



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL
NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL
NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025

TESIS PRESENTADA POR:

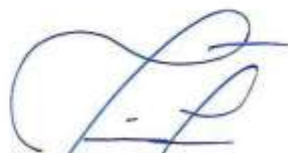
Bach. BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. RONALD MADERA TERÁN

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

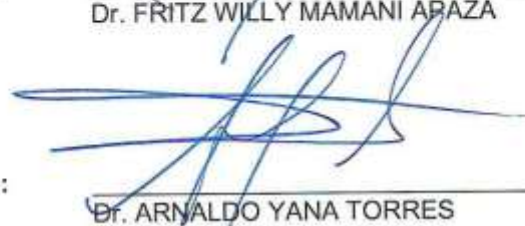
SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI ARAZA

ASESOR DE TESIS

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 0034-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-00122 presentado por el (la) Bachiller: **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS** 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. **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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 merito 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. RONALD MADERA TERÁN
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO.- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 16 de enero del 2026
- * **HORA** : 08:00 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.


Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975


Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
“OFICINA DE INVESTIGACIÓN”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 802-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 799 por el señor (a): **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 638-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 037-2025 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): **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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° 037-2025 **aprobande** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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): **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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), Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

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 ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
Dr. Fritz Willy Mendieta Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 516-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 24 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 5575, presentado por el señor (a) **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 262-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 046 -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): **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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. Cesar Guillermo Camargo Najar** 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° 046 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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): **BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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 **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

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 ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C.S. PURAS
Dr. OSCAR V. VIANORTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Vilis Villy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

ÍNDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

5

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

6

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

7

dspace.unach.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70083696
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-4265-994X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	RONALD MADERA TERÁN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02429150
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
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 - Caracoto Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/fo58MGhYJXUgJ8zw6
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2025 – Enero 2026
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
Dr. Fritz Willy Molinari Ayala
DIRECTOR
LIBRERÍA DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS, identificado con DNI Nro. 70083696, 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:

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR

MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD

INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

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 15 de enero del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por ser mi guía y mi refugio, por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para superar cada desafío en este camino. A Él le agradezco por iluminar mis pasos y por rodearme de personas valiosas que me inspiran cada día.

A mi madre, Irma Villegas Mamani mi mayor inspiración y fortaleza, quien con su amor incondicional y entrega me ha apoyado incluso en las adversidades, cuando las circunstancias parecían insuperables. Gracias, mamá, por creer en mí y brindarme el impulso para llegar hasta aquí. Esta vida no me alcanzará para retribuir todo lo que me has dado, y cada logro mío lleva también tu nombre.

Dedico este proyecto con profunda gratitud, sabiendo que es solo una pequeña muestra del inmenso amor y respeto que siento por ustedes.



AGRADECIMIENTO

Mi agradecemos especial a La Universidad Andina Nestor Caceres VELÁSQUEZ "UANCV", la cual me brindo su puerta para realizarme profesionales.

A mis docentes por sus variados estilos de enseñanza y por motivarme de numerosas maneras para seguir adelante; sin su ayuda, esto no hubiera sido posible.

A todos los que me apoyaron y estuvieron a mi lado en todo momento.



ÍNDICE GENERAL

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

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	Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1	Objetivo general.....	16
1.3.2	Objetivos específicos.....	16
1.4	Justificación de la investigación.....	17
1.4.1	Justificación técnica.....	17
1.4.2	Justificación económica.....	17
1.4.3	Justificación social.....	18
1.4.4	Justificación ambiental.....	18
1.5	Hipótesis de la investigación.....	18
1.5.1	Hipótesis general.....	18
1.5.2	Hipótesis específicas.....	19
1.6	Variables e indicadores.....	19
1.6.1	Variable de caracterización.....	19
1.6.2	Variable de interés.....	19



1.7	Operacionalización de variables.....	20
-----	--------------------------------------	----

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	21
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2	Antecedente nacional	23
2.1.3	Antecedente de ámbito local.....	25
2.2	Bases teóricas	27
2.2.1	Estado superficial del pavimento flexible	27
2.2.1.1	Importancia del estado superficial en la calidad del pavimento	30
2.2.1.2	Factores que afectan el estado superficial del pavimento	33
2.2.1.3	Indicadores del estado superficial: rugosidad, fisuras y deformaciones ..	35
2.2.1.4	Métodos de evaluación visual del estado superficial.....	38
2.2.1.5	Métodos instrumentales para la evaluación del estado superficial	39
2.2.1.6	Impacto del estado superficial en la seguridad y comodidad del tráfico ..	40
2.2.2	Pavimento Flexible	41
2.2.2.1	Definición y características del pavimento flexible	42
2.2.2.2	Composición y estructura de los pavimentos flexibles	43
2.2.2.3	Tipos de pavimentos flexibles: clasificación y aplicaciones	44
2.2.2.4	Ventajas y desventajas de los pavimentos flexibles	46
2.2.2.5	Factores que afectan el comportamiento de los pavimentos flexibles	48
2.2.3	Medición del Nivel de Servicio (NLS).....	51
2.2.3.1	Definición del nivel de servicio y su importancia en el diseño vial	52
2.2.3.2	Factores determinantes del nivel de servicio	53
2.2.4	Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	55
2.2.4.1	Definición y significado del índice de rugosidad internacional (IRI)	56
2.2.4.2	Cálculo del IRI: métodos y herramientas utilizadas.....	57
2.2.5	Normativas aplicables.....	59
2.2.5.1	Nivel de servicio.....	59
2.2.5.2	Índice de rugosidad internacional.....	61
2.3	Marco conceptual.....	62



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Enfoque de investigación	64
3.2	Tipo de la investigación.....	64
3.3	Nivel de la investigación.....	65
3.4	Diseño de la investigación.....	65
3.5	Método de la investigación.....	66
3.6	Población y muestra de la investigación.....	66
3.6.1	Población.....	66
3.6.2	Muestra	67
3.7	Técnicas e instrumentos	68
3.7.1	Técnicas	68
3.7.2	Instrumentos de recolección de datos investigación	69
3.8	Validación y confiabilidad del instrumento	74
3.9	Plan de recolección y procesamiento de datos	75
3.9.1	Procedimiento de evaluación.....	75
3.10	Etapas de gabinete.....	76

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados	78
4.1.1	Estado superficial del pavimento flexible, por medio del nivel de servicio	79
4.1.2	Estado superficial del pavimento por método del IRI	84
4.1.3	Estado superficial según el nivel de servicio y el IRI	92
4.1.4	Alternativas de intervención.....	98
4.2	Discusión de resultados	103
CONCLUSIONES.....		103
RECOMENDACIONES.....		108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		109
ANEXOS		114



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	20
Tabla 2 Procesos del estudio	68
Tabla 3 Condiciones de la superficie del tramo 1	79
Tabla 4 Resultados de la condición del pavimento según su nivel de servicio.....	80
Tabla 5 Condiciones de la superficie del tramo 2	81
Tabla 6 Resultados de la condición del pavimento tramo 2	82
Tabla 7 Condiciones de la superficie del tramo 3	82
Tabla 8 Resultados de la condición del pavimento tramo 3	83
Tabla 9 Resultados apreciados a lo largo de la evaluación	83
Tabla 10 Progresiva 1+000 – 1+400.....	85
Tabla 11 Resultados IRI progresiva 1+000 – 1+400.....	85
Tabla 12 Progresiva 1 + 400 – 1 + 000.....	86
Tabla 13 Resultados IRI progresiva 1+400 – 1+000.....	86
Tabla 14 Progresiva 1 + 800 – 2 + 200.....	87
Tabla 15 Resultados IRI progresiva 1+800 – 2+200.....	88
Tabla 16 Progresiva 2 + 200 – 1 + 800.....	88
Tabla 17 Resultados IRI progresiva 2+200 – 1+800.....	89
Tabla 18 Progresiva 2 + 600 – 3 + 000.....	89
Tabla 19 Resultados IRI progresiva 2 + 600 – 3 + 000.....	90
Tabla 20 Progresiva 3 + 000 – 2 + 600.....	90
Tabla 21 Resultados IRI progresiva 3 + 000 – 2 + 600.....	91
Tabla 22 Variaciones de IRI con respecto a la vía.....	91
Tabla 23 Comparativa de valores alcanzados a través del IRI (lado derecho).....	93
Tabla 24 Comparativa de valores alcanzados a través del IRI (lado izquierdo)	95
Tabla 25 Comparativa de valores alcanzados a través del nivel de servicio e IRI	96



Tabla 26	<i>Tipo de alternativa de intervención Prog. 1+000 – 1+400, lado derecho.....</i>	99
Tabla 27	<i>Tipo de alternativa de intervención Prog. 1+400 – 1+000, lado izquierdo.</i>	99
Tabla 28	<i>Tipo de alternativa de intervención Prog. 1+800 – 2+200, lado derecho.....</i>	100
Tabla 29	<i>Tipo de alternativa de intervención Prog. 2+600 – 3+000, lado izquierdo.</i>	101
Tabla 30	<i>Tipo de alternativa de intervención Prog. 2+600 – 3+000, lado derecho.....</i>	102
Tabla 31	<i>Tipo de alternativa de intervención Prog. 3+000 – 2+600, lado izquierdo.</i>	103



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Empleo del instrumento para la toma de muestras.....	71
Figura 2 Escalas del rugosímetro.....	73
Figura 3 Toma de apuntes	76
Figura 4 Comparativa de resultados alcanzados en los diferentes tramos	84
Figura 5 Grafica recopilatoria de valores IRI	92
Figura 6 Valores respecto al IRI lado derecho.....	94
Figura 7 Valores respecto al IRI lado izquierdo	96



RESUMEN

El estudio titulado "Análisis comparativo del estado superficial del pavimento flexible por medio de medición del nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto 2025", tuvo como objetivo general analizar la variación del estado superficial del pavimento flexible mediante la medición del Nivel de Servicio (NS) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), con el fin de determinar su condición funcional y proponer intervenciones adecuadas. La metodología empleada fue de enfoque mixto, tipo aplicada, con un nivel descriptivo y diseño no experimental, utilizando el método científico. Para la recolección de datos, se evaluaron tres tramos de la vía, realizando inspecciones visuales para determinar el NS y mediciones de IRI con rugosímetro, alternando segmentos de 400 metros y considerando ambos carriles, en ida y vuelta, para capturar la rugosidad longitudinal y la percepción de comodidad. Los resultados indicaron que los tramos Tramo 1 (722.00), Tramo 2 (733.29) y Tramo 3 (768.57) se clasificaron como REGULAR según el NS, reflejando deficiencias visuales o funcionales que podrían afectar la comodidad y seguridad de los usuarios. La medición de IRI arrojó valores entre 3.37 m/km y 5.00 m/km, donde la mayoría de los tramos se clasificaron como "deficiente" y uno alcanzó "regular", evidenciando rugosidad moderada y la necesidad de mantenimiento en sectores específicos. Se observó que cada metodología ofreció perspectivas distintas: el IRI mostró la irregularidad longitudinal del pavimento, mientras que el NS reflejó la experiencia integral de circulación. En conclusión, aunque la vía presentó condiciones parcialmente aceptables, los resultados permitieron identificar sectores críticos que requieren atención inmediata para mantener la operatividad y seguridad vial.

Palabras Clave: Estado superficial, índice de rugosidad internacional, nivel de servicio, pavimento flexible, rugosímetro de merlín.



ABSTRACT

The study entitled "Comparative analysis of the surface condition of flexible pavement by means of measurement of the level of service and international roughness index on the Juliaca – Caracoto 2025 road", had the general objective of analyzing the variation of the surface condition of flexible pavement by measuring the Service Level (NS) and the International Roughness Index (IRI). in order to determine their functional condition and propose appropriate interventions. The methodology used was a mix approach, applied type, with a descriptive level and non-experimental design, using the scientific method. For data collection, three sections of the road were evaluated, performing visual inspections to determine the HL and IRI measurements with a roughness meter, alternating segments of 400 meters and considering both lanes, round trip, to capture longitudinal roughness and the perception of comfort. The results indicated that sections Section 1 (722.00), Section 2 (733.29) and Section 3 (768.57) were classified as REGULAR according to the NS, reflecting visual or functional impairments that could affect the comfort and safety of users. IRI's measurement yielded values between 3.37 m/km and 5.00 m/km, where most of the sections were classified as "poor" and one reached "regular", evidencing moderate roughness and the need for maintenance in specific sectors. It was observed that each methodology offered different perspectives: the IRI showed the longitudinal irregularity of the pavement, while the HL reflected the integral experience of circulation. In conclusion, although the road presented partially acceptable conditions, the results made it possible to identify critical sectors that require immediate attention to maintain operability and road safety.

Keywords: Surface condition, international roughness index, service level, flexible pavement, Merlin roughness tester.



INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico y social de cualquier región, el pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto se ha convertido en un componente crítico en términos de la vinculación de las áreas que cruzan y los bienes y personas que se transportan a través de la vía. A lo largo del tiempo y el uso de la vía, el tráfico y otros factores asegurarán que el pavimento continuará deteriorándose de una forma u otra, dando lugar a un riesgo de seguridad y, al mismo tiempo, un nivel incómodo de viaje para los usuarios.

El análisis del estado superficial de los pavimentos es fundamental para definir planes de mantenimiento y rehabilitación efectivos. Dos de las metodologías más utilizadas para medir el estado de conservación de los firmes son el Nivel de Servicio y el IRI. En este sentido, tanto el Nivel de Servicio como el IRI son medidas comúnmente aceptadas que ayudan a obtener una perspectiva clara de las condiciones del pavimento. En específico, el primero aporta una clasificación subjetiva que, a través de la percepción del conductor sobre la vía, mide cómo está en términos de condiciones del grupo. El segundo, por su parte, mide objetivamente la rugosidad de la superficie, proporcionando una medida exacta de confort y seguridad.

El propósito del presente estudio es analizar y comparar ambas metodologías utilizando la carretera Juliaca- Caracoto, para poder determinar cómo, cada una de ellas, refleja el estado superficial del pavimento flexible en determinados tramos de la carretera nacional Puno- Juliaca. Los resultados obtenidos a través de la comparación de ambos parámetros, permitirán identificar los puntos con mayor deterioro y formular propuestas de recomendación para la mejora en la construcción de carreteras y, contribuir con ello, a un mejor diseño de políticas públicas en materia de carreteras de mantenimiento y rehabilitación.



La siguiente relevancia de la presente investigación se justifica por la importancia de instrumentos objetivos y efectivos para el proceso de toma de decisiones en actividades relacionadas con la carretera, especialmente en una zona altamente congestionada, como Juliaca – la carretera Caracoto. También, este análisis será un contribuyente valioso a la investigación del comportamiento del pavimento flexible bajo las condiciones mencionadas, con perspectivas listas para las carreteras que presenten riesgos similares.

En el Capítulo 1, en cuanto al problema de la investigación, en la medida en que se brindó un panorama general sobre los sistemas de pavimentación flexible y se describieron las técnicas de medición del nivel de servicio y el índice de rugosidad internacional. Sin embargo, también es importante para la investigación llevar a cabo una revisión de estudios anteriores que analicen la aplicación de estos métodos de medición en otras condiciones de carretera. Esta revisión ayuda a acumular un marco que posteriormente se aplicará en el análisis de la carretera Juliaca – Caracoto.

El Capítulo 2, el siguiente es el marco teórico, que presenta los conceptos básicos sobre los que se basa el estudio. A través de revisión de las teorías y modelos de pavimentación flexible, la forma de medir el NLS y el IRI, además, brinda a la investigación y facilita la interpretación de los distintos resultados.

En el Capítulo 3, en este apartado se explica la metodología utilizada en la investigación, donde se describe las técnicas de recolección de datos tales como el dispositivo de medición del índice de rugosidad Internacional, las técnicas para clasificar la condición del nivel de servicio de la vía, el proceso de selección de los segmentos viales para estudio y las técnicas analíticas aplicadas para un enfoque correcto y replicable de la evaluación del estado superficial de los pavimentos.



En el Capítulo 4, se exponen los resultados que se obtuvieron al analizar los datos recopilados. Se ofrece una comparación minuciosa de los segmentos de la carretera Juliaca – Caracoto, se evidencian las diferencias en cuanto a la apariencia superficial del flexible y, posteriormente, se evalúa en qué medida estas condiciones afectan el confort y la seguridad vial. Además, se lleva a cabo un análisis y una interpretación más profunda de los datos, lo que lleva a identificar las zonas que resultaron más afectados, sus posibles factores y, con base en ello, se diseccionan las implicaciones que podrían resultar para la planificación del mantenimiento vial.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La calidad de la infraestructura vial es un factor determinante en el desarrollo económico y social de cualquier nación. En el ámbito mundial, el deterioro de los pisos en áreas urbanas y rurales ha sido un motivo de estudio constante, especialmente en áreas de bajos recursos ya que la falta de estos recursos debilita el mantenimiento de estas lo que a su vez disminuye la calidad de la prestación del servicio vial. De acuerdo con la OMS, una mala infraestructura vial es la fuente de un alto número de accidentes de tránsito, afectando no solo a la calidad de vida y seguridad de sus usuarios sino también a la eficiencia de la movilización de una carga de bienes y servicios. Asimismo, el envejecimiento de los pisos unitarios y la sobrecarga contribuyen a un mayor desgaste lo que en consecuencia afecta los costos del mantenimiento y la necesidad de reparación y corrección ideal. (Rifai et al. 2020)

Similares problemas tienen las infraestructuras viales a nivel nacional en Perú, donde una gran parte de las carreteras, siendo las de regiones menos desarrolladas las más críticas, han convertido las vías rurales y suburbanas en zonas desgastadas de acuerdo al mantenimiento existente. Según datos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC, todas las carreteras, un porcentaje significativo, ofertadas en el

país necesitan intervenciones por su desgaste. Dicho fenómeno conlleva a problemas de seguridad y confortabilidad en los usuarios de vías rígidas y flexibles, respectivamente. Destacando que la literatura del pavimento flexible ha concluido que dicho material necesita mejoras en la calidad y en su ciclo de vida, existiendo efectivos métodos de medición, tal como el Índice de Rugosidad Internacional IRI y el Nivel de Servicio LD, los cuales son fuentes claves de información para una mejor eficacia en la vialidad. (Mundaca, 2019)

Dentro del ámbito local, la vía Juliaca – Caracoto siendo una de las arterias de mayor importancia para la conectividad de la región sur del Perú, ha sufrido un deterioro progresivo debido al alto volumen de tránsito y a la ausencia de mantenimiento. La estructura de la capa asfáltica, correspondiente en su mayoría a aptitud flexible, ha presentado un nivel de desgaste significativo, afectando la seguridad y comodidad de los usuarios. De acuerdo a registros del Gobierno Regional de Puno, se ha logrado identificar que varios tramos de la vía presentan un alto nivel de rugosidad, reflejándose en el deterioro del nivel de servicio y en la incomodidad al transitar por los conductores y pasajeros. Esta condición ha motivado la necesidad de ejecutar estudios específicos al respecto de las condiciones superficiales del pavimento, mediante el empleo de herramientas como el IRI, el nivel de servicio, entre otros, con el objetivo de desarrollar estrategias de mantenimiento adecuadas y efectivas para garantizar la calidad de la infraestructura vial y la seguridad de los usuarios. (Santana et al. 2022)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la variación del estado superficial del pavimento flexible por medio de medición del nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto 2025?

1.2.2 Problemas específicos.

1. ¿Cuál es el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del nivel de servicio en la vía Juliaca - Caracoto?
2. ¿Cuál es el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto?
3. ¿Cuál es la clasificación general del estado superficial según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto?
4. ¿Cuál es la alternativa de intervención del pavimento flexible según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Analizar la variación del estado superficial del pavimento flexible por medio de medición del nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del nivel de servicio en la vía Juliaca – Caracoto.
2. Determinar el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto.
3. Verificar la clasificación general del estado superficial según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto.
4. Proponer la alternativa de intervención del pavimento flexible según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Evaluar el estado superficial del pavimento flexible en la vía Juliaca - Caracoto es una necesidad técnica crucial para garantizar una infraestructura vial eficiente. Bajo el uso de metodologías como el Índice de Rugosidad Internacional – IRI – se podrá determinar cuál o cuáles son las áreas más dañadas de la vía y de esta manera priorizar de manera más precisa y estratégica una intervención. Al ser herramientas de medición reconocidas globalmente, brindaran un enfoque técnico minucioso en el que se podrá evaluar el estado del pavimento de forma objetiva y confiable. Como resultado, se podrá determinar cuál es la mejor distribución de los recursos, optimizando cualquier intervención para prolongar el periodo de vida útil de la vía e incluso reducir el gasto destinado al mantenimiento. La complementación de ambos métodos permitirá un análisis cuantitativo para unas decisiones más eficientes y con más sustento sobre la rehabilitación vial.

1.4.2 Justificación económica

El mantenimiento adecuado de la infraestructura vial tendrá repercusiones directas en la economía en general a corto y largo plazo local y nacionalmente. El análisis meticuloso del pavimento de la vía Juliaca – Caracoto a través de la medición de la rugosidad y del nivel de servicio permitirán localizar en específico las áreas que demandan, con urgencia, la intervención respectiva. Dicha identificación permitirá una distribución racional de los recursos que asegurarán que la intervención se lleve a cabo en los tramos que, para ese momento, más requerían dicho mantenimiento. Esto trae como consecuencia una reducción en los costos de operación. La vía en buen estado desgasta menos a los vehículos lo cual supone una reducción en los costos de mantenimiento de los vehículos y en los costos de combustible.

1.4.3 Justificación social

No solo la economía, también afecta a la calidad de vida de los ciudadanos. Un pavimento en mal estado de la vía genera un aumento en los índices accidentológicos de tránsito y molestias en los usuarios, lo que recae en la seguridad vial. En el Estado superficial de la vía Juliaca – Caracoto, mediante el mismo, podrá determinar de manera más precisa los sectores de mayor riesgo y aplicar soluciones inmediatas para mejorar la seguridad y comodidad de los usuarios. La infraestructura vial adecuada favorece el acceso a diferentes servicios y reduce el tiempo de traslado, impactando de manera positiva en la calidad de vida de la población regional, favorece un entorno más seguro y eficiente para los usuarios.

