basa en la selección aleatoria de participantes, sino en su especificación o predefinición.

Para asegurar un impacto significativo en la investigación, es importante realizar varias acciones en el orden correcto. El término "diseño" se refiere al plan o enfoque utilizado para obtener la información necesaria para abordar el problema. (Guadalupe y Concepción, 2020).

3.5 Método de investigación

Este estudio utiliza el método científico, un componente crucial que facilita el establecimiento de conexiones definitivas entre eventos observables, conclusiones y nuevos conocimientos. Para lograr este objetivo, se utiliza un enfoque sistemático para descubrir, medir y analizar los diferentes procesos de degradación de los pavimentos flexibles, evaluando tanto sus causas como sus efectos.

Esta técnica científica garantiza que las conclusiones se basen en hechos sólidos y bien conocidos, lo que facilita la búsqueda de maneras de mantener las carreteras en buen estado. Este estudio no solo nos ayuda a comprender mejor estos aspectos en teoría, sino que también nos proporciona herramientas prácticas para optimizar la fluidez del tráfico. (Iglesias, 2021).

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

El área de estudio comprende el pavimento flexible completo del Jirón Cahuide, de aproximadamente 1,1 kilómetros de longitud, ubicado en la zona de Juliaca.

Esta vía de la ciudad es un tramo esencial de la red vial de la zona. Es un corredor concurrido para vehículos y peatones, y gestiona todo tipo de tráfico, como ligero, pesado y de mercancías. En ese sentido, la población se define como la extensión completa del pavimento flexible del Jirón Cahuide, considerando su longitud total, el número de carriles, sus secciones transversales y la funcionalidad de la vía dentro del área urbana.

A nivel técnico, se contemplan todas las unidades de superficie que componen el tramo vial, las cuales presentan diferentes grados de deterioro superficial y funcional. (Paitán, 2014).

3.6.2 Muestra

La muestra fue determinada aplicando criterios técnicos establecidos por el Manual PCI (Pavement Condition Index) del método americano ASTM D6433, que recomienda

subdividir la vía en Unidades de Inspección (UI) con longitudes comprendidas entre 100, 200 y 300 metros, o áreas que no excedan los 2500 m², siempre que mantengan características constructivas homogéneas (tipo de estructura, tránsito, funcionalidad, ancho de calzada, etc.).

En función de estas especificaciones, y considerando una evaluación representativa de toda la vía, la muestra está conformada por todas las unidades de inspección delimitadas en el Jirón Cahuide, las cuales fueron seleccionadas de manera intencional y no probabilística, de tipo muestral por conveniencia técnica, priorizando aquellas zonas con evidencias visibles de deterioro o aquellas de mayor importancia funcional.

Se considerará una muestra de acuerdo a lo ya especificado para el Jirón Cahuide un total de 1000 metros

A partir del análisis de esta muestra representativa, se podrá extrapolar el estado general del pavimento del Jirón Cahuide y formular una propuesta técnica de plan de mantenimiento vial adecuada para las condiciones detectadas.

El sistema PCI establece que estas Unidades de Inspección deben revisarse visualmente periódicamente. Esto les permite registrar el tipo de fallas presentes (grietas, baches, desconchados, deformaciones, etc.), así como su magnitud, gravedad y frecuencia. (González, 2022).

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

3.7.1.1. Reconocimiento en campo

El estudio de campo es la primera fase de cualquier evaluación vial, ya que proporciona una visión directa y precisa del estado del pavimento y su entorno. En esta fase, se inspecciona cuidadosamente la sección en estudio, que en este caso es una longitud determinada de pavimento flexible, para detectar fallas, deformaciones u otros problemas. Esto se puede hacer observando y utilizando equipos de medición. Durante

esta actividad, se registran aspectos como el tipo y la cantidad de grietas, la presencia de baches, ahuellamientos, pérdida de agregados, problemas de drenaje y cualquier otro indicador que pueda afectar el rendimiento estructural o funcional de la carretera. El estudio de campo también ayuda a detectar factores externos que podrían acelerar el desgaste del pavimento, como el tráfico, el clima, la calidad de la señalización y el estado de los arcones. Esta etapa es fundamental para las siguientes fases, ya que proporciona la primera información necesaria para establecer estaciones estratégicas de muestreo y análisis.

3.7.1.2. *Recolección de muestras*

La etapa de muestreo es un procedimiento minucioso para obtener material representativo del pavimento y sus capas, para su análisis en laboratorio y determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Existen métodos especiales para obtener muestras cilíndricas o prismáticas de pavimento sin alterar excesivamente su estructura. Es importante tomar muestras en puntos clave que abarquen toda la sección del pavimento e incluyan partes o regiones importantes con problemas evidentes. Para evitar que las muestras se ensucien o pierdan sustancia, se etiquetan, registran y empaquetan según las normas establecidas. Esta etapa garantiza que la información recopilada posteriormente en el laboratorio se base en evidencia física sólida y que las conclusiones obtenidas sean correctas.

3.7.1.3. *Proceso de ensayos en laboratorio*

Durante la etapa de prueba de laboratorio, las muestras recolectadas se convierten en datos cuantitativos y cualitativos que ayudan a evaluar completamente la condición del pavimento. Según el tipo de investigación, se pueden realizar pruebas sobre la distribución granulométrica, el contenido de asfalto, la resistencia, el módulo resiliente, la absorción, la estabilidad, la fluencia Marshall y otros aspectos. El objetivo es determinar si los materiales cumplen los criterios técnicos necesarios para su correcto funcionamiento en servicio. Las

pruebas también ayudan a detectar problemas como la pérdida de ligante, la compactación deficiente del material, la penetración de humedad, la descomposición del agregado o el envejecimiento del ligante asfáltico. Necesitamos esta información para determinar la causa de los problemas observados en el campo y elegir la mejor manera de solucionarlos o mantenerlos.

3.7.2 Instrumentos de recolección y análisis de datos

3.7.2.1. Registro manual de información mediante apuntes

Aunque la tecnología ha avanzado mucho, anotar datos a mano sigue siendo una parte importante de la investigación de campo. Este método permite capturar observaciones e información de inmediato, algo que otros dispositivos tecnológicos no ofrecen. El investigador utiliza cuadernos de campo, hojas de registro o formularios estandarizados para registrar datos sobre el estado del terreno, las características visuales del pavimento, la identificación de problemas, las métricas in situ recopiladas y cualquier suceso ocurrido durante el estudio. Esta estrategia también ayuda a ordenar los eventos y los puntos de vista del observador por tiempo, lo que proporciona un contexto que facilita la comprensión posterior de los datos. Además, es útil porque, en caso de avería de un equipo electrónico, los registros en papel garantizan que la información no se pierda y pueden utilizarse como respaldo seguro y fiable.

3.7.2.2. Dispositivo fotográfico

Las cámaras son un instrumento importante para fotografiar el estado de la infraestructura y sus alrededores. Estas imágenes permiten registrar con precisión fallas, deformaciones, desgaste y otras características importantes del pavimento durante la inspección. Estas imágenes no solo constituyen una prueba objetiva, sino que también facilitan la visualización del deterioro con el tiempo. Con la tecnología actual, es posible conservar numerosas imágenes de alta resolución, añadir ubicaciones geográficas (georreferenciación) y registrar información como la fecha, la hora y las condiciones de

iluminación. Esto no solo facilita la anotación de observaciones, sino que también proporciona información importante para redactar informes técnicos, realizar presentaciones y determinar la causa del fallo en la ruta.

3.7.2.3. Recursos literarios y textos especializados

El acceso a recursos bibliográficos y literatura técnica especializada es una excelente fuente de información para facilitar y guiar el estudio. Libros, manuales de diseño, revistas científicas, tesis académicas, informes técnicos y normas internacionales como ASTM, AASHTO o IRAM proporcionan reglas, procesos y criterios que permiten comparar los hallazgos con las normas aceptadas. Estas herramientas nos ayudan a comprender mejor las ideas, el funcionamiento de los materiales y cómo seguir las normas establecidas por científicos y otros especialistas. Además, consultar estudios previos puede ayudar a encontrar métodos que han funcionado en el pasado y a adaptar la forma de trabajar a las necesidades del proyecto. Esto garantiza que el trabajo se base en evidencia sólida y sea coherente.

3.7.2.4. Instrumentación informática

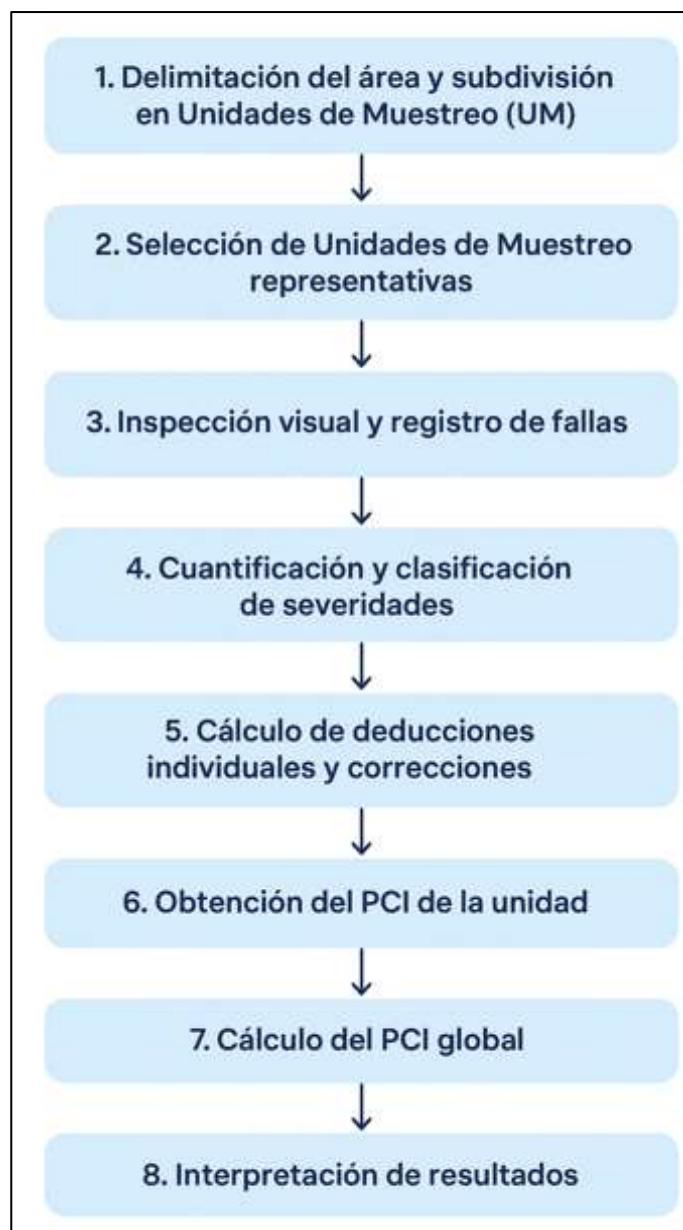
La instrumentación informática consiste en el uso de hardware y software específicos para recopilar, almacenar, analizar y mostrar los datos obtenidos durante la investigación. Esto incluye hojas de cálculo, metodologías estadísticas, herramientas SIG y modelos de comportamiento estructural. Gracias a las computadoras, ahora es posible combinar grandes cantidades de datos, realizar cálculos matemáticos complejos en menos tiempo y crear gráficos y mapas temáticos que facilitan la comprensión de los hallazgos.

3.8 Plan de recolección y procesamiento de datos

El plan de desarrollo de las etapas de campo y gabinete comprenden una serie de pasos consecutivos, donde cada fase es importante de cuidado para la atención de la información en campo y la obtención de los datos finales mediante cálculo.

Figura 1

Diagrama de flujo del procedimiento paso a paso de PCI



3.8.1 Etapa I: Ubicación de la vía

La vía en estudio el jirón Cahuide, representa una vía de gran importancia y estratégica de la ciudad de Juliaca, puesto que es una vía de ingreso al centro de la ciudad, y por su clasificación de doble sentido, es una vía de alto flujo de tránsito, por lo que su estimación de calidad superficial cobra un aspecto importante para lo que es la finalidad de la presente investigación.

Figura 2

Extensión longitudinal del jirón Cahuide



Según la longitud de la vía, se tiene aproximadamente 1.1 km de longitud, desde la avenida circunvalación, hasta la avenida ferrocarril, en el que se consideran la cantidad de UM requeridas.

Figura 3

Inspección visual del Jr. Cahuide



Tabla 4

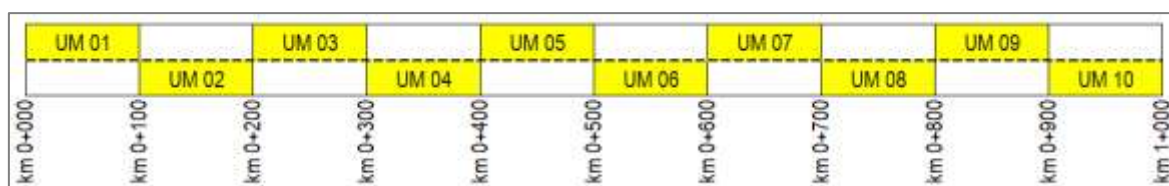
Progresiva de los tramos analizados del jirón Cahuide

Unidad de Muestra	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Lado
1	0 + 000	0 + 100	Izquierdo
2	0 + 100	0 + 200	Derecho
3	0 + 200	0 + 300	Izquierdo
4	0 + 300	0 + 400	Derecho
5	0 + 400	0 + 500	Izquierdo
6	0 + 500	0 + 600	Derecho
7	0 + 600	0 + 700	Izquierdo
8	0 + 700	0 + 800	Derecho
9	0 + 800	0 + 900	Izquierdo
10	0 + 900	1 + 000	Derecho

Se muestran las unidades de muestra y las progresivas que los delimita, dichas progresivas son de carácter de guía, ya que en vías urbanas (calles, jirones y avenidas) no siempre se trabaja con progresivas sino con numero de cuadras, para mejor entendimiento y guía de la vía, se trabajó y se delimito con progresivas, con el inicio de la avenida circunvalación y el final en la avenida ferrocarril.

Figura 4

Esquematzación de las unidades de muestra del Jr. Cahuide



Las unidades de muestra, por ser una vía de doble sentido, el ancho de vía es de 12 m., en tal sentido para el estudio se dividió en 2 partes iguales (anchos de 6 m.), evaluándose tramos intercalados en los lados izquierdo y derecho, tal y como se presenta en la figura anterior.

3.8.2 Etapa II: Inspección visual de las vías

Procedimiento In Situ:

- **Fase 1: Preparación y organización del trabajo de campo.**

Primero, se recopiló toda la información necesaria sobre la vía ubicada en el distrito de Juliaca, incluyendo planos, antecedentes y normativa relacionada con el método PCI. Preparé todo para la prueba: equipo de seguridad, cinta métrica, regla metálica, cámara, bolígrafo para marcas temporales y la documentación impresa de la inspección PCI. Se seleccionaron las carreteras a inspeccionar y se marcaron las zonas que parecían similares según aspectos como el tipo de pavimento, el ancho, el número de carriles y el volumen de tráfico. Esta categorización permitió dividir la carretera en partes similares para su evaluación.

- **Fase 2: Reconocimiento preliminar y delimitación de tramos homogéneos.**

Para garantizar que las características de las piezas seleccionadas fueran las mismas en toda la ruta, se realizó una inspección visual preliminar. Durante esta inspección, se examinó el estado general del pavimento. Si se detectaban daños, como grietas, baches, surcos, grietas de cocodrilo, etc., se anotaba y se decidía si era necesario modificar los límites entre las secciones. También se determinó cuántas unidades de muestra PCI se necesitaban para cada ubicación, asegurándose de que cada unidad encajara correctamente en la superficie bajo prueba.

- **Fase 3: Selección y marcado de unidades de muestreo PCI.**

Se utilizó el enfoque PCI para seleccionar unidades de muestra (UE) en cada sector. Este método divide la superficie en partes más pequeñas y manejables, pero representativas. Se utilizaron marcadores físicos a lo largo de la ruta para marcar temporalmente cada unidad de muestra en el pavimento. También nos aseguramos de que cada unidad tuviera una superficie de 600 m² para obtener lecturas más precisas y un mejor seguimiento de los daños. Esto facilitó la visualización de cada unidad y segmento por separado, lo que permitió determinar el valor PCI de cada uno.

- **Fase 4: Inspección visual detallada de deterioros en cada unidad.**

La inspección visual comenzó en cada unidad de muestra y siguió una ruta predefinida.

Se examinaron y clasificaron cada tipo de daño según el método PCI aprobado.

Figura 5

Inicio de inspección visual del Jr. Cahuide



Figura 6

Fin de inspección visual del Jr. Cahuide



Para cada falla detectada, se registró su gravedad y se estimó su tamaño con una cinta métrica o calculando directamente el tamaño del área afectada, según el tipo de daño. También se tomaron fotografías como prueba para poder verificar la categorización posteriormente. Se utilizaron formularios de inspección PCI para registrar cuidadosamente toda esta información, de modo que los registros se mantuvieran ordenados y coherentes.

- **Fase 5: Cálculo de densidades de deterioro y valores de deducción.**

Los investigadores utilizaron los datos obtenidos para determinar la densidad o el porcentaje de área en cada unidad afectada por cada tipo de deterioro. Posteriormente, se utilizaron los nomogramas manuales del PCI para determinar el Valor de Deducción (VD) según la gravedad y magnitud del daño. Si una unidad presentaba más de un tipo de deterioro, se sumaron sus valores de deducción y se obtuvo el VCD utilizando los criterios de ajuste correctos. Esto garantizó que el número final realmente mostrara cuánto había disminuido la calidad del pavimento.

- **Fase 6: Obtención del PCI por unidad de muestreo y por tramo evaluado.**

Tras calcular el CDV, determinamos el PCI de cada UM restando 100 al número más alto. Para obtener el PCI de toda la sección, se utilizó un promedio ponderado, considerando el tamaño de cada unidad. Esta técnica asignó a cada sección una calificación estándar según el estado del pavimento, lo que facilitó la comparación de las partes y la localización de las ubicaciones importantes.

- **Fase 7: Análisis de resultados y clasificación del estado del pavimento.**

Utilizamos los valores PCI de cada parte para clasificar el pavimento en uno de estos grupos: Excelente, Bueno, Regular, Malo o Muy Malo. También analizamos los tipos de daño más frecuentes que afectaron más el estado de la carretera. Esta investigación nos permitió comprender mejor el estado actual del pavimento y detectar tendencias en su funcionamiento.

- **Fase 8: Elaboración del informe y recomendaciones técnicas.**

Finalmente, se elaboró el informe final de los hallazgos. Este incluyó la técnica PCI utilizada, hojas de datos de campo, fotografías, tablas de deducción, cálculos y gráficos que mostraron los hallazgos. Los resultados dieron lugar a sugerencias de reparación o restauración para cada parte. Las sugerencias se clasificaron según la gravedad del daño y la clasificación PCI. El estudio demuestra que las carreteras del distrito deben revisarse periódicamente para garantizar su seguridad y buen estado.

3.8.3 Etapa III: Evaluación del estado del pavimento

Evaluación del Estado del Pavimento mediante el método del PCI:

El tercer paso consiste en verificar el estado del pavimento buscando fallas o imperfecciones en la superficie del área de estudio. Se utiliza un nomograma para determinar la gravedad y la cantidad de imperfecciones, lo que permite determinar la cantidad a eliminar para cada problema. El número máximo de deducciones es 10, clasificadas por gravedad. A continuación, se presenta la fórmula para calcular la deducción máxima corregida (MCD):

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi) \leq 10$$

Donde:

HDVi : es la disminución del valor más importante de un determinado daño en la muestra.

Cálculo Final del PCI

Para obtener el PCI, utilice la siguiente fórmula: reste la deducción máxima corregida (DMC) del valor base de 100:

$$PCI = 100 - DMC$$

Promedio del PCI por Sección de Pavimento.

Se calcula el PCI promedio para las unidades de muestra de cada sección para proporcionar una imagen completa del pavimento. Cuando ciertas unidades son más importantes porque afectan el flujo vehicular o el correcto funcionamiento de la vía, se

utiliza un promedio ponderado. Esto otorga mayor importancia a las áreas más importantes de la evaluación y las coloca al frente de la lista de problemas que requieren reparación.

Análisis y Propuestas de Intervención

El siguiente paso es analizar cuidadosamente los hallazgos tras detectar el PCI para identificar las zonas que han empeorado con mayor intensidad. Este estudio busca patrones de daños en toda la carretera, no solo donde se pueden ver. Esto nos permite ver cómo el daño ha empeorado con el tiempo. Encontrar estos patrones es fundamental, ya que pueden ayudar a determinar la causa del daño, como el exceso de tráfico, el mal tiempo o problemas con la subbase que podrían haber afectado la estabilidad del pavimento.

Esta investigación también puede analizar datos de tráfico antiguos, las condiciones del pavimento y los patrones climáticos para obtener un diagnóstico más preciso. Si conocemos mejor las causas del empeoramiento, podemos elaborar un plan más específico y eficaz para solucionar cada tipo de daño o problema detectado.

Los resultados del estudio sugieren diversas soluciones, cada una dirigida a un determinado grado de degradación del pavimento, medido por el valor del PCI, y en función del tipo y la magnitud del daño detectado. Las acciones sugeridas son:

➤ **PCI 86 – 100 | Estado: Excelente.**

La vía se encuentra en óptimas condiciones, por lo que solo se recomiendan **mantenimientos rutinarios**, tales como limpieza de superficie, control de vegetación en bermas, sellado preventivo de fisuras incipientes y limpieza de drenajes, con el fin de conservar la integridad del pavimento y prevenir el ingreso de agua.

➤ **PCI 71 – 85 | Estado: Bueno.**

El pavimento presenta deterioros menores y aislados, por lo que se recomienda un **mantenimiento preventivo**. Esto incluye el sellado de fisuras longitudinales y transversales, reparación superficial de desprendimientos leves, aplicación de capas

delgadas como slurry seal o microaglomerados, y correcciones puntuales del sistema de drenaje superficial.

➤ **PCI 56 – 70 | Estado: Regular.**

La vía muestra deterioros visibles que requieren un **mantenimiento ligero**. Entre las intervenciones recomendadas destacan bacheo superficial, reemplazo de parches deteriorados, sellado de grietas, corrección de zonas con pérdida de agregados, micronivelación, rejuvenecimiento con tratamientos asfálticos y sellos delgados para evitar que el deterioro avance.

➤ **PCI 41 – 55 | Estado: Malo.**

El pavimento presenta deterioros moderados a severos distribuidos en amplias zonas, por lo que se recomienda un **mantenimiento correctivo**. Este incluye bacheo profundo, reconstrucción de capas en áreas puntualmente dañadas, refuerzo estructural mediante carpeta asfáltica de mayor espesor (1–3 cm), y tratamientos para restablecer la capacidad estructural y funcional de la vía.

➤ **PCI 0 – 40 | Estado: Muy malo.**

La vía presenta fallas severas generalizadas y requiere un **mantenimiento mayor o rehabilitación de la vía**. Las actividades pueden incluir reciclado en frío o caliente, reconstrucción total o parcial de la estructura del pavimento, estabilización de la base, reemplazo de capas agrietadas, aplicación de carpeta asfáltica nueva y mejora integral del drenaje.

Formato de inspección en campo según manual PCI

<http://repositorio.uancv.edu.pe/>

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados previos obtenidos

4.1.1 Fallas superficiales y grado del pavimento flexible

Tabla 5

Tipos de fallas superficiales

N°	Tipo de falla	Código
1	Piel de cocodrilo	PDC
6	Depresión	DPS
7	Grieta de borde	GBO
9	Desnivel carril / berma	DES
10	Grietas longitudinales / transversales	GTR
11	Parcheo	PAR
12	Pulimiento de agregado	PUL
13	Huecos	HUC
14	Cruce de vía férrea	CFE
15	Ahuellamiento	AHT
19	Desprendimiento de agregados	DEA

Se puede apreciar que para el estudio se consideraron 10 tipos de fallas con su respectiva numerología; (1) piel de cocodrilo, (6) depresión, (7) grieta de borde, (9) desnivel carril/berma, (10) grietas longitudinales/transversales, (11) parcheo, (12) pulimiento de agregado, (13) huecos, (15) ahuellamiento, (19) desprendimiento de agregados.

Fallas superficiales y niveles de severidad de pavimento

Tabla 6

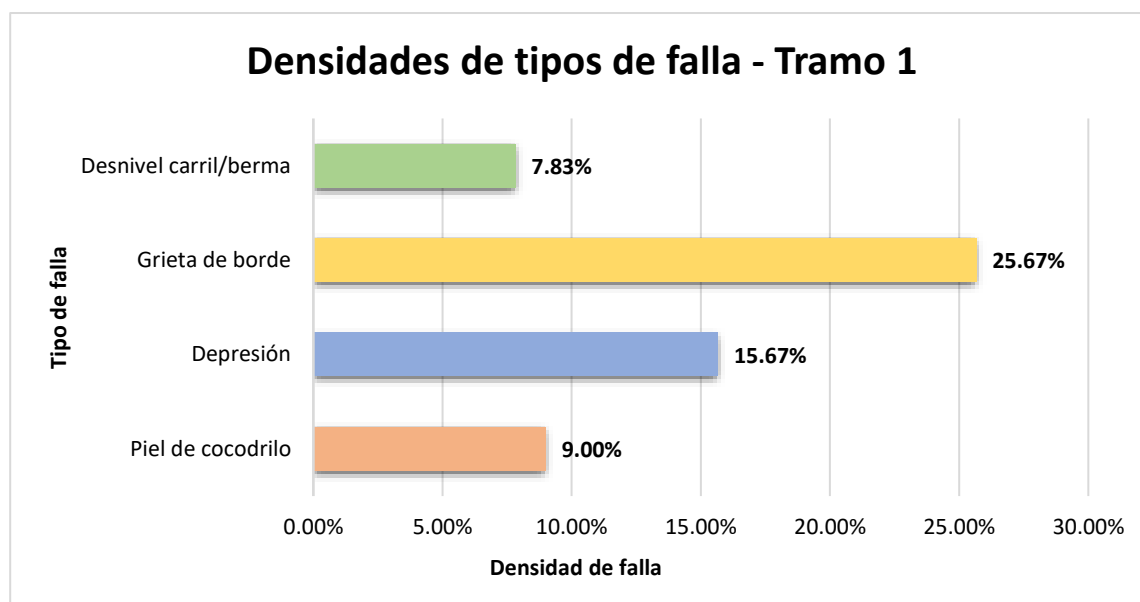
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 1

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
1	Piel de cocodrilo	Leve	9.00%
6	Depresión	Media	15.67%
7	Grieta de borde	Alta	25.67%
9	Desnivel carril/berma	Leve	7.83%

Se aprecia que la grieta de borde tiene una severidad alta con una densidad de 25.67%, la depresión una severidad media con una densidad de 15.67%, la piel de cocodrilo y desnivel/berma una severidad leve con densidades de 9.0% y 7.83% respectivamente.

Figura 8

Densidades de los tipos de falla – tramo 1



La densidad mayor es la de la grieta de borde con 25.67%, seguido por la depresión 15.67%, la piel de cocodrilo 9.0% y la de menor densidad es el desnivel/carril berma con 7.83%.

Tabla 7

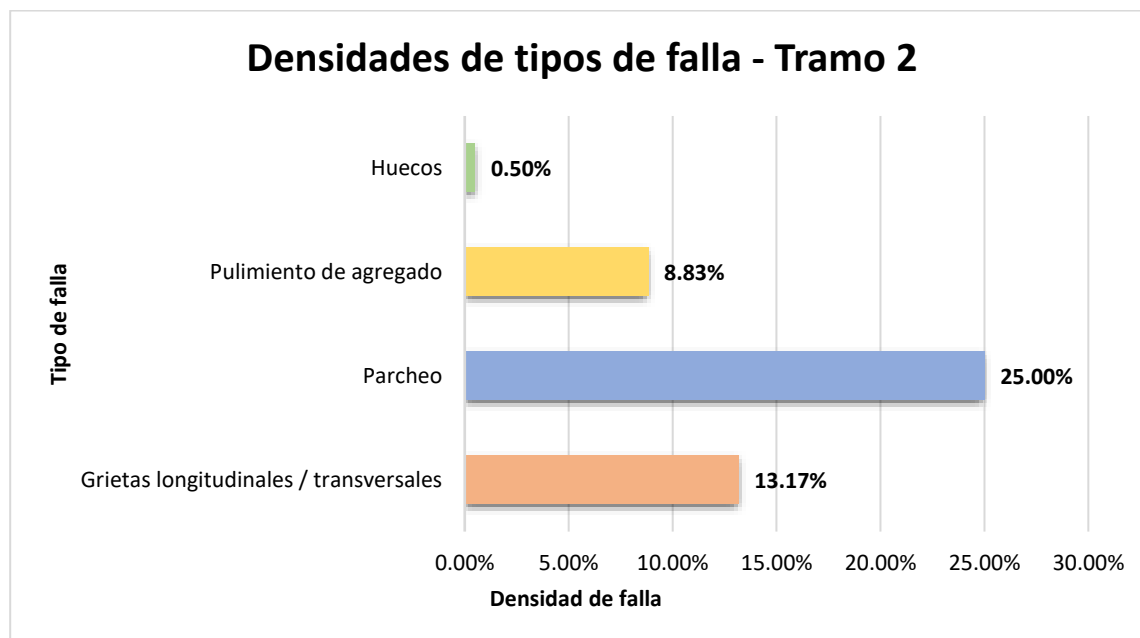
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 2

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
10	Grietas longitudinales / transversales	Media	13.17%
11	Parcheo	Alta	25.00%
12	Pulimiento de agregado	Leve	8.83%
13	Huecos	Leve	0.50%

Se aprecia que el parcheo tiene una severidad alta con una densidad de 25.00%, las grietas longitudinales/transversales con severidad media con una densidad de 13.17%, y finalmente el pulimiento de agregado y huecos con severidad leve con densidades de 8.83% y 0.50% respectivamente.

Figura 9

Densidades de los tipos de falla – tramo 2



La densidad mayor es la de parcheo con 25.00%, seguido por las grietas longitudinales /transversales con 13.17%, el pulimiento de agregado con 8.83%, y la de menor densidad es huecos con 0.50%.

Tabla 8

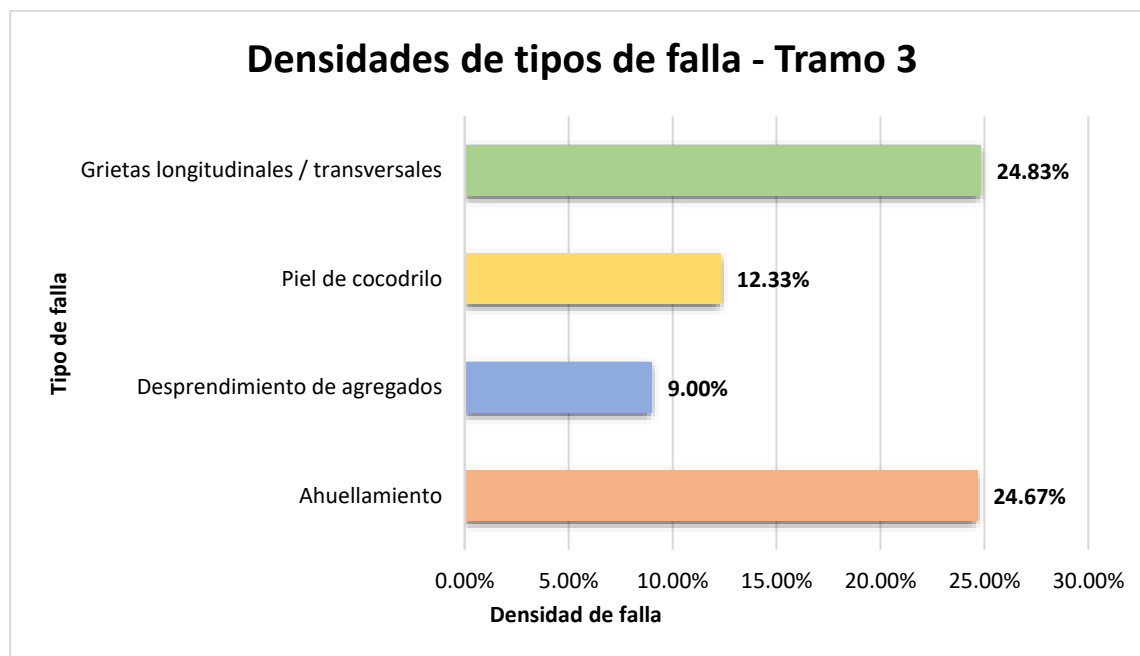
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 3

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
15	Ahuellamiento	Alta	24.67%
19	Desprendimiento de agregados	Leve	9.00%
1	Piel de cocodrilo	Media	12.33%
10	Grietas longitudinales / transversales	Alta	24.83%

Se aprecia que el ahuellamiento y grietas longit. / transv. tienen una severidad alta con densidades de 24.67% y 24.83% respectivamente, la piel de cocodrilo con una severidad media con una densidad de 12.33%, y finalmente el desprendimiento de agregados una severidad leve con una densidad de 9.00%

Figura 10

Densidades de los tipos de falla – tramo 3



La densidad mayor es la de grietas longitudinales /transversales con 24.83%, seguido ahuellamiento con 24.67%, piel de cocodrilo con 12.33% y la de menor densidad es el desprendimiento de agregado con 9.00%.