1.4.4 Justificación ambiental

El adecuado tratamiento y mantenimiento de la infraestructura vial también recae en el ambiente. Las carreteras en mal estado obligan a los vehículos a vencer una mayor resistencia de rodamiento, lo que implica que consuman más combustibles fósiles y también emiten más gases perjudiciales. Mejorar el estado del pavimento de la vía Juliaca - Caracoto permitirá reducir la resistencia al rodamiento, disminuyendo así el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. Además, a través de técnicas sostenibles de pavimentación y el uso de materiales reciclados, se pueden implementar prácticas que reduzcan el impacto ambiental, promoviendo una infraestructura más ecológica y duradera.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El análisis comparativo del estado superficial del pavimento flexible por medio de medición del nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto 2025, muestra que ambos métodos miden distintos aspectos de la vía.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. El estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del nivel de servicio en la vía Juliaca – Caracoto, será regular debido al desgaste de la capa de rodadura de la vía.
2. El estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto, será bueno puesto que su rugosidad se encuentra dentro de los parámetros requeridos.
3. La clasificación general del estado superficial según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto, variará según el método de evaluación.
4. La alternativa de intervención del pavimento flexible según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto, será de mantenimiento rutinario con sellos de fisuras transversales y longitudinales cuidado la rugosidad.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable de caracterización

V.C. 01: Nivel de Servicio

V.C. 02: Índice de Rugosidad Internacional

Indicadores:

- Puntaje Nivel de servicio; Condición funcional
- Valor de IRI (m/km)

1.6.2 Variable de interés

Estado superficial del pavimento

Indicadores

- Estados de componentes generales de vía
- Nivel de rugosidad de la vía

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable de caracterización	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
Nivel de Servicio e Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	Parámetro que mide la rugosidad y califica la condición funcional y de servicio del pavimento flexible.	Recomendación de intervención técnica según diagnóstico	Puntaje Nivel de servicio; Condición funcional	Nivel de Servicio: Alto, Medio, Bajo	Basado en análisis de datos de IRI y Nivel de servicio ficha (MTC)	Continua
		Clasificación del estado superficial.	Valor de IRI (m/km);	< 2 m/km: bueno 2-4 m/km: regular. 4 - 6 m/km: deficiente.		Ordinal
Variable de interés	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Variable de interés
Estado superficial del pavimento flexible	Condición que presenta la superficie del pavimento en términos de conservación, funcionalidad y deterioro.	Rugosidad longitudinal	IRI (m/km), daños visibles (ahuellamiento, fisuras, baches), nivel de gravedad de daño	Clasificación de IRI en m/km (Bueno, Regular, Deficiente)	Rugosímetro Merlín	Ordinal
		Estado funcional superficial		Clase de MTC (Bueno, Regular, Malo)	Inspección visual con ficha técnica Manual del MTC	Continua



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Para, Tinoco y Orozco (2025), en su trabajo titulado “Análisis del nivel de servicio, en la glorieta la piragua, Santa Marta, basado en el análisis del diseño mecanicista”, El diseño del pavimento flexible implica la selección de materiales diversos y la ejecución del análisis estructural para determinar los grosores necesarios, por lo que asegurar que el pavimento respalde eficientemente la movilidad segura de las personas, productos y servicios en la menor cantidad de tiempo. Sin embargo, cuando se ejecuta un diseño deficiente, se emplean materiales inferiores, se producen condiciones climáticas desfavorables, están presentes un drenaje insuficiente o las cargas en el pavimento flexible varían, se vuelve vulnerable a las fallas o daños en sus múltiples capas. Esta investigación enfatizará las fallas comunes en los pavimentos flexibles, así como los problemas identificados en la capa rodante de la intersección de la rotonda de La Piragua en Santa Marta, Magdalena, Colombia. El tráfico vehicular en una rotonda se organiza con varias entradas y salidas interconectadas que convergen en el círculo central. La capacidad de carga de una rotonda depende de varios factores, incluido el diseño geométrico, la estructura del pavimento y los volúmenes de tráfico proyectados para su diseño. En

consecuencia, es importante determinar el volumen de tráfico vinculado a una ruta. Este proyecto implicó una evaluación de los niveles de servicio a través del diseño mecanicista para determinar el rendimiento y la capacidad de la rotonda de La Piragua, que se adhiere a las pautas especificadas en el "Manual de capacidad y niveles de servicio para las carreteras de dos carriles", segunda edición (1996) del Instituto Nacional de Carreteras de Colombia (Invias). El diseño mecanicista del pavimento flexible implica el análisis de las características estructurales del pavimento a través de modelos matemáticos y mecánicos. El enfoque evalúa las cargas ejercidas por la carretera, las condiciones climáticas y las propiedades del suelo en el sitio de construcción, lo que permite una evaluación más precisa de deformaciones y fallas probables. Comprender los diversos tipos de fallas en el pavimento flexible facilita la ejecución de mantenimiento adecuado alineado con las condiciones de servicio reales del pavimento. Este método puede incluir procedimientos de reparación de grietas, fortalecimiento estructural y un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la durabilidad y la seguridad vial.

Seguidamente, Domínguez (2022), En este trabajo se investiga “determinación del nivel de servicio en la ruta del Spondylus desde el cantón puerto López hasta la parroquia Machalilla”, Esta investigación evalúa principalmente el nivel de servicio de la ruta Puerto López - Machalilla. Se determinan características cruciales que corresponden a la evaluación de la condición actual y la calidad del servicio de la carretera, particularmente su estado, volumen de tráfico y velocidad de diseño prevaleciente. La ruta Puerto López - Machalilla tiene dos tipos de pavimento para el análisis: pavimento flexible (asfalto) y pavimento flexible (concreto hidráulico). La capacidad de la carretera, evaluada utilizando el método de tráfico promedio diario anual (TPDA) según los estándares actuales, se ha designado como una carretera multicarril o una carretera tipo C1. La velocidad de diseño actual se estableció utilizando el enfoque de puntos, lo que resulta en velocidades que se ajustan a las limitaciones legales y se ajustan a los criterios de diseño de la carretera. En cumplimiento de las regulaciones relevantes y los criterios de evaluación, se evaluó la

condición del pavimento utilizando la metodología del índice de condición de pavimento sancionado (nivel de servicio), lo que resulta en dos resultados: uno para pavimento flexible en una condición estándar y otra para pavimento flexible en una condición excelente.

Finalmente, Jara y Cayambe (2022), En este trabajo se investiga "Nivel de servicio de las vías de segundo orden de los cantones Riobamba, Guano y Chambo por el método IRI", La condición de los pavimentos ha disminuido con el tiempo; Los grupos son responsables de evaluar su estado. Chambo utilizando el enfoque IRI para obtener datos con el Merlin Roughímetro, recolectando 200 muestras y luego creando un histograma de frecuencia, excluyendo los 10 valores iniciales y finales. El valor de rugosidad de la superficie se calcula utilizando estos datos. Después de obtener los datos, se calculó el PSI, lo que refleja la calificación del índice de servicio de las carreteras planificadas, que fueron calificadas como muy buenas, regulares, malas y muy malas. El enfoque SERVQUAL evalúa cinco dimensiones esenciales: confiabilidad, capacidad de respuesta, garantía, empatía y tangibles. Según estos factores, se desarrollaron 22 preguntas relevantes, lo que resultó en calificaciones de muy buenas, buenas, regulares, regulares, regulares y regulares. En la acera. La correlación de los datos reveló que los valores de IRI, que evaluaron su nivel de servicio, produjeron un coeficiente de Pearson de 0.61, lo que significa una asociación alta positiva. Es esencial reconocer que algunos parámetros del modelo SERVQUAL muestran una fluctuación considerable para los valores IRI y PSI debido a las demandas del usuario en las carreteras.

2.1.2 Antecedente nacional

Para, Orihuela (2021), su investigación titulada "Nivel de servicio de pavimentos flexibles evaluados mediante el método HCM, avenida Villa María, Villa María del Triunfo, Lima 2021", El objetivo principal era determinar cómo la cantidad de servicio de pavimento flexible, evaluado utilizando el método HCM, mejora el nivel de servicio en Villa María Avenue, Villa María del Triunfo, Lima 2021. La metodología adoptada fue una investigación

aplicada que empleaba un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi expeperiencia. En la investigación, el muestreo es de naturaleza no probabilística. La investigación utilizó un muestreo no probabilístico deliberado, concentrándose en la sección de KM 00+538 a KM 01+860 a lo largo de Villa María Avenue, reconocido como el sector más fundamental en el distrito comercial. Los procedimientos empleados abarcaron los recuentos vehiculares, la observación directa y la implementación de técnicas civiles y sincronizadas. El estudio determinó que HCM mejora la calidad del servicio de Villa María Avenue. Como resultado, un primer análisis indicó un nivel de "E", facilitando la identificación de componentes que requieren rectificación. En un análisis de seguimiento con las variables modificadas, se determinó el nivel "B", lo que implicó ampliar el camino de 4.40 m a 5.00 m y aumentar la velocidad libre de 26.60 millones a 49.50 millones/h, junto con los signos necesarios en un diseño geométrico actualizado.

Para, Serrano y Montoya (2021) en su investigación titulada "Determinación del índice de rugosidad internacional y propuesta de diseño de pavimento flexible en la avenida Tarapacá, tramo: óvalo Cuzco - av. Gustavo Pinto, Tacna – 2021", Este estudio calcula el índice de rugosidad internacional para el pavimento flexible para evaluar la condición de deterioro de la avenida Tarapacá, sección: Cuzco ovalado - av. Gustavo Pinto, situado en el distrito de Tacna de la provincia de Tacna, que abarca aproximadamente 2400 metros de longitud y un ancho máximo de 6.00 metros. El objetivo principal es determinar el índice de rugosidad internacional, registrado como 6.26 m/km, lo que lleva a un IRI promedio de 6.17 m/km para la carretera evaluada, lo que significa que el pavimento está en un estado "malo". Después de adquirir los datos de la condición de pavimento, se formuló una estrategia para la nueva infraestructura vial, empleando un diseño de pavimento flexible de acuerdo con el enfoque AASHTO 93. Esto fue crucial para desarrollar un pavimento más duradero que pueda satisfacer las necesidades vehiculares actuales en el área. Se espera que esta investigación sea significativa y puede proporcionar una base teórica para futuras iniciativas dirigidas a la protección de las carreteras pavimentadas.

Finalmente, Vásquez (2022), nos dice que el presente estudio “Medición del índice de rugosidad internacional con perfilómetro estático merlín y nivel de severidad en Avenida Guardia Civil Iquitos 2021”, La metodología rugosímetro de Merlín permite el cálculo del índice de rugosidad internacional (IRI), lo que facilita la determinación del índice de servicio actual (PSI) cuando se aplica a las muestras de nuestro estudio del pavimento flexible en la Avenida Guardia Civil, que presenta un IRI de 3.935, lo que indica una condición pobre. Un índice de gravedad promedio (nivel de servicio) de 32.2 indica una condición deteriorada. La condición actual se debe a la falta de un mantenimiento adecuado. El deterioro observado es atribuible a ciertas deficiencias, en particular el deterioro de la Avenida Guardia Civil, lo cual es preocupante dada la importancia de esta vía. Se recomienda realizar un estudio preliminar de la Avenida Guardia Civil, relacionado con la evaluación del índice de condición del pavimento internacional, enfocándose en los niveles de servicio y las comodidades en secciones alineadas con la escala de valor de estado regular, sugiriendo así el mantenimiento preventivo. Se recomienda la rehabilitación y reconstrucción para aquellos tramos en condiciones extremadamente pobres, malas y adversas. La hipótesis plantea que el índice de rugosidad internacional para el pavimento de la Avenida Guardia Civil en Iquitos en 2021 es de 3.935, lo que corresponde a una mala condición.

2.1.3 Antecedente de ámbito local

Para, Chahuara (2022) en su investigación titulada “Influencia de los factores externos del pavimento flexible en su ciclo de vida útil, carretera Juliaca - Calapuja, Puno, 2022”, El principal objetivo de esta investigación fue identificar los factores externos que afectan la durabilidad del pavimento flexible en la carretera Juliaca - Calapuja, en la región de Puno, durante el año 2022. El estudio se desarrolló con un enfoque aplicado y un diseño cuasi-experimental, tomando como base la carretera pavimentada que conecta el distrito de Juliaca con la provincia de San Román en el departamento de Puno. La muestra se

centró en un tramo de 17.4 km de la Red Vial Nacional PE-3S, específicamente entre los kilómetros 1301+000 y 1303+000, eligiendo un segmento de 2 km en ambas direcciones. Para llevar a cabo la evaluación, se utilizaron dos metodologías: el condición del pavimento (nivel de servicio), conforme a la norma ASTM 6433-07, y la deflectometría mediante la viga Benkelman, conforme a la especificación MTC E 1002-2000. Estas técnicas permitieron medir tanto el estado superficial como estructural del pavimento flexible, teniendo en cuenta variables como el tránsito vehicular, las cargas y las condiciones climáticas. Los resultados obtenidos indicaron un promedio de 6,476 vehículos diarios (IMDa), con un total de 2,554,287.37 ejes equivalentes (ESAL) y una vida útil restante de 11 años. En cuanto a la evaluación del nivel de servicio, se obtuvo un valor de 57, lo que clasifica el pavimento como "bueno", mientras que la deflexión característica medida fue de 80.03×10^{-2} mm, con una deflexión admisible de 82×10^{-2} mm y una deflexión promedio de 66.79×10^{-2} mm. El análisis estadístico realizado confirmó que los factores evaluados tienen una influencia significativa sobre la vida útil del pavimento flexible. A partir de estos hallazgos, se concluyó que el pavimento mantiene una subrasante en buenas condiciones, tanto estructurales como superficiales. Se recomendó realizar un mantenimiento rutinario, considerando un ESAL estimado de 3,503,007.70 ejes equivalentes, así como un refuerzo de 1.52 cm, con el fin de extender la vida útil del pavimento flexible en este tramo de la carretera.

Para, Vega (2022), en su investigación titulada "Modelos de comportamientos de pavimentos utilizando mediciones del índice de rugosidad internacional para predecir el deterioro funcional", Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo y responde a los problemas derivados del deterioro del pavimento en la carretera Puno – Juliaca, los cuales incluyen fisuras, baches, hundimientos y ahuellamientos. El objetivo principal fue desarrollar modelos predictivos del comportamiento del pavimento flexible, utilizando los valores registrados del índice de rugosidad internacional (IRI) entre los años 2016 y 2020, con el fin de analizar su relación y predecir el deterioro funcional de dicha carretera, que

forma parte de la red vial longitudinal de la sierra y del corredor vial Interoceánica Sur, específicamente en el tramo 5, sector 14, que conecta Perú con Brasil. Para la creación del modelo estocástico probabilístico, se procesaron los datos de IRI obtenidos en campo, generando las matrices correspondientes a las condiciones iniciales y actuales del pavimento. En paralelo, para el modelo empírico, se transformaron los valores de IRI en curvas sigmoidales, aplicando una optimización no lineal mediante la herramienta Solver de MS Excel. Al comparar los resultados de ambos modelos con las mediciones obtenidas en campo durante el año 2021, se determinó que el modelo estocástico probabilístico tiene una correlación de 0.8449, lo que se considera una relación fuerte y positiva. Por otro lado, el modelo empírico presentó una correlación de 0.9764, también considerada una relación fuerte y positiva. Con base en estos hallazgos, se concluye que ambos modelos de deterioro son altamente efectivos y presentan una excelente correlación para predecir el deterioro funcional del pavimento de la carretera Puno – Juliaca.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Estado Superficial del Pavimento Flexible*

El estado superficial del pavimento flexible es un factor determinante en su rendimiento y durabilidad. Este estado se refiere a las condiciones de la capa superior del pavimento, que está expuesta a las cargas de tráfico, las variaciones climáticas y otros factores ambientales. La evaluación del estado superficial es esencial para determinar si el pavimento necesita mantenimiento o rehabilitación y para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía. El desgaste de la capa superficial puede ocurrir debido a diversos factores, y su monitoreo regular ayuda a prevenir problemas graves como fisuras, baches y desprendimiento de material (Santana et al. 2022).

Factores que Afectan el Estado Superficial

Los factores Diversos influyen en el estado superficial de un pavimento flexible. Uno de los factores primordiales es el tráfico vehicular ya que el tráfico somete a la superficie

del pavimento a fuerzas dinámicas. Los vehículos pesados, como los camiones y autobuses, pueden causar más desgaste que los vehículos ligeros, se da también por el peso y las fuerzas de compresión que ejercen los pesados. Así mismo, el tipo de vehículo, entre vehículos ligeros y pesados, contribuye a la resistencia de la calzada. (Brito y Torres, 2017)

Las condiciones climáticas también juegan un papel clave en el desgaste del pavimento. En zonas con altas temperaturas, el asfalto puede blandecerse, lo que puede provocar deformaciones y la pérdida de la resistencia superficial. Por otro lado, en climas fríos, las variaciones de temperatura (especialmente el congelamiento y el deshielo) pueden generar fisuras en la capa asfáltica debido a la expansión y contracción del agua contenida en los poros del pavimento (Vera et al. 2021).

El diseño y la calidad de los materiales utilizados en la construcción del pavimento también afectan su estado superficial. Un diseño adecuado de las capas del pavimento y la utilización de materiales de alta calidad pueden reducir el desgaste superficial. Por el contrario, el uso de materiales inadecuados o el mantenimiento deficiente pueden contribuir a la formación de grietas, baches y desprendimiento de la superficie (Santana et al. 2022).

Métodos de Evaluación del Estado Superficial

Existen varios métodos para evaluar el estado superficial de los pavimentos flexibles, que van desde las evaluaciones visuales hasta los métodos más avanzados que requieren el uso de tecnología especializada. El método visual es el más común y consiste en inspeccionar la superficie del pavimento en busca de fisuras, baches, desprendimiento de material, y otros defectos visibles. Aunque es fácil de realizar, este método no proporciona una evaluación cuantitativa del desgaste o de la condición estructural del pavimento (Vega, 2022).

Índice de Rugosidad Internacional IRI. Este es uno de los métodos más comunes para medir la rugosidad de la superficie de rodadura. El IRI se mide con equipos especiales que se mueven a lo largo de la carretera y registran las irregularidades en la superficie en

términos de altura. Se trata de un índice cuantitativo de la comodidad del usuario y del desgaste del revestimiento superior. Por lo general, se puede afirmar que cuanto mayor es el IRI, más ruda es la vía, lo que refleja una descomposición superficial general del pavimento. (Dominguez 2020).

Otra forma de evaluar el estado superficial es midiendo la fisuración. Las fisuras que aparecen en la superficie del pavimento pueden formarse por diversos factores, como la fatiga del material, cargas pesadas y variaciones térmicas. Es importante medir estos parámetros para que sea posible decidir si existen los motivos para la rehabilitación y mantenimiento del pavimento (Santana et al. 2022)

Importancia del Estado Superficial en la Seguridad y Comodidad

El estado superficial de un pavimento flexible repercute directamente en la seguridad y en la percepción de comodidad de los usuarios. Una superficie agrietada o bacheada, con rugosidad elevada, puede afectar la seguridad vial al incrementar el riesgo, lo que puede conllevar a deslizamientos, daño en elementos de rodadura o accidentes con la pérdida de tracción, y al deterioro en llantas producido por la rugosidad. Asimismo, la rugosidad en la superficie hace que la experiencia del conductor y los ocupantes sean incómodos, ya que aumenta el ruido y disminuye el nivel de comodidad durante el viaje. (Santana et al. 2022)

El mantenimiento preventivo regular del estado de la superficie del pavimento es imprescindible para una vida más prolongada y segura del mismo y, por lo tanto, para la máxima seguridad y eficacia de las carreteras. La reparación temprana de las áreas dañadas puede evitar que las grietas y el hundimiento empeoren, lo que a su vez significa un costo menos total por la reparación en el largo plazo. (Santana et al. 2022)

El estado superficial del pavimento flexible es un factor determinante que impacta la durabilidad, seguridad y rendimiento de un pavimento flexible. La condición de la capa de rodadura es directamente afectada por factores climáticos, tráfico y características de los materiales. Por lo tanto, los métodos de evaluación como el método visual, el IRI y la

medición de fisuras son primordiales en el apropiado diagnóstico y programación de actividades de mantenimiento y rehabilitación. Un pavimento en buen estado repercute en la comodidad del usuario de la vía y cómo no, en la seguridad vial y la eficiencia del tráfico. (Santana et al. 2022)

2.2.1.1 Importancia del Estado Superficial en la Calidad del Pavimento

El estado superficial del pavimento es un aspecto crucial de la calidad del pavimento; describe el estado de la capa superior que es la parte en contacto directo con los vehículos en tránsito y las condiciones climáticas. Dicho estado afecta directa e indirectamente no solamente al desempeño estructural del pavimento sino a la seguridad y comodidad de manejo para los usuarios. Por lo tanto, el estado superficial del pavimento puede reducir la vida útil del pavimento, incrementar el mantenimiento del mismo, y comprometer la seguridad vial, justificando así su importancia. (Vega, 2022)

1. Relación Entre el Estado Superficial y la Durabilidad del Pavimento

La durabilidad del pavimento está directamente relacionada con las condiciones de su capa de rodadura. La capa de la rodadura es la parte expuesta y en contacto directo con el tráfico y el clima. Si un pavimento se ve afectado por superficies deterioradas, como fisuras, baches, desprendimiento de material, deformaciones, su vida útil se reducirá considerablemente, ya que esto permite un rápido deterioro y pérdida de capas adyacentes que soportan el tráfico. Las fisuras superficiales pueden ser la puerta de acceso del agua a los pavimentos y pueden debilitar el soporte del mismo, ocasionando que pierda rápidamente la resistencia estructural, lo que también provoca la pérdida de durabilidad de la Pavimento. Todo lo anterior se traduce en vidas útiles más cortas de los pavimentos y mayores costos de rehabilitación y mantenimiento. (Isradi et al. 2019)

El mantenimiento preventivo basado en el monitoreo constante del estado superficial tiene el potencial de aumentar enormemente la vida útil del pavimento al permitir la rápida inversión de problemas en el estado antes de que puedan progresar hacia fallas

diseminadas. La calidad del estado superficial es, por lo tanto, un marcador crítico de la necesidad de intervenciones preventivas para promover la vida útil del pavimento. (Vera et al. 2021)

2. Impacto en la Seguridad Vial

Las condiciones del estado superficial de la superficie del pavimento también tienen un impacto directo en la seguridad vial. Las fisuras y deformaciones en el asfalto son impulsores de deslizamiento y pérdida de tracción en condiciones climáticas adversas como la lluvia o el hielo. Asimismo, la presencia de baches o superficies rugosas contribuye a un mayor riesgo de accidente, ya que dificultan la conducción y la dirección del vehículo, dañan el funcionamiento del automóvil. La obra dañada del desgaste de la capa superficial también contribuye al creciente riesgo de eventualidades en condiciones de lluvia, lo que pone en peligro la seguridad de los conductores. (Vera et al. 2021)

La buena superficie de conducción garantiza una alta tracción, comodidad del conductor y reduce el número de choques de tráfico debidos a una mala superficie de conducción. La supervisión de rutina de la superficie de la calzada puede poner en marcha las deficiencias antes de que coloquen al viajero en desventaja y por lo tanto asegurarse. (Isradi et al. 2019)

3. Influencia en la Comodidad del Usuario

Así mismo, el estado superficial influye directamente en la comodidad de la vía para los usuarios de esta. Sin las rugosidades y con todas sus características geométricas dentro de los límites correctos, la superficie de la vía permite a los conductores y pasajeros disfrutar de un viaje confortable ya que los vehículos no generan niveles excesivos de ruido y vibraciones. Además, un pavimento en pobre estado, rugoso por falta de nivelación o superficie rugosa, puede ser causa de incomodidad para los ocupantes de los vehículos, aportando así una percepción marginal a la competencia vial. (Isradi et al. 2019)

Por otra parte, el mantenimiento apropiado de la condición superficial asegura la disponibilidad del revestimiento seguro y acogedor para los usuarios, lo que igualmente tiene un fuerte impacto en el juicio de calidad por parte del público general acerca de la condición de la carretera, así como en el logro de una experiencia de tráfico más cómoda y efectiva. (Isradi et al. 2019)

4. Impacto Económico

El estado superficial del pavimento también tiene un efecto económico a corto y largo plazo. Los pavimentos en buen estado recomiendan una disminución en los costos de operación de vehículos, lo que implica que los pavimentos blandos piden menos mantenimiento de caucho y otros componentes de vehículos. En el polo opuesto, el pavimento torna y maltratados aumentan los precios de las operaciones, ya que trae un daño mayor en los vehículos. Adicionalmente, traen mayores costos en restauración y rehabilitación de pavimentos deteriorados; esta es una carga económica por el costo de la restauración tanto para los usuarios como para los sistemas viales. (Hyarat et al. 2022)

En otras palabras, el estado superficial de calidad no solo subraya la seguridad y comodidad, sino también importa en términos de nivel de los costos involucrados en el mantenimiento y la eficiencia económica de la infraestructura de transporte.

Como se puede observar de esta revisión de estado del arte, el estado del pavimento superficial contribuye mucho a la calidad de una infraestructura vial. Consecutivamente influye en la durabilidad, la seguridad vial, la comodidad del usuario y los costos económicos asociados con el mantenimiento. Un pavimento eficiente, mantenido, le asegura seguridad, comodidad y eficiencia económica, al contrario de uno deteriorado que representa problemas que pueden resultar en serios compromisos para la funcionalidad de la vía y a la seguridad de los conductores. Dada la percepción, el monitoreo continuo sobre el estado del pavimento es esencial. (Vera et al. 2021)

2.2.1.2 Factores que Afectan el Estado Superficial del Pavimento

El estado superficial es una de las medidas importantes de la calidad y durabilidad de un pavimento flexible; este estado refleja cómo las condiciones externas y las propiedades internas se “traducen” en su comportamiento a lo largo del tiempo. La acción simultánea de factores de diferentes influencias promueve el deterioro gradual y la degradación de la capa superficial de la estructura del pavimento, que es la parte más expuesta al tráfico y los efectos climáticos. Un conjunto típico de factores que ejercen mayor influencia en el estado superficial del pavimento f-10 son las condiciones climáticas, la carga del tráfico, la estructura y la composición material de pavimento, la humedad y las propiedades del suelo debajo de la capa superior. (Vega, 2022)

1. Condiciones Climáticas

Las condiciones climáticas también juegan un papel vital en la evolución del estado superficial de La temperatura, la humedad y las lluvias influyen en la flexibilidad y la resistencia de los materiales empleados para la pavimentación. En climas cálidos, la superficie del pavimento, especialmente la capa de rodamiento, se ablanda. El ablandamiento superficial puede provocar la deformación, como las huellas de neumáticos y el abandono de la capa de rodamiento. En clima frío, la oscilación de la temperatura da lugar a la fisuración de la superficie. En invierno, las heladas y los deshielos provocan la fisuración de las carreteras a través del ciclo de flujo y reflujo del agua a través de las fisuras. Aguas. El agua que se instala en las juntas produce una expansión y contracción continua del material. La expansión debilita la carretera. (Hyarat et al. 2022)

El agua es igualmente un factor crítico. Por lo tanto, las precipitaciones constantes o el mal drenaje infiltrarían el agua a las capas inferiores del pavimento, provocando la degradación de las capas base y subbase, y posiblemente deformaciones o fisuras en la capa de rodadura. El drenaje adecuado es fundamental para asegurar y mantener la extensión del pavimento. (Vera et al. 2021)

2. Cargas de Tráfico

Cabe destacar que las cargas de tráfico son el punto más fundamental a considerar en lo relacionado al estado superficial del pavimento. La frecuencia y el peso de los vehículos que movilizan sobre el pavimento inciden de manera directa en la superficie, dado que un vehículo pesado como un camión de carga, ejerce presión adicional sobre el pavimento, causando agrietamiento y deformaciones en el mismo. Además, el número de ejes y la frecuencia en el paso de vehículos también impactan el nivel de daño superficial. (Hyarat et al. 2022)

Otro factor a tener en cuenta es capaz de generar zonas de desgaste localizado son las fluctuaciones de carga; dadas las diferencias en las condiciones de tránsito, con el tiempo puede haber cambios en las condiciones del tráfico, lo que implica una posibilidad de deformación de la superficie en condiciones de cargas elevadas y de poco tiempo; la presencia de vehículos con una carga concentrada elevada como camiones de transporte pesados probablemente se podrá manifestar en zonas de nivelación marcadas, hoyos en la superficie en las secciones con mayor tránsito, así como la impresión de rastros de neumáticos. (Reyna, 2015)

3. Composición y Propiedades de los Materiales

La superficie del pavimento también se ve afectada por la composición y las propiedades de los materiales utilizados en su construcción. El estado superficial del pavimento es fuertemente influenciado por la calidad del asfalto, los agregados y los ligantes, que determinan la resistencia del pavimento al desgaste (Rodríguez, 2019). Una vez más, un ejemplo sencillo sería un asfalto de mala calidad que asegura la pérdida rápida de las propiedades adhesivas del recubrimiento, lo que podría llevar a la formación de fisuras o, al contrario, a su separación del soporte. Asimismo, la granulometría de los agregados contenidos en la mezcla de la capa de rodadura juega un papel fundamental en la creación de una superficie delgada uniforme y resistente a la abrasión. (Vega, 2022)

Los ligantes asfálticos también afectan la flexibilidad del pavimento. Por ejemplo, si el ligante no es adecuado para las condiciones climáticas de la zona, como una viscosidad incorrecta, los pavimentos pueden volverse altamente susceptibles a la fisuración por fatiga y / o al ablandamiento por sus cargas de tráfico y temperaturas pronosticadas extremas. (Montero, 2018)

4. Condiciones del Suelo Subyacente

Las condiciones subyacentes del suelo son esenciales para el comportamiento de la capa superficial del pavimento. Un suelo subyacente débil o inestable puede causar asentamientos, lo que hace que el pavimento pierda su integridad con fallas como grietas o bases adyacentes a la superficie. La capacidad de soporte del suelo debe estar en la fase de diseño de las carreteras, lo que garantiza que el pavimento haya sido sobre una base sólida y estable (Hyarat et al. 2022)

El contenido de humedad en el suelo subyacente contribuye por igual. Suelos de arcilla o alto contenido de agua puede causar balanceo cíclico que se transmite al pavimento. El drenaje adecuado también es crucial para que el agua no se acumule en el suelo y dañe las capas inferiores del pavimento.

5. Mantenimiento y Reparación

El mantenimiento y rehabilitación del pavimento influyen directamente en su superficie. La falta de mantenimiento puede ayudar en el deterioro prematuro de la capa de rodadura, y cualquier error en las reparaciones existentes puede agravar el problema. Las inspecciones regulares y la reparación a tiempo pueden salvarte de problemas extenuantes del pavimento, costosas y extensas reparaciones. (Vera et al. 2021)

2.2.1.3 Indicadores del Estado Superficial: Rugosidad, Fisuras y Deformaciones

El estado superficial de un pavimento flexible se mide a través de varios indicadores que dan cuenta del comportamiento estructural y funcional del pavimento. Los principales

indicadores de estado superficial son la rugosidad, las fisuras y las deformaciones, que constituyen comportamientos evidentes de desgaste y deterioro de la capa de rodadura, debido fundamentalmente al paso de los vehículos, las condiciones atmosféricas y el tipo de material empleados en la construcción. Estos indicadores son fundamentales para determinar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación del pavimento. (Hyarat et al. 2022)

1. Rugosidad

La rugosidad es uno de los indicadores más comunes utilizados para evaluar el estado superficial del pavimento. Se refiere a las irregularidades en la superficie de rodadura, que afecta tanto la comodidad de los conductores como la seguridad vial. La rugosidad es medida por el Índice de Rugosidad Internacional, que es un indicador que cuantifica con qué intensidad el pavimento varía en altura en un determinado tramo. Un valor de IRI bajo indica una superficie suave, mientras que un IRI alto refleja una superficie más rugosa, lo que puede causar una experiencia de conducción incómoda y aumento del desgaste de los vehículos. (Hyarat et al. 2022)

Además, la rugosidad afecta la tracción de los neumáticos y puede ser responsable del ruido del tráfico, ya que las vibraciones causadas por las irregularidades de la carretera. Por lo tanto, un pavimento fuertemente rugoso puede ser un marcador de intervención necesaria a fin de aprovechar la calidad de la superficie y garantizar la seguridad de la carretera. (Mamani, 2020)

2. Fisuras

Además, las grietas en la cima de pavimentación son un indicador igualmente crítico del estado de las carreteras. En muchos casos, su formación es el resultado de varios fenómenos, envejecimiento del asfalto, variaciones térmicas debido a la congelación y el descongelamiento, tráfico pesado o agua decayendo capas debajo de la pavimentación. Las grietas pueden ser de diferentes tipos, tales como fisuras superficiales,

fisuras por fatiga y fisuras por hundimientos. Su presencia indica que la pavimentación ha experimentado deformaciones estructurales. (Hilario, 2019)

Como las fisuras permiten la infiltración de agua, pueden comprometer la integridad estructural del pavimento. Incluso cuando se detectan a tiempo, si no se rellenan y sellan, las fisuras pueden crecer y desarrollarse en baches, escalonamientos u otras lesiones. Este último tipo de problema puede resultar muy costoso de reparar y poner en peligro a los conductores en las principales carreteras. Por lo tanto, la detección temprana de fisuras es imperativa para la salud a largo plazo y la integridad de cualquier proyecto pavimentado. (Sánchez et al. 2022)

3. Deformaciones

Otro signo de la degradación de la capa superficial es representado por las deformaciones. Este daño puede ser resultado de una hundimiento o abombamiento o de un asentamiento o ablandamiento de la superficie por efecto de cargas de tránsito repetidas. En general, las deformaciones pueden presentarse en forma de baches, huellas de patrones de ruedas, o marcas. Estas formas de deterioro suelen aparecer mayormente en áreas de alta movilización o en áreas con condiciones de drenaje deficientes, ya que en estos casos el agua se infiltrará en las capas superiores del pavimento, debilitando la resistencia de estas. (Vega, 2022)

Las deformaciones son un tema de seguridad vial, ya que pueden hacer que un vehículo pierda tracción y aumenten la probabilidad de accidentes sobre la base de las deformaciones de la superficie. Mientras tanto, las deformaciones de los vehículos resultantes son molestias, la facultad a menudo las determina o aumentará el desgaste. Por lo tanto, la vigilancia regular de las deformaciones es crucial para determinar si la capa de rodadura requiere rehabilitación o refuerzo. (Mamani, 2020)

4. Relación entre Rugosidad, Fisuras y Deformaciones

Las causas de la rugosidad, grietas y deformaciones están interrelacionadas, todas impactan significativamente la calidad de la superficie del pavimento y contribuyen al desgaste continuo del material. La rugosidad es agravada por la presencia de fisuras en una sección específica de pavimento, ya que al agrandarse la apertura de una grieta se produce un rebaje en este sector. La causa subyacente a las deformaciones en la superficie del pavimento puede ser atribuida a la falla de un diseño adecuado o bien, a la compresión del material en una posición desfavorable debido al peso del tráfico constante. Estos no solo afectan la comodidad de los usuarios, sino que además pueden poner en riesgo la seguridad y durabilidad del pavimento. (Hyarat et al. 2022)

La vigilancia combinada de estos indicadores permitirá una evaluación más informada de la condición agregada de la carretera y las medidas para implementarla. El seguimiento sistemático de estos factores permitirá que se utilicen los recursos de manera más efectiva para lograr una vida útil máxima para el pavimento.

2.2.1.4 Métodos de Evaluación Visual del Estado Superficial

La técnica de la evaluación visual del estado superficial es un relevamiento cualitativo y cuantitativo de las características físicas del mismo y un amplio uso en la ingeniería, conservación de materiales y ciencias ambientales. Se basa en la observación directa o instrumentada de propiedades como la rugosidad, fisuras, corrosión, erosión y contaminación, entre otras, y da una rápida estimación en primera instancia sin necesidad de equipamiento instrumental complejo. De acuerdo a los autores citados, su principal beneficio consiste en el costo económico y rapidez, aunque la subjetividad de la persona evaluadora puede determinar la necesidad de complementar la inspección por medios con herramientas tecnológicas para la ampliación de aproximación enseñada. (Hyarat et al. 2022)

Los enfoques de esta metodología pueden variar desde simples inspecciones manuales con escalas estandarizadas, como las basadas en las normas ISO 8501-1 para

la corrosión, hasta imágenes digitales procesadas con el uso de algoritmos de análisis. En este sentido, en el campo de la conservación de patrimonio se utilizan, por ejemplo, métodos como el Visual Surface Assessment que clasifica el daño a través de categorías predefinidas y fotografías de referencia, tomadas de ICOMOS. La documentación de estas prácticas debe establecer condiciones precisas de iluminación, ángulo de observación y perfil del evaluador para garantizar la reproducibilidad. (Hyarat et al. 2022)

Por otro lado, a pesar de su presunta simplicidad, el manejo de la evaluación visual requiere de formación especializada para reducir el sesgo. Diversos estudios indicaron que la percepción humana difería según la experiencia, condiciones de luminosidad y otros factores, lo que justifica la adopción de técnicas híbridas, como la combinación de sensores ópticos con criterios expertos. En la mayoría de los casos, una vez recopiladas, las intervenciones visuales se cuantificaron con software como ImageJ o Python-OpenCV, que, además de disminuir el sesgo, permite transformar los datos subjetivos en métricas objetivas en aplicaciones industriales. (Marca y Condori, 2021)

2.2.1.5 Métodos Instrumentales para la Evaluación del Estado Superficial

Las técnicas instrumentales para la evaluación del estado superficial son un tipo de enfoque avanzado que ayuda a evaluar cuantitativamente todas las propiedades físicas, químicas y topográficas del material o la sustancia en estudio. En contraste con los métodos visuales, estos instrumentos se basan en el uso de dispositivos especiales que reducen la subjetividad humana y permiten obtener información repetible. Los ejemplos esenciales incluyen la microscopía electrónica de barrido (SEM), la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y la tomografía de coherencia óptica. Cada uno tiene su aplicación en vista del tipo de superficie y los tipos de daño. (Freire, 2024)

Además, la microscopía electrónica proporciona imágenes de alta resolución al nivel micro y nanométrico con el fin de detectar fisuras, porosidad o detalles que ayuden a los laboratorios a identificar contaminantes en un material metálico y cerámico. La actividad está orientada bajo la norma ISO 21363. Finalmente, el laboratorio realiza una perfilometría

láser para cuantificar la rugosidad superficial en un plano x, y dado que dicho equipo se basa en un haz de luz láser que escanea la superficie de la muestra para generar mapas 3D. Este servicio se realiza en distintas industrias como la a & d o la manufactura de componentes críticos. (Freire, 2024). Muchos de los métodos están estandarizados bajo normativas internacionales; la ASTM E2546 aborda la medición de la rugosidad, entre otros cometidos, y ayuda a garantizar que los resultados sean comparables entre los laboratorios. (Mamani, 2020)

Por otro lado, en el campo de la corrosión, métodos electroquímicos, por ejemplo, la espectroscopía de impedancia EIS o la técnica de polarización potenciodinámica, ofrecen información acerca de la cinética de los procesos de degradación y la efectividad de recubrimientos protectores. Igualmente, se emplea la termografía infrarroja como herramienta no destructiva que permite descubrir la presencia de discontinuidades internas o despegues en estructuras sin afectar su integridad, lo cual es crucial para la inspección de infraestructuras civiles. En ambos casos, la elección del artefacto depende de la resolución, del costo y de la disposición del equipo en función, pero, en general, la tendencia es hacia la automatización mediante métodos de inteligencia artificial para facilitar el análisis de los resultados. (Vera et al. 2021)

2.2.1.6 Impacto del Estado Superficial en la Seguridad y Comodidad del Tráfico

El estado superficial de las vías de transporte es un factor determinante en la seguridad vial y la experiencia de los usuarios. Este aspecto influye directamente en la adherencia neumático-pavimento, la estabilidad vehicular y la percepción de confort durante la conducción. De acuerdo con la World Road Association, los estudios recientes han demostrado el riesgo mucho mayor de accidentes automovilísticos como resultado de las irregularidades relacionadas, ya sea grietas, baches, deformaciones plásticas o pérdida de textura, especialmente durante condiciones climáticas adversas. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente el 23% de los accidentes en carreteras secundarias están asociados a deficiencias en la superficie de rodadura, siendo

la reducción del coeficiente de fricción el principal causante de derrapes en curvas o frenadas de emergencia (Freire, 2024).

Desde una perspectiva técnica, la rugosidad superficial —cuantificable mediante el Índice Internacional de Rugosidad (IRI)— se correlaciona con niveles de vibración vehicular que afectan tanto al desgaste mecánico como a la fatiga del conductor. En ingeniería de transporte, las investigaciones establecen que IRI valores mayor a 3.0 m/km causan una incomodidad perceptible para los ocupantes y más de 5.0 m/km amenaza la dirección control. Este marco ha fomentado la creación de normativas como la ISO 13473-1, que prescribe técnicas de medida del láser y el perfilómetro de contacto para evaluar la microtextura y la macrotextura del pavimento. (Mamani, 2020)

Además de los aspectos mecánicos, el estado superficial incide en fenómenos acústicos y de dispersión lumínica. Además, según las mediciones de la Agencia Europea de Medio Ambiente, los pavimentos que presentan excesiva porosidad o deterioro incrementan el ruido de rodadura hasta en 5 dB A, mientras que las superficies desgastadas conducen a una disminución de la reflectividad de las marcas viales, elevando el riesgo de colisiones durante la noche un 40%. Por tanto, estas dos variables no solo requieren la adopción de técnicas avanzadas de mantenimiento predictivo, como operators equipados con LiDAR o sistemas de inteligencia artificial que detecten defectos tempranamente. (Freire, 2024)

2.2.2 Pavimento Flexible

Pavimento flexible es un tipo de pavimento común utilizado en la construcción de carreteras y vías de tráfico. Mantiene una capacidad para permitir que las capas superiores se combinen con las cargas aplicadas y simulen la formación de deformación dentro de la estructura. Este tipo de pavimento consiste en muchas capas diseñadas en conjunto para distribuir de manera eficiente las cargas vehiculares al terreno subyacente. La capa superior suele ser un material compuesto asfáltico que se coloca en la parte superior de

una capa base granular y subbase. La subbase también juega un papel esencial en la distribución. (Vega, 2022)

Las propiedades de un pavimento flexible son, hasta cierto punto, derivadas de la calidad del material utilizado en cada una de sus capas, que incluyen el asfalto, la base granular, la subbase y el material subyacente subyacente. De manera similar, el asfalto en la capa de subtrabajo se caracteriza por su naturaleza física que le permite ser flexible. Dado que el suelo subyacente puede ser susceptible a movimientos del suelo, un pavimento flexible es capaz de adaptarse a los movimientos de contracción sin agrietarse o deformarse permanentemente. Otra propiedad importante de este tipo de pavimento es que se puede absorber más carga en movimiento y dinámica, ya que los vehículos en tránsito se conocen que generan mucho movimiento. Por lo tanto, se adapta muy bien a áreas de mucho tráfico o un tráfico moderado. (Romero y Calderon, 2023)

Otro de los beneficios principales del pavimento flexible es que se puede reparar fácilmente. En caso de daños en la superficie, como fisuras y baches, las capas asfálticas pueden ser rehabilitadas o reemplazadas sin la necesidad de intervenciones profundas en las capas inferiores. Sin embargo, factores como el ambiente, la calidad del material utilizado y el buen mantenimiento del sistema pueden afectar su durabilidad y desempeño en el tiempo. Dado que es relativamente flexible, el pavimento flexible puede verse más afectado por la humedad y las variaciones de temperatura que conllevan al agrietamiento y otras deformaciones con el tiempo. (Mamani, 2020)

2.2.2.1 Definición y Características del Pavimento Flexible

El Pavimento flexible es un término que se refiere a un tipo de pavimento comúnmente utilizado en infraestructuras viales, como carreteras y caminos, que funciona bajo cargas de tráfico temporales sin experimentar deformaciones permanentes. Se trata de un pavimento que consta de varias capas superpuestas que trabajan juntas para distribuir las cargas del vehículo a lo largo del pavimento de manera uniforme en cada estructura. Las capas más comunes del pavimento flexible incluyen capa de rodadura,

base granular, subbase y lecho del suelo, entre varias otras capas. Estas capas permiten al pavimento ser flexible, tolerar cargas dinámicas, además de otros factores. (Romero y Calderon, 2023)

La superficie asfáltica superior del pavimento, por lo general, se construye con mezcla asfáltica, ya que su función esencial es funcionar como una superficie para soportar el desgaste y recibir los daños climáticos. Esta capa es constituida para recibir el tráfico constante y el efecto de la lluvia, la temperatura y las estaciones del año. Por debajo de la capa de rodadura, encontramos la base desarrollada en material granular, que está conformada por distintos tipos de materiales, normalmente grava, arena y piedra triturada. Este aporte de material ayuda a dispersar las cargas a través de las capas inferiores. Por último, la subbase desarrollada en suelo y el suelo subyacente aportan un soporte estructural adicional al pavimento. (Mamani, 2020)

Una de las principales características del pavimento flexible es su capacidad de adaptación a los movimientos del suelo sin que se produzcan agrietamientos permanentes en la estructura. Esta flexibilidad se logra gracias a la combinación de materiales que permiten que el pavimento se acomode a las deformaciones del terreno sin comprometer su integridad estructural. Otra característica importante es su facilidad de reparación; en caso de que se presenten daños, como baches o fisuras, las capas asfálticas pueden ser reparadas o renovadas de forma relativamente sencilla, lo que reduce los costos y el tiempo de mantenimiento (Vega, 2022).

2.2.2.2 Composición y Estructura de los Pavimentos Flexibles

La composición y estructura de los pavimentos flexibles están diseñadas para distribuir de manera eficiente las cargas vehiculares a lo largo de varias capas, que trabajan en conjunto para proporcionar resistencia, durabilidad y adaptabilidad a las condiciones del terreno. La estructura típica de un pavimento flexible consta de varias capas superpuestas, que incluyen la capa de rodadura, la base granular, la subbase y el suelo

subyacente. Cada capa tiene una función y contribución específica en la capacidad general del pavimento para soportar el tráfico y resiste el clima (Mamani, 2020).

La subbase es una capa localizada debajo de la base granular, su función es dar soporte adicional y mejorar la resistencia al pavimento a deformarse. Está conformada por materiales como grava, suelo estabilizado, entre otros, encargados de evitar la deformación del pavimento debido la acción de las cargas. Por otro lado, el suelo subyacente es un terreno natural que sirve de base para la estructura del pavimento. La acción del suelo subyacente es fundamental, ya que debe soportar las cargas sin asentarse en exceso o desgastar su resistencia. (Romero y Calderon, 2023)

Los pavimentos flexibles también están diseñados para ser deformables para permitir que la capa de rodadura y la base distribuyan efectivamente las cargas y disminuyan la presión de las capas inferiores hasta niveles aceptables para proteger las capas inferiores de las deformaciones permanentes. Es esta cualidad de deformación lo que hace al pavimento flexible apto para situaciones de carga y condiciones del suelo variadas y texturas desde calles rurales hasta avenidas. (Romero y Calderon, 2023)

2.2.2.3 Tipos de Pavimentos Flexibles: Clasificación y Aplicaciones

Hay varios tipos de pavimentos flexibles según los materiales que componen las capas del pavimento y la forma en que se diseñan para adaptarse a las condiciones del tráfico y del clima. La clasificación de los pavimentos flexibles se basa en la composición de sus capas y en la tecnología usada en su construcción. Su característica principal es la capacidad de distribuir las cargas del tráfico a lo largo de la estructura sin deformación permanente y se utilizan en muchas aplicaciones de carretera y ferrocarril. Por estructura y materiales, los pavimentos flexibles pueden ser pavimentos bituminosos y pavimentos asfálticos. (Vega, 2022)

Pavimentos Bituminosos

El pavimento bituminoso es una superficie cuya capa superficial se compone de una mezcla de agregados y un aglomerado bituminoso. Son los tipos de pavimentos más usados, por su resistencia y durabilidad, apropiados para el tráfico pesado vehicular y

zonas de alta circulación. El pavimento bituminoso es actualmente el tipo de pavimento dominante en zonas urbanas y rurales con una meta superficie de manejo suave con alta resistencia. La clasificación de este tipo de pavimento varía de acuerdo a las cantidades de material bituminoso y agregado de la mezcla, la cual puede ser: caliente, caliente objetada y fría. (Vega, 2022)

Pavimentos Asfálticos

Los pavimentos asfálticos o simplemente llamados asfálticos son otra categoría de pavimentos bituminosos en los que el ligante principal es el asfalto. Son pavimentos de alta resistencia al tráfico y fáciles de mantener. Los pavimentos asfálticos se utilizan en desplazamientos de alto volumen de tráfico, aeropuertos públicos y en cualquier otra estructura que requiera una superposición fuerte y resistente con alto rendimiento. Los pavimentos asfálticos pueden ser continuos o discontinuos, de acuerdo con la forma de conformar y agregar el asfalto.

Pavimentos de Mezcla Asfáltica Caliente (MAC)

Mezclas asfálticas calientes: se refiere a la aplicación de mezclas asfálticas calientes que se preparan a altas temperaturas y se colocan en la vía aún calientes para su compactación. Este tipo es ideal para carreteras de alto tráfico, ya que es muy resistente y duradero. Luego, es adecuado para áreas urbanas con tráfico y en condiciones climáticas de temperatura moderada. (Tho'atin et al. 2016)

Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Frío (MAF)

Diferente a los pavimentos realizados con mezcla caliente, los pavimentos de mezcla asfáltica en frío requieren menos tiempo en la preparación. Este tipo de mezcla se utiliza con mayor frecuencia cuando se realizan reparaciones rápidas o en lugares con mucha afluencia debido a la falta de capacidad para calentarse de forma adecuada. En cualquier caso, las mezclas frías no poseen la misma resistencia que sus pares calientes, de esta forma, su uso solo es posible en intervenciones baratas y áreas con tráfico ligero. (Tho'atin et al. 2016)

Aplicaciones de los Pavimentos Flexibles

Los pavimentos flexibles se aplican en una amplia variedad de situaciones viales, desde carreteras urbanas hasta carreteras rurales y vías de alto tránsito. Se utilizan principalmente en carreteras secundarias, donde la economía de los materiales y el mantenimiento fácil son factores clave. También son comunes en áreas urbanas, donde la demanda de pavimentos resistentes y de bajo mantenimiento es alta. Los pavimentos flexibles son adecuados especialmente en las áreas de clima caluroso o moderado, ya que el material bituminoso funciona de manera más eficiente en estos ambientes (Tho'atin et al. 2016).