Tabla 9

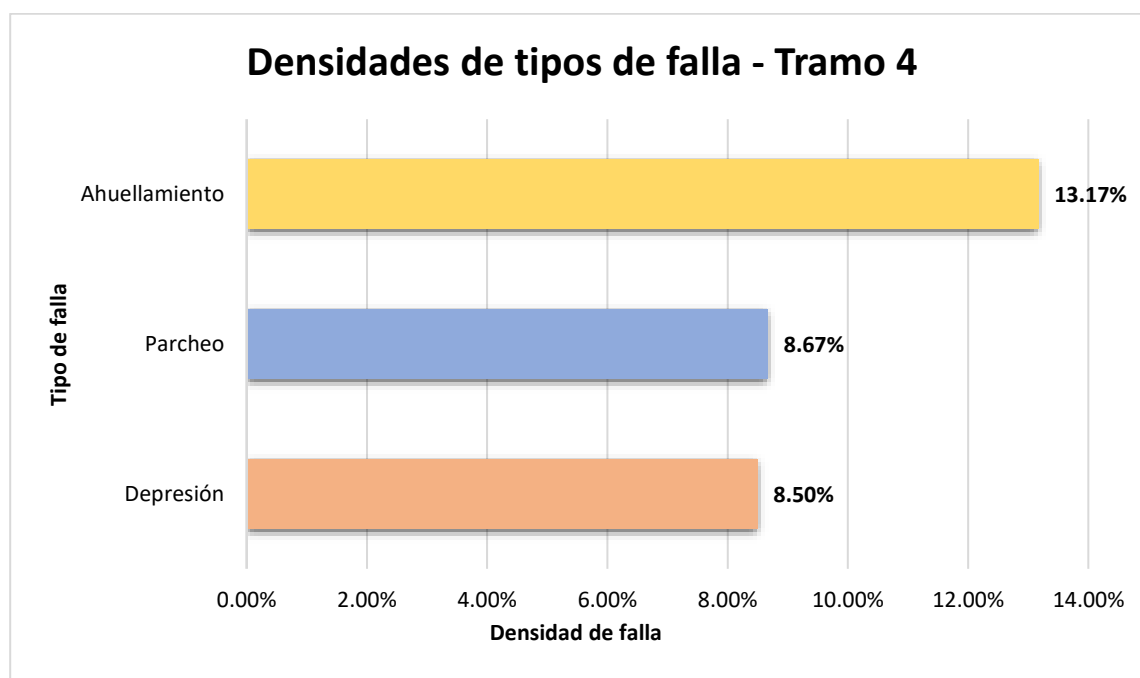
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 4

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
6	Depresión	Leve	8.50%
11	Parcheo	Leve	8.67%
15	Ahuellamiento	Media	13.17%

Se aprecia que el ahuellamiento presenta una severidad media con una densidad de 13.17%, la depresión y parcheo una severidad leve con densidades de 8.50% y 8.67% respectivamente.

Figura 11

Densidades de los tipos de falla – tramo 4



La densidad mayor es el ahuellamiento con 13.17%, seguido por el parcheo con 8.67%, y la de menor densidad es la depresión con 8.50%.

Tabla 10

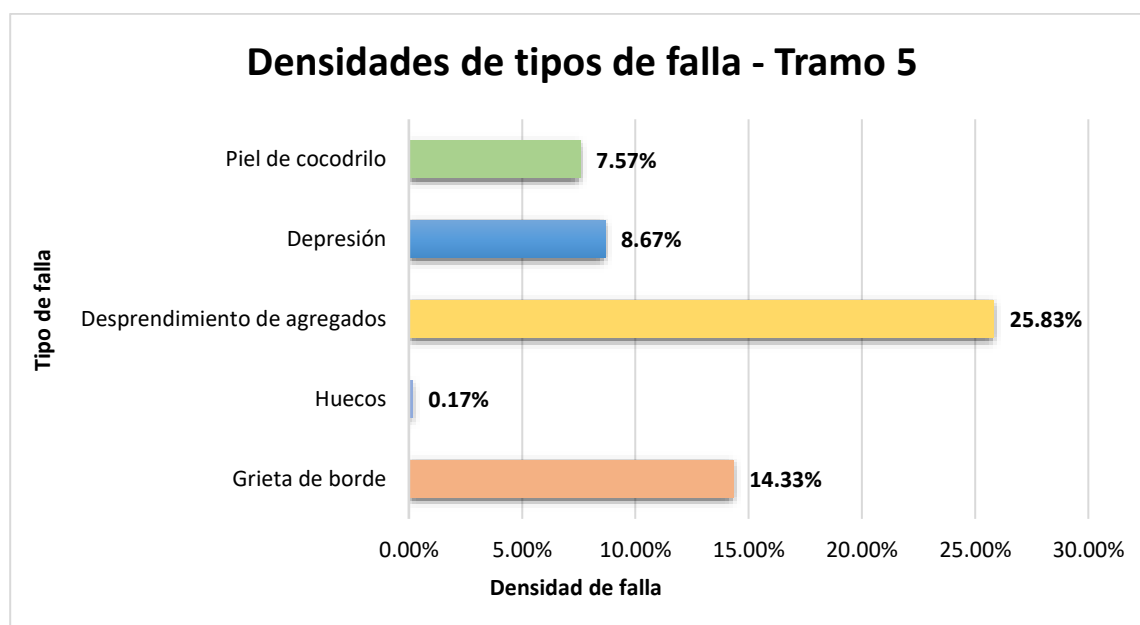
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 5

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
7	Grieta de borde	Media	14.33%
13	Huecos	Alta	0.17%
19	Desprendimiento de agregados	Alta	25.83%
6	Depresión	Leve	8.67%
1	Piel de cocodrilo	Leve	7.57%

Se aprecia que el desprendimiento de agregados y huecos tienen una severidad alta con densidades de 25.83% y 0.17% respectivamente, grieta de borde con severidad media cuenta con una densidad de 14.33%, finalmente la depresión y piel de cocodrilo con severidad leve tienen densidades de 8.67% y 7.57% respectivamente.

Figura 12

Densidades de los tipos de falla – tramo 5



La densidad mayor es el desprendimiento de agregados con 25.83%, seguido por grietas de borde con 14.33%, depresión con 8.67%, piel de cocodrilo con 7.57% y finalmente huecos con 0.17%.

Tabla 11

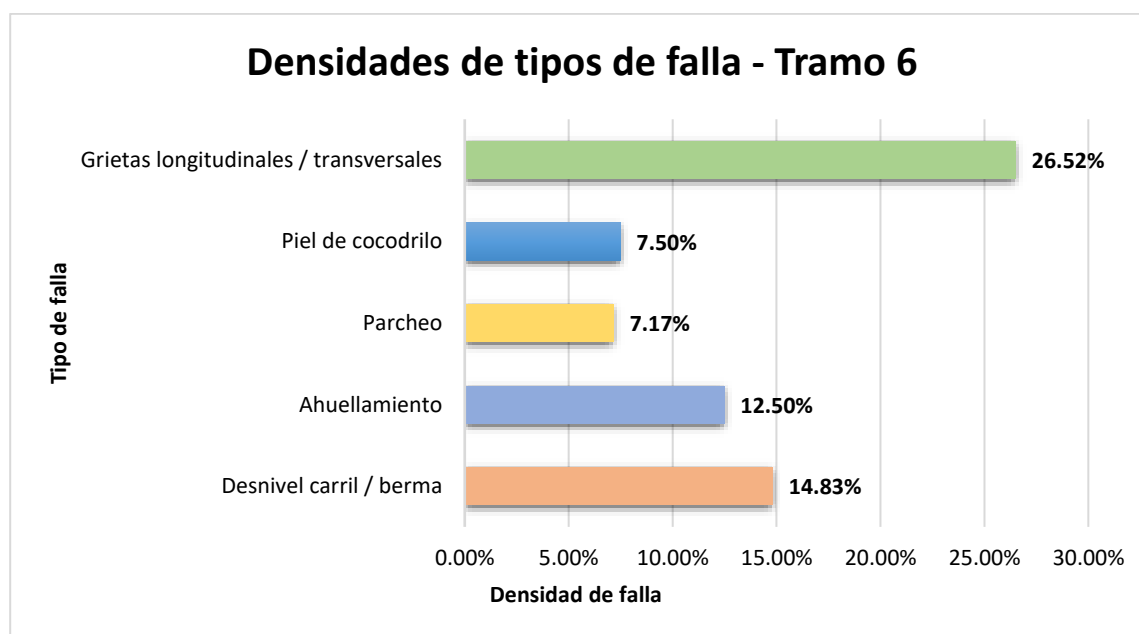
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 6

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
9	Desnivel carril / berma	Alta	14.83%
15	Ahuellamiento	Alta	12.50%
11	Parcheo	Media	7.17%
1	Piel de cocodrilo	Media	7.50%
10	Grietas longitudinales / transversales	Media	26.52%

Se aprecia que el desnivel y ahuellamiento tienen una severidad alta con densidades de 14.83% y 12.50% respectivamente, grietas longit. / transv., piel de cocodrilo y parcheo con una severidad media cuentan con densidades de 26.52%, 7.50% y 7.17% respectivamente.

Figura 13

Densidades de los tipos de falla – tramo 6



La densidad mayor es la de grietas longitudinales/transversales con 26.52%, desnivel con 14.83%, ahuellamiento con 12.50%, piel de cocodrilo con 7.50%, y finalmente el parcheo con 7.17%.

Tabla 12

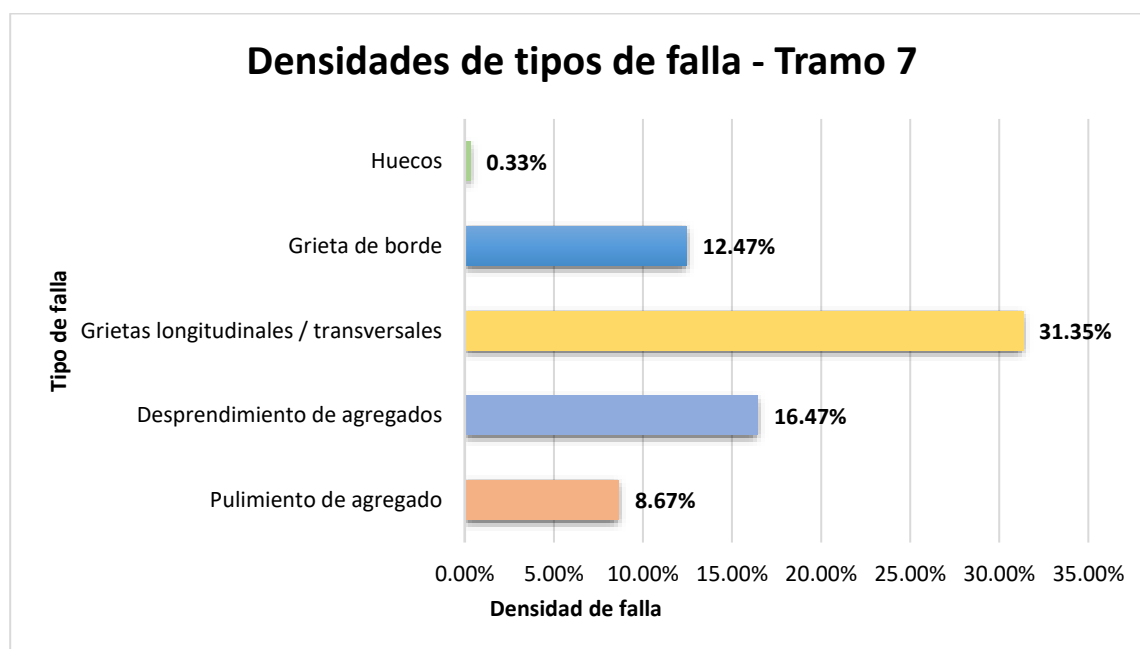
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 7

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
12	Pulimiento de agregado	Leve	8.67%
19	Desprendimiento de agregados	Alta	16.47%
10	Grietas longitudinales / transversales	Alta	31.35%
7	Grieta de borde	Media	12.47%
13	Huecos	Alta	0.33%

Se aprecia que las grietas longit. / transv., desprendimiento de agregados y huecos tienen una severidad alta con densidades de 31.35%, 16.47% y 0.33% respectivamente, la grieta de borde una severidad media con una densidad de 12.47%, y finalmente el pulimiento de agregado una severidad leve con una densidad de 8.67%

Figura 14

Densidades de los tipos de falla – tramo 7



La densidad mayor es las grietas longitudinales/transversales con 31.35%, seguido por el desprendimiento de agregados con 16.47%, grieta de borde con 12.47%, pulimiento de agregados con 8.67% y la de menor densidad son los huecos con 0.33%.

Tabla 13

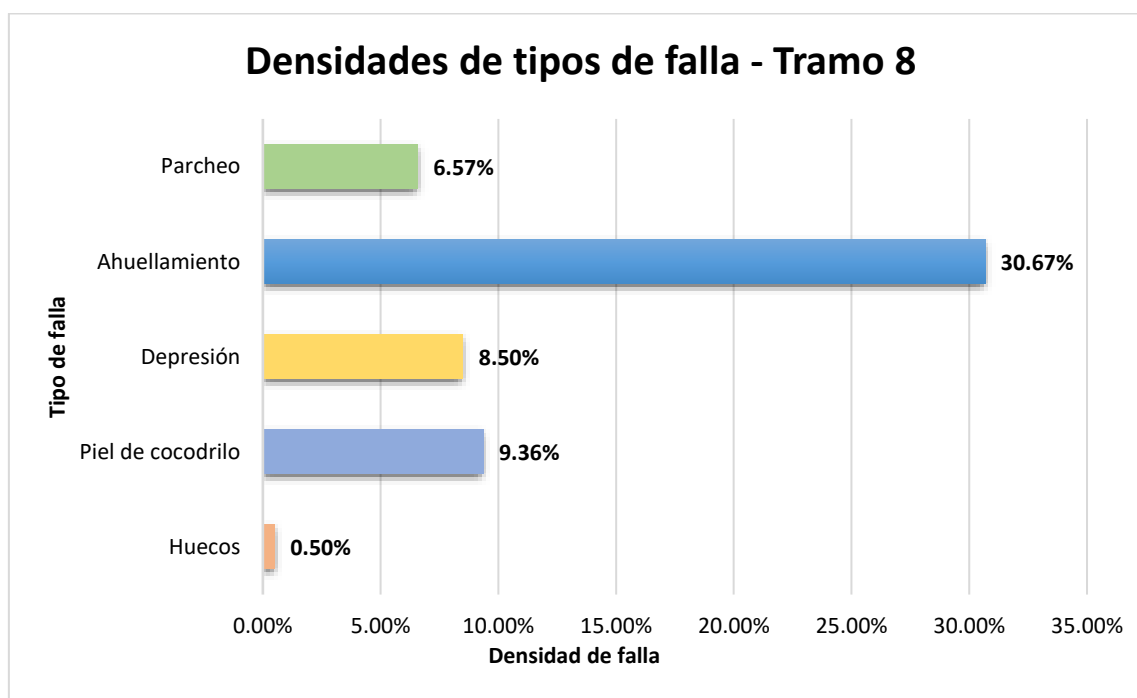
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 8

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
13	Huecos	Media	0.50%
1	Piel de cocodrilo	Media	9.36%
6	Depresión	Leve	8.50%
15	Ahuellamiento	Alta	30.67%
11	Parcheo	Media	6.57%

Se aprecia que el ahuellamiento tiene una severidad alta con una densidad de 30.67%, piel de cocodrilo, parcheo y huecos una severidad media cuentan con densidades de 9.36%, 6.57% y 0.50% respectivamente, y depresión una severidad leve tiene una densidad de 8.50%

Figura 15

Densidades de los tipos de falla – tramo 8



La densidad mayor es la de ahuellamiento con 30.67%, seguido por piel de cocodrilo con 9.36%, depresión con 8.50%, parcheo con 6.57% y finalmente huecos con 0.50%.

Tabla 14

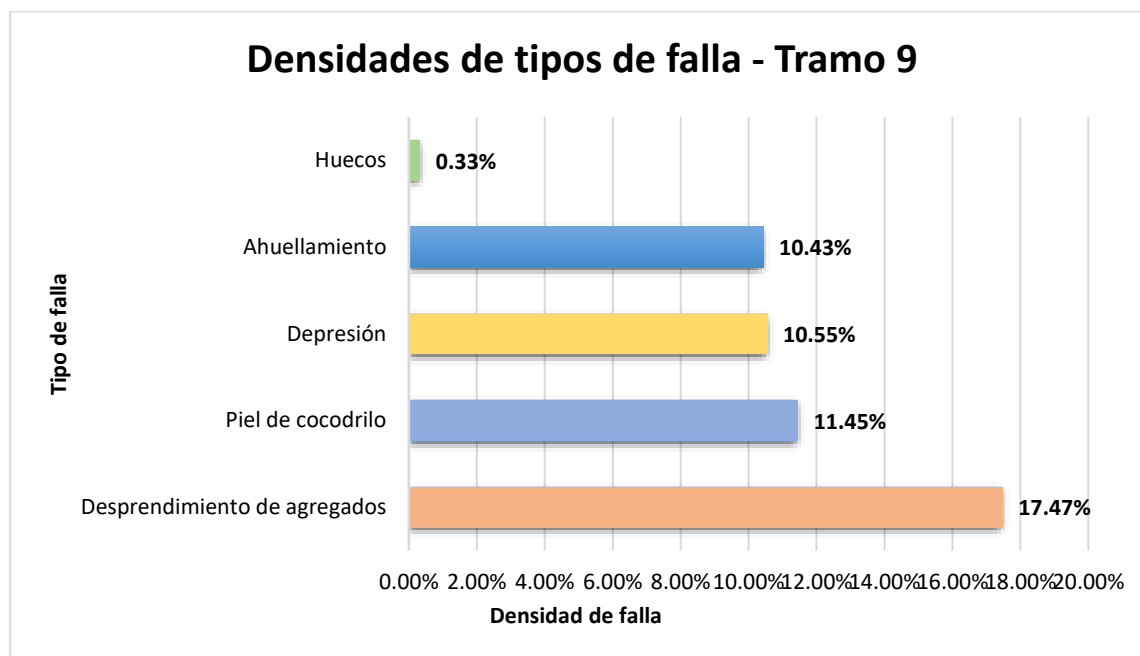
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 9

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
19	Desprendimiento de agregados	Alta	17.47%
1	Piel de cocodrilo	Media	11.45%
6	Depresión	Media	10.55%
15	Ahuellamiento	Leve	10.43%
13	Huecos	Alta	0.33%

Se aprecia que el desprendimiento de agregados y huecos tienen una severidad alta con densidades de 17.47% y 0.33% respectivamente, piel de cocodrilo y depresión tienen una severidad media con densidades de 11.45% y 10.55% respectivamente, y finalmente el ahuellamiento una severidad leve tiene una densidad de 10.43%.

Figura 16

Densidades de los tipos de falla – tramo 9



La mayor densidad en el tramo lo presenta el desprendimiento de agregados con 17.47%, seguido de piel de cocodrilo con 11.45%, depresión con 10.55%, ahuellamiento con 10.43%, y finalmente huecos con una densidad de 0.33%.

Tabla 15

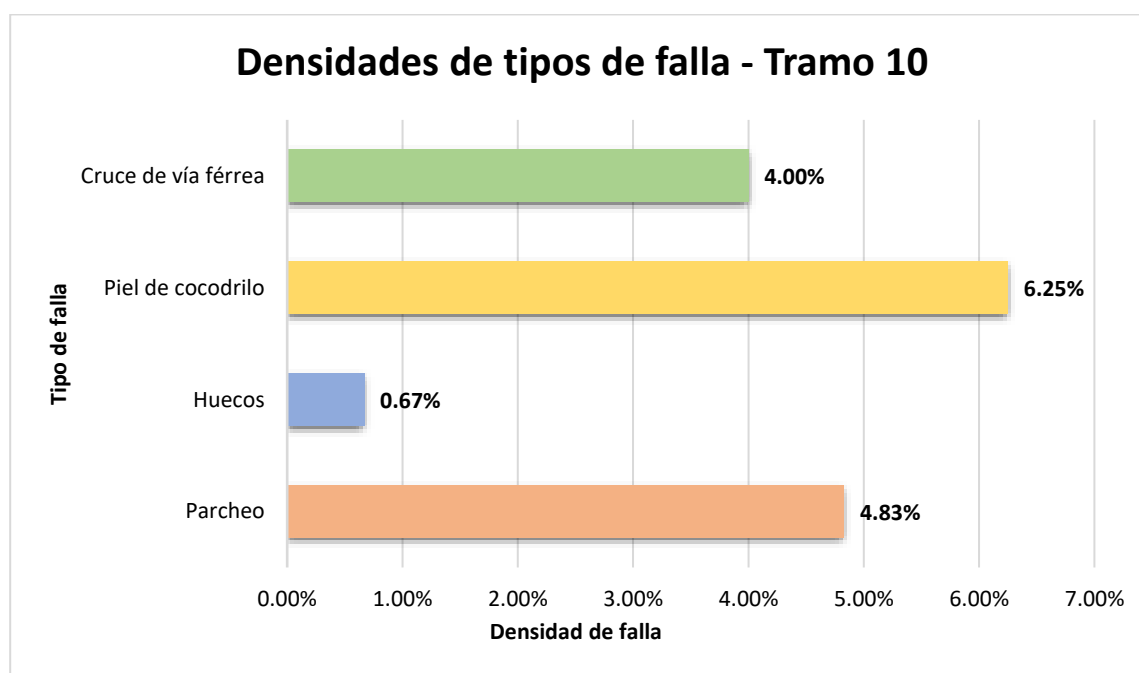
Tipo de falla, nivel de severidad, densidad (%) – Tramo 10

Nº	Tipo de falla	Severidad	Densidad (%)
11	Parcheo	Media	4.83%
13	Huecos	Media	0.67%
1	Piel de cocodrilo	Media	6.25%
14	Cruce de vía férrea	Media	4.00%

Se aprecia que la falla parcheo, huecos, piel de cocodrilo y cruce de vía férrea presentan una severidad media con densidades de 4.83%, 0.67%, 6.25% y 4.00% respectivamente.

Figura 17

Densidades de los tipos de falla – tramo 10



La mayor densidad en el tramo es de piel de cocodrilo con 6.25%, seguido de parcheo con 4.83%, cruce de vía férrea con 4.0% y finalmente huecos con 0.67%.

Tabla 16

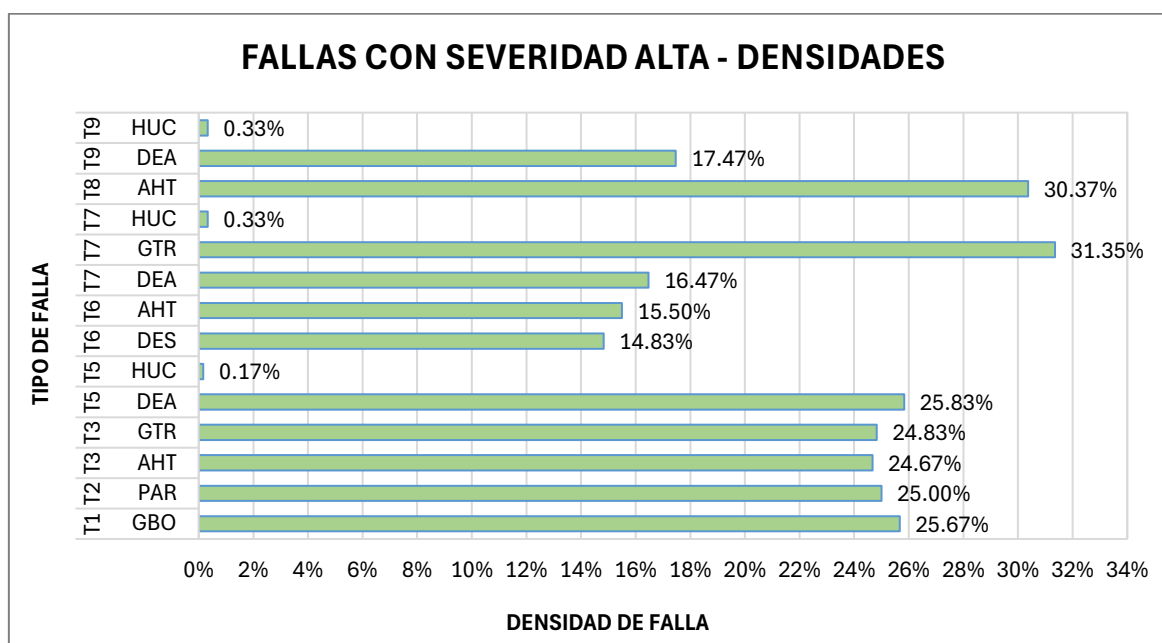
Resumen de fallas por severidad alta

U.M.	Severidad Alta Tipo de falla	Densidad
Tramo 1	Grieta de borde	25.67%
Tramo 2	Parcheo	25.00%
Tramo 3	Ahuellamiento	24.67%
	Grietas longitudinales/transversales	24.83%
Tramo 5	Desprendimiento de agregados	25.83%
	Huecos	0.17%
Tramo 6	Desnivel carril/berma	14.83%
	Ahuellamiento	12.50%
Tramo 7	Desprendimiento de agregados	16.47%
	Grietas longitudinales/transversales	31.35%
	Huecos	0.33%
Tramo 8	Ahuellamiento	30.67%
Tramo 9	Desprendimiento de agregados	17.47%
	Huecos	0.33%

Considerando una severidad alta de acuerdo al tipo de falla, se obtuvieron densidades de hasta 31.35% de grietas longitudinales/transversales que inciden sobre la vía.

Figura 18

Tipos de falla con severidad alta - densidades



Se puede apreciar las fallas por severidad alta en 10 tramos, las densidades oscilan de entre 0.17% de huecos y 31.35 de grietas longitudinales/transversales.

Tabla 17*Resumen de fallas por severidad media*

Severidad Media		
U.M.	Tipo de falla	Densidad
Tramo 1	Depresión	15.67
Tramo 2	Grietas longitudinales/transversales	13.17
Tramo 3	Piel de cocodrilo	12.33
Tramo 4	Ahuellamiento	13.17
Tramo 5	Grieta de borde	14.33
Tramo 6	Piel de cocodrilo	7.50
	Grietas longitudinales/transversales	26.52
	Parcheo	7.17
Tramo 7	Grieta de borde	12.47
Tramo 8	Piel de cocodrilo	9.36
	Parcheo	6.57
	Huecos	0.50
Tramo 9	Piel de cocodrilo	11.45
	Depresión	10.55
Tramo 10	Parcheo	4.83
	Huecos	0.67
	Piel de cocodrilo	6.25
	Cruce de vía férrea	4.00

Considerando una severidad media de acuerdo al tipo de falla, se obtuvieron densidades de hasta 26.52% de grietas longitudinales/transversales que inciden sobre la vía.

Tabla 18*Resumen de fallas por severidad leve*

Severidad Leve		
U.M.	Tipo de falla	Densidad
Tramo 1	Piel de cocodrilo	9.00
	Desnivel carril/berma	7.83
Tramo 2	Pulimiento de agregado	8.83
	Huecos	0.50
Tramo 3	Desprendimiento de agregados	9.00
Tramo 4	Depresión	9.50
	Parcheo	8.67
Tramo 5	Piel de cocodrilo	7.57
	Depresión	8.67
Tramo 7	Pulimiento de agregado	8.67
Tramo 8	Depresión	8.50
Tramo 9	Ahuellamiento	10.43

Considerando una severidad leve de acuerdo al tipo de falla, se obtuvieron densidades de hasta 10.43% del tipo de falla ahuellamiento que inciden de manera baja sobre la vía.

4.1.2 Nivel de condición superficial del pavimento flexible

Tabla 19

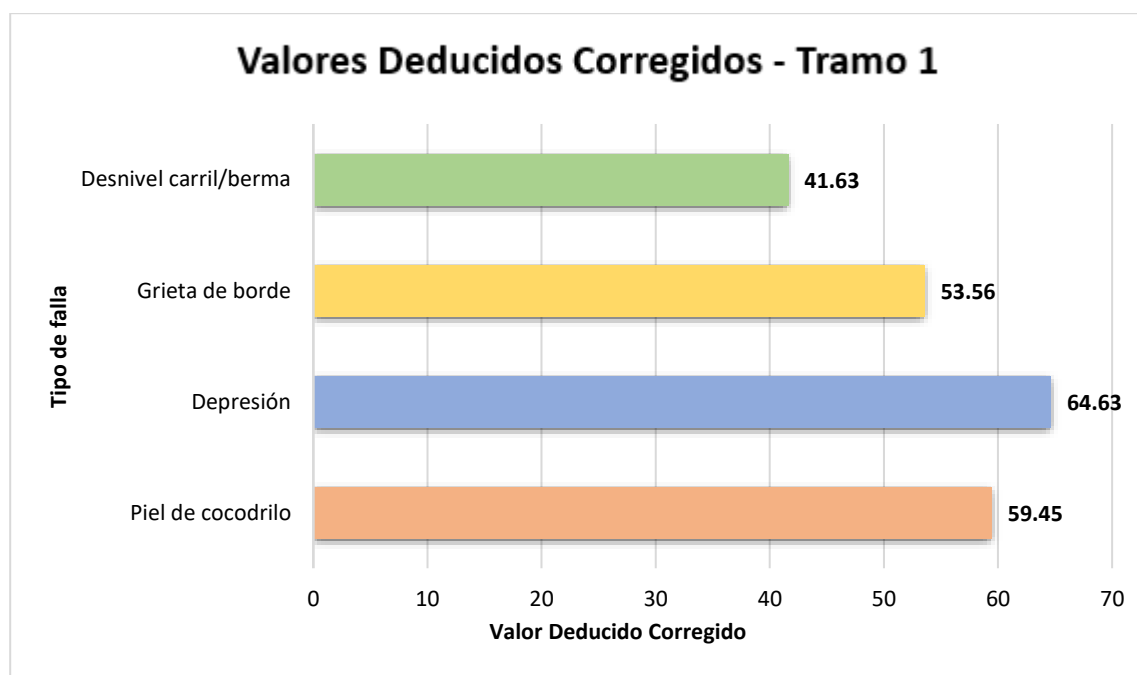
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 1

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
1	Piel de cocodrilo	59.45	PCI 35% MALO
6	Depresión	64.63	
7	Grieta de borde	53.56	
9	Desnivel carril/berma	41.63	

El mayor valor deducido es la de depresión con 64.63, seguida por la de piel de cocodrilo con 59.45, grieta de borde con 53.56, y por último el de desnivel carril/corregido con 41.63, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 35% calificada como MALO.

Figura 19

Valores deducidos corregidos - tramo 1



Los valores deducidos corregidos del tramo 1, oscilan de entre 41.63 y 64.63, donde se percibe que la falla de depresión incide en mayor medida que las demás fallas como piel de cocodrilo, desnivel carril/berma y grieta de borde.

Tabla 20

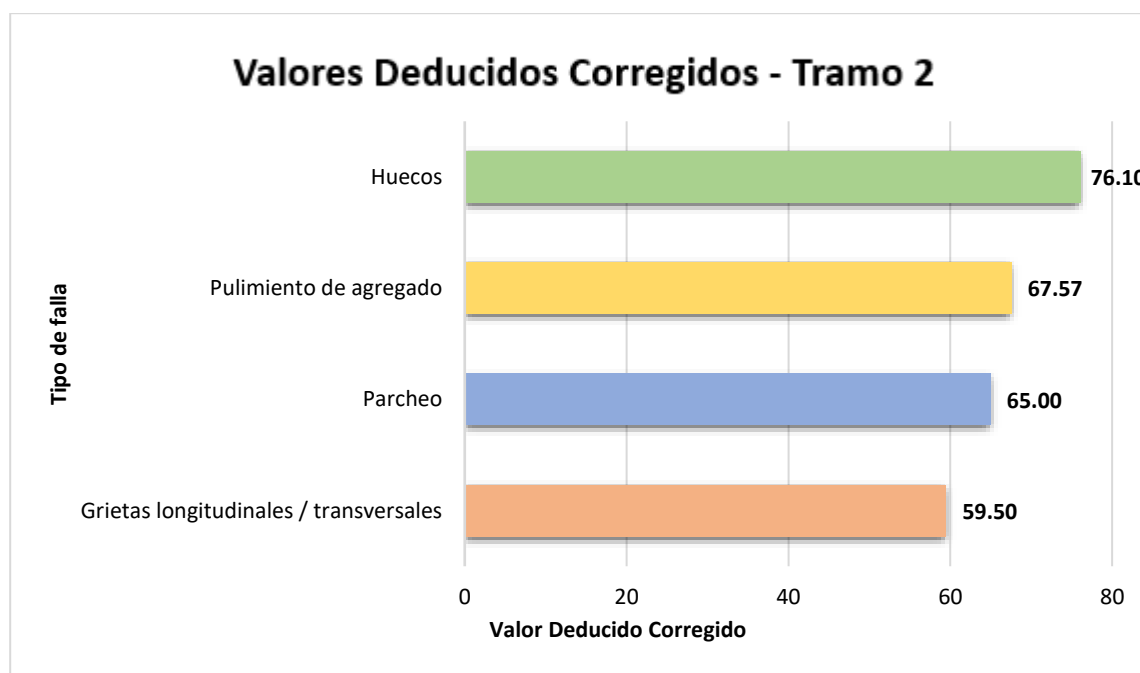
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 2

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
10	Grietas longitudinales / transversales	59.50	PCI 24% MUY MALO
11	Parcheo	65.00	
12	Pulimiento de agregado	67.57	
13	Huecos	76.10	

El mayor valor deducido es la de huecos con 76.10, seguida por la de pulimiento de agregados con 67.57, parcheo con 65, y por último grietas longitudinales/transversales con 59.50, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 24% calificada como MUY MALO.

Figura 20

Valores deducidos corregidos - tramo 2



Los valores deducidos corregidos del tramo 2, oscilan de entre 59.50 hasta 76.10, donde se percibe que la falla de huecos tiene más impacto negativo que las demás fallas encontradas, pero no menos importantes.

Tabla 21

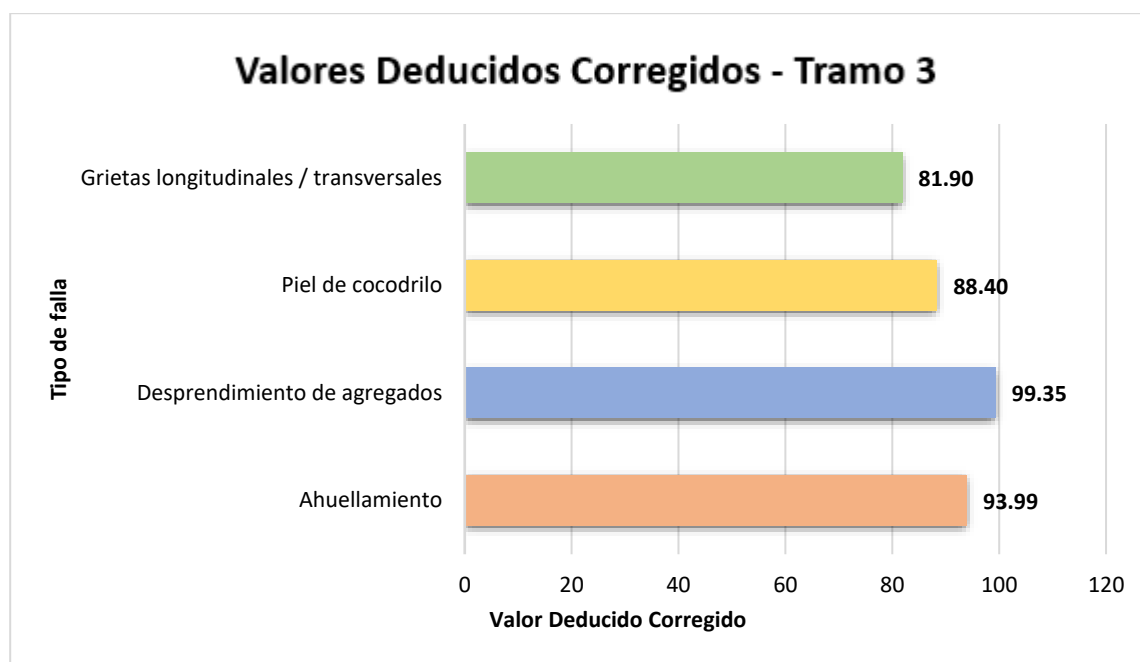
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 3

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
15	Ahuellamiento	93.99	PCI 1% FALLADO
19	Desprendimiento de agregados	99.35	
1	Piel de cocodrilo	88.40	
10	Grietas longitudinales / transversales	81.90	

El mayor valor deducido es del desprendimiento de agregados con 99.35, seguido de ahuellamiento con 93.99, piel de cocodrilo con 88.40 y finalmente grietas longitudinales / transversales con 81.90, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 1% calificada como FALLADO.