Los pavimentos flexibles son la opción preferida en aeropuertos y puertos, ya que tienen una mejor capacidad de soportar altas cargas dinámicas. Son la opción preferida en áreas con condiciones de suelo adversas que hacen imposible la construcción de pavimentos, ya que los pavimentos flexibles son adecuados para cambios en la elevación del terreno debido a flujos de tráfico pesado. (Vega, 2022)

2.2.2.4 Ventajas y Desventajas de los Pavimentos Flexibles

Los pavimentos flexibles tienen diferentes comportamientos, en pros y contras, que los clasificarán en la elección de la construcción de una carretera. Las propiedades de los pavimentos flexibles pueden depender de la resistividad de la condición de la carretera, el tráfico esperado, el clima y los costos. Por lo tanto, es esencial para un ingeniero evaluar estas posibilidades y oportunidades para resaltar si estos pavimentos son adecuados para pavimentar una carretera. (Mamani, 2020)

Ventajas de los Pavimentos Flexibles

Otras de las ventajas que proporcionan los pavimentos flexibles es que al ser menos rígidos se pueden deteriorar por las deformaciones el terreno, pero no son daños que permanecen en la estructura. Por lo tanto, un pavimento es más conveniente en suelos de cimentación inestables, alta variabilidad de humedad, cambios después o antes cimientos. Su estructura se comporta como un sistema de descenso constante de cargas de tráfico a través de la carretera., ya que las cargas de tráfico bien se distribuyen de modo

más eficaz. También, los pavimentos flexibles son más fáciles de reparar en comparación con pavimentos rígidos y daños, como grietas o baches superficiales, se pueden reparar localmente y sin necesidad de reemplazar secciones enteras de carretera, lo que reduce los costos de mantenimiento. (Vega, 2022)

En contraste, los pavimentos flexibles dan un mejor confort a las personas que los recorren debido a que la superficie del pavimento es más suave y menos resbalosa, lo que reduce el ruido y mejora la calidad de viaje. Esta ventaja es exponencialmente relevante en regiones más congestionadas y en carreteras donde el confort del conductor es crítico para asegurar un paseo tranquilo y seguro. (Vega, 2022)

Desventajas de los Pavimentos Flexibles

Aunque los pavimentos flexibles ofrecen numerosas ventajas, también tienen varios inconvenientes que se deben tener en cuenta al elegir. La mayor desventaja es la sensibilidad a las condiciones del clima. Esto es especialmente crítico para las regiones donde las fluctuaciones de temperatura o el calor son pronunciados y donde existen ciclos de congelación y descongelación reales. Dado que el asfalto que se utiliza no puede soportar efectivamente la constante exposición a la radiación ultravioleta, es probable que se deforme, se agriete y se deforme con el tiempo. En las regiones del clima extremo, estos materiales a veces requieren daños frecuentes en la reparación: los medios degradan que lo utilizan. (Tho'atin et al. 2016)

Otra desventaja es una vida útil más corta en comparación con los pavimentos rígidos, especialmente en áreas con tráfico pesado. Aunque pueden ser renovados fácilmente, más a menudo se requiere eco o reposición porque la capa de rodadura se desgasta más rápido, y las propiedades de los materiales pueden perder con el tiempo. Además, dado que los pavimentos flexibles constan de capas, requieren más recursos durante la construcción inicial en términos de material y trabajo, aunque el coste se amortiza con costos de postconstrucción más bajos. (Mamani, 2020)

Por último, aunque la capacidad de drenaje de los pavimentos flexibles es generalmente buena, puede ser inadecuada en el caso de lluvias abundantes. El

almacenamiento de agua en la base o subbase debido a la inadecuada lastrado y conservación de las capas puede provocar deformaciones y fallos prematuros del pavimento. (Santana et al. 2022)

Por lo anterior, se puede concluir que los pavimentos flexibles cuentan con una serie de ventajas que los convierte en una alternativa eficiente para múltiples proyectos viales, a éstas se les suma las ya mencionadas adaptabilidad, sensibilidad, reparación y mantención varios en comparación de Pavimentos Rígidos, pero también tienen desventajas, como su sensibilidad a la variada climatología y su vida útil de primera capa. En otras palabras, la decisión de elegir concretamente entre uno u otro va a depender enteramente de las circunstancias y factores del proyecto en sí, como el flujo de tráfico y el presupuesto.

2.2.2.5 Factores que Afectan el Comportamiento de los Pavimentos Flexibles

El comportamiento de los pavimentos flexibles está influenciado por un número de factores externos e internos que reducen el desempeño y la durabilidad. Los factores anteriores abordan cuánto los factores deban considerarse a partir de la durabilidad del tiempo. Los principales factores que afectan los comportamientos de los pavimentos flexibles incluyen las propiedades de los materiales utilizados, el clima, el tráfico y las condiciones del suelo subyacente. (Vega, 2022)

Propiedades de los Materiales

Las propiedades de los materiales empleados en la construcción de los pavimentos flexibles como el asfalto, la base granular, la subbase y los agregados, influyen significativamente en el comportamiento de los mismos. La calidad de estos materiales incidirá fuertemente en la resistencia del pavimento a la deformación y a la formación de grietas. Los agregados deben ser lo suficientemente resistentes como para soportar las cargas provenientes del tráfico sin desintegrarse, mientras que el asfalto debe tener buena adherencia a los agregados y resistir las variaciones de temperatura sin perder su flexibilidad. (Santana et al. 2022)

Otro factor importante que afecta la compactación y la estabilidad del pavimento es la granulometría del material. Una elección inadecuada o una mezcla equivocada de materiales pueden provocar una deformación prematura en el pavimento, así como la formación de grietas. Asimismo, la composición química del asfalto influye en la resistencia al envejecimiento y a la radiación ultravioleta que es crítico para la vida útil del pavimento. (Mamani, 2020)

Condiciones Climáticas

La otra variable de clima que afecta a los pavimentos flexibles es la temperatura. Para áreas cálidas, la temperatura es el principal problema, ya que puede hacer que el asfalto se ablande causando deformaciones superficiales y la pérdida de la resistencia al tráfico pesado. En contraste, la temperatura es un problema para pavimentos flexibles en un clima frío. La razón radica en las congelaciones y deshielos que producen grietas en la capa asfáltica a través del agua por el agua en las partes de los gravados que generan movimientos gracias al agua. (Vega, 2022)

El agua es otro factor que afecta el comportamiento de los pavimentos flexibles. Si no se drena correctamente la carretera, el agua se filtra hasta las capas inferiores del pavimento causando la pérdida de la resistencia estructural pudiendo desprender las capas. Por otro lado, el agua también influye en el incremento de la rugosidad y puede acelerar el deterioro de la superficie de rodadura. (Santana et al. 2022)

Carga de Tráfico

El tráfico es uno de los factores más significativos que afectan la durabilidad y el rendimiento de los pavimentos flexibles. La frecuencia de los vehículos, así como su peso, siendo los automóviles de carga los más preocupantes discriminatoriamente, ya que crean movimientos dinámicos de fuerzas sobre la superficie facilitando a su vez la compresión y deformación de las capas del pavimento. Las intensidades de tráfico, además de concentrarse, pueden cambiar su naturaleza. Un aumento en el flujo de vehículos de carga

no solo eleva la intensidad de agresión a la superficie, sino que también produce un desgaste acelerado de la capa visible con sus fisuras y baches. (Vega, 2022)

Diseño del pavimento; Las condiciones de tráfico esperadas para la vida útil del pavimento deben considerarse en el diseño del pavimento. Debe asegurarse de que las capas requeridas sean lo suficientemente fuertes y que el pavimento pueda distribuir la carga de manera uniforme sin danos prematuros.

Condiciones del Suelo Subyacente

El suelo subyacente también es un factor crítico en el comportamiento de los pavimentos flexibles, ya que constituye la subrasante sobre la que se asienta todo el pavimento. La resistencia al esfuerzo vertical es una propiedad del suelo que se necesita para evitar asentamientos excesivos que puedan comprometer la integridad estructural del pavimento. Los suelos con alta plasticidad o con baja capacidad de carga darían lugar a asentamientos diferenciales y deformaciones del pavimento, lo que se traduciría en un pobre rendimiento. (Vega, 2022)

También puede influir en la capacidad de carga del pavimento la humedad del suelo subyacente. El exceso de humedad reduce la resistencia del suelo, lo que provoca deformaciones de las capas subyacentes, lo que a su vez influye negativamente a la integridad estructural del pavimento. (Vega, 2022)

Diseño y Construcción del Pavimento

Otro factor importante a tener en cuenta es el diseño del pavimento. Para que este sea correcto, es fundamental tener en cuenta las características físicas de los materiales, así como las del tráfico y el clima. El espesor y distribución en capas del pavimento son factores decisivos para obtener su capacidad de soporte y su resistencia contra las deformaciones. Por otro lado, una mala ejecución de la construcción, que pueda ser causada por una compactación inadecuada de las capas, origina problemas de desgaste prematuro y deformación del pavimento.

Diversos factores condicionan el comportamiento de los pavimentos flexibles, entre otros las propiedades de los materiales, las condiciones climáticas, el tráfico y las del suelo subyacente. Con el fin de asegurar la durabilidad y rendimiento de estos pavimentos a lo largo del tiempo, la adecuada selección y diseño de los materiales y un mantenimiento y rehabilitación adecuados son clave.

2.2.3 Medición del Nivel de Servicio (NLS)

La evaluación del Nivel de Servicio es una metodología fundamental que permite diagnosticar la eficiencia de las infraestructuras viales. Esta integra parámetros objetivos y subjetivos que reflejan las condiciones reales de operación. Conforme al Manual de Capacidad Vial GCH: en función de la densidad vehicular, las velocidades medias, los tiempos de demora y la percepción de confort se establece una escala gradual entre los óptimos calificados con letras A y los críticos con letra F. La importancia relativa de esta métrica radica no sólo en su capacidad de traducción de datos técnicos en criterios comprensibles para la toma de decisiones, sino también en la posibilidad que brinda de comparar escenarios alternativos con un lenguaje unificado y reconocido internacionalmente. (Vega, 2022)

Metodologías Avanzadas para la Determinación del NLS

Los modernos enfoques para la medición del NLS han evolucionado de los análisis estáticos basados en las relaciones volumen – capacidad (V/C) de los siglos pasados a sistemas modernos dinámicos basados en IA. Las investigaciones recientes no limitan la generación de NLS basada en modelos V/C bajo las circunstancias más simples, pero al analizar redes complejas, como se menciona en Zheng et al. 2023, siempre es necesario tener en cuenta episodios impredecibles, como eventos climáticos o accidentes, que cambian los patrones de tráfico de una manera inesperada. En su lugar, las herramientas de microsimulación como VISSIM se basan en la capacidad de recrear escenarios virtuales basados en los comportamientos de los conductores individuales, ofreciendo márgenes de

error en resultados previstos no mayores al 15 % en comparación con los datos medidos físicamente por la Administración Federal de Autopistas. Además, las soluciones basadas en los datos crowdsourcing como Waze y Google Maps desarrollaron algoritmos predictivos que ajustan el NLS en tiempo real y alertan la ocurrencia de anomalías según los métodos de aprendizaje automático. (Vega, 2022)

Implicaciones Prácticas en la Planificación Urbana

Finalmente, otra innovación ha sido la aplicación sistemática de este tipo de indicadores NLS, la cual ha permitido transformar los procesos de gestión de ciudades inteligentes. En Europa, algunos estudios de caso comprueban que la correlación NLS con las emisiones contaminantes permite optimizar rutas de transporte público y reducir hasta un 22% las externalidades ambientales en los corredores clasificados como D. En un contexto latinoamericano, existen ejemplos como el SITP que comprobó que intervenciones focalizadas en tramos con NLS E/F han logrado mejorar la velocidad comercial en hora pico en hasta 18 km/h. Estos últimos avances permiten concluir que la metodología requerirá de actualización continua, la cual podría estar orientada a nuevas variables, como la conectividad multimodal o la accesibilidad a poblaciones vulnerables. (Freire, 2024)

2.2.3.1 Definición del Nivel de Servicio y su Importancia en el Diseño Vial

El Nivel de Servicio —o LS, por sus siglas en inglés— constituye un parámetro fundamental en la ingeniería de transporte para evaluar cualitativa y cuantitativamente las condiciones de operación de una vía o intersección. De acuerdo al manual del Highway Capacity Manual los usuarios del sistema de transporte perciben la calidad del servicio, tal que manera prestada por la libertad de maniobras o desplazamiento, comodidad, velocidad de viaje y seguridad. La misma escala que se mide desde A , nivel de capacidad máximo de liberación, hasta F , congestión severa, proporciona a los ingenieros una herramienta

de evaluar el desempeño estándar de la infraestructura vial en varias condiciones de tráfico (Freire, 2024)

“Una de las virtudes del nivel de servicio en el diseño vial es la posibilidad de orientar decisiones técnicas críticas en la etapa de planificación”: según el autor, un análisis apropiado del indicador permite definir la cantidad adecuada de carriles, los tiempos correctos de luz verde y hasta la necesidad de implementar mecanismos de gestión de demanda. Los resultados de trabajos científicos recientes revelan que los proyectos que incorporan evaluaciones amplias del nivel de servicio en la fase de diseño pueden reducir en un 30% los problemas de operatoria en los primeros cinco años de funcionamiento. La métrica se muestra importante para contextos urbanos: desarrollar una estructura que reconcilie diferentes medios de transporte por la complejidad de sus interacciones requiere acercar soluciones que sean eficaces y seguras en conjunto, como Afirma el autor. (Mamani, 2020)

Hablando desde el punto de vista técnico, el nivel de cálculo incluye la utilización de varios marcos conceptuales dependiendo de qué tipo de infraestructura se está analizando. Por ejemplo, en cuanto a las carreteras rurales, el citado nivelización mayoritariamente se basa en la relación volumen/capacidad y velocidad de operación, mientras que, por ejemplo, en el caso de las intersecciones urbanas, los tiempos de demora predominan. Sin embargo, la evolución de los métodos de medición, incluyendo la utilización de sensores inteligentes y sistemas de visión artificial, ha permitido recoger datos mucho más exactos para este tipo de nivelización, incrementando la fiabilidad de los resultados (Freire, 2024)

2.2.3.2 Factores Determinantes del Nivel de Servicio

El nivel de servicio (LOS) en sistemas de transporte es un concepto interdisciplinario que se ve afectado por un conjunto de variables interdependientes que determinan la calidad operacional de la infraestructura. Según HCM, estas variables pueden dividirse en tres categorías principales: características físicas de la vía,

condiciones de tráfico, y factores ambientales/externos. Por lo tanto, la comprensión de estas variables es crítica para ingenieros y planificadores urbanos. Les ayuda a prever problemas futuros y a diseñar soluciones tempranas antes de que se produzcan fallas críticas en la infraestructura.

Factores Geométricos y de Diseño

Sin lugar a dudas la configuración física de la infraestructura es el aspecto más determinante en el nivel de servicio. Investigaciones recientes han demostrado que el ancho de carriles, la presencia de bermas adecuadas y el radio de curvatura en tramos críticos puede influir hasta en un 40% en la capacidad vial. En las áreas urbanas, la frecuencia y diseño de intersecciones tienen un impacto significativo en los tiempos en demora; en general, las gloriets y los cruces semaforizados son los elementos que representan mayores desafíos para mantener un nivel de servicio aceptable durante las horas pico. Estudios con simulaciones microscópicas han revelado que mejoras en el diseño geométrico pueden elevar el nivel de servicio en hasta dos categorías (de D a B) en corredores congestionados (Freire Cazagallo, 2024).

Variables Operacionales y de Demanda

El comportamiento del tráfico representa otro pilar fundamental en la determinación del nivel de servicio. La relación volumen/capacidad (V/C) sigue siendo el indicador más utilizado, pero nuevos enfoques incorporan:

- Patrones de aceleración y frenado (impactan la capacidad efectiva)
- Porcentaje de vehículos pesados (reducen la velocidad media)
- Comportamiento de conductores en situaciones críticas

Datos del Departamento de Transporte de California muestran que un incremento del 15% en el volumen vehicular puede degradar el nivel de servicio de B a D en carreteras suburbanas, mientras que la presencia de más del 10% de vehículos pesados reduce la capacidad efectiva en aproximadamente 300 vehículos/hora/carril.

Condiciones Externas y Ambientales

Factores frecuentemente subestimados incluyen:

- Condiciones climáticas (lluvia reduce la velocidad media en 12-18%)
- Eventos especiales (conciertos, partidos)
- Obras viales no coordinadas
- Efectos de urbanización circundante

Un estudio del MIT (2023) reveló que la iluminación inadecuada en túneles puede degradar el nivel de servicio nocturno hasta en una categoría completa debido a la reducción de velocidades por precaución.

2.2.4 *Índice de Rugosidad Internacional (IRI)*

El Índice de Rugosidad Internacional es un indicador técnico estandarizado que cuantifica las irregularidades longitudinales en una superficie de pavimento en términos de la resistencia vertical acumulada que experimenta un vehículo cuando se desplaza sobre él. Aunque este parámetro fue establecido por primera vez por el Banco Mundial en la década de los 80, hoy en día, es ya el estándar internacional para evaluar la calidad del pavimento, siendo adoptado por organizaciones como la ASTM International y la ISO. El IRI se expresa en unidades de metros por kilómetro o metros por kilómetro, donde los valores más altos indican el nivel de rugosidad superficial más y, consecuentemente, menos comodidad para los usuarios y mayor desgaste vehicular. (Santana et al. 2022)

Calcular IRI está basado en un modelo matemático que es p sea una respuesta dinámica de un vehículo de referencia con parámetros de suspensión arbitrarios, y que se está desplazando a una velocidad igual y constante a 80 km/h sobre el perfil longitudinal de la carretera. Este modelo considera las irregularidades verticales del pavimento mediante ecuaciones diferenciales que integran las aceleraciones verticales generadas en el sistema masa-resorte del vehículo teórico. Para obtener estos datos, se utilizan equipos especializados como perfilómetros láser de alta precisión, sistemas de medición inercial o

incluso tecnologías emergentes basadas en smartphones con sensores calibrados (Santana et al. 2022).

La escala de valores del IRI permite clasificar el estado de los pavimentos en categorías de calidad. De acuerdo a la base de datos del HPMS, un IRI por debajo de 1,5 m/km describen un excelente estado del pavimento, con desempeño adecuado para una autopista de alto estándar. Un IRI de 1.5-2.5 m/km refiere al término de buen estado, con un rendimiento aceptable para la mayoría de carreteras principales. Cuando el IRI sobrepasa los 3.0 m/km, el pavimento está reduciendo sustancialmente el confort de marcha o incrementando el combustible y valores superiores a 4.0 m/km se consideran en estado inaceptables. Los valores superiores a 4,5 m/km requerirán intervención inmediata.

2.2.4.1 Definición y Significado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El Índice de rugosidad internacional, IRI, es uno de los parámetros técnicos más importantes en ingeniería de pavimentos y es definido como la medida de las irregularidades longitudinales de la superficie de la calzada de forma cuantitativa. Fue desarrollado inicialmente por el Banco mundial, en colaboración con investigadores de la Universidad de Michigan, el IRI ha sido ampliamente adoptado en todo el mundo como medida estándar de la calidad superficial del pavimento. Expresado en unidades de metros por kilómetro y en lo que se refiere a Estados Unidos, en pulgadas por milla, IRI es la suma acumulativa de la elevación y descensos de un sistema de suspensión estandarizado que se mueve a velocidad constante a lo largo del perfil de pavimento. (Vega, 2022)

Temporalmente, el IRI también tiene un significado técnico. Aunque se trata de un simple valor numérico, el IRI es, de hecho, una herramienta de gestión vial multidimensional. Desde el punto de vista operativo, el IRI está directamente correlacionado con tres parámetros críticos: la comodidad individual de los miembros de la carretera, el coste de la operación del vehículo y la seguridad vial. Estudios recientes han demostrado que un incremento del crecimiento del IRI en solo 1.0 m/km aumenta el consumo de combustible entre un 2.5 y un 3.2 %, dependiendo del tipo de vehículo. Por

otro lado, los estudios epidemiológicos han revelado correlaciones significativas en relación con las tasas de IRI elevados y la tasa de accidentes causados por falta de control direccional, especialmente en condiciones climáticas adversas. Aunque hay poco uso del valor del IRI para la evaluación de la situación de la carretera en España, actualmente se está debatiendo si debería ser parte de la revisión propuesta por el Gobierno. (Vega, 2022)

Por lo tanto, la estandarización del IRI como el parámetro universal se justifica por sus características técnicas distintivas. Como se mencionó anteriormente, al contrario de otros índices de rugosidad, el IRI se basa en un modelo físico-matemático reproducible que, de hecho, simula la respuesta dinámica de un vehículo cuarto de carro con parámetros de suspensión normalizados. Tal enfoque se puede comparar con los entre diferentes países, sin importar el equipo de medición, si cumple con los protocolos científicos indicados. De hecho, la robustez del modelo ha resultado en su adaptabilidad a varias tecnologías de medición, desde perfilómetros láser de alta precisión hasta sistemas móviles basados en smartphones. (Pillpe, 2018)

En términos de gestión de activos de infraestructura, el IRI se vuelve significativo desde una perspectiva de KPI. Como se discutió anteriormente, más de 120 agencias viales en todo el mundo utilizan el IRI como un KPI para:

- Priorizar proyectos de mantenimiento y rehabilitación
- Evaluar la calidad de construcción de nuevos pavimentos
- Establecer estándares de aceptación en contratos de obra
- Desarrollar modelos predictivos de deterioro
- Calcular indicadores económicos de red vial (FHWA)

2.2.4.2 Cálculo del IRI: Métodos y Herramientas Utilizadas

El proceso de cálculo del IRI se sustenta en un protocolo técnico estricto que combina principios de dinámica vehicular y tecnologías de medición de alta precisión. De acuerdo con las especificaciones de la ASTM E1926-08, el procedimiento implica la

recopilación del perfil longitudinal exacto de la superficie de asfalto, que requiere el uso de un equipo especializado para tomar mediciones de elevación con resolución no menor de 1 mm en intervalos no superiores a 150 mm. Los dispositivos de medición, que se dividen en perfilómetros láser de clase 1 y sensores inerciales de alta gama, deben cumplir con los requisitos de calibración y certificación in situ antes de su implementación en la práctica. (Pillpe, 2018)

Una vez realizado el perfil longitudinal, se aplica un algoritmo matemático basado en el modelo quarter-car, que replica la aceptación del sistema de suspensión estandarizado cuando se desplaza sobre la superficie medida. Este modelo mecánico, con parámetros especificados a 653 N/m de rigidez y 6.0 kN·s/m de amortiguamiento basados en estudios internacionales, resuelve los análisis de ecuaciones diferenciales para relacionar las irregularidades del pavimento con las fuerzas verticales medidas en el vehículo que transita por este sistema (Pillpe, 2018). El cálculo generalmente se realiza para una velocidad simulada de 80 km/h, en función de las condiciones operativas para la mayoría de las carreteras.

Las tecnologías para medir el perfil superficial han evolucionado significativamente en la última década. Los sistemas tradicionales como el perfilómetro láser ARAN, que requieren vehículos especialmente equipados, están siendo complementados con soluciones más accesibles. Entre estas destacan plataformas móviles como el sistema ROMDAS, que utiliza sensores inerciales de menor costo, pero con precisiones aceptables (± 0.25 m/km en IRI), y aplicaciones basadas en smartphones que, mediante algoritmos avanzados, pueden proporcionar estimaciones preliminares del IRI con márgenes de error controlados. Sin embargo, para proyectos que requieren máxima precisión, como la recepción de obras nuevas, siguen siendo obligatorios los equipos de clase 1 certificados (Santana et al. 2022).

El procesamiento de los datos incluye etapas críticas de filtrado y validación. Primero, se aplican filtros digitales para eliminar componentes de longitud de onda mayores a 30 metros, que no afectan significativamente la dinámica vehicular. Luego,

mediante integración numérica, se calculan las respuestas del sistema quarter-car a lo largo de todo el tramo evaluado. Finalmente, los valores brutos se normalizan estadísticamente, descartando mediciones atípicas y promediando los resultados cada 100 metros lineales, según lo establecido en la norma ISO 8608. Este proceso garantiza que el IRI reportado sea representativo de las condiciones reales del pavimento (Santana et al. 2022).

La importancia del IRI trasciende su valor como simple indicador técnico. Agencias viales en todo el mundo lo utilizan como base para tomar decisiones estratégicas sobre mantenimiento, rehabilitación y construcción de carreteras. Por ejemplo, la Federal Highway Administration recomienda intervenciones correctivas cuando el IRI supera los 3.5 m/km en vías principales, mientras que para autopistas de alta categoría los requisitos son más estrictos ($IRI \leq 2.2$ m/km). Además, estudios económicos han demostrado que la optimización de los programas de mantenimiento basados en monitoreo continuo del IRI puede generar ahorros de hasta el 30% en costos de conservación vial a mediano plazo (Pillpe, 2018).