Figura 21

Valores deducidos corregidos - tramo 3



Los valores deducidos corregidos del tramo 3, oscilan de entre 81.90 hasta 99.35, donde se percibe que la falla de desprendimiento de agregados genera más impacto que las demás fallas encontradas, pero no menos importantes.

Tabla 22

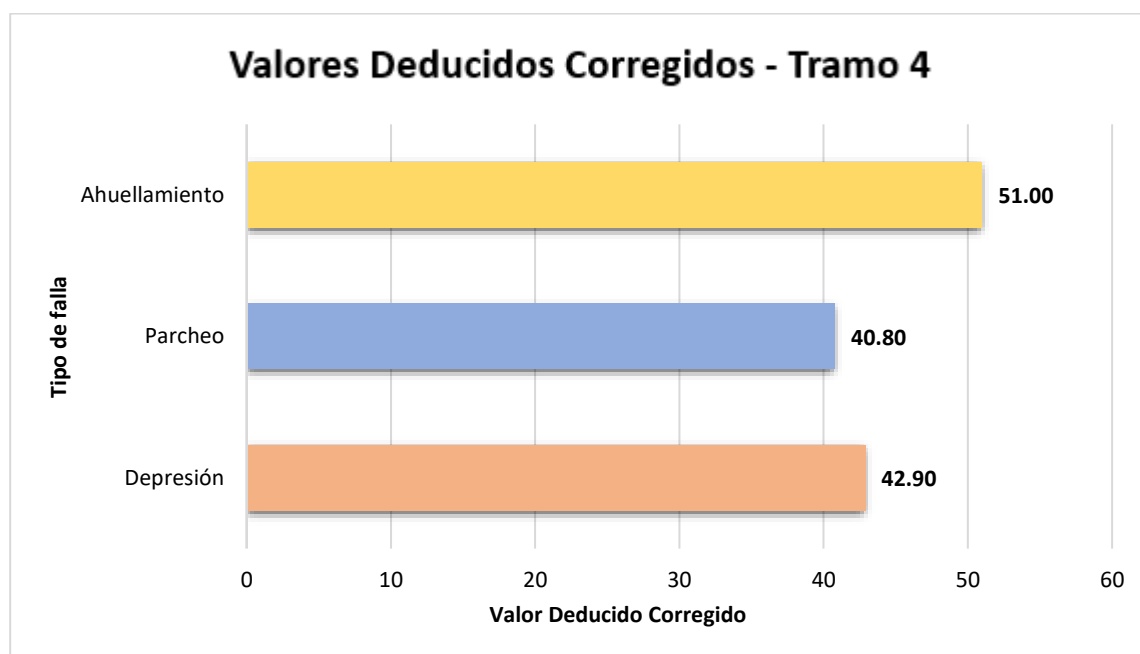
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 4

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
6	Depresión	42.90	PCI 49%
11	Parcheo	40.80	
15	Ahuellamiento	51.00	REGULAR

El mayor valor deducido es de ahuellamiento con 51.0, seguida por la depresión con 42.90, y por último el parcheo con 40.80, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 49% calificada como REGULAR.

Figura 22

Valores deducidos corregidos - tramo 4



Los valores deducidos corregidos del tramo 4, oscilan de entre 40.80 hasta 51.00, donde se percibe que la falla de ahuellamiento genera más impacto negativo que las demás fallas encontradas, pero no son menos importantes.

Tabla 23

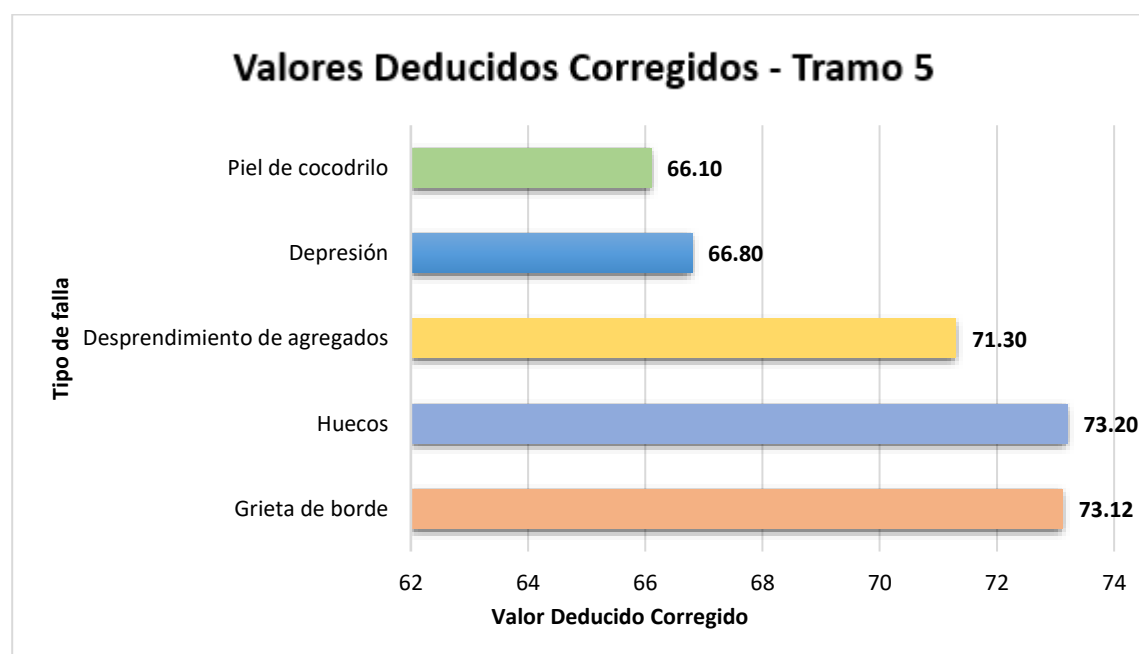
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 5

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
7	Grieta de borde	73.12	
13	Huecos	73.20	PCI
19	Desprendimiento de agregados	71.30	27%
6	Depresión	66.80	MALO
1	Piel de cocodrilo	66.10	

El mayor valor deducido es de huecos con 73.20, seguida por grieta de borde con 73.12, desprendimiento de agregados con 71.30, depresión con 66.80, y por último piel de cocodrilo con 66.10, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 27% calificada como MALO.

Figura 23

Valores deducidos corregidos - tramo 5



Los valores deducidos corregidos del tramo 5, oscilan de entre 66.10 hasta 73.20, donde se percibe que la falla de huecos genera más impacto negativo que las demás fallas encontradas, pero no son menos importantes.

Tabla 24

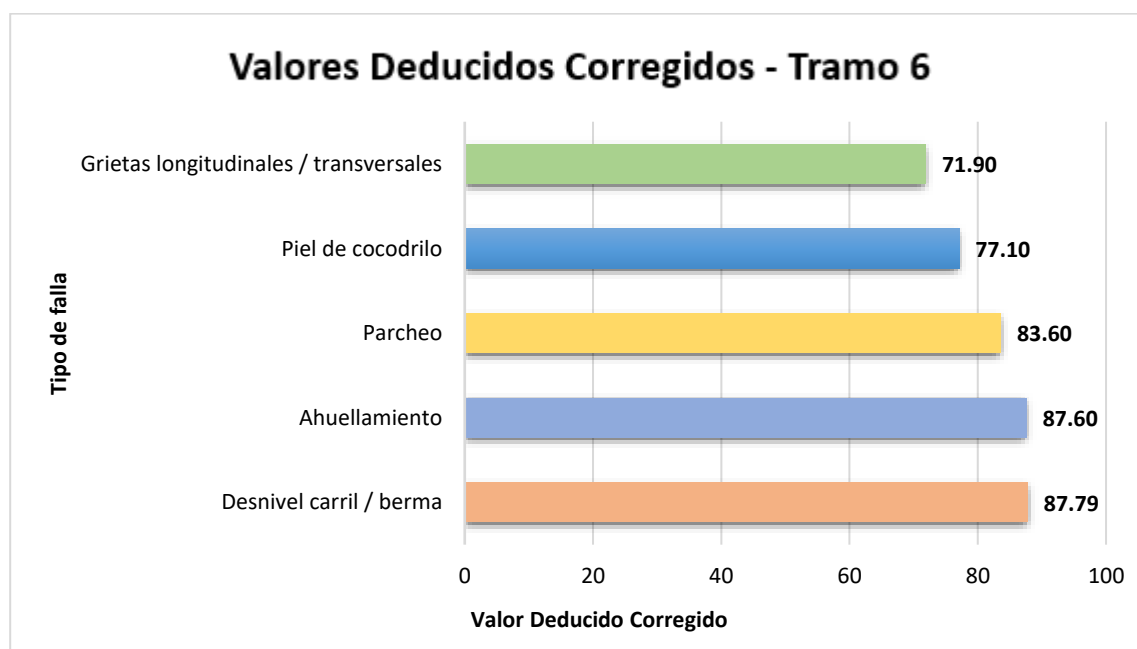
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 6

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
9	Desnivel carril / berma	87.79	PCI 12% MUY MALO
15	Ahuellamiento	87.60	
11	Parcheo	83.60	
1	Piel de cocodrilo	77.10	
10	Grietas longitudinales / transversales	71.90	

El mayor valor deducido es de desnivel con 87.79, seguido de ahuellamiento con 87.60, parcheo con 83.60, piel de cocodrilo con 77.10 y por último grietas longitudinales / transversales con 71.90, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 12% calificada como MUY MALO.

Figura 24

Valores deducidos corregidos - tramo 6



Los valores deducidos corregidos del tramo 6, oscilan de entre 71.90 hasta 87.79, donde se percibe que la falla de desnivel carril/berma genera mayor impacto negativo que las demás fallas encontradas, pero no son menos importantes.

Tabla 25

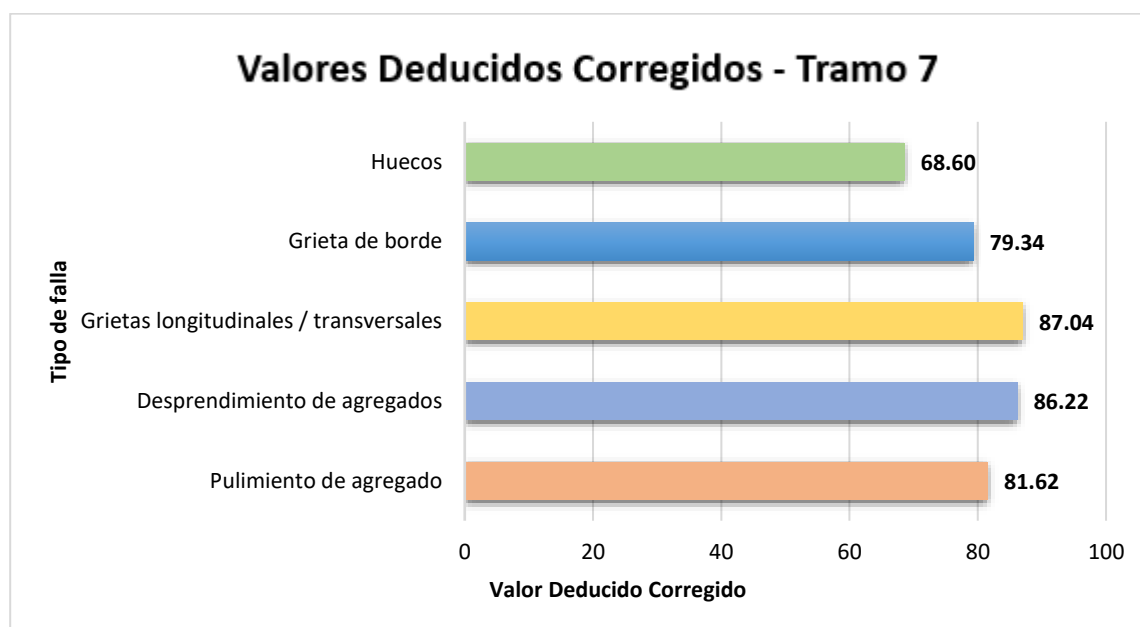
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 7

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
12	Pulimiento de agregado	81.62	PCI 13% MUY MALO
19	Desprendimiento de agregados	86.22	
10	Grietas longitudinales / transversales	87.04	
7	Grieta de borde	79.34	
13	Huecos	68.60	

El mayor valor deducido es de grietas longitudinales/transversales con 87.04, seguido de desprendimiento de agregados con 86.22, pulimiento de agregados con 81.62, grieta de borde con 79.34 y por último huecos con 68.60, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 13% calificada como MUY MALO

Figura 25

Valores deducidos corregidos - tramo 7



Los valores deducidos corregidos del tramo 7, oscilan de entre 68.60 hasta 87.04, donde se percibe que la falla de grietas longitudinales/transversales manera mayor impacto negativo que en las demás fallas, pero no son menos importantes.

Tabla 26

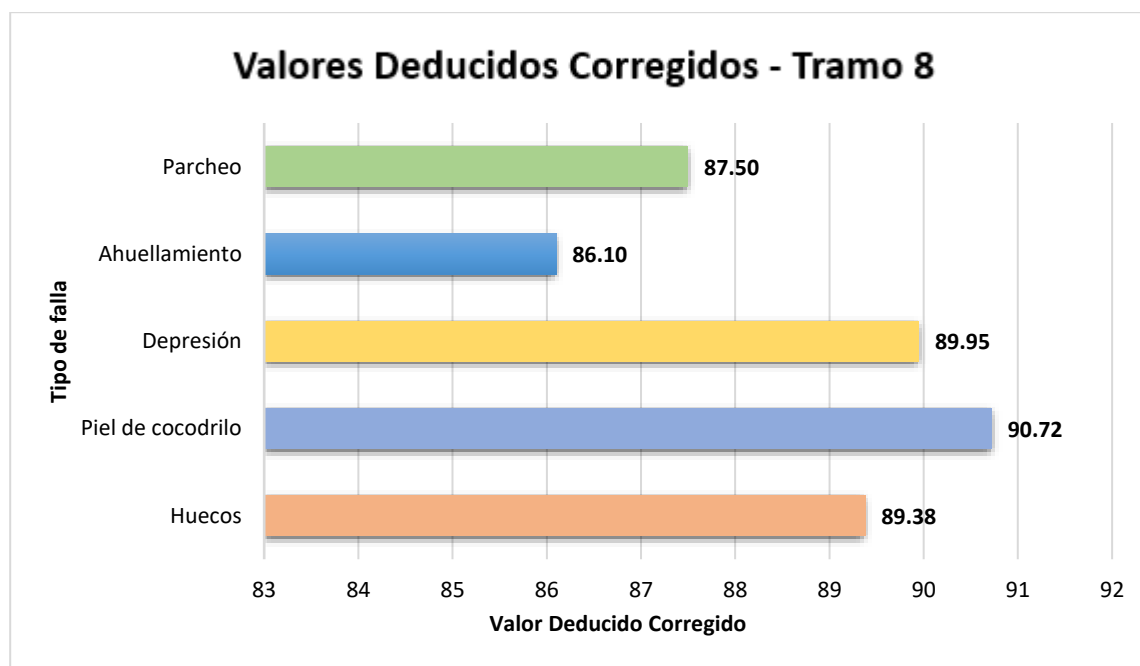
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 8

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
13	Huecos	89.38	PCI 9% FALLADO
1	Piel de cocodrilo	90.72	
6	Depresión	89.95	
15	Ahuellamiento	86.10	
11	Parcheo	87.50	

El mayor valor deducido es de piel de cocodrilo con 90.72, depresión con 89.95, huecos con 89.38, parcheo con 87.50, y por último ahuellamiento con 86.10, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 9% calificada como FALLADO.

Figura 26

Valores deducidos corregidos - tramo 8



Los valores deducidos corregidos del tramo 8, oscilan de entre 86.10 hasta 90.72, donde se percibe que la falla de piel de cocodrilo genera mayor impacto negativo que las demás fallas encontradas, pero no son menos importantes.

Tabla 27

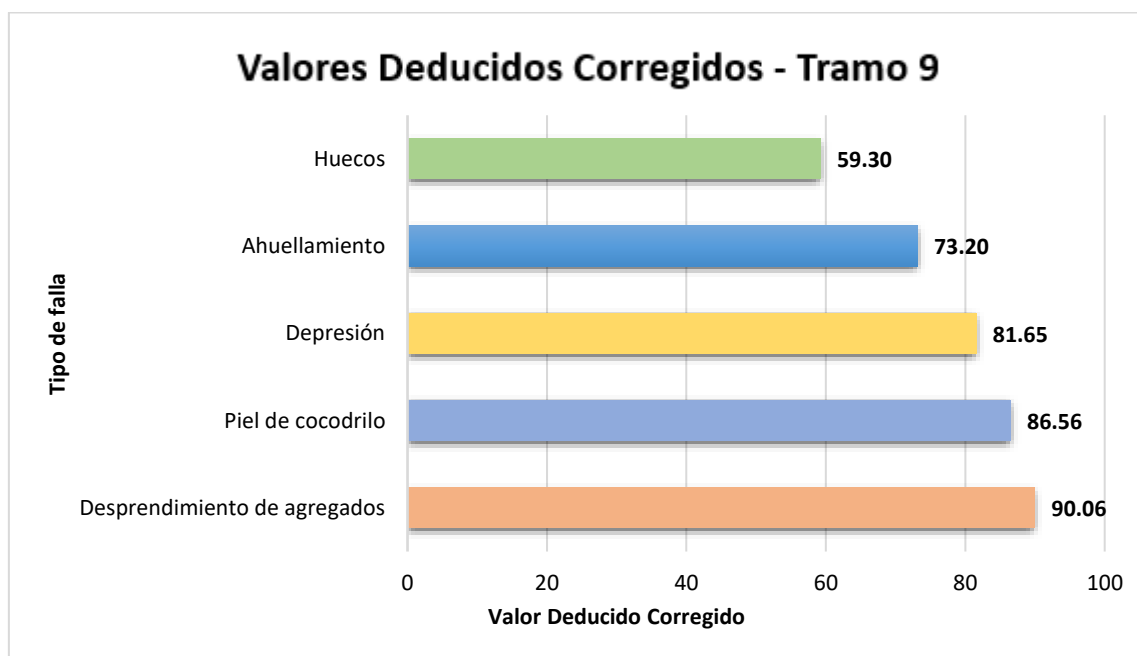
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 9

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
19	Desprendimiento de agregados	90.06	PCI 10% FALLADO
1	Piel de cocodrilo	86.56	
6	Depresión	81.65	
15	Ahuellamiento	73.20	
13	Huecos	59.30	

El mayor valor deducido es de desprendimiento de agregados con 90.06, seguido de piel de cocodrilo con 86.56, depresión con 81.65, ahuellamiento 73.20, y por último huecos con 59.30, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 10% calificada como FALLADO.

Figura 27

Valores deducidos corregidos - tramo 9



Los valores deducidos corregidos del tramo 9, oscilan de entre 59.30 hasta 90.06, donde se percibe que la falla de desprendimiento de agregados genera mayor impacto negativo que las demás fallas encontradas, pero no son menos importantes.

Tabla 28

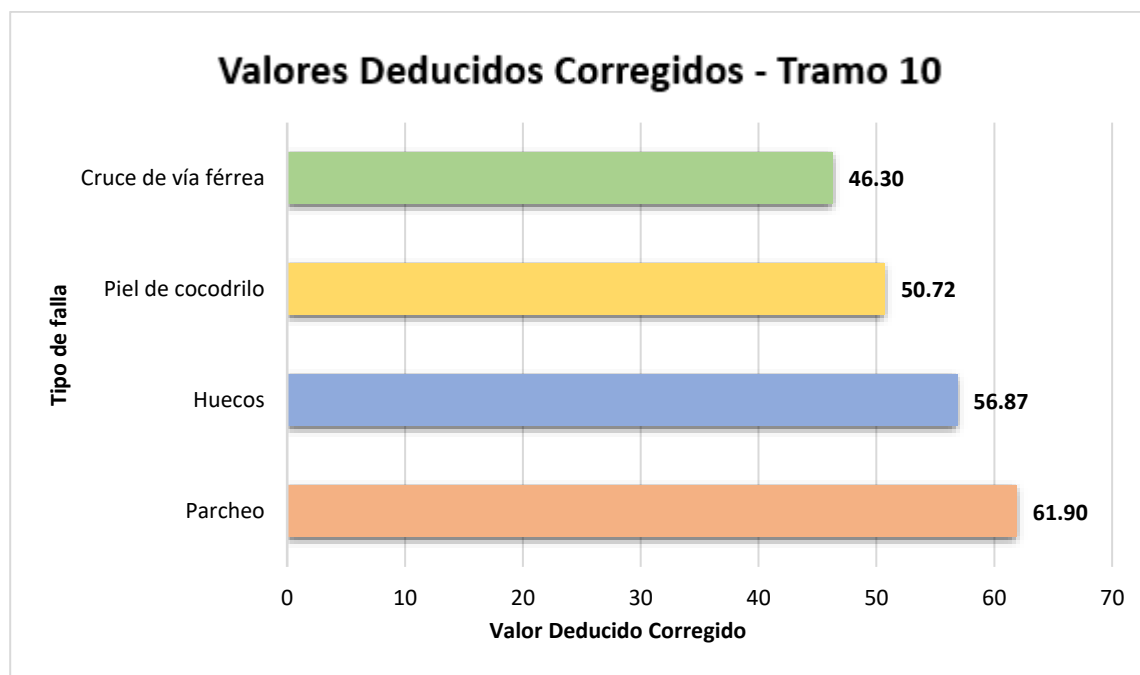
Nivel de condición superficial de pavimento – tramo 10

Nº	Tipo de falla	VDC	PCI
11	Parcheo	61.90	PCI 38%
13	Huecos	56.87	
1	Piel de cocodrilo	50.72	MALO
14	Cruce de vía férrea	46.30	

El mayor valor deducido es de parcheo con 61.90, huecos con 56.87, piel de cocodrilo con 50.72, y finalmente cruce de vía férrea con 46.30, tomando en consideración el VDC más alto nos da un PCI de 38% calificada como MALO.

Figura 28

Valores deducidos corregidos - tramo 10



Los valores deducidos corregidos del tramo 10, oscilan de entre 46.30 hasta 61.90, donde se percibe que la falla de parcheo genera mayor impacto negativo que las demás fallas encontradas, pero no son menos importantes.

Tabla 29

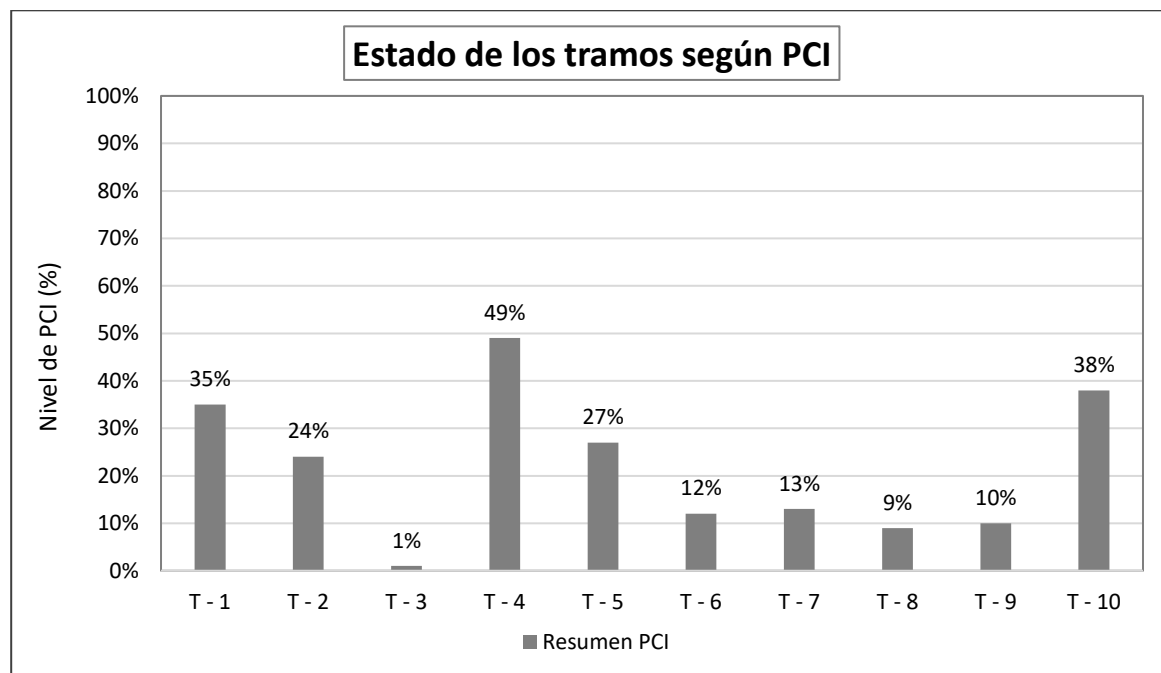
Resumen de índice de condición de pavimento PCI

Índice de Condición de Pavimento		
Punto	Calificación	Estado
Tramo 1	35	Malo
Tramo 2	24	Muy Malo
Tramo 3	1	Fallado
Tramo 4	49	Regular
Tramo 5	27	Malo
Tramo 6	12	Muy Malo
Tramo 7	13	Muy Malo
Tramo 8	9	Fallado
Tramo 9	10	Fallado
Tramo 10	38	Malo

Según la tabla anterior la vía con una calificación promedio de 22% se encuentra en un estado promedio MUY MALO, lo que indica un alto índice de requerir mantenimiento.

Figura 29

Comparativa de niveles de PCI en los tramos evaluados



Se puede apreciar que los tramos 3, 8 y 9 tienen un nivel de PCI bajo con una condición de pavimento de FALLADO, tramos como el 2, 6 y 7 en estado MUY MALO, y tramos como 1, 5 y 10 como MALO y solo el tramo 4 se encuentra en un nivel REGULAR.

4.1.3 Plan de mantenimiento de pavimento flexible

El examen exhaustivo del PCI calculado para los diez tramos que integran el Jirón Cahuide proporciona información técnica precisa y cuantificable que permite diagnosticar de manera diferenciada el nivel de deterioro existente en cada segmento del pavimento flexible. Este análisis detallado constituye un insumo fundamental para formular un plan de intervención técnica adaptado a las condiciones específicas de cada tramo, en función del grado de afectación superficial identificado.

Esta categorización segmentada facilita el establecimiento de un plan por etapas y específico para la gestión vial. Este programa no solo optimiza los recursos técnicos, económicos y logísticos, sino que también prolonga la vida útil del pavimento al implementar medidas correctivas o preventivas inmediatas según la gravedad del daño.

Esta gestión organizada también fomenta la toma de decisiones basada en hechos, lo que permite a los grupos responsables y a las autoridades elaborar planes más eficaces y a largo plazo. El objetivo es garantizar que los vehículos puedan circular de forma segura, cómoda y eficaz mediante la mejora de las vías de la ciudad y el fomento del desarrollo coordinado del sistema de transporte del distrito.

- 1. El estado del pavimento.** El PCI indica que el pavimento flexible se encuentra en mal estado, con una calificación entre "muy deficiente" y "deficiente". Por lo tanto, para evitar que su estructura y función se deterioren, se requiere un plan de mantenimiento proactivo, preventivo y correctivo. En este punto, los daños visibles suelen incluir fracturas longitudinales o transversales de moderadas a severas, deformaciones menores, desconchado superficial y algunos baches. Por lo tanto, mantener el pavimento en excelente estado debe ser una prioridad. Esto significa tomar medidas para prolongar su vida útil y evitar tener que realizar grandes reparaciones pronto.
- 2. Componente 1.** El plan debe incluir tareas de mantenimiento regulares, realizadas según un cronograma predeterminado. Una de ellas es el lavado del pavimento para

eliminar el polvo, los residuos y los elementos abrasivos que podrían acelerar el desgaste del asfalto. Además, es importante asegurar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje, ya que el agua es una causa importante de daños en el pavimento. Para ello, es necesario limpiar y revisar periódicamente las zanjas, alcantarillas y desagües longitudinales y transversales. Esto evita que el agua penetre en las capas inferiores del pavimento.

3. **Componente 2.** Utilice el mantenimiento preventivo para reparar pequeñas grietas y agujeros, especialmente aquellos que puedan dejar entrar agua. El uso de selladores asfálticos flexibles e impermeables es una excelente estrategia para evitar que las grietas se agranden. En zonas donde el ligante asfáltico está envejeciendo o la rugosidad de la superficie está empeorando, esto debe realizarse junto con el uso de recubrimientos superficiales delgados, como lechadas asfálticas o tratamientos superficiales bituminosos. Estas tecnologías impermeabilizan las superficies, facilitan su adhesión y ralentizan el desgaste del pavimento.
4. **Mantenimiento.** El mantenimiento correctivo ligero debe incluir la reparación de baches, superficies sueltas y zonas dañadas con mezcla asfáltica caliente o fría, según el clima y la magnitud del trabajo. Esta fase debe diseñarse con base en un mapa de degradación predefinido que muestre los puntos más peligrosos para la seguridad vial. Para garantizar la durabilidad de las reparaciones, es necesario compactarlas cuidadosamente y verificar su calidad.
5. **Tecnologías de auscultación.** Esta nueva forma de trabajar se basa en gran medida en tecnologías digitales de monitoreo e inspección, como sensores de deformación, análisis de fotogrametría aérea mediante drones y sistemas de evaluación automatizados con escáneres láser y cámaras de alta resolución. Estas tecnologías permiten supervisar el estado de la superficie del pavimento en todo momento, lo que



facilita la detección temprana de problemas. Esto facilita la toma de decisiones técnicas basadas en datos, lo que agiliza el mantenimiento.

6. **Ejecución.** Se realizarán inspecciones técnicas periódicas y el valor del PCI se revisará cada seis a doce meses. Esto permitirá modificar el plan de reparación a medida que el pavimento se deteriora. Asimismo, es fundamental capacitar al personal técnico en técnicas actualizadas de conservación vial, promover la participación de las autoridades locales y destinar un presupuesto específico para mantenimiento vial preventivo. Este enfoque integrado y anticipado no solo contribuye a mejorar la funcionalidad del pavimento, sino que representa un ahorro económico considerable al evitar rehabilitaciones mayores a futuro, favoreciendo la sostenibilidad del sistema vial urbano.

Tabla 30

Resumen de plan de mantenimiento

Tramo	Progresiva	PCI	Severidad global	Prioridad	Mantenimiento rutinario (frecuencia/acciones)	Mantenimiento periódico (frecuencia/acciones)	Alcance/explicación
1	00+000 – 00+100	MALO	ALTA	1 (inmediata)	Inspección semanal; limpieza de cunetas y eliminación de material suelto; parcheo temporal de baches (asfalto frío o mezcla estabilizada); señalización temporal de zonas peligrosas.	Rehabilitación mayor cada 6–12 meses: fresado y recapado (overlay 4–6 cm) o bacheo profundo con reposición estructural; estabilización de base si hay bombeo; mejora de drenaje permanente.	Actividades rutinarias mantienen seguridad inmediata; la intervención periódica restablece la estructura y previene el rápido deterioro.
2	00+100 – 00+200	MUY MALO	ALTA	1 (inmediata)	Inspección semanal; parcheo temporal de baches y sellado provisional de fisuras; limpieza de desagües; control de tráfico en áreas dañadas.	Rehabilitación estructural cada 6–12 meses: fresado parcial con recapado, o reciclado en frío in situ seguido de overlay; refuerzo de base y subbase si es necesario.	Combina medidas inmediatas para transitabilidad con obras periódicas que restauran capacidad portante y durabilidad.
3	00+200 – 00+300	FALLADO	ALTA	1 (inmediata)	Inspección semanal; limpieza de cunetas y eliminación de material suelto; parcheo temporal de baches (asfalto frío o mezcla estabilizada); señalización temporal de zonas peligrosas.	Rehabilitación mayor cada 6–12 meses: fresado y recapado (overlay 4–6 cm) o bacheo profundo con reposición estructural; estabilización de base si hay bombeo; mejora de drenaje permanente.	Actividades rutinarias mantienen seguridad inmediata; la intervención periódica restablece la estructura y previene el rápido deterioro.
4	00+300 – 00+400	REGULAR	MEDIA	2 (alta)	Inspección mensual; sellado de fisuras pequeñas; limpieza y perfilado de cunetas; parcheo superficial según detecte la inspección.	Pavimentación superficial (TSD o slurry) cada 1–3 años; corrección localizada de ahuellamientos menores; mejora de drenaje si se observan puntos críticos.	Intervenciones puntuales y tratamientos superficiales evitan que el tramo pase a condición mala.
5	00+400 – 00+500	MALO	ALTA	1 (inmediata)	Inspección semanal; limpieza de cunetas y eliminación de material suelto; parcheo temporal de baches (asfalto frío o mezcla estabilizada); señalización temporal de zonas peligrosas.	Rehabilitación mayor cada 6–12 meses: fresado y recapado (overlay 4–6 cm) o bacheo profundo con reposición estructural; estabilización de base si hay bombeo; mejora de drenaje permanente.	Actividades rutinarias mantienen seguridad inmediata; la intervención periódica restablece la estructura y previene el rápido deterioro.