2.2.5 Normativas aplicables

2.2.5.1 Nivel de servicio

El nivel de servicio (NS) es un indicador funcional que describe las condiciones de operación y comodidad que ofrece una carretera o tramo de vía al usuario. Evalúa aspectos como la comodidad de rodadura, seguridad, fluidez del tránsito y estado superficial del pavimento, considerando tanto la percepción del conductor como la condición física del pavimento.

En pavimentos flexibles, el NS se obtiene mediante inspecciones de campo que registran deterioros superficiales como fisuras, baches, ahuellamientos y ondulaciones, y los integran en un puntaje que permite clasificar la vía en categorías predefinidas, como:

- Bueno: condiciones adecuadas de confort y seguridad.

- Regular: presencia de deterioros moderados que afectan parcialmente la comodidad.
- Deficiente: deterioros significativos que reducen la funcionalidad y requieren intervención.

El NS permite planificar mantenimiento preventivo y correctivo, priorizar intervenciones y comparar distintos tramos de carretera, complementando mediciones objetivas como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

1. Normativas y referencias aplicables al Nivel de Servicio

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) – “AASHTO Pavement Design Guide”

- Establece los criterios para evaluar el desempeño funcional del pavimento, incluyendo métodos para determinar el NS a partir de la observación de deterioros superficiales y rugosidad.
- Define procedimientos de inspección y clasificación de pavimentos flexibles en categorías de servicio.

ASTM D6433 – “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”

- Norma estadounidense que detalla el método para evaluar el estado de pavimentos existentes mediante inspecciones de deterioro.
- Permite calcular índices de condición y, de manera complementaria, estimar el NS según la severidad y extensión de los daños.

Norma peruana NTP 399.003 / 2008 – Pavimentos Flexibles: Evaluación de la condición del pavimento

- Define los procedimientos nacionales para la inspección y clasificación del pavimento flexible en Perú.
- Incluye la metodología para determinar el Nivel de Servicio mediante la evaluación de deterioros superficiales y la asignación de puntajes.

Manual de Carreteras del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Perú)

- Contiene lineamientos para la inspección visual del pavimento, categorización de deterioros y cálculo del NS para planificar el mantenimiento vial.
- Es una referencia obligatoria en proyectos de evaluación de carreteras nacionales y regionales.

2.2.5.2 Índice de Rugosidad Internacional

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es un indicador objetivo que cuantifica la irregularidad longitudinal de la superficie de un pavimento, expresado en metros por kilómetro (m/km) o pulgadas por milla. Mide la variación vertical de la superficie de rodadura, que afecta directamente la comodidad de conducción, la seguridad y el desempeño vehicular, independientemente del tipo de vehículo.

El IRI se obtiene mediante equipos especializados, como rodillos profilómetros o rugosímetros, que registran la geometría longitudinal de la calzada. Los valores obtenidos se clasifican generalmente en categorías de condición del pavimento:

- Bueno: $IRI < 2.5$ m/km, indicando superficie lisa y confortable.
- Regular: IRI entre 2.5 y 4.0 m/km, con irregularidades moderadas que afectan parcialmente la comodidad.
- Deficiente: Rugosidad > 4.0 m/km, presenta irregularidades significativas que ameritan intervención.

IRI se ha establecido acuerdos como parámetro de diseño, evaluación y planificación de mantenimiento de la ingeniería de pavimentos, pudiendo ser complementaria de indicadores funcionales como el Nivel de Servicio -NS-.

Normativas y referencias aplicables al IRI

ASTM E1926 – “Standard Test Method for Measuring Pavement Profile and Roughness Using the Longitudinal Profile”

- Establece procedimientos estandarizados para la medición de la rugosidad longitudinal en pavimentos mediante profilómetros.

- Define la metodología para calcular el IRI de manera confiable y comparativa.

ISO 13473-4 – “Characterization of Roughness of Roads – Part 4: Measurement of Longitudinal Profile”

- Norma internacional que especifica los métodos para medir la rugosidad de carreteras y calcular el IRI.
- Asegura consistencia de los resultados entre distintos equipos y países.

Manual de Carreteras del MTC (Perú)

- Incluye lineamientos para la medición de IRI en carreteras nacionales y regionales, utilizando equipos certificados.
- Establece criterios de interpretación de resultados para la clasificación de pavimentos y la priorización de intervenciones.

2.3 Marco conceptual

- a. Estado Superficial del Pavimento Flexible.** - El estado superficial de pavimentos flexibles constituye un indicador multidimensional que integra características físicas, funcionales y estructurales de la capa de rodadura. Este concepto engloba tanto propiedades intrínsecas del material (módulo elástico, resistencia a la fatiga) como manifestaciones externas de deterioro (grietas, deformaciones, pérdida de agregados).
- b. Nivel de Servicio (nivel de servicio) en Corredores Viales.** - El concepto de Nivel de Servicio, originalmente desarrollado para evaluar condiciones de flujo vehicular, ha evolucionado para incorporar parámetros de calidad superficial que afectan la experiencia del usuario.
- c. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en Pavimentos Flexibles.** - El IRI, concebido inicialmente como indicador de comodidad de marcha, ha demostrado ser un parámetro sensible al deterioro estructural incipiente en pavimentos flexibles.



- d. Interrelación entre Parámetros de Calidad Superficial.** - La relación entre indicadores objetivos (IRI) y subjetivos (nivel de servicio) presenta comportamientos no lineales en función de las características específicas de cada corredor.
- e. Metodologías Integradas de Evaluación.** - El marco metodológico propuesto combina técnicas convencionales y emergentes para superar limitaciones de los enfoques unidimensionales.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

El enfoque del estudio fue mixto porque se centró en la medición y el análisis numérico de los datos de las variables objetivas del estado superficial del pavimento. La investigación se realizó mediante el uso de herramientas estadísticas y de medición, es decir, el Nivel de Servicio y el Índice de Rugosidad Internacional. También, los indicadores medidos fueron analizados para permitir comparaciones numéricas precisas, reconocer patrones y establecer relaciones cuantitativas en las variables estudiadas.

El enfoque de la investigación es el tipo de perspectiva o método que se toma para abordar el problema de la investigación; es la estrategia general que cubre todo el trabajo, desde la formulación de la pregunta de investigación hasta la recolección y el análisis de datos. Los enfoques más habituales son el cualitativo, el cuantitativo y el mixto, cada uno con sus características y técnicas específicas. (Reyes, 2022)

3.2 Tipo de la investigación

Investigación aplicada, metodológicamente, porque se recopiló información en la propia vía Juliaca-Caracoto mediante mediciones y observaciones. Los resultados, por otro lado, estuvieron orientados de manera práctica, con la finalidad de hacer algunas

recomendaciones para el mantenimiento y la rehabilitación del pavimento para mejorar el desempeño y alargar su vida útil.

En cuanto al tipo de investigación se trata de aplicada, puesto que la finalidad es analizar y resolver un problema actual vinculado con la infraestructura vial de llave. Por esta razón, la investigación aplicada trata de producir soluciones prácticas y conocimientos que ayudarán a la toma de decisiones y a la mejora de la gestión vial. Por ende, los resultados obtenidos podrán ser desplegados para mejorar la eficiencia de la gestión vial, elevar nivel de servicio en distrito y beneficiar a los usuarios. (Castro et al. 2023)

3.3 Nivel de la investigación

El nivel del estudio es descriptivo, ya que el estado del pavimento se caracteriza, así como también los factores del deterioro mencionado. Por lo tanto, por un lado, se describen fenómenos tales como grietas, baches y otras formas de irregularidad, por otro lado, se analizan las condiciones climáticas y el índice de tráfico, también la calidad de los materiales implementados en la construcción del mismo.

El nivel de investigación refleja la profundidad con la que se aborda el problema. Puede ser de nivel exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo o aplicados en función de la complejidad de las hipótesis planteadas. A su vez, se puede dividir en niveles teóricos o empíricos, donde el primero busca desarrollar o generar nuevas teorías, y el segundo pretende probar hipótesis y teorías existentes mediante la recolección y análisis de datos (Ramos, 2020)

3.4 Diseño de la investigación

El estudio empleó un diseño no experimental, enfocado en analizar las condiciones actuales del pavimento sin intervenir en las variables existentes. Este enfoque permitió evaluar de manera objetiva las características superficiales mediante mediciones directas del IRI y la aplicación de criterios técnicos de nivel de servicio en un periodo específico. Se

realizó una comparación sistemática entre los diferentes tramos de la vía Juliaca-Caracoto para identificar patrones de deterioro y su relación con factores externos.

El diseño de investigación es el plan detallado para la recolección y análisis de datos, estructurado para asegurar la validez y fiabilidad del estudio. El diseño puede ser experimental, cuasi-experimental, no experimental o transversal, dependiendo de si se busca establecer causalidad, correlación o simplemente observar fenómenos en su contexto natural. El diseño debe contemplar el control de variables, la selección de muestras y las estrategias de análisis de datos para abordar de manera efectiva las preguntas de investigación (Vega y Cahuana, 2021)

3.5 Método de la investigación

El estudio sobre el estado del pavimento flexible sigue el método científico de manera ordenada. Primero, se planteó una pregunta sobre las condiciones del pavimento en la vía Juliaca-Caracoto. Luego, se formularon hipótesis basadas en teorías sobre el comportamiento de pavimentos y su rugosidad.

En el estudio de caso, la propuesta de implementar el relajamiento en pacientes es llevada a cabo en un ambiente situacional, dentro mismo del cauce propuesto. El tercer componente de un informe es el método, haciéndonos referencia a las técnicas y procedimientos que se aplican para reunir y examinar los datos. Durante una investigación cualitativa la metodología consiste en verificar a través a entrevistas, grupos análisis de contenido; en la cuantitativa las herramientas de estudio son las encuestas, cuestionarios, la excreción o el análisis de factor. (Reyes, 2022)

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

La población de la investigación está conformada por los tramos de pavimento flexible a lo largo de la vía Juliaca – Caracoto, El alcance total es de aproximadamente 3.5

km de la carretera. Este tramo está conformado por diferentes secciones, las cuales cuentan con distintas condiciones de pavimento e intensidades de tráfico, por lo que se requiere analizar distintas áreas representativas.

En una investigación, la población refiere al conjunto total de elementos o individuos que poseen las características requeridas para incluirlos en un estudio determinado. La población puede ser homogénea o heterogénea, en función de la cantidad y variedad de las variables del objetivo. Es esencial definir correctamente la población, ya que marca el campo de observación y futura generalización de los resultados a otras situaciones o grupos similares. (Ojeda, 2020)

3.6.2 Muestra

La muestra para el monitoreo del IRI fue de 3 tramos, entre ambos sentidos de la vía *6 tramos, de donde simplemente se seleccionó un tramo representativo de la vía por el IRI y * El número de muestras para el nivel de servicio, el número de muestras fue de 3 tramos de 1 kilómetros para cada uno de los casos, respectivamente.

Una muestra es un subconjunto de la población que se selecciona para participar en la investigación y para la cual se debe definir su tamaño. El tamaño de la muestra depende de la complejidad del diseño de investigación, del tipo de análisis estadístico, y de la precisión deseada en los resultados. Cuando se refiere a la forma de selección de la misma se pueden clasificar en sub casos: muestreo probabilístico y no probabilístico. En la primera, cada miembro de la población tiene una posibilidad conocida de ser escogido, mientras que, en el no probabilístico, la elección está influenciada por criterios subjetivos o por conveniencia, lo cual puede impactar en la generalización u objetividad de los hallazgos. (Reyes, 2022)

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

El análisis del pavimento flexible de la vía Juliaca-Caracoto fue realizado con el uso de técnicas especializadas que proporcionan información precisa y objetiva. La metodología ha sido basada en tecnologías modernas y estándares internacionales y ha permitido elaborar una evaluación integrada de las condiciones del pavimento.

1. Evaluación Visual Sistemática

Una inspección visual detallada fue realizada por un grupo de inspectores de servicio capacitados utilizando el protocolo de los niveles de servicio. Este protocolo permite identificar y cuantificar varias formas de deterioro en el pavimento, como grietas, baches, deformaciones y el deterioro de material, entre otros. Cada tipo de deterioro se marcó en el mapa baremados según su tamaño, gravedad y tipo.

2. Análisis de Nivel de Servicio

En cuanto al servicio, el nivel de servicio fue calculado a través de un sistema de monitoreo del tráfico de cámaras inteligentes y sensores de velocidad. El monitoreo captura datos de tráfico incluyendo volumen de vehículos, tipos de vehículos, velocidades y tiempos de viaje. Estos datos se analizaron utilizando modelos que toman en cuenta las interacciones de las condiciones del pavimento e intensidad del tráfico.

Tabla 2

Procesos del estudio

Fase	Técnica / Método	Descripción
1. Recolección de Datos	Inspección Visual Estructurada Mediciones IRI	Identificación y registro fotográfico de daños superficiales (grietas, baches, deformaciones) mediante protocolo ASTM D6433
2. Análisis de Calidad Superficial	Cálculo del IRI	Procesamiento de perfiles longitudinales cada 100m según normativa ASTM E1926.

	Evaluación nivel de servicio	Cálculo del Índice de Condición mediante metodología ASTM D5340
3. Evaluación de Nivel de Servicio	Monitoreo parámetros de tráfico	Registro continuo de volumen vehicular
4. Visualización de Resultados	Reportes	Generación de fichas técnicas por tramo.

El estudio se desarrolló mediante una orientación estructurada en cuatro fases secuenciales. Comenzó con la recolección de datos de campo, que incluyó inspección visual estandarizada y mediciones del IRI. El análisis de los datos recopilados se llevó a cabo procesándolos con el software especializado para calcular los indicadores de calidad superficial, teniendo en cuenta el IRI segmentado, y el nivel de servicio. Además, se valoró el nivel de servicio a partir del monitoreo en marcha de los parámetros operacionales del tráfico.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

1. Ficha de Nivel de Servicio

El Nivel de Servicio es también una medida cualitativa que describe las condiciones de una carretera en cuanto a la comodidad, seguridad y conveniencia para los motoristas. Por lo general, se evalúa mediante observación directa y percepción del usuario, basándose en el estado del pavimento, la visibilidad, los baches, las grietas, y otro aspectos influyentes en el desplazamiento.

Uso en el estudio:

La inspección visual de los tramos de la Vía Juliaca – Caracoto permitió medir el nivel de servicio en una escala del 1 al 5, observando directamente la superficie haciendo el recorrido para verificar in situ las condiciones del pavimento y el efecto en la conducción causado por las irregularidades. Se consideró un ángulo adecuado de observación en cuanto al tipo de pavimento, cantidades de fallas visibles y la uniformidad de la superficie

al momento de la inspección. De acuerdo con esto, se clasificaron los 90 tramos y se pudo desmembrar entre aquellos que tenían mal estado y requerían una intervención y los que poseían buen comportamiento.

Procedimiento

Delimitación de tramos

Se realizaron divisiones de la vía de 1 km en tres partes consecutivas con el fin de aprobar el levantamiento sistemático de la información y permitir un análisis sectorizado del estado superficial del pavimento mediante un registro correlativo a lo largo de la totalidad del área de estudio.

Inspección visual inicial

Después de la inspección visual de campo, donde se registró cualitativamente los tipos de deterioros presentes, como fisuras, baches, ahuellamientos, ondulaciones y desprendimientos de material, fue posible identificar las áreas críticas y definir los criterios para la evaluación cuantitativa.

Medición de los indicadores de nivel de servicio

Los indicadores que definen el nivel de servicio fueron medidos en segmentos de adzanillas según los criterios prescritos por la normativa. Las mediciones de confort de rodadura, uniformidad de la superficie, extensión de fisuras, baches y deformaciones, y se les asignaron puntuaciones específicas en función de la gravedad del problema y la extensión del segmento.

Registro de datos

Las hojas de campo de estructuración documentarán los valores obtenidos en cada tramo, garantizando que la información sea completa y verificable. Los indicadores individuales de deterioro son registrados juntamente con los puntajes parciales que aportan al cálculo del nivel de servicio global.

Cálculo del nivel de servicio

Los puntajes obtenidos de cada tramo se consolidaron para determinar un valor promedio de nivel de servicio a través de la aplicación de la metodología normativa

correspondiente. Luego se clasificaron naturalmente cada tramo según las categorías previamente definidas, bueno, regular, deficiente, y se realizaron comparaciones entre ellos.

2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI es una medida estándar de irregularidad de la superficie de la carretera que describe la ondulación y la fluctuación de la superficie del pavimento. Es el índice de deseabilidad internacional. El IRI se mide en m/km. Un valor bajo significa una superficie lisa, y un valor más alto significa una superficie más rugosa.

Uso en el estudio:

Se efectuó el IRI de la Vía Juliaca – Caracoto en un vehículo de medición sobre el que fue montado un rugosímetro de Merlin. El rugosímetro fue desplazado a través de la carretera y proporcionó mediciones de la irregularidad en dirección a lo largo de la ruta. Basados en los resultados de las mediciones, fue posible valorar la calidad de la superficie de la carretera y dividir la ruta en tramos con diferentes niveles de rugosidad; esos datos se emplearán más adelante para el estudio de la comparabilidad.

Figura 1

Empleo del instrumento para la toma de muestras



Delimitación del tramo y planificación de la medición

Se evaluó un tramo total de 3 km, que se dividió en segmentos de 400 metros, alternando entre tramos medidos y tramos dejados sin medición. Es decir, se midieron los primeros 400 metros, luego se omitieron los siguientes 400 metros, y así sucesivamente, cubriendo toda la longitud del tramo de manera escalonada. Esta estrategia permitió obtener un muestreo representativo del estado de la superficie sin necesidad de medir de manera continua, optimizando tiempo y recursos.

Equipamiento y preparación

Se usó un rugosímetro Merlin, previamente calibrado según las especificaciones requeridas por el estudio. Antes de la medición, los técnicos probaron el buen funcionamiento del instrumento, con el fin de asegurar la precisión en la lectura del IRI.

Medición de ida y vuelta

Las mediciones se desarrollaron en ambos carriles de la vía. Tres muestras en ida y tres en vuelta cada tramo y 400 metros, permitiendo un total de tres mediciones por cada parte. El objetivo era evaluar adecuadamente la rugosidad longitudinal y considerar las posibles diferencias entre la circulación en ambos sentidos.

Procedimiento de registro

En el curso de la medición, los valores de IRI obtenidos para cada muestra se registraron en hojas de campo preformadas. Al mismo tiempo, se hicieron suposiciones adicionales que pueden afectar el cálculo del indicador, como la presencia de baches, parches recientes, guía rodaduras o irregularidades en una pequeña área.

Control de consistencia

Además, se verificó la consistencia de los datos sobre la base de la medición de tramos repetidos de manera aleatoria en ambos carriles. En el caso de desacuerdo, aclarar cualquier error en la captura de información posible y asegurar que los valores registrados reflejaran con precisión la rugosidad real del pavimento.

Consolidación y análisis de resultados

Finalmente se calcularon los promedios de IRI por tramo y por carril, lo que permitió generar un perfil longitudinal de rugosidad para los 3 km analizados. Se utilizó el resultado obtenido para clasificar el pavimento en relación con las categorías establecidas (Bueno, Regular, Deficiente) y posteriormente para la comparación con los valores del nivel de servicio.

3. Rugosímetro de Merlin

El rugosímetro portátil de Merlin es un equipo que mide la rugosidad de las superficies viales; registra la irregularidad de la losa de concreto en el lugar y tiempo en que lo realiza; con esta información se puede calcular el IRI con precisión.

Figura 2

Escalas del rugosímetro



Uso en el estudio:

El rugosímetro de Merlin fue el equipo principal que evaluó la rugosidad del pavimento flexible en la Vía Juliaca – Caracoto. La herramienta se sostuvo en mano y los participantes recorrieron los distintos tramos de la vía, capturando las inconsistencias superficiales. Los datos adquiridos se posprocesaron para calcular el IRI y evaluar la rugosidad de la superficie en los tramos seleccionados. Esta información fue crucial para evaluar el estado de la superficie del pavimento.

1. Regla:

Así, se registraron medidas directas de las irregularidades visibles en el pavimento, como las fisuras o las grietas, con una regla metálica. La regla se usó para medir con precisión la longitud y la profundidad de las fisuras en los lugares donde el rugosímetro de Merlin no podía registrar los detalles específicos de la superficie. De esta manera, fue posible realizar medidas directas de los defectos más grandes en el pavimento y una estimación de su posible impacto sobre la rugosidad.

2. Wincha:

Esta herramienta de medición se utilizó para establecer las distancias en las secciones de ese camino, especialmente en coincidencia cuyo análisis durable determinar la extensión de los conductos en los que las irregularidades hacían mella. Con ayuda de la wincha se calculó el largo total de las áreas que mantenían puntuales afectaciones de rugosidad, ya fuesen huecos, áreas fisuradas o superficies tornadas irregulares. Asimismo, este instrumento permitió detectar las peores secciones del camino y ofreció información sobre la cantidad total de superficie a medir.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

Para garantizar que las mediciones realizadas en el estudio son precisas y confiables, se ha seguido la normativa establecida por las regulaciones internacionales, incluidas la ISO/IEC 17025:2017, centrada en la calibración y verificación de los equipos

de medición, y la ISO 10012: 2003, proporcionando principios para una gestión efectiva del proceso de medición y medidas de los equipos. Con la ayuda de esta normativa, se garantiza que las herramientas utilizadas sean de calidad, cadena y funcionen bien.

Antes de tomar cualquier medida, verificamos y calibramos todos los instrumentos que se usaron para tomar las medidas, tales como el rugosímetro de Merlin, la wincha, la regla y el nivel. La calibración implica verificar que el instrumento produce medidas correctas comparando los resultados con otros equipos de referencia con precisión conocida. También realizamos mantenimiento regular de los instrumentos para mantener los instrumentos en buen estado para uso continuo.

3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.9.1 Procedimiento de evaluación

El procedimiento de evaluación en nuestro estudio de "Análisis Comparativo del Estado Superficial del Pavimento Flexible por Medio de Medición del Nivel de Servicio e IRI" tenía el objetivo principal de definir la condición actual del pavimento en los tramos seleccionados de la carretera Juliaca – Caracoto. El mencionado procedimiento se llevó a cabo en los siguientes pasos de medición directa de la rugosidad utilizando el equipo especializado, así como en la valoración del nivel de servicio en función de las condiciones de tráfico, seguridad y comodidad del tramo para los usuarios.

Primero, los tramos designados se midieron mediante el IRI, que se midió por un rugosímetro Merlin. Esta caja de herramientas proporcionó datos sobre la suavidad de la carretera al medir las variaciones de superficie de la carretera. Esta medición se realizó a intervalos específicos en la vía. Como resultado, se obtuvo un perfil específico de la rugosidad de cada tramo.

Figura 3*Toma de apuntes*

Luego, con los estándares anteriormente mencionados, se midió el nivel de servicio de cada tramo evaluado, utilizando criterios como el volumen de tráfico, la seguridad del desplazamiento, la calidad del pavimento y comodidad para los conductores. Para tal efecto, se empleó una clasificación estándar desde el nivel con calificación más alta que señala el buen estado, hasta los niveles más bajos, que indican mal estado. Esto se completó con herramientas tradicionales como wincha, regla, nivel, para la verificación y toma de distancias para medir profundidad de la irregularidad y uniformidad del pavimento.

La combinación de los valores del IRI y el Nivel de Servicio con los datos obtenidos, les permitirá detectar las secciones de la vía que requieren intervención ya sea por un mantenimiento preventivo o por una reparación mayor. Por último, se compararon los resultados obtenidos con los estándares nacionales e internacionales, lo que les permitió determinar las acciones de conservación o reconstrucción necesarias para mejorar el estado que guarda el pavimento y garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios.

3.10 Etapa de gabinete

La etapa de gabinete fue una fase crítica en el proceso de evaluación del estado superficial del pavimento. En esta fase, se analizó detalladamente la información que se



precoleó de la fase de campo. En particular, la información recopilada de la medida específica de la suavidad o aspereza el pavimento, conocido como el Índice de Rugosidad Internacional y la medida del nivel de servicio, evaluando la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía, se organizó y procesó en esta fase.

Se tomó datos de manera sistemática y en distintos tramos de la vía Juliaca – Caracoto. Luego de ser transcritos en formatos como tablas y gráficos permitieron una eficaz interpretación. El motivo de ello radicaba en poder detectar las áreas con más irregularidades en la carretera y aquellos puntos en los cuales la situación de tráfico y seguridad vial, no se encontraban según estándares.