Tramo	Progresiva	PCI	Severidad global	Prioridad	Mantenimiento rutinario (frecuencia/acciones)	Mantenimiento periódico (frecuencia/acciones)	Alcance/explicación
6	00+500 – 00+600	MUY MALO	MEDIA	2 (alta)	Inspección mensual; sellado de fisuras pequeñas; limpieza de rejillas y cunetas; parcheo de ahuellamientos localizados.	Slurry seal o microaglomerado cada 2–3 años; nivelación local en puntos de concentración de cargas; control y restauración de bermas.	Acciones de bajo costo y alto beneficio para conservar funcionalidad del tramo.
7	00+600 – 00+700	MUY MALO	ALTA	1 (inmediata)	Inspección semanal; limpieza de cunetas y eliminación de material suelto; parcheo temporal de baches (asfalto frío o mezcla estabilizada); señalización temporal de zonas peligrosas.	Rehabilitación mayor cada 6–12 meses: fresado y recapado (overlay 4–6 cm) o bacheo profundo con reposición estructural; estabilización de base si hay bombeo; mejora de drenaje permanente.	Actividades rutinarias mantienen seguridad inmediata; la intervención periódica restablece la estructura y previene el rápido deterioro.
8	00+700 – 00+800	FALLADO	ALTA	1 (inmediata)	Inspección semanal; limpieza de cunetas y eliminación de material suelto; parcheo temporal de baches (asfalto frío o mezcla estabilizada); señalización temporal de zonas peligrosas.	Rehabilitación mayor cada 6–12 meses: fresado y recapado (overlay 4–6 cm) o bacheo profundo con reposición estructural; estabilización de base si hay bombeo; mejora de drenaje permanente.	Actividades rutinarias mantienen seguridad inmediata; la intervención periódica restablece la estructura y previene el rápido deterioro.
9	00+800 – 00+900	FALLADO	ALTA	1 (inmediata)	Inspección semanal; limpieza de cunetas y eliminación de material suelto; parcheo temporal de baches (asfalto frío o mezcla estabilizada); señalización temporal de zonas peligrosas.	Rehabilitación mayor cada 6–12 meses: fresado y recapado (overlay 4–6 cm) o bacheo profundo con reposición estructural; estabilización de base si hay bombeo; mejora de drenaje permanente.	Actividades rutinarias mantienen seguridad inmediata; la intervención periódica restablece la estructura y previene el rápido deterioro.
10	00+900 – 01+000	MALO	MEDIA	2 (alta)	Inspección mensual; sellado de fisuras pequeñas; limpieza y perfilado de cunetas; parcheo superficial según detecte la inspección.	Pavimentación superficial (TSD o slurry) cada 1–3 años; corrección localizada de ahuellamientos menores; mejora de drenaje si se observan puntos críticos.	Intervenciones puntuales y tratamientos superficiales evitan que el tramo pase a condición mala.

4.2 Discusión de resultados

Los tipos de fallas encontrados en los 10 tramos fueron en un total de 10: piel de cocodrilo, depresión, grieta de donde, desnivel carril/berma, grietas longitudinales/transversales, parcheo, pulimiento de agregado, huecos, ahuellamiento, desprendimiento de agregados; en los 10 tramos en encontraron niveles de severidad altos, medios y leves; teniéndose que el tramo 1 presenta un nivel malo y severidad alta, el tramo 2 con un estado muy malo y con severidad alta, el tramo 3 con estado fallado y severidad alta, el tramo 4 con estado regular y severidad media, el tramo 5 con estado malo y severidad alta, el tramo 6 con estado muy malo y severidad media, el tramo 7 con estado muy malo con severidad alta, el tramo 8 con estado fallado y una severidad alta, el tramo 9 con estado fallado y una severidad alta, y el tramo 10 con estado malo y severidad media.

Como lo afirma Mundaca (2019). En las calles de Chóchope, se observó que entre el total de losas, 175 presentan daño por grietas en las esquinas, 103 presentan daño por losa partida, 199 presentan daño por escamas, 629 tienen daño por sello de junta, 1105 presentan daño por grietas lineales, 28 están afectadas por daño por pulido de agregados, 360 presentan daño por desconchado y 146 tienen daño por desprendimiento de esquinas. Los hallazgos indican que el problema predominante en las calles de pavimento rígido de Chóchope es la degradación por grietas lineales, en su mayoría de baja severidad, que no resulta en deterioro estructural. Este daño resulta de la deformación o fricción durante el proceso de acabado de las losas en la construcción y/o está asociado a otras formas de daño en las losas, como el deterioro del sello de junta debido al uso de productos inapropiados o compactación inadecuada del sello en las juntas. Los daños observados en las losas consisten en fisuras en las mismas como resultado de deficiencias constructivas o de sellado inadecuado de juntas de contracción y expansión, lo que genera la formación de grietas que segmentan la losa y, en ausencia de un sellado adecuado, contribuyen al asentamiento de algunas losas en las calles examinadas. Según (Andrade et al., 2021). Los análisis indicaron que la principal fuente de variabilidad radica en la identificación de

los defectos presentes en el pavimento, en donde se registraron inicialmente diecinueve tipos distintos de deterioro, como resultado de este proceso, se seleccionaron los nueve tipos de daños más representativos, lo que permitió reducir significativamente la variabilidad de los datos y, a su vez, mejorar la precisión del índice PCI y reforzar la capacidad predictiva del modelo de deterioro. Según (Elhadidy et al., 2021). La investigación utilizó información sobre la degradación superficial obtenida de 1448 secciones de pavimento. Manrique (2024) afirma que las grietas transv. y longit., la fisuración de cocodrilo, la separación de áridos, los baches y las restauraciones deficientes eran indicios de que la superficie ya estaba comenzando a deteriorarse. Paucar (2019) indica que los problemas más frecuentes fueron los baches, la fisuración de cocodrilo y las reparaciones deficientes. Las mayores dificultades fueron las losas fracturadas, las grietas rectas y las reparaciones que solo se requerían en un punto.

Los niveles de condición superficial del pavimento fueron evaluados de 10 tramos los cuales nos dieron PCI entre regular y malo: tramo 1: PCI - 50%(MALO), tramo 2: PCI - 44%(MALO), tramo 3: PCI - 55%(REGULAR), tramo 4: PCI - 65%(REGULAR), tramo 5: PCI - 57%(REGULAR), tramo 6: PCI - 56%(REGULAR), tramo 7: PCI - 64%(REGULAR), tramo 8: PCI - 61%(REGULAR), tramo 9: PCI - 60%(REGULAR), tramo 10: PCI - 44%(MALO). González et al. (2019) determinaron que la carretera que analizaron se encontraba en condiciones "regulares" en la escala PCI. Esto significa que presentaba daños leves, pero que requerían reparación inmediata para evitar su agravamiento. Este estudio enfatiza la necesidad de evaluaciones consistentes y metódicas para orientar las decisiones técnicas relacionadas con el mantenimiento y la rehabilitación de carreteras, promoviendo así medidas de conservación más efectivas y sostenibles destinadas a prolongar la vida útil del pavimento y preservar su funcionamiento. González et al. (2019) indicaron que los resultados revelaron que la escala PCI evaluó la carretera como "regular", lo que significa que presentaba daños leves, pero que requería reparación inmediata para evitar su agravamiento. Según Ugaz (2020), el estudio determinó que el pavimento en esta

región se encontraba en excelentes condiciones, con una puntuación PCI de 70, que corresponde a una calificación "buena". Según (Manrique, 2024). El trabajo de campo convencional arrojó un valor PCI de 16.12, clasificado como "muy malo" o en condición catastrófica. Simultáneamente, el análisis realizado mediante fotogrametría aérea con un dron operando a una altitud de 35 metros produjo un resultado similar, con un PCI de 15.42

La propuesta para un plan de mantenimiento del pavimento flexible, se tomó en cuenta los específicos anteriores donde analizamos de manera visual los tipos de falla según densidades y niveles de PCI realizar inspecciones periódicas y la actualización del valor del PCI cada 6 a 12 meses y así mejorar la funcionalidad del pavimento, sino que representa un ahorro económico considerable al evitar rehabilitaciones mayores a futuro, favoreciendo la sostenibilidad del sistema vial urbano. Según (González et al., 2019). Este hallazgo resalta la necesidad de implementar evaluaciones periódicas y sistemáticas que respalden decisiones técnicas orientadas al mantenimiento y rehabilitación vial, promoviendo estrategias de conservación más eficaces y sostenibles, con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento y preservar su funcionalidad. Según (Ugaz, 2020). El estudio enfatiza la importancia de establecer un programa preventivo de mantenimiento periódico que contemple inspecciones regulares y correctivos menores, con el objetivo de conservar el buen estado de la vía por más tiempo. Según (Manrique, 2024). Se propone el desarrollo de planes de conservación y mantenimiento correctivo que aseguren la prolongación de la vida útil del pavimento, garantizando su operatividad, seguridad y funcionalidad a largo plazo. Según (Paucar, 2019). Se propone implementar un plan de mantenimiento integral que incluya trabajos rutinarios y periódicos —especialmente antes del inicio de la temporada de lluvias— como sellado de fisuras, reparaciones superficiales y profundas, reposición de capas deterioradas y reconfiguración de la señalización horizontal

CONCLUSIONES

General, el estado superficial por medio de inspección visual resulta estar entre fallado, muy malo y malo, ya que existen tramos con estado pésimos superficiales; por lo que la propuesta de plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide, comprende en un mantenimiento rutinario inmediato, con actividades de intervención de fallas de fisuras longitudinales y transversales, como también el parcheo de huecos a lo largo de la vía, lo que reduciría los costos de rehabilitación y/o reconstrucción a largo plazo, y mejoren la fluidez del tránsito, la seguridad y comodidad de los usuarios.

Primera, los tipos de fallas que fueron encontrados fueron piel de cocodrilo, depresión, grieta de borde, desnivel carril/berma, grietas longitudinales/transversales, parcheo, pulimiento de agregado, huecos, ahuellamiento, desprendimiento de agregados; las cuales nos dieron densidades con porcentajes altos, en el tramo 1 la grieta de borde 25.67%, en el tramo 2 el parcheo 25%, en el tramo 3 las grietas longitudinales/transversales 24.83%, en el tramo 4 el ahuellamiento 13.17%, en el tramo 5 el desprendimiento de agregados 25.83%, en el tramo 6 las grietas longitudinales/transversales 26.52%, en el tramo 7 las grietas longitudinales/transversales 31.35%, en el tramo 8 el ahuellamiento 30.67%, en el tramo 9 el desprendimiento de agregados 17.47%, y en el tramo 10 el piel de cocodrilo con 6.25%; todos los mencionados tienen una severidad alta.

Segunda, los niveles de condición de pavimento PCI, muestran un promedio de 22% lo que se clasifica como MUY MALO, en el tramo 1: PCI 35% condición MALO, tramo 2: PCI 24% condición MUY MALO, tramo 3: PCI 1% condición FALLADO, tramo 4: PCI 49% condición REGULAR, tramo 5: PCI 27% condición MALO, tramo 6: PCI 12% condición MUY MALO, tramo 7: PCI 13% condición MUY MALO, tramo 8: PCI 9% condición FALLADO, tramo 9: PCI 10% condición FALLADO, tramo 10: PCI 38% condición MALO, se observó 3 tramos en condición fallado, 3 tramos con estado muy malo, 3 tramos en estado malo y 1 tramo en estado regular.



Tercera, el plan de mantenimiento partir de los valores obtenidos del PCI, se hace posible establecer prioridades de mantenimiento y rehabilitación, jerarquizando las zonas críticas que presentan deterioros severos o funcionales que comprometen la transitabilidad segura y eficiente. Siendo los PCI encontrados entre fallado, muy malo y malo se considera un mantenimiento rutinario inmediato con rehabilitación parcial del pavimento, con actividades de sellos asfálticos de fisuras longitudinales y transversales y parcheo de huecos, sobre los puntos y/o tramos que más requiere intervención.

RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda establecer un sistema de monitoreo periódico con inspecciones bajo el método PCI, de manera que se pueda ajustar el plan según la evolución del pavimento, garantizando así un rendimiento óptimo, prolongando su vida útil y minimizando los costos globales de intervención.

Segunda, se recomienda integrar estas acciones en un plan de mantenimiento preventivo anual, con seguimiento mediante inspecciones periódicas bajo el método PCI, a fin de evitar la progresión de los daños hacia fallas estructurales más costosas de rehabilitar.

Tercera, se recomienda organizar los tramos clasificados con condición regular ($PCI \leq 55$) sean priorizados para intervenciones de rehabilitación mayor, como reciclado en frío o reposición estructural de la carpeta asfáltica, garantizando así la recuperación de su capacidad portante y seguridad operacional. Para los tramos en condición bueno ($PCI 55-65$), se sugiere la aplicación de técnicas de mantenimiento correctivo y preventivo, como sellado de fisuras, bacheo localizado y tratamientos superficiales, con el objetivo de detener la progresión del deterioro y evitar que alcancen niveles críticos.

Cuarta, se recomienda implementar un sistema de gestión vial basado en inspecciones periódicas bajo el método PCI, que permita evaluar el estado de la vía, ajustar las estrategias de intervención y garantizar una transitabilidad segura, reduciendo a mediano y largo plazo los costos globales de rehabilitación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, B. M., Eusebio, M. O., Carlos, & Flavio, M. O., Juan. (2020). Metodología de la investigación. Métodos y técnicas. Grupo Editorial Patria.
- Andrade, A., Castillo, G., Chacater, C., Andrade, A., Castillo, G., & 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 Novasinerгия*, 4(1), 102-114. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.0>
- Aranibar Centeno, M. C., & 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>
- Akbar, M. F., Marleno, R., & Oetomo, W. (2025). Evaluation of Road Conditions and Maintenance Cost Estimation for the Durenan-Prigi Section (Link 006) Using the Pavement Condition Index (PCI) Method. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, 4(4), 790-801. <https://doi.org/10.46799/ajesh.v4i4.602>
- Albuquerque, T. P. e, Melo, R. A. de, Morais, L. M. B. de, Oliveira, L. Q. L., & Filho, A. C. de A. (2022). Development of a flexible pavement condition index for urban road network. *Transportes*, 30(2), 2553-2553. <https://doi.org/10.14295/transportes.v30i2.2553>
- Almeida, B. A. F. de, Krisnamurti, K., Hasanuddin, A., & Ratnaningsih, A. (2022). EVALUATION OF FLEXIBLE PAVEMENT DAMAGE USING THE PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) METHOD BASED ON CORE DRILL DATA. “CASE STUDY: ON THE MANDARIN ROAD TO THE PRESIDENT NICOLAO LOBATO ROUNDABOUT AND THE BEBONUK ROAD IN DILI CITY, TIMOR-LESTE” .



Rekayasa Sipil, 16(3), 222-229.

<https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2022.016.03.10>.

Bernedo Muñoz, Y. K., & Diaz Cruz, Y. E. (2024). Deterioro de la carpeta asfáltica y el uso de granos de caucho reutilizable para el mejoramiento del pavimento flexible en la avenida Panamericana, Kennedy del distrito de Ilo en la región de Moquegua, 2022. *Universidad Continental*.

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14704>

Elhadidy, A. A., El-Badawy, S. M., & 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>

Fernandez Collantes, P. A., & Jimenez Elera, R. C. (2021). Evaluación superficial del pavimento flexible mediante los métodos VIZIR, PCI, IRI en la carretera Bagua Grande—Cajaruro, Amazonas—2021. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/78503>

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 en la Ciudad de Quito [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27921>

González, H. D. L. (2022). *Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto*. Ecoe Ediciones.

González Gutiérrez, Z. K., & Contreras Baca, G. A. (2022). Correlación del IRI - PSI - PCI del pavimento flexible de la av. José María Arguedas del distrito de San Jerónimo—Andahuaylas 2022. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13429>



- González-Fernandez, H., Ruiz-Caballero, P., & Guerrero-Valverde, D. (2019). PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS mediante EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI). *Ciencia en su PC*, 1(4), 58-71.
- Guadalupe, G. D., & Concepción, G. D. (2020). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Hasrudin, L., & Maha, I. (2024). Analisis Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Dengan Metode PCI (Pavement Condition Index), SDI (Surface Distress Index) dan IRI (International Roughness Index). *Syntax Idea*, 6(4), 1881-1898. <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i4.3201>
- Hermawan, A., Rifai, A. I., & Umar, U. H. (2024). Analysis of Pavement Condition Index Method for Maintenance and Rehabilitation Strategy for Airport Flexible Pavement: A Bibliometric Review. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, 3(4), 739-749. <https://doi.org/10.46799/ajesh.v3i4.292>
- Hermawati, P., & Putri, N. P. A. S. (2024). Assessment of road pavement conditions using Surface Distress Index (SDI) and Pavement Condition Index (PCI) methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1294(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1294/1/012030>
- Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.
- Isradi, M., Prasetyo, J., Aden, T. S., & Rifai, A. I. (2023). Relationship of present serviceability index for flexible and rigid pavement in urban road damage assessment using pavement condition index and international roughness index. *E3S Web of Conferences*, 429, 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342903012>



- Jalil, S. J., & Al Jumaili, M. A. (2024). Comparison the pavement surface condition between asphalt and cement concrete pavement. *AIP Conference Proceedings*, 3249(1), 060006. <https://doi.org/10.1063/5.0239009>
- Manrique Quenallata, C. (2024). *Evaluación superficial del pavimento flexible con el método del índice de condición del pavimento mediante la fotogrametría aérea de la Vía Lampa – Caracara de la Región Puno*. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3441>
- Montes, H.(2021). Comparación de la condición superficial de pavimento según el manual de conservación vial y el índice de condición de pavimento. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2244>
- Morales Colca, M. (2019). Comparación de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/9b191d40-abdc-43c7-a4ed-af4c6c04b60d>
- Mundaca Nuñez, A. F. (2019). Evaluación del pavimento rígido aplicando el método índice de condición del pavimento (PCI), en las calles del distrito de Chóchope, Lambayeque – Lambayeque. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35909>
- Nautiyal, A., & Sharma, S. (2022). Methods and factors of prioritizing roads for maintenance: A review for sustainable flexible pavement maintenance program. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(3), 190. <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00771-6>
- Novianto, D., Rulhendri, & Chayati, N. (2024). Analysis of Types of Flexible Pavement Damage Using the Pavement Condition Index Method. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 5(1), 01-06. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v5i1.562>



- Nuñes Bustamante, N. (2022). Evaluación del estado del pavimento flexible de la carretera pe – 08A, entre dv. San Pablo (km–00+00) y dv. San Bernardino (km – 09+960), utilizando el método de índice de condición del pavimento (PCI), en la región de Cajamarca – 2020. Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4771>
- Núñez, M., & Francisco, A. (2019). Evaluación del pavimento rígido aplicando el método índice de condición del pavimento (PCI), en las calles del distrito de Chóchope, Lambayeque – Lambayeque. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35909>
- Paitán, H. Ñ. (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones De La U Ltda.
- Paucar Curo, E. F. (2019). Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12319>
- Putra, K. H., Lutfiana, H., El Hafizah, N., Theresia, M. C. A., Sekartadji, R., & Firdausi, M. (2025). Flexible Pavement Damage Analysis and Repair Alternatives on the Gresik – Lamongan Main Road Indonesia Using PCI, SDI and Bina Marga Methods. En E. M. Nia, M. Awang, M. F. N. Aulady, M. Traykova, & L. Yola (Eds.), *Selected Articles from the 8th International Conference on Architecture and Civil Engineering* (pp. 1216-1225). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-96-5654-7_109
- Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), 1-6.
- Rahmawati, A., Widiarti, A., Widodo, W., Ady, M., & Indri Rahmandhani, F. (2024). Assessment of Flexible Road Pavement Using the Pavement Condition Index



Method on Road Sections in Sedayu-Pandak Province, Yogyakarta, Indonesia.