En adición a lo mencionado anteriormente sobre la organización de la información, en la etapa de gabinete se realizó un análisis comparativo dando click derecho y seleccionando la opción Blujin>comparar los resultados arrojados en relación a los estándares nacionales e internacionales aceptados para el análisis de los mismos. Por ejemplo, el IRI se comparó con los límites impuestos por la normatividad de tránsito, dandoos un rango a cada tramo para clasificarlos como buenos, regulares o malos. También, el nivel de servicio fue evaluado en función a las condiciones del tráfico, la seguridad y confort, mostrando sección tras sección el tramo con peores problemas.

Después de procesar y analizar toda la información, se generaron informes técnicos detallados que mostraban los resultados del análisis. Entre muchos otros, estos informes contienen mapas de distribución de daños, gráficos comparativos, y listas de tramos afectados junto con recomendaciones de intervención. Los expertos en infraestructura vial llevaron a cabo una interpretación crítica de la base de datos, desde la cual se dieron Metas con respecto a las necesidades de mantenimiento a realizar. Las intervenciones propuestas van desde reparaciones adecuadas y menores de partes pequeñas de tramos hasta reconstrucciones más grandes de todo el tramo en niveles diferentes. Para los tramos sin fallas, también se decidió si es necesaria o no una intervención de mantenimiento correctivo, dadas las características del deterioro provocado y el ultimo evento de enfrentamiento.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

En esta parte se explican los datos recogidos, pues son organizados y tratados a fin de permitir descubrir algunas conclusiones las cuales son esenciales. En primer lugar, a fin de exponer los resultados se recurrirá a herramientas visuales, como son los gráficos, tablas y diagramas, las cuales irán sobre materiales auxiliares y básicos. En el caso del análisis cuantitativo se usaron estadísticas simples como ser promedios y las desviaciones estándar, sobre los cuales se aplicarán análisis para encontrar las relaciones entre las variables más sobresalientes. En el caso del análisis cualitativo ayudará a reconocer los patrones de agravios en el pavimento. A partir de esa combinación de métodos se logrará descubrir los tramos más afectados, la mejor manera de priorizar los cortos recorridos y la comprensión de cómo el asfalto y su estado, el tráfico o lo ambiental influyen sobre la base de indicadores validados. Se van a ofrecer los resultados de manera clara, al igual que antes se empezó con diagnosticas por etapa final, se concluirá con los generales del corredor a fin de facilitar las mesas de tomas de decisiones.

Coordenadas de la vía:

- **Inicio:** -15.537497, -70.113848
- **Fin:** -15.560799, -70.104072

4.1.1 Estado superficial del pavimento flexible, por medio del nivel de servicio

Cuando se menciona el “estado superficial del pavimento flexible, mediante el Nivel de Servicio”¹, se refiere a la valoración de la capa superior de un pavimento flexible, considerando su desempeño en términos de confortabilidad, seguridad y durabilidad para los usuarios. Es así como se toma el nivel de servicio, evaluando el servicio que otorga un pavimento según su capacidad de soporte al peso de un vehículo, la uniformidad de su superficie, su estado de conservación en términos de daños por grietas, hoyos o deformaciones, y la adherencia del material. Un pavimento con un nivel de servicio alto asegura una circulación fluida y segura, mientras que uno con bajo nivel de servicio ofrece riesgos para los conductores y altos costos en reparaciones. Es decir, se toma el estado de la infraestructura vial para gestionar y planificar correctamente las intervenciones, ya que es posible dar precedencia a las reparaciones y utilizar de manera más eficiente los recursos.

Tabla 3

Condiciones de la superficie del tramo 1

Progresiva		Longitud (m)	Ancho de Via (m)	Tipo de Daño	Código del tipo de daño	Nivel de Gravedad	Número de Baches	Ancho del Deterioro (m)	Longitud del Deterioro (m)	Área Deterioradas
Del Km	Al Km									
TRAMO 01. 01+000 - 2+000										
1+000.0	1+200.0	200.0	7.00	Reparaciones o parchados	5	3	1	6,00	50,0	300,0
1+200.0	1+400.0	200.0	7.00	Piel de cocodrilo	1	3	3	7,00	8,0	56,0
1+400.0	1+600.0	200.0	7.00	Ahuellamiento	4	2	2	5,00	45,0	225,0
1+600.0	1+800.0	200.0	7.00	Fisuras transversales	8	3	2	8,00	60,0	480,0
1+800.0	2+000.0	200.0	7.00	Baches (Huecos)	7	2	2	3,00	10,0	30,0

A continuación, se presenta la tabla del cuadro correspondiente a un tramo, la cual lleva por título "TRAMO 01. 00+000 – 2+000". En ella, se pueden apreciar la longitud y el ancho de la vía los cuales son constantes en todo el tramo. Además, se listan los tipos de averías en a superficie identificados, siendo estas reparaciones, piel de cocodrilo, ahuecamiento, fisuras transversales, baches. Cada tipo de daño se clasifica con un código y un nivel de gravedad, que varía de 1 a 3, según la severidad del deterioro. Además, se especifica el número de baches, el ancho y la longitud de las áreas afectadas, junto con el cálculo del área deteriorada en metros cuadrados.

Tabla 4

Resultados de la condición del pavimento según su nivel de servicio

TRAMO 01: 1+000- 2+000	Calificación de condición	1000- Σ (Puntaje de Condición) =	CLASIFICACIÓN
		722.00	
BUENO > 800	REGULAR		RECONSTRUCCIÓN 100 - 200 - 300
REGULAR > 300 y <= 800			CONSERVAVIÓN PERIODICA 400 - 500 - 600 - 700 - 800
MALO <= 300			CONSERVACIÓN 900 - 1000

La tabla muestra los resultados de la condición del pavimento de un tramo de carretera específico (1+000 a 2+000). El puntaje obtenido en la evaluación de la condición del pavimento es de 722.00, lo que lo clasifica como regular. Según la escala de clasificación, un puntaje entre 300 y 800 indica un estado regular, lo que sugiere que el pavimento necesita mantenimiento periódico para asegurar su funcionalidad.

Tabla 5

Condiciones de la superficie del tramo 2

Progresiva		Longitud (m)	Ancho de Vía (m)	Tipo de Daño	Código del tipo de daño	Nivel de Gravedad	Número de Baches	Ancho del Deterioro (m)	Longitud del Deterioro (m)	Área Deterioradas
Del Km	Al Km									
TRAMO 02. 2+000 - 3+000										
2+000,00	2+200,00	200,0	7,00	Reparaciones o parchados	5	3	2	6,00	120,0	720,0
2+200,00	2+400,00	200,0	7,00	Peladura y Desprendimiento	6	3	2	3,30	45,0	148,5
2+400,00	2+600,00	200,0	7,00	Piel de cocodrillo	1	1	1	6,00	60,0	360,0
2+600,00	2+800,00	200,0	7,00	Fisuras transversales	8	1	1	3,00	66,0	198,0
2+800,00	3+000,00	200,0	7,00	Figuras longitudinales	2	2	2	4,00	83,0	332,0

La tabla presenta las condiciones de la superficie de un tramo titulado "TRAMO 02. 2+000 - 3+000", el cual está dividido en varias secciones con información detallada sobre los tipos de daños encontrados en cada tramo. En el cuadro se especifican el código y tipo de daño, como reparaciones o parchados, piel de cocodrilo, fisuras transversales, figuras longitudinales, y baches (huecos). Además, se incluyen detalles sobre el nivel de gravedad de cada tipo de daño, el número de baches detectados, y las dimensiones de las áreas afectadas, tanto en ancho como en longitud. Por ejemplo, en el tramo de 2+000 a 3+000 se observan reparaciones o parchados con una longitud de deterioro de 120 metros y un área afectada de 720.0 metros cuadrados. El análisis también destaca los daños de piel de cocodrilo, fisuras transversales y baches, con sus respectivas áreas deterioradas calculadas en metros cuadrados.

Tabla 6

Resultados de la condición del pavimento tramo 2

TRAMO 02: 2+000- 3+000	Calificación de condición	1000- Σ (Puntaje de Condición) =	CLASIFICACIÓN	
		733.29		
BUENO	> 800	REGULAR	RECONSTRUCCIÓN	100 - 200 - 300
REGULAR	> 300 y <= 800		CONSERVAVIÓN PERIODICA	400 - 500 - 600 - 700 - 800
MALO	<= 300		CONSERVACIÓN	900 - 1000

La tabla muestra los resultados de la evaluación del pavimento en el "TRAMO 02: 2+000 - 3+000", que obtuvo una calificación de 733.29 puntos, lo que lo clasifica como "REGULAR". El puntaje se encuentra dentro del rango de 300 a 800, lo que indica que el estado del pavimento no es crítico, pero requiere atención. Según la clasificación de condiciones, con un puntaje de 733.29, el tramo entra en la categoría de "CONSERVACIÓN".

Tabla 7

Condiciones de la superficie del tramo 3

Progresiva		Longitud (m)	Ancho de Vía (m)	Tipo de Daño	Código del tipo de daño	Nivel de Gravedad	Número de Baches	Ancho del Deterioro (m)	Longitud del Deterioro (m)	Área Deterioradas
Del Km	Al Km									
TRAMO 03. 3+000 - 4+000										
3+000,00	3+200,00	200,0	7,00	Ahuellamiento	4	2	3	6,00	70,0	420,0
3+200,00	3+400,00	200,0	7,00	Piel de cocodrillo	1	3	3	6,00	45,0	270,0
3+400,00	3+600,00	200,0	7,00	Reparaciones o parchados	5	3	4	5,00	80,0	400,0
3+600,00	3+800,00	200,0	7,00	Reparaciones o parchados	5	3	2	6,00	120,0	720,0
3+800,00	4+000,00	200,0	7,00	Figuras longitudinales	2	3	4	5,00	45,0	225,0

La tabla presenta los resultados de las condiciones de la superficie del "TRAMO 03: 3+000 - 4+000", el cual está segmentado en varias secciones detalladas. En este tramo se observan diversos tipos de daños, como "Ahuecamiento", "Piel de cocodrilo", "Figuras longitudinales" y "Reparaciones o parchados". Se indican también los códigos de los tipos de daños, el nivel de gravedad de cada uno, que varía entre 1 y 3, y el número de baches detectados en cada sección.

Tabla 8

Resultados de la condición del pavimento tramo 3

TRAMO 03: 3+000- 4+000	Calificación de condición	1000- Σ (Puntaje de Condición) =	CLASIFICACIÓN
BUENO	> 800	768.57 REGULAR	RECONSTRUCCIÓN 100 - 200 - 300
REGULAR	> 300 y <= 800		CONSERVACIÓN PERIODICA 400 - 500 - 600 - 700 - 800
MALO	<= 300		CONSERVACIÓN 900 - 1000

La tabla muestra los resultados de la evaluación de la condición del pavimento en el "TRAMO 03: 3+000 - 4+000", con una calificación de 768.57 puntos, lo que lo clasifica como "BUENO". Este puntaje supera los 800 puntos, lo que lo ubica en la categoría de "BUENO", según el sistema de clasificación utilizado.

Tabla 9

Resultados apreciados a lo largo de la evaluación

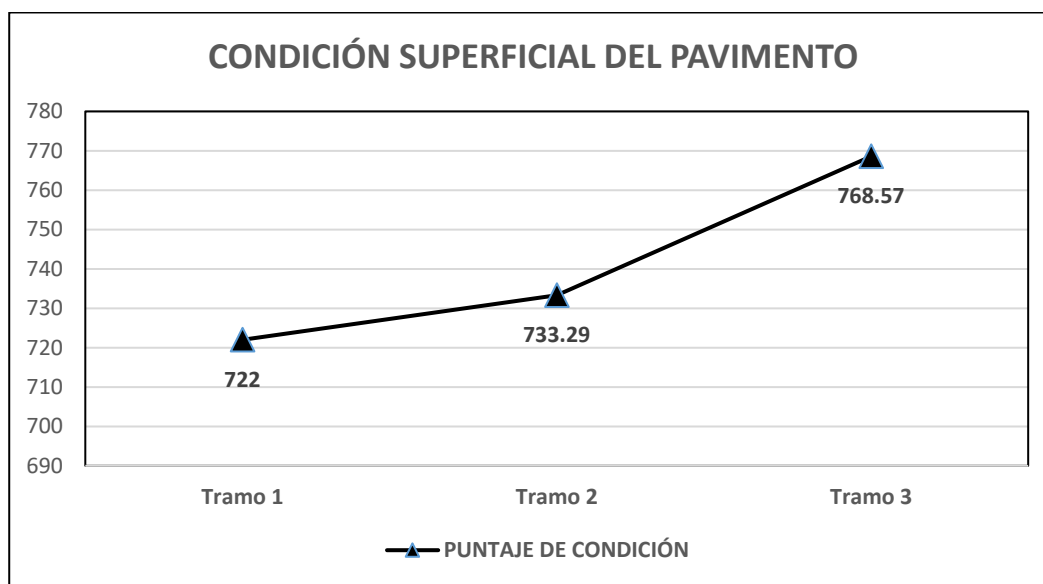
DESCRIPCIÓN	PUNTAJE DE CONDICIÓN
Tramo 1	722.00
Tramo 2	733.29
Tramo 3	768.57

La imagen presenta una tabla resumen de los resultados de la evaluación de la condición del pavimento a lo largo de cuatro tramos. En la columna de "Descripción", se detallan los

tramos evaluados, mientras que en la columna "Puntaje de Condición" se muestra la calificación obtenida para cada tramo. El Tramo 1 obtuvo un puntaje de 722.00, clasificándose como "REGULAR". El Tramo 2, con un puntaje de 733.29, y el Tramo 3, con un puntaje de 768.29, se clasificaron como "REGULAR".

Figura 4

Comparativa de resultados alcanzados en los diferentes tramos



La gráfica presenta una comparación de los resultados alcanzados en la evaluación del nivel de servicio de cuatro tramos de la vía Juliaca - Caracoto. Los puntajes de condición de los tramos muestran el estado general del pavimento.

4.1.2 Estado superficial del pavimento por método del IRI

Nuestro estudio abarcó un tramo de la vía que va desde la altura del Jirón San Juan Bautista hasta la entrada del distrito de Caracoto. En este análisis, se consideró un recorrido de 3.5 km, tomando muestras de diferentes puntos a lo largo de todo el tramo. Las muestras fueron tomadas en un total de 400 metros, utilizando la bicicleta de Merlin para registrar las condiciones del pavimento. Este enfoque nos permitió obtener una visión más clara del estado de la vía y analizar los factores que influían en su estado.



LECTURA LADO DERECHO EN EL TRAMO 1

Tabla 10

Progresiva 1+000 – 1+400

LECTURAS CAMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	41	38	35	33	28	37	32	30	28	25
2	37	41	32	34	33	35	31	29	29	30
3	40	39	29	32	34	32	35	35	29	33
4	39	35	29	31	34	33	35	35	31	34
5	31	25	33	24	28	35	24	34	34	34
6	32	48	34	32	26	30	30	29	40	32
7	37	41	34	25	33	31	32	26	27	33
8	36	44	32	26	30	29	42	26	26	31
9	31	25	28	32	33	29	40	26	37	30
10	42	38	32	34	31	25	31	27	33	30
11	32	36	30	30	30	34	29	28	26	25
12	50	49	34	31	30	34	34	29	39	28
13	31	32	29	31	29	33	29	27	24	27
14	46	47	29	32	29	31	34	30	24	26
15	42	35	30	33	29	29	28	33	26	27
16	37	34	29	36	28	30	31	32	28	36
17	31	43	28	36	30	30	33	31	30	24
18	42	39	28	36	28	31	30	33	31	30
19	39	32	32	28	33	29	33	29	33	25
20	31	45	33	30	28	29	30	29	27	25

Tabla 11

Resultados IRI progresiva 1+000 – 1+400

	LEVANTAMIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	8	-	4
LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	2
FRACIONES RESULTANTES	0.38	16	0.50
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)		16.88	
Rango "D"		93.23	
IRI		4.52	

Se tomaron un total de 8 lecturas en el lado izquierdo, de las cuales 3 fueron consideradas para el análisis, sumando una fracción de 0.38. En el lado derecho, se registraron 4 lecturas, con 2 consideradas, y una fracción de 0.50. El total de las fracciones resultantes es 16.88, lo que permitió calcular un rango "D" de 93.23 y un valor de IRI de 4.52, que representa la calidad y las condiciones de la carretera en esa sección.

Tabla 12

Progresiva 1 + 400 – 1 + 000

LECTURAS CAMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	31	23	31	29	31	32	23	31	33
2	36	35	34	33	31	36	35	25	35	31
3	33	34	32	26	28	35	32	32	36	28
4	27	33	32	32	27	37	33	31	33	27
5	40	31	25	26	30	36	35	29	34	30
6	40	33	31	30	34	33	31	33	36	28
7	41	33	32	33	31	33	30	30	28	31
8	30	30	31	34	30	34	30	30	34	30
9	34	30	28	33	31	30	32	34	32	31
10	34	33	32	30	30	33	28	33	32	30
11	32	31	34	34	30	36	26	40	29	30
12	24	27	27	33	33	38	27	39	31	33
13	21	29	35	35	35	24	32	39	29	30
14	31	40	35	28	29	34	32	26	32	29
15	34	39	31	34	30	32	32	28	38	28
16	33	39	31	28	33	32	31	26	38	29
17	28	26	33	33	31	32	37	29	29	30
18	38	34	32	33	33	32	31	27	32	29
19	34	26	34	28	28	32	33	29	31	31
20	32	33	30	31	30	31	35	39	32	33

Tabla 13

Resultados IRI progresiva 1+400 – 1+000

	LEVANTAMIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	7	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	4	-	5
FRACIONES RESULTANTES	0.57	11	1.00

SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)

12.57

Rango "D"

69.46

IRI

3.37

El lado izquierdo (levantamiento), el centro y el lado derecho (hundimiento). Se realizaron un total de 7 lecturas en el lado izquierdo, de las cuales 4 fueron consideradas, con una fracción resultante de 0.57. En el lado derecho, se tomaron 5 lecturas, de las cuales 5 fueron consideradas, sumando una fracción de 1.00. El total de las fracciones resultantes fue de 12.57, lo que permitió calcular un rango "D" de 69.46 y un valor de IRI de 3.37, reflejando la calidad de la carretera en este tramo.

Tabla 14

Progresiva 1 + 800 – 2 + 200

LECTURAS CAMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	27	41	43	39	39	36	43	27	37	42
2	36	39	21	38	38	38	30	36	35	39
3	35	39	35	40	28	41	42	36	45	37
4	44	39	39	38	29	38	30	39	37	37
5	31	39	35	39	26	37	38	39	22	37
6	45	44	39	42	37	26	38	30	24	37
7	33	34	39	36	37	27	40	42	24	26
8	36	44	36	36	37	40	31	38	43	32
9	38	41	38	38	38	37	20	40	31	32
10	36	41	35	38	38	29	37	41	33	27
11	40	22	38	45	38	36	42	36	34	42
12	38	40	38	40	39	36	39	45	42	37
13	36	32	39	29	38	36	37	36	29	40
14	44	38	39	39	38	23	38	40	28	25
15	44	35	38	42	41	37	28	37	30	37
16	40	38	24	38	37	23	40	37	34	26
17	38	38	36	38	38	38	36	25	28	32
18	36	44	36	39	40	38	40	36	36	43
19	36	38	38	35	37	41	36	41	37	38
20	39	30	36	39	41	41	36	36	33	37

Tabla 15

Resultados IRI progresiva 1+800 – 2+200

	LEVANTAMIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	3	-	6
LECTURAS CONSIDERADAS	2	-	6
FRACCIONES RESULTANTES	0.67	17	1.00
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		18.67	
Rango "D"		103.13	
IRI		5.00	

Se muestra los resultados de un análisis de IRI (Índice de Rugosidad Internacional) para una sección de carretera. Se registraron mediciones en tres puntos: el lado izquierdo (3 mediciones), el centro (17 mediciones) y el lado derecho (6 mediciones). Tras procesar los datos, se obtuvo una suma de fracciones de 18.67, lo que resultó en un valor de IRI de 5.00 y un rango "D" con un valor de 103.13, indicando el estado de la superficie en esa sección.

Tabla 16

Progresiva 2 + 200 – 1 + 800

LECTURAS CAMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	42	44	29	39	38	43	39	26	39	44
2	28	44	29	38	46	43	38	42	46	42
3	40	45	45	46	40	38	43	46	45	44
4	42	45	45	46	32	38	43	40	46	42
5	44	45	43	48	38	32	39	46	39	42
6	44	45	43	32	45	40	43	37	35	42
7	44	37	43	46	40	40	43	37	35	43
8	40	37	43	45	40	30	43	37	41	44
9	44	39	27	39	30	30	43	36	34	44
10	42	44	45	27	38	40	43	36	41	44
11	44	44	44	41	46	37	27	35	39	44
12	40	25	40	41	41	40	48	40	36	41
13	44	42	43	42	41	45	42	47	34	41
14	26	43	42	39	41	42	42	47	33	41
15	44	45	44	40	38	45	40	45	33	34
16	39	41	45	38	45	41	39	45	41	47
17	42	41	43	43	41	41	43	45	41	42
18	39	40	31	45	41	31	43	45	39	42
19	39	40	45	45	45	37	43	42	34	34
20	38	37	44	38	37	45	39	42	35	35

Tabla 17

Resultados IRI progresiva 2+200 – 1+800

	LEVANTAMIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	3	-	9
LECTURAS CONSIDERADAS	2	-	4
FRACCIONES RESULTANTES	0.67	15	0.44
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		16.11	
Rango "D"		89.01	
IRI		4.32	

En este tramo de la vía, se realizaron 2 lecturas en el lado izquierdo (levantamiento) y 4 en el lado derecho (hundimiento), con 3 y 9 lecturas consideradas respectivamente. El total de las fracciones resultantes fue de 16.11, lo que permitió obtener un rango "D" de 89.01 y un IRI de 4.32, indicando el estado de la carretera en este tramo.

Tabla 18

Progresiva 2 + 600 – 3 + 000

LECTURAS CAMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	30	32	40	29	32	31	40	29	31
2	24	31	35	41	31	32	36	39	36	29
3	26	33	32	41	28	31	35	29	29	33
4	28	34	33	24	30	26	37	31	27	36
5	26	32	35	26	28	30	36	29	29	33
6	35	36	31	34	31	37	33	29	29	30
7	33	35	30	38	30	28	33	31	31	36
8	41	34	30	34	30	27	30	26	34	28
9	40	26	30	32	37	29	36	27	24	27
10	29	30	33	31	37	28	38	28	28	29
11	28	24	33	32	28	28	24	28	34	28
12	42	40	36	37	37	27	28	28	31	31
13	41	40	33	26	37	29	26	31	28	29
14	23	30	30	42	30	29	39	31	27	32
15	28	23	36	32	30	31	20	29	29	29
16	29	41	36	38	29	28	30	32	25	27
17	39	21	36	38	37	28	27	26	29	25
18	28	31	36	25	31	28	19	20	29	29
19	29	33	29	39	29	21	39	29	28	28
20	39	35	31	34	30	22	22	32	39	30

Tabla 19

Resultados IRI progresiva 2 + 600 – 3 + 000

	LEVANTAMIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	5	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	4	-	2
FRACCIONES RESULTANTES	0.80	15	0.40
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		16.20	
Rango "D"		89.51	
IRI		4.34	

Se presenta los resultados de un análisis de IRI para una sección de carretera específica. Se tomaron mediciones en tres puntos: el lado izquierdo (5 mediciones), el centro (15 mediciones) y el lado derecho (5 mediciones). Tras procesar los datos, la suma de fracciones resultó en 16.20, con un valor de IRI de 4.34 y un rango "D" de 89.51, lo que indica el estado de la superficie de esa sección de la vía.

Tabla 20

Progresiva 3 + 000 – 2 + 600

LECTURAS CAMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	27	31	32	27	33	33	34	23	34	33
2	44	31	33	31	30	30	34	41	30	34
3	31	31	34	30	33	24	36	29	33	22
4	25	34	32	36	43	39	37	31	34	24
5	36	35	31	41	39	37	37	33	34	30
6	26	35	24	28	37	37	29	33	34	40
7	34	33	32	28	25	25	40	31	28	32
8	36	38	29	33	32	32	40	40	34	32
9	36	38	29	33	34	29	33	42	32	31
10	36	38	23	34	33	34	33	36	32	37
11	36	38	34	31	33	34	32	36	37	37
12	33	30	36	37	34	34	32	36	30	27
13	44	36	39	42	34	37	31	31	33	33
14	45	45	35	28	37	37	39	31	33	29
15	28	29	35	40	40	40	37	29	30	25
16	30	29	35	33	34	34	27	32	24	25
17	31	44	35	33	34	34	30	40	29	26
18	43	27	35	34	26	26	30	20	41	42
19	34	30	35	27	31	31	29	37	41	26
20	34	27	29	40	23	23	30	36	41	30

Tabla 21

Resultados IRI progresiva 3 + 000 – 2 + 600

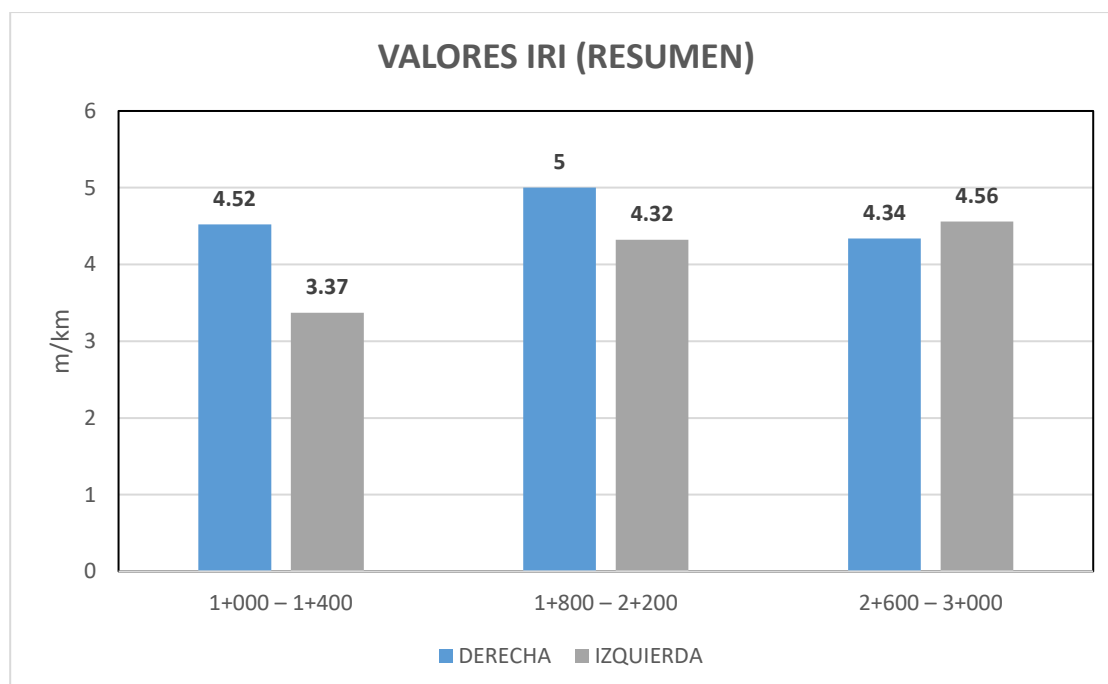
	LEVANTAMIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	5	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	5	-	5
FRACIONES RESULTANTES	1.00	15	1.00
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)		17.00	
Rango "D"		93.93	
IRI		4.56	

El lado izquierdo (levantamiento), el centro y el lado derecho (hundimiento). Se realizaron un total de 7 lecturas en el lado izquierdo, de las cuales 4 fueron consideradas, con una fracción resultante de 0.57. En el lado derecho, se tomaron 5 lecturas, de las cuales 5 fueron consideradas, sumando una fracción de 1.00. El total de las fracciones resultantes fue de 12.57, lo que permitió calcular un rango "D" de 69.46 y un valor de IRI de 3.37, reflejando la calidad de la carretera en este tramo.

Tabla 22

Variaciones de IRI con respecto a la vía

Tramo (Lado Derecho)	IRI (m/km)	Calificación	Tramo (Lado Izquierdo)	IRI (m/km)	Calificación
1+000 – 1+400	4.52	Deficiente	1+400 – 1+000	3.37	Regular
1+800 – 2+200	5.00	Deficiente	2+200 – 1+800	4.32	Deficiente
2+600 – 3+000	4.34	Deficiente	3+000 – 2+600	4.56	Deficiente

Figura 5*Grafica recopilatoria de valores IRI*

La imagen muestra un gráfico que presenta los **valores de IRI** (Índice de Rugosidad Internacional) en diferentes tramos de carretera. En el eje vertical se muestra el valor de IRI (m/km) y en el eje horizontal se indican las secciones de la vía. Los valores de IRI para la **derecha** están representados en azul y los de **izquierda** en gris. Los tramos analizados incluyen: 1+000 a 1+400, 1+800 a 2+200, 2+600 a 3+000, y 2+200 a 3+000, destacándose el valor más alto (5.00) en el tramo 1+800 a 2+200.

4.1.3 Estado superficial según el nivel de servicio y el IRI

La determinación general del estado superficial según el nivel de servicio y el IRI (Índice de Rugosidad Internacional) es un proceso que permite evaluar la calidad del pavimento de una vía mediante dos parámetros clave: el nivel de servicio (nivel de servicio) y el IRI. El nivel de servicio se refiere a la clasificación de la carretera según las condiciones del tráfico, la seguridad y la comodidad para los usuarios. Estos se clasifican desde los valores más altos, que denotan una alta calidad y habilidad de la carretera, hasta los más bajos que denotan carreteras en mal estado y difíciles de manejar. El IRI, se describe como

una medida objetiva de la rugosidad de la superficie del pavimento y se calcula basado en la respuesta de un vehículo estándar a las flaquezas de la carretera. Es un índice cuantitativo de la suavidad o aspereza del pavimento.

En resumen, la combinación del IRI y el nivel de servicio proporciona una perspectiva integral del estado del pavimento, lo que permite asignar con mayor precisión el nivel de condición. Como se ha demostrado, estos dos indicadores simplifican la tarea de identificar el tramo de la carretera que necesita ser intervenido, ya sea para mantenimiento regular o reparación por deterioro. Como se mencionó anteriormente, el IRI es útil para estimar la comodidad proporcionada al conductor mientras que el nivel de servicio es necesario para evaluar la influencia de una cierta sección al transportar la seguridad y el rendimiento. Por lo tanto, ambos son críticos en la toma de decisiones en lo que respecta a la conservación y gestión del mantenimiento de infraestructura, garantizando que la construcción dure tanto tiempo como sea eficiente.

Tabla 23

Comparativa de valores alcanzados a través del IRI (lado derecho)

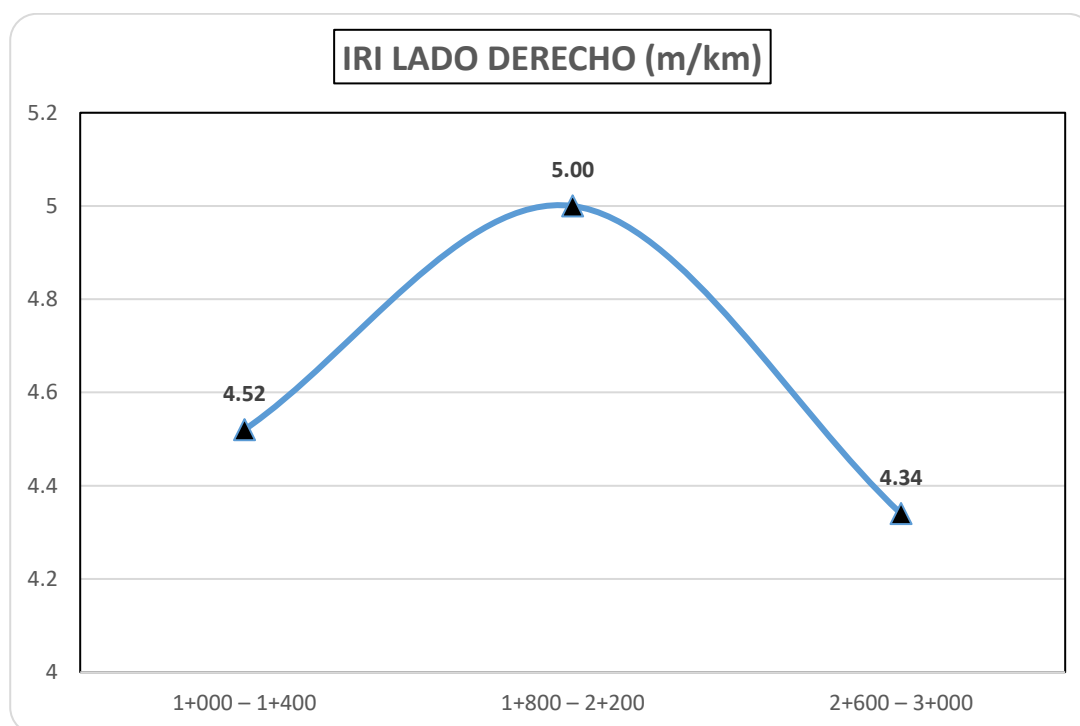
Tramo (Lado Derecho)	IRI (m/km)	Calificación
1+000 – 1+400	4.52	Deficiente
1+800 – 2+200	5.00	Deficiente
2+600 – 3+000	4.34	Deficiente

La siguiente tabla muestra un resumen comparativo de los datos obtenidos en cuanto al IRI y su clasificación de N/S para los diferentes tramos del lado derecho de la vía. Es importante mencionar que esta comparativa se realiza con la finalidad de evaluar el estado superficial del pavimento y la calidad del servicio brindado al usuario en función de los valores ya mencionados de irregularidad.

- En este sentido, en el tramo 1, entre las progresivas 1+000 y la 1+400, se obtiene un valor de IRI de 4.52 m/km. Esta cifra muestra que las condiciones de la vía son deficientes, dado que el valor apunta a que la superficie de la calzada posee muchas elipticidades, lo que no solo reduce la comodidad de la circulación, sino que también la seguridad vial puede verse mermada.
- El segundo tramo, entre las progresivas 1+800 y 2+200, presenta un IRI de 5.00 m/km, el más alto entre los tres segmentos evaluados. Este valor refleja un nivel de rugosidad aún mayor, lo que confirma un estado igualmente deficiente, implicando la urgente necesidad de intervención para mejorar las condiciones del pavimento.
- Finalmente, el tramo desde 2+600 hasta 3+000 registra un IRI de 4.34 m/km, ligeramente menor que los anteriores, pero todavía en la categoría de deficiente. Aunque su valor es el más bajo de los tres, continúa indicando un pavimento deteriorado, con irregularidades que afectan negativamente la calidad del servicio que percibe el usuario.

Figura 6

Valores respecto al IRI lado derecho



Se puede ver los resultados independientes para los 3 tramos estudiados de la vía Juliaca

– Caracoto, lado derecho.

Tabla 24

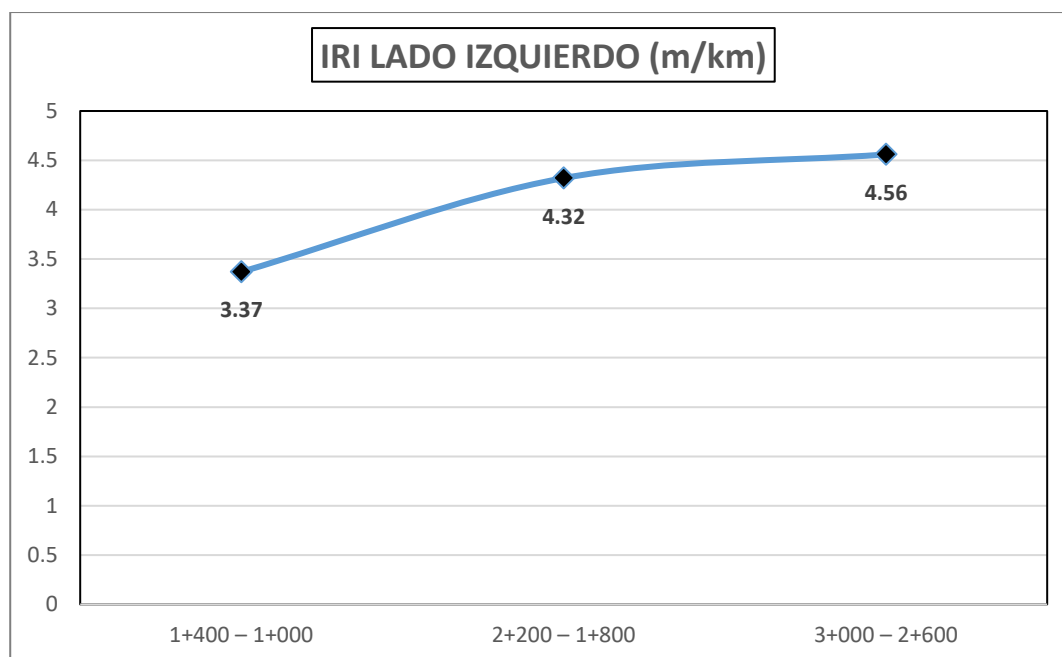
Comparativa de valores alcanzados a través del IRI (lado izquierdo)

Tramo (Lado Izquierdo)	IRI (m/km)	Calificación
1+400 – 1+000	3.37	Regular
2+200 – 1+800	4.32	Deficiente
3+000 – 2+600	4.56	Deficiente

- En el primer tramo, comprendido entre las progresivas 1+400 y 1+000, se reporta un IRI de 3.37 m/km, valor que se encuentra dentro de un rango considerado como de condición regular, indicando una superficie con irregularidades intermedias que pueden afectar la comodidad de circulación.
- El segundo tramo, entre las progresivas 2+200 y 1+800, presenta un IRI de 4.32 m/km, el más alto entre los tres segmentos evaluados. Este valor refleja un nivel de rugosidad aún mayor, lo que confirma un estado igualmente deficiente, implicando la urgente necesidad de intervención para mejorar las condiciones del pavimento.
- Finalmente, el tramo desde 3+000 hasta 2+600 registra un IRI de 4.56 m/km, ligeramente menor que los anteriores, pero todavía en la categoría de deficiente. Aunque su valor es el más bajo de los tres, continúa indicando un pavimento deteriorado, con irregularidades que afectan negativamente la calidad del servicio que percibe el usuario.

Figura 7

Valores respecto al IRI lado izquierdo



Se puede ver los resultados independientes para los 3 tramos estudiados de la vía Juliaca – Caracoto, lado izquierdo.

Tabla 25

Comparativa de valores alcanzados a través del nivel de servicio e IRI

Descripción	Resultados IRI		Resultados nivel de servicio	
	IRI (M/KM)	Clasificación	Puntaje de condición	
Tramo 1 (derecha)	4,52	DEFICIENTE	722.00	REGULAR
Tramo 1 (izquierda)	3,37	REGULAR		
Tramo 2 (derecha)	5,00	DEFICIENTE	733.29	REGULAR
Tramo 2 (izquierda)	4,32	DEFICIENTE		
Tramo 3 (derecha)	4,34	DEFICIENTE	768.57	REGULAR
Tramo 3 (izquierda)	4,56	DEFICIENTE		

La tabla presenta los datos corresponde a una comparativa de los valores obtenidos en la vía Juliaca–Caracoto, donde se contrastan dos tipos de evaluaciones del pavimento:

- **El Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**, que mide directamente la irregularidad longitudinal del camino, y
 - **El nivel de servicio**, expresado mediante un puntaje de condición, que integra la percepción de confort y otros factores funcionales del pavimento.
1. En la tabla se observa que, tanto en los tramos derecho como izquierdo, los valores de IRI varían entre 3.37 y 5.00 m/km, lo que sitúa a la mayoría de los segmentos dentro de la calificación de “Deficiente”. Esto evidencia que la superficie del pavimento presenta deterioros o irregularidades que afectan la comodidad del usuario, tales como ondulaciones, baches o deformaciones menores, las cuales se reflejan en el incremento de la rugosidad. Por ejemplo, el Tramo 2 (Derecha) registra el IRI más elevado, con 5.00 m/km, indicando la zona de mayor irregularidad en la vía evaluada.
 2. En contraste, los resultados del nivel de servicio muestran puntajes de condición que oscilan entre 722.00 y 768.57, clasificados como “Regular”. A diferencia del IRI, el nivel de servicio incorpora parámetros más amplios para representar la experiencia del usuario, como comodidad percibida, fluidez del tránsito, presencia de deterioros visibles y seguridad operacional. Esto explica por qué, aunque la clasificación del IRI es deficiente en todos los tramos, el nivel de servicio no cae en la misma categoría, manteniéndose en un rango aceptable.

La variación entre ambas evaluaciones se debió a que el IRI midió exclusivamente la rugosidad longitudinal del pavimento, mientras que el nivel de servicio evaluó condiciones funcionales más amplias relacionadas con la circulación. Los valores registrados demostraron que, aunque la superficie presentó irregularidades significativas en todos los tramos —reflejadas en IRI entre 3.37 y 5.00 m/km, clasificados como “Deficiente”—, el nivel de servicio obtuvo puntajes comprendidos entre 722.00 y 768.57, los cuales se ubicaron en la categoría de “Regular”.

Esto indicó que, aun cuando la rugosidad fue elevada, las condiciones funcionales generales de la vía Juliaca–Caracoto permitieron una circulación aceptable para el usuario. Factores como la geometría vial, las características del entorno, el ancho de la calzada y la presencia controlada de deterioros contribuyeron a que el puntaje del nivel de servicio no coincidiera con la clasificación deficiente del IRI.

En conclusión, los resultados mostraron que cada metodología describió aspectos distintos del estado de la vía: el IRI reflejó el comportamiento superficial y la irregularidad longitudinal del pavimento, mientras que el nivel de servicio representó de manera integral las condiciones de comodidad y operatividad experimentadas durante la circulación. De esta forma, la comparativa permitió obtener una visión completa del desempeño real de la carretera Juliaca–Caracoto.

4.1.4 Alternativas de intervención

Las alternativas de intervención para mejorar el estado de los tramos de la vía Juliaca – Caracoto se proponen en función de los resultados obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Nivel de Servicio (LOS). A continuación, se presentan las estrategias detalladas de intervención para cada tipo de clasificación, basadas en los resultados obtenidos en el estudio y las mejores prácticas en mantenimiento vial.

1. Tramo 1+100 a 1+400 (Lado Derecho)

- Valor IRI: 4.52 m/km
- Clasificación: Deficiente
- Nivel de Servicio: Regular

Tabla 26

Tipo de alternativa de intervención Prog. 1+000 – 1+400, lado derecho

Tipo de intervención	Descripción
Mantenimiento rutinario	Se recomienda mantener la vía mediante inspecciones regulares, limpieza de juntas y revisión de drenajes.
Conservación periódica	Asegurar que el pavimento no sufra deterioros adicionales. Actividades como verificación de fisuras menores y sellado de grietas pueden ser necesarias.
Reparación de fisuras	Reparar fisuras transversales y baches que afectan la estructura del pavimento.
Rehabilitación puntual	El daño es estructural requiere reemplazo de secciones pequeñas de la vía

Este tramo presenta distintos tipos de fallas que requieren intervenciones a pesar de que la extensión o impacto de estos no son considerables si son necesarias ya que en el método IRI este mostro un estado deficiente.

2. Tramo 0+400 a 0+000 (Lado Izquierdo)

- Valor IRI: 3.37 m/km
- Clasificación: Regular
- Nivel de Servicio: Regular

Tabla 27

Tipo de alternativa de intervención Prog. 1+400 – 1+000, lado izquierdo.

Tipo de intervención	Descripción
Mantenimiento preventivo	Este tramo muestra signos de desgaste moderado, lo que requiere un mantenimiento preventivo que incluya reparación de fisuras y parcheo de baches.
Sellado de grietas	Recomendado para evitar que las grietas pequeñas se conviertan en fisuras mayores, lo que podría llevar a un mayor desgaste de la capa superficial.
Verificación del drenaje	Inspeccionar y mejorar el drenaje en las áreas afectadas para prevenir la acumulación de agua que pueda agravar la descomposición del pavimento.

El valor de IRI = 3.37 m/km ubicó este tramo en la categoría “Regular”, lo que correspondió a un nivel de rugosidad moderado dentro de los parámetros de evaluación funcional. Esta clasificación indicó que el pavimento presentó deterioros incipientes, aunque aún no comprometía de manera severa su capacidad estructural. De acuerdo con las características observadas en campo, este tramo requirió trabajos de sellado de fisuras y reparación puntual de baches, con el fin de controlar la progresión del daño y mantener la condición operativa del pavimento.

3. Tramo 1+800 a 2+200 (Lado Derecho)

- Valor IRI: 5.00 m/km
- Clasificación: Deficiente
- Nivel de Servicio: Regular

Tabla 28

Tipo de alternativa de intervención Prog. 1+800 – 2+200, lado derecho.

Tipo de intervención	Descripción
Mantenimiento rutinario	Se deben realizar reparaciones puntuales de fisuras y baches para evitar que la rugosidad aumente y que la comodidad del conductor se vea afectada.
Refuerzo de capa superficial	Si se detecta desgaste excesivo, se recomienda un refuerzo de la capa superficial mediante una capa delgada de asfalto para mejorar la suavidad.
Rehabilitación puntual	El daño es estructural requiere reemplazo de secciones pequeñas de la vía
Reparación localizada con parcheo superficial	Se restaura la capa deteriorada y se evita la propagación del daño en zonas ya intervenidas.
Sellado de fisuras	Evita la infiltración de agua y frena el crecimiento de la grieta.
Inspección periódica del drenaje	Evaluar las zonas de acumulación de agua que puedan estar generando fisuras y, si es necesario, mejorar los sistemas de drenaje para prevenir futuros daños.

Este tramo también tiene un IRI deficiente, lo cual nos da a conocer que esta zona necesita una intervención adecuada ya que se presentan múltiples fallas a lo largo de este tramo, por ende, temiendo tendremos en consideración los gastos y tipos de intervención a realizar sobre la vía.

4. Tramo 2+200 a 1+800 (Lado Izquierdo)

- Valor IRI: 4.32 m/km
- Clasificación: Deficiente
- Nivel de Servicio: Regular

Tabla 29

Tipo de alternativa de intervención Prog. 2+600 – 3+000, lado izquierdo.

Tipo de intervención	Descripción
Mantenimiento preventivo	Requiere mantenimiento preventivo con reparación de fisuras y relleno de baches en áreas de mayor desgaste.
Refuerzo de capa superficial	Si se detecta desgaste excesivo, se recomienda un refuerzo de la capa superficial mediante una capa delgada de asfalto para mejorar la suavidad.
Rehabilitación puntual	El daño es estructural requiere reemplazo de secciones pequeñas de la vía
Sellado de grietas	Reemplazar parches defectuosos y sellar grietas para evitar filtración de agua y expansión de las grietas.
Conservación periódica	Programar inspección periódica del pavimento, enfocándose en áreas donde la rugosidad podría empeorar con el tiempo.

Un IRI de 4.32 m/km ubicó el pavimento en una condición deficiente, caracterizada por una rugosidad elevada y una superficie con irregularidades notorias. Este valor indicó que el tramo presentó deterioros que afectaron la comodidad de circulación y redujeron el nivel de servicio, evidenciando la necesidad de intervenciones correctivas para restituir la funcionalidad del pavimento.

5. Tramo 2+600 a 3+000 (Lado Derecho)

- Valor IRI: 4.34 m/km
- Clasificación: Deficiente
- Nivel de Servicio: Regular

Tabla 30

Tipo de alternativa de intervención Prog. 2+600 – 3+000, lado derecho.

Tipo de intervención	Descripción
Sellado de fisuras	Tratamiento aplicado para cerrar grietas y evitar la infiltración de agua, reduciendo la progresión del deterioro.
Parcheo superficial	Reparación localizada de capas deterioradas mediante la remoción del material dañado y colocación de mezcla asfáltica.
Parcheo profundo	Reconstrucción completa del área afectada cuando el daño compromete capas inferiores del pavimento.
Mantenimiento preventivo	Reparación de fisuras y parcheo en áreas con desgaste evidente.
Conservación superficial	Si el pavimento muestra áreas extensas de desgaste, se debe considerar la rehabilitación superficial mediante el recapeado del pavimento.
Mejoramiento del drenaje	Evaluación de posibles problemas de drenaje que puedan estar acelerando el deterioro de la superficie de la carretera.

Este tramo, con un valor de IRI = 4.34 m/km, se clasifica como deficiente. El pavimento muestra signos de desgaste moderado a elevado que podrían afectar el confort de conducción en distintos tramos. Se recomienda realizar varios tipos de intervenciones como parcheo y rehabilitación superficial para prolongar la vida útil de la vía.

6. Tramo 3+000 a 2+600 (Lado Izquierdo)

- Valor IRI: 4.56 m/km
- Clasificación: Deficiente
- Nivel de Servicio: Regular

Tabla 31

Tipo de alternativa de intervención Prog. 3+000 – 2+600, lado izquierdo.