Journal of Physics: Conference Series, 2928(1), 012004.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2928/1/012004>

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

Rifai, M., Setyawan, A., Handayani, F. S., & Arun, A. D. (2023). 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. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342905011>

Romero Bravo, J. L., & Calderon Arevalo, R. M. (2023). Aplicación de un sistema de gestión de pavimentos (SGP) con datos automatizados por medio del aplicativo TotalPave, bajo el uso del índice de rugosidad (IRI) y el índice de condición del pavimento (PCI) para la determinación del estado situacional actual del pavimento rígido en la Av. 28 de Julio de la ciudad de Tingo María. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/670396>

Sampieri, R. H. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. McGraw-Hill Education.

Suárez P. (2022). Técnicas e instrumentos de investigación. Diseño y validación desde la perspectiva cuantitativa. <http://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/20.500.14308/4759>

Ugaz Mesta, Y. N. (2020). Evaluación de fallas mediante el método índice de condición de pavimento para rehabilitación del pavimento flexible caso: Av. Perú cdra. 42 – 51, Callao, 2020. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55181>

Vega, S. A. D. L. C., & Cahuana, G. A. P. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 21, Article 21. <https://doi.org/10.36561/ING.21.9>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título de tesis: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACION AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA 2025				
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Inst. de Medición
¿Cuál es la condición superficial en relación al método americano de inspección y propuesta de plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca 2025?	Evaluar el estado superficial por medio de inspección visual y propuesta de plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca 2025.	-	Variable de caracterización: 1. Método americano de inspección 2. Condición superficial del pavimento flexible	Inspección visual guiada por manuales estandarizados.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuáles son los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta el pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca?	Identificar los tipos de fallas y el grado de severidad de mayor incidencia que presenta el pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca	-	Variable de interés: Propuesta de plan de mantenimiento	Actividades Informes técnicos de seguimiento y control.
¿Cuál es el nivel de condición superficial del pavimento flexible por tramos y a nivel general del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca?	Determinar el nivel de condición superficial del pavimento flexible por tramos y a nivel general del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca			
¿Cómo es el plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca?	Proponer un plan de mantenimiento del pavimento flexible del Jirón Cahuide del distrito de Juliaca			

Anexo 02. Panel fotográfico



Fotografía 1. *Inspección superficial de fallas de tipo piel de cocodrilo en severidad alta.*



Fotografía 2. *Verificación de fallas de tipo piel de cocodrilo en severidad media.*



Fotografía 3. Verificación de fallas de tipo parcheo en severidad media.



Fotografía 4. Verificación de fallas de tipo parcheos en severidad media.



Fotografía 5. Verificación de fallas de tipo fisuras longitudinales y transversales



Fotografía 6. Verificación de fallas de tipo agrietamiento en bloque.



Fotografía 7. Verificación de fallas de tipo hueco con severidad media.



Fotografía 8. Verificación de fallas de tipo fisuras longs. y transv., y piel de cocodrilo.



Fotografía 9. Verificación de fallas de tipo piel de cocodrilo en severidad media.



Fotografía 10. Verificación de fallas de tipo hueco en severidad alta.



Fotografía 11. Verificación de fallas de tipo piel de cocodrilo y parcheo.



Fotografía 12. Inspección visual de fallas de tipo ahuellamiento sobre la vía.



PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUIDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

UNIDAD DE MUESTRA:	TRAMO - 1	INICIO DE PROGRESIVA (KM) :	00+000
ANCHO DE VIA (m) :	8	FIN DE PROGRESIVA (KM) :	00+100
LONGITUD DE MUESTRA (m):	00+100	AREA DE LA UNIDAD (m2) :	600

LONGITUD DE MUESTRA (m):		00-100		ÁREA DE LA UNIDAD (m²):		800	
N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulimiento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corrugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GUJ	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	1	2	3

[illegible]

Valor deducido mas alto	35.63
valor deducido menor	3.65
Numero maxima de valores deducidos	4

m	6.91	$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) = 6.10$
Parte decimal	0.91	
Valor mínimo	3.65	

[illegible]

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI =	100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI =	35 %

CONDICION DEL PAVIMENTO:	MALO
--------------------------	------

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTÍNEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUIDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA:	TRAMO - 2	INICIO DE PROGRESIVA (KM) :	00+000
ANCHO DE VIA (m) :	8	FIN DE PROGRESIVA (KM) :	00+100
LONGITUD DE MUESTRA (m):	00+100	AREA DE LA UNIDAD (m2) :	800

LONGITUD DE MUESTRA (m):			00+100			ÁREA DE LA UNIDAD (m2):			500		
N°	TIPO DE FALLA		COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA		COD	UNID		
1	Piel de Cocodrilo		PDC	m2	11	Parcheo		PAR	m2		
2	Exudación		EXU	m2	12	Pulimiento de Agregado		PUL	m2		
3	Agrietamiento en bloque		AEB	m2	13	Huecos		HUC	und		
4	Abultamientos y hundimientos		AHU	m	14	Cruce de la vía férrea		CFE	m2		
5	Corrugación		COG	m2	15	Ahuellamiento		AHT	m2		
6	Depresión		DPS	m2	16	Desplazamiento		DPT	m2		
7	Grieta de Borde		GBO	m	17	Grieta Parabólica		GRP	m2		
8	Grieta de reflexión de junta		GJU	m	18	Hinchamiento		HIN	m2		
9	Desnivel Carril / Borma		DES	m	19	Desprendimiento de Agregados		DEA	m2		
10	Grieta Longitudinales / Transversales		GTR	m							

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	L	M	H

[illegible]

Valor deducido mas alto	70.3	m	3.73	$m = 1 + (998 / (100 - HDV)) \leq 10$
Valor deducido menor	3.05	Parte decimal	0.73	
Numero maximo de valores deducidos	4	Valor minimo	3.05	

[illegible]

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI	=	100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI	=	24 %

CONDICION DEL PAVIMENTO	MUY MALO
-------------------------	----------

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUIDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA:

TRANSD. 3

INICIO DE PROGRESIVA (KM) :

00+000

ANCHO DE VIA (m) :

5

FIN DE PROGRESIVA (KM):

99+100

LONGITUD DE MUESTRA (m):

00+100

ÁREA DE LA UNIDAD (m²):

220

LONGITUD DE RIESGOS (m):		60+100		ÁREA DE LA UNIDAD (m ²):		600	
N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulimiento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corrugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	1	2	3

[illegible]

Valor deducido mas alto	75,94
valor deducido menor	4,6
Numero maximo de valores deducidos	4

m	3.21	$m = 1 + (9/98) \cdot (100 - HDV) = 4.10$
Parte decimal	0.21	
Valor inteiro	4.6	

[illegible]

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI	=	100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI	=	1 %

CONDICION DEL PAVIMENTO:	FALLADO
--------------------------	---------

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA – 2025
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUIDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA:

ANCHO DE VIA (m) :

LONGITUD DE MUESTRA (m):

TRAMC-4

16

00-100

INICIO DE PROGRESIVA (KM) :

00+000

FIN DE PROGRESIVA (KM) :

00+100

AREA DE LA UNIDAD (m²):

650

N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulimiento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corrugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	L	M	H

[illegible]

Valor deducible más alto	46,99
valor deducible menor	14,15
Número máximo de valores deducidos	3

Parte entera	5.87	$m = 1 + (9/58) \cdot (100 - HDV) = 10$
Parte decimal	0.87	
Valor mínimo	14.15	

[illegible]

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI = 100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI = 49 %

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO:	REGULAR
--------------------------	---------



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025
EVALUADOR:	Bach. FIEDAD VANESSA MARTÍNEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: TRAMO - 5 INICIO DE PROGRESIVA (KM): 00+000
 ANCHO DE VIA (m): 6 FIN DE PROGRESIVA (KM): 00+100
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 00+100 AREA DE LA UNIDAD (m2): 600

N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulimiento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corrugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Camil / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	L	M	H

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
7	M	13.00	11.00	16.00	15.00	31.00		86.00	14.33%	15.79
13	H	1.00						1.00	0.17%	24.66
19	H	31.00	25.00	30.00	45.00	24.00		155.00	25.83%	58.06
8	L	7.00	10.00	11.00	9.00	15.00		52.00	8.67%	14.37
1	L	25.00	13.00	7.40				45.40	7.57%	29.9
									TOTAL VD	142.78

Valor deducido mas alto	58.06
valor deducido menor	14.37
Numero maximo de valores deducidos	5

m	4.85	m = 1+ (9/98) (100-HDV) <= 10
Parte decimal	0.85	
Valor minimo	14.37	

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	58.06	29.9	24.66	15.79	14.37			142.8	5	73.12
2	58.06	29.9	24.66	15.79	2			130.4	4	73.20
3	58.06	29.9	24.66	2	2			116.6	3	71.3
4	58.06	29.9	2	2	2			94.0	2	66.80
5	58.06	2	2	2	2			66.1	1	66.10
									MAX VDC	73.20

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI = 100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI = 27 %

CONDICION DEL PAVIMENTO:	MALO
--------------------------	------



PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA – 2025.
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUIDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

UNIDAD DE MUESTRA:	TRAMO - 6	INICIO DE PROGRESIVA (KM) :	00+000
ANCHO DE VIA (m) :	6	FIN DE PROGRESIVA (KM) :	00+100
LONGITUD DE MUESTRA (m):	00+100	AREA DE LA UNIDAD (m2) :	600

N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulimiento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corrugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	1	M	H

[illegible]

Valor deducido mas alto	63.85
valor deducido menor	17.31
Numero maximo de valores deducidos	5

Parte integral	4.32	$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) = 10$
Parte decimal	0.32	
Valor mínimo	17.31	

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	n	VDC
1	63.85	42.30	29.03	26.81	17.31			179.3	5	87.79
2	63.85	42.30	29.03	26.81	2			164.0	4	87.60
3	63.85	42.30	29.03	2	2			139.2	3	83.60
4	63.85	42.30	2	2	2			112.2	2	77.10
5	63.85	2	2	2	2			71.9	1	71.90
									MAX VDC	88

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI	=	100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI	=	12 %

CONDICION DEL PAVIMENTO:	MUY MALO
--------------------------	----------



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUIDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: TRAMO - 7 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 00+000
ANCHO DE VIA (m) : 6 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 00+100
LONGITUD DE MUESTRA (m): 00+100 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 600

N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulimiento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBD	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	L	M	H

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
12	L	9.00	15.00	15.00	13.00			52.00	8.67%	3.00
19	H	35.00	27.00	36.80				98.80	16.47%	50.09
10	H	36.00	28.00	30.00	49.00	33.00	12.1	188.10	31.35%	60.59
7	M	15.30	16.70	18.20	5.60	19.00		74.80	12.47%	14.94
13	H	1.00	1.00					2.00	0.33%	32.93
									TOTAL VD	161.55

Valor deducido mas alto	60.59
valor deducido menor	3
Numero maximo de valores deducidos	5

m	4.62	m = 1+ (998) (100-HDV) <= 10
Parte decimal	0.62	
Valor minimo	3	

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDI	q	VDC
1	60.59	50.09	32.93	14.94	3			181.55	5	81.62
2	60.59	50.09	32.93	14.94	2			160.55	4	86.22
3	60.59	50.09	32.93	2	2			147.61	3	87.04
4	60.59	50.09	2	2	2			116.68	2	79.34
5	60.59	2	2	2	2			68.6	1	68.60
									MAX VDC	87

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI	=	100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI	=	13 %

CONDICION DEL PAVIMENTO:	MUY MALO
--------------------------	----------



ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA:	TRAMO - B	INICIO DE PROGRESIVA (KM) :	00+000
ANCHO DE VIA (m) :	6	FIN DE PROGRESIVA (KM) :	00+100
LONGITUD DE MUESTRA (m):	00+100	AREA DE LA UNIDAD (m2) :	600

Categoría de Defectos (m):				Área de Examen (m²):			
N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulmimento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corrugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	I	M	H

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCID
13	M	3.00							3.00	0.50%	20.5
1	M	7.50	13.50	12.05	9.00		10.30	3.8	56.15	9.36%	44.77
6	L	9.00	15.00	15.00	11.00				51.00	8.50%	14.15
15	H	38.00	28.00	32.00	51.00	35.00			184.00	30.87%	79.47
11	M	7.6	12.7	10.2	8.9				39.40	6.57%	25.68
										TOTAL VD	184.5

Valor deducido mas alto	79.47
valor deducido menor	14.15
Número máximo de valores deducidos	5

m	2.89	$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) = 10$
Parte decimal	0.89	
Valor mínimo	14.15	

[illegible]

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI = 100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI = 9 %

CONDICION DEL PAVIMENTO:	FALLADO
--------------------------	---------



PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUIDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA:	TRAMO - 9	INICIO DE PROGRESIVA (KM) :	00+000
ANCHO DE VIA (m) :	6	FIN DE PROGRESIVA (KM) :	00+100
LONGITUD DE MUESTRA (m):	00+100	AREA DE LA UNIDAD (m2) :	600

CONDICION DEL PAVIMENTO	FALLADO
-------------------------	---------



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUDE DEL DISTRITO DE JULIACA – 2025
EVALUADOR:	Bach. PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA
MUESTRA:	JR. CAHUDE - JULIACA
FECHA:	24/07/2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: TRAMO - 10 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 00+000
 ANCHO DE VIA (m) : 5 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 00+100
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 00+100 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 800

N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m2	11	Parcheo	PAR	m2
2	Exudación	EXU	m2	12	Pulimento de Agregado	PUL	m2
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m2	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m2
5	Corrugación	COG	m2	15	Ahuellamiento	AHT	m2
6	Depresión	DPS	m2	16	Desplazamiento	DPT	m2
7	Grieta de Borde	GBQ	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m2
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m2
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m2
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	L	M	H

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
11	M	8.60	8.70	10.70				28.00	4.83%	22.01
13	M	3.00	1.00					4.00	0.67%	25.30
1	M	5.70	10.80	21.00				37.50	6.25%	40.33
14	M	24.00						24.00	4.00%	22.20
TOTAL VD										109.84

Valor deducido mas alto	40.33
valor deducido menor	22.01
Número máximo de valores deducidos	4

m	6.48	n = 1+ (S/98) (100+HDV) <= 10
Parte decimal	0.48	
Valor mínimo	22.01	

N°	VALORES DEDUCIDOS						VD7	n	VDC
1	40.33	25.30	22.20	22.01			109.8	4	61.90
2	40.33	25.30	22.20	2			89.8	3	56.87
3	40.33	25.30	2	2			69.6	2	50.72
4	40.33	2	2	2			46.3	1	46.3
MAX VDC									62

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI	=	100-(MaxVDC o Total VD)
	PCI	=	38 %

CONDICION DEL PAVIMENTO:	MALO
--------------------------	------



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 30-12-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: PIEDAD VANESSA MARTINEZ MEDINA

Dirección: Av. LA TORRE 607

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74136076

Teléfono: 949 001 778 email: Piedadmartinezmedina15@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 EN RELACIÓN AL MÉTODO AMERICANO
DE INSPECCIÓN Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE DEL JIRÓN CAHUIDE DEL DISTRITO DE JULIACA - 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONDICIÓN SUPERFICIAL, PAVIMENTO FLEXIBLE, MÉTODO PCI, PLAN DE
MANTENIMIENTO

¿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

30-12-2025

Fecha