Tipo de intervención	Descripción
Corrección de deformaciones	Intervención para eliminar ahuellamientos u ondulaciones mediante reposición de capas.
Parcheo superficial	Reparación localizada de capas deterioradas mediante la remoción del material dañado y colocación de mezcla asfáltica.
Parcheo profundo	Reconstrucción completa del área afectada cuando el daño compromete capas inferiores del pavimento.
Reparación de fisuras	Reparar fisuras transversales y baches que afectan la estructura del pavimento.
Rehabilitación integral del tramo	Intervención mayor que incluye reemplazo de capas y restauración total de la estructura cuando el daño es extenso.

El IRI refleja que este tramo también requiere intervenciones para lograr cumpliendo con su objetivo de serviciabilidad, refleja una condición algo elevada, lo que justifica una rehabilitación parcial.

4.2 Discusión de resultados

La discusión de resultados de este estudio revela importantes hallazgos sobre el estado superficial de la vía Juliaca – Caracoto, evaluado a través de dos indicadores clave: el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Nivel de Servicio (LOS). Estos dos métodos complementarios permiten una evaluación integral de las condiciones de la carretera, considerando tanto la rugosidad de la superficie como su funcionalidad y confort para los usuarios.

Los tramos que presentaron un IRI bajo, como el Tramo 4 (3.37 m/km), fueron clasificados como "regular", lo que indica que estos tramos tienen una superficie de rodadura relativamente adecuada para el tránsito vehicular en comparación con los demás tramos. Este valor tiene una correlación con el puntaje LOS de 768.57 para el Tramo 3, que a pesar de estar en el rango más bajo de la calificación "regular", aún refleja condiciones muy adecuadas de la vía. Este resultado es importante, ya que indica que un muy bajo IRI no garantiza una calificación "buena" en términos de funcionalidad, y otros

factores como el mantenimiento y las condiciones estructurales también juegan un papel fundamental. No obstante, y a pesar de calificarse como bueno, se recomienda realizar inspecciones periódicas y mantenimientos preventivos para evitar que por factores ambientales u el tráfico de vehículos pesados el pavimento se deteriore.

Por otro lado, los tramos con mediciones más altas de IRI, a saber, el Tramo 2 derecho con un valor de 5.00 m/km y el izquierdo del Tramo 3 con 4.56 m/km se categorizaron como deficientes y anotaron las IRI más altas. Estos hallazgos demuestran una rugosidad superficial más alta que puede afectar el nivel de confort y la seguridad de los conductores. Por lo tanto, el Tramo 2 con m/km de 5.00 en IRI registrado y LOS puntuado en 733.29 refleja condiciones que requieren intervención debido al nivel deficiente de transitabilidad. A su vez, lo mismo sucede con el Tramo 3, ya que los valores de IRI aquí están explicados por manifestaciones de calidad de rodadura aún peor. En tales secciones, el LOS es más bajo. La provocación es que el efecto de la pista y los baches no es lo único que determina la comodidad del viaje para los conductores. Podría haber alguna fisura o grieta o el pavimento podría perder su textura. Estas secciones requieren una intervención más profunda dado que La continuidad de la capa podría estar en riesgo. En general, esto podría significar el relleno de baches, la reparación de fisuras transversales a pequeña escala y el recubrimiento de superficie subyacente para prevenir explosiones y secciones mayores problemas estructurales a futuro.

Esta conclusión es la más importante para el análisis; aunque el IRI es un buen indicador de la rugosidad de la superficie; el Nivel de Servicio incluye una perspectiva más integral ya que abarca la rugosidad, la seguridad funcional y la visibilidad, entre otros. Por lo tanto, es necesario calcular dos indicadores recíprocamente para determinar con mayor precisión el estado de la bolacha.

De los resultados obtenidos, se puede afirmar que los tramos buenos necesitan un mantenimiento preventivo para garantizar que la condición no empeore y otros problemas no surjan con el tiempo. Por lo tanto, los tramos buenos requerirán inspecciones regulares y sellado regular de grietas y mantenimiento de drenajes, entre otros para evitar el daño



que disminuiría la calidad de la superficie carretera a largo plazo. Los tramos regulares, sin embargo, requerirán formas destacadas de intervención correctiva, como el llenado de baches, la mezcla de asfalto en frío o la superposición de capas, entre otros. Se deberá evaluar la capacidad portante de los tramos regulares porque el aumento de tráfico aumentará las tasas de deterioro.

En resumen, este estudio ha permitido identificar áreas críticas en la vía Juliaca – Caracoto que requieren intervención para mantener las condiciones de seguridad y confort para los usuarios. Los tramos con alto IRI deben ser priorizados para reparaciones y rehabilitación.

CONCLUSIONES

General, el análisis de la variación del estado superficial del pavimento flexible a través de la medición del Nivel de Servicio y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la vía Juliaca – Caracoto ha permitido identificar que la mayoría de los tramos se encuentran en condiciones deficientes, y que requieren atención inmediata. Los tramos con IRI superiores a 3.6 m/km presentan un estado de "deficiente" en el IRI y "REGULAR" en nivel de servicio debido a que esta última mide otros aspectos más aparte de la rugosidad. Esta evaluación proporciona una base sólida para planificar las intervenciones necesarias.

Primera, la medición del Nivel de Servicio en la vía Juliaca – Caracoto ha mostrado que los tramos Tramo 1 (722.00), tramo 2 (733.29) y Tramo 3 (768.57) se clasificaron como REGULAR, lo que sugiere que existen deficiencias visuales o funcionales que podrían afectar la comodidad y seguridad de los usuarios.

Segundo, se evaluó el estado superficial del pavimento flexible mediante la medición del IRI, obteniéndose valores comprendidos entre 3.37 m/km y 5.00 m/km. La mayoría de los tramos se clasificaron en condición "deficiente", mientras que uno de ellos alcanzó la categoría "regular". Estos resultados reflejaron un nivel de rugosidad elevado y evidenciaron la necesidad de ejecutar labores de mantenimiento en diversos sectores para preservar la funcionalidad del pavimento.

Tercero, los resultados mostraron que cada metodología describió aspectos distintos del estado de la vía: el IRI reflejó el comportamiento superficial y la irregularidad longitudinal del pavimento, mientras que el nivel de servicio representó de manera integral las condiciones de comodidad y operatividad experimentadas durante la circulación. De esta



forma, la comparativa permitió obtener una visión completa del desempeño real de la carretera Juliaca – Caracoto.

Cuarto, las intervenciones necesarias para los tramos con buena calidad de pavimento deben centrarse en mantenimiento preventivo regular, que incluye inspecciones periódicas, limpieza de drenajes y reparaciones menores, como el sellado de grietas. Por otro lado, los tramos con IRI deficiente y LOS regular requieren intervenciones correctivas más complejas, como el relleno de baches o recubrimiento superficial, con el objetivo de restaurar la suavidad de la superficie y mejorar las condiciones de conducción.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda a futuros estudios considerar el desarrollo amplio de mantenimientos preventivos y/o periódicos en tramos con bajo IRI e inspecciones más frecuentes en sectores con IRI elevado, a fin de identificar deterioros incipientes.

Segunda, se indicó la necesidad de incorporar técnicas de reparación menor, como sellado de fisuras y relleno de grietas, en tramos con nivel de servicio regular para limitar la progresión del daño.

Tercera, se recomienda el uso de nuevas tecnologías para la medición del IRI, como aplicaciones móviles y/o equipos de alta precisión que se instalan en la parte trasera de los vehículos, y los cuales miden la rugosidad conforme el vehículo circula sobre la vía, ello con la finalidad de comparar resultados y validar la confiabilidad de los métodos tradicionales frente a las nuevas innovaciones.

Cuarta, se recomendó que futuros análisis desarrollen un programa de mantenimiento integral, integrando acciones preventivas y correctivas según el grado de deterioro identificado en cada tramo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brito Galarza, C. F., & Torres Navas, L. G. (2017). *Efecto de la condición de la superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio aplicando la metodología HCM, en la vía Zhud—Biblián*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28411>
- Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., Camargo Casallas, E., Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174.
<https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Chahuara, Q., & Hidalgo, O. (2022). Influencia de los factores externos del pavimento flexible en su ciclo de vida útil, carretera Juliaca—Calapuja, Puno, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91798>
- Domínguez Mero, W. J. (2022). *DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA RUTA DEL SPONDYLUS DESDE EL CANTÓN PUERTO LÓPEZ HASTA LA PARROQUIA MACHALILLA* [bachelorThesis, Jipijapa-Unesum].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4303>
- Dominguez Vásquez, A. A. (2020). *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular aplicando la Metodología HCM 2000*.
- 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>
- Hilario Giraldez, J. J. (2019). Propuesta de guía metodológica para la verificación, seguimiento y monitoreo del mantenimiento rutinario por niveles de servicio en vías



- vecinales asfaltadas en Pasco, Pasco-2018. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1418>
- Hyarat, E., Casas-Rico, J., Montalbán-Domingo, L., & Pellicer, E. (2022). *Visión global de la adopción de Lean Construction en el sector: Beneficios y barreras*. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3163>
- Isradi, M., Arifin, Z., & Sudrajat, A. (2019). Analysis of the Damage of Rigid Pavement Road by Using Pavement Condition Index (PCI). *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 1(2), 193-202. <https://doi.org/10.35877/454RI.asci1242>
- Jara Huaraca, L. A., & Cayambe Manya, C. A. (2022). *Nivel de servicio de las vías de segundo orden de los cantones Riobamba, Guano y Chambo por el método IRI* [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9599>
- Mamani Gonzales, K. J. (2020). PROPUESTA DE MEJORA DE LOS NIVELES DE SERVICIO PARA REDUCIR LA CONGESTION VEHICULAR DE LOS ACCESOS AL PUENTE SEÑOR DE BURGOS EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO, 2019. *Universidad de Huánuco*. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2315>
- Marca Castro, J. E., & Condori Ventura, A. (2021). Propuesta de reordenamiento vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza, Tacna 2021. *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2032>
- María del Mar, V. Á. (2022). *Medición del Índice de rugosidad internacional con perfilómetro estático merlín y nivel de severidad en Avenida Guardia Civil Iquitos 2021*. <http://hdl.handle.net/20.500.14503/2943>
- Montero Argandoña, P. N. (2018). Gestión de conservación vial para el mejoramiento de carreteras de Provias nacional- caso obra: “servicio de gestión y conservación vial por niveles de servicio del corredor vial Huánuco – la Union – Huallanca – dv.



- Antamina y Pte. Tingo – Lata – Antamina. *Universidad de Huánuco*.
<https://repositorio.udh.edu.pe/xmlui/handle/123456789/1541>
- 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>
- Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.
- Orihuela Gonzales, C. A. (2021). *Nivel de servicio de pavimentos flexibles evaluados mediante el método HCM, avenida Villa María, Villa María del Triunfo, Lima 2021*.
- Pillpe Sarmiento, L. E. (2018). Aplicación de un sistema de gestión de pavimentos urbano local a nivel de red mediante el Índice de Rugosidad internacional (IRI) como variable de condición en la red vial del distrito de Concepción-Junín. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5118>
- Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), 1-6.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746475>
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Reyna Peña, P. (2015). Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581516>
- Rifai, M., Setyawan, A., Handayani, F. S., & Arun, A. D. (2020). Evaluation of functional and structural conditions on flexible pavements using pavement condition index (PCI) and international roughness index (IRI) methods. *E3S Web of Conferences*, 429, 05011. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/66/e3sconf_iccim2023_05011/e3sconf_iccim2023_05011.html
- 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>
- Sánchez, E. S., Movilla, S. C., & Cruz, M. S. (2022). Evaluación de la incidencia de los ciclos sobre el nivel de servicio de intersecciones no semaforizadas en la ciudad de Holguín. *Revista Científica Estelí*, 248-270. <https://doi.org/10.5377/farem.v11i3.14914>
- Santana, J. J., Rodríguez-Brito, N., Blanco-Peñalver, C., Mena, V. F., & Souto, R. M. (2022). Durability of Reinforced Concrete with Additions of Natural Pozzolans of Volcanic Origin. *Materials*, 15(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/ma15238352>
- Serrano Paye, R. R., & Montoya Supo, J. J. (2021). Determinación del índice de rugosidad internacional y propuesta de diseño de pavimento flexible en la avenida Tarapacá, tramo: Óvalo Cuzco - av. Gustavo Pinto, Tacna – 2021. *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2031>
- Tho'atin, U., Setyawan, A., & Suprpto3, M. (2016). PENGGUNAAN METODE INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX (IRI), SURFACE DISTRESS INDEX (SDI) DAN PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) UNTUK PENILAIAN KONDISI JALAN DI KABUPATEN WONOGIRI. *Prosiding Semnastek*, 0, Article 0. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/685>
- Tinoco Reines, C. A., & Orozco Gamarra, G. F. (2025). *Análisis del nivel de servicio, en la glorieta la piragua, Santa Marta, basado en el análisis del diseño mecanicista*. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/58884>
- 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>



Vega Suaña, A. A. (2022). Modelos de comportamientos de pavimentos utilizando mediciones del índice de rugosidad internacional para predecir el deterioro funcional. *Universidad Ricardo Palma - URP.*

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1398868>

Vera, J. J., Llor, J., Hernández, E. O., & Delgado, D. (2021). Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología RIEMAT* ISSN 2588-0721, 6(2), 29-42. <https://doi.org/10.33936/riemat.v6i2.4287>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Tesis: “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025”				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cuál es la variación del estado superficial del pavimento flexible por medio de medición del nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto 2025?	Objetivo General: Analizar la variación del estado superficial del pavimento flexible por medio de medición del nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto 2025.	Hipótesis General: El análisis comparativo del estado superficial del pavimento flexible por medio de medición del nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto 2025, muestra que ambos métodos miden distintos aspectos de la vía.	Variable de caracterización Nivel de servicio Índice de rugosidad internacional Indicadores: <i>Puntaje Nivel de servicio;</i> <i>Condición funcional</i> <i>Valor de IRI (m/km)</i>	Basado en análisis de datos de IRI y Nivel de servicio ficha (MTC)
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuál es el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del nivel de servicio en la vía Juliaca - Caracoto?	Determinar el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del nivel de servicio en la vía Juliaca – Caracoto.	El estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del nivel de servicio en la vía Juliaca – Caracoto, será regular debido al desgaste de la capa de rodadura de la vía.		
¿Cuál es el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto?	Determinar el estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto.	El estado superficial del pavimento flexible por medio de la medición del índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto, será bueno puesto que su rugosidad se encuentra dentro de los parámetros requeridos.		
¿Cuál es la clasificación general del estado superficial según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca - Caracoto?	Verificar la clasificación general del estado superficial según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto.	La clasificación general del estado superficial según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto, variará según el método de evaluación.	Variable de interés: Estado superficial del pavimento flexible Indicadores: Estados de componentes generales de vía Nivel de rugosidad de la vía	Rugosímetro Merlín Inspección visual con ficha técnica Manual del MTC.
¿Cuál es la alternativa de intervención del pavimento flexible según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto?	Proponer la alternativa de intervención del pavimento flexible según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto.	La alternativa de intervención del pavimento flexible según el nivel de servicio e índice de rugosidad internacional en la vía Juliaca – Caracoto, será de mantenimiento rutinario con sellos de fisuras transversales y longitudinales cuidado la rugosidad.		

Panel fotográfico:



Fotografía 1. Toma de apuntes vía Juliaca – Caracoto



Fotografía 2. Uso del rugosímetro de merlín Juliaca - Caracoto



Fotografía 3. Escala de rugosidades



Fotografía 4. Inicio de actividades de medición, vía Juliaca - Caracoto



Fotografía 5. Registro de valores obtenidos



Fotografía 6. Indicaciones durante la medición



Fotografía 7. Tramo final de retorno, vía Juliaca – Caracoto



Fotografía 8. vía Juliaca - Caracoto



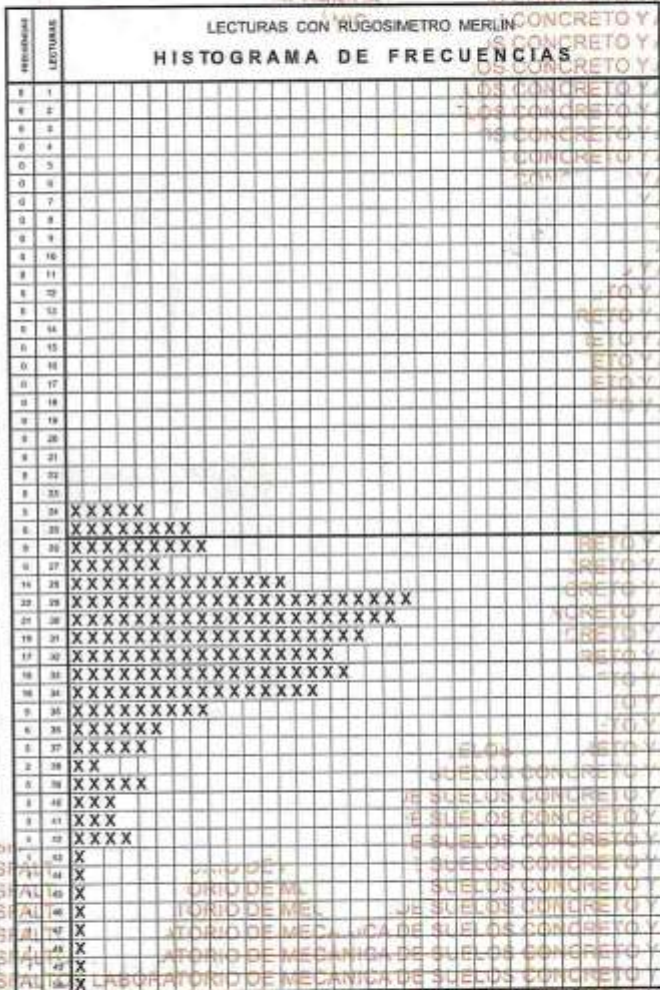
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS			
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025		
SOLICITANTE	BLADIMIR GILBERTO MONTUÑA VILLEGAS		
LUGAR	JULIACA - CARACOTO		
FECHA	22/07/2025		
PROGRESIVA	1+000	Lado Derecho	400 m.

DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD (EQUIPO TIPO MERLIN)

LECTURAS CAMPO CONCRETO									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	34	38	35	33	28	37	32	30	25
2	32	41	32	34	33	35	31	29	30
3	40	38	29	32	34	32	35	35	33
4	39	35	29	31	34	33	35	35	34
5	34	28	33	24	28	35	24	34	34
6	32	48	34	32	26	30	30	29	32
7	37	41	34	25	33	31	32	26	33
8	36	44	37	29	30	29	42	26	31
9	31	25	25	32	33	29	40	26	30
10	42	38	32	34	31	25	31	27	30
11	32	38	30	30	30	34	29	28	25
12	30	48	34	31	30	34	29	39	28
13	31	32	29	31	29	33	29	27	27
14	46	47	29	32	29	31	34	30	26
15	42	35	30	33	29	29	28	33	26
16	32	33	29	38	28	30	31	32	36
17	34	43	28	35	30	30	33	31	34
18	43	39	28	36	28	31	30	33	30
19	30	32	32	28	33	29	33	25	25
20	31	45	33	30	28	29	30	29	25



LECTURAS	200
FACTORE DE CORRECCION	F.C. = 1.105
CÁLCULO DE "D"	
$D = (20 + CE + DER) \times 5 \times F.C.$	
DESARROLLANDO VALORES EN LA DISTRIBUCIÓN DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA DE LEVANTAMIENTO DE CERVO - DGR - HUNDIMIENTO	
CÁLCULO DE "R" (IRI)	
$R = 0.0485 \times D$ Cuando $IRI < 2.4$	
LEVANTAMIENTO CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER)
8	4
TOTALES COLUMNAS	4
LECTURAS CONSIDERADAS	2
FRACCIONES RESULTANTES	0.38
SUMA FRACCIONES	16.88
Rango "D"	93.23
IRI	4.52

Observaciones:



D. Yanina Torres
C.I. 103257



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025		
SOLICITANTE	BLADIMIR GILBERTO MONTUÑA VILLEGAS		
LUGAR	JULIACA - CARACOTO		
FECHA	22/07/2025		
PROGRESIVA	1+400	1+000	Lado Izquierdo Longitud 400 m.

DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD (EQUIPO TIPO MERLIN)

LECTURAS CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	33	31	23	31	29	31	32	23	31	33										
2	36	35	34	33	31	36	35	25	35	31										
3	33	34	32	25	28	35	32	32	38	28										
4	27	33	32	32	27	37	33	31	33	27										
5	40	31	25	26	30	36	35	29	34	30										
6	40	33	31	30	34	33	31	33	36	28										
7	41	33	32	33	31	33	30	30	28	31										
8	30	30	31	34	30	34	30	30	34	30										
9	34	30	28	33	31	30	32	34	32	31										
10	34	33	32	30	30	33	25	33	32	30										
11	32	31	34	34	30	36	26	40	29	30										
12	24	37	32	33	33	38	27	39	31	33										
13	21	29	35	35	35	24	32	39	29	30										
14	31	40	35	28	29	34	32	26	32	29										
15	34	39	31	34	30	32	32	28	38	28										
16	33	39	31	28	33	32	31	26	38	29										
17	28	36	33	33	31	32	37	29	29	30										
18	35	34	32	33	33	32	31	27	32	29										
19	34	26	34	28	26	32	33	29	31	31										
20	32	33	30	31	30	31	35	39	32	33										

TOTAL CANTIDAD DE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCIÓN: F.C. = 1.105

CÁLCULO DE "D"

$$D = (2Q + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DETERMINACIÓN DE VALORES PARA DISTRIBUCIÓN DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA (D) = LEVANTAMIENTO (CE) + CENTRO (DER) + HUNDIMIENTO

CÁLCULO DE "R" (IRI)

$$R = 0.0485 \times D \text{ Cuando } IRI < 2.4$$

LEVANTAMIENTO (CE)	CENTRO (DER)	HUNDIMIENTO
5	5	5
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS		
LECTURAS (CONSIDERADAS)		0.57
RESULTANTES		11
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		12.57
Rango "D"		69.46
IRI		3.37

Observaciones:

LECTURAS CON RUGOSÍMETRO MERLIN

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

FRECUENCIA	LECTURA
1	X
2	XX
3	XX
4	XX
5	XXXXXX
6	XXXXXXXX
7	XXXXXXXXXXXX
8	XXXXXXXXXXXX
9	XXXXXXXXXXXX
10	XXXXXXXXXXXX
11	XXXXXXXXXXXX
12	XXXXXXXXXXXX
13	XXXXXXXXXXXX
14	XXXXXXXXXXXX
15	XXXXXXXXXXXX
16	XXXXXXXXXXXX
17	XXXXXXXXXXXX
18	XXXXXXXXXXXX
19	XXXXXXXXXXXX
20	XXXXXXXXXXXX
21	XXXX
22	XXXX
23	XXXX
24	XXXX
25	X
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	



Dr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS			
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025		
SOLICITANTE	BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS		
LUGAR	JULIACA - CARACOTO		
FECHA	22/07/2025	Lado	Derecho
PROGRESIVA	1+800 ↔ 2+200	Longitud	400 m.

DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO TIPO MERLIN)

LECTURAS CAMPO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	27	38	43	38	39	36	43	27	37
2	35	38	21	38	38	38	30	36	35
3	35	30	35	40	28	41	42	36	45
4	44	39	39	38	29	38	30	39	37
5	31	39	35	39	26	37	38	39	22
6	45	44	39	42	37	26	38	30	24
7	33	34	39	36	37	27	40	42	24
8	36	44	39	38	37	40	31	38	43
9	38	41	39	39	38	37	20	40	31
10	39	41	35	38	38	29	37	41	33
11	40	32	38	45	38	36	42	36	34
12	38	40	38	40	39	36	38	45	42
13	39	32	39	29	38	37	36	29	40
14	44	38	39	39	38	23	38	40	28
15	44	35	38	42	41	37	28	37	30
16	40	35	24	38	37	23	40	37	34
17	38	35	36	38	38	38	25	28	32
18	36	34	36	39	40	38	40	36	36
19	36	38	38	35	37	41	36	41	37
20	39	30	36	39	41	41	36	39	37

LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN									
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS									
0	1								
0	2								
0	3								
0	4								
0	5								
0	6								
0	7								
0	8								
0	9								
0	10								
0	11								
0	12								
0	13								
0	14								
0	15								
0	16								
0	17								
0	18								
0	19								
0	20								
1	21	X							
1	22	X							
1	23	XX							
1	24	XX							
1	25	XXX							
1	26	XXX							
1	27	XXXX							
1	28	XXXX							
1	29	XXXX							
1	30	XXXX							
1	31	XXXXX							
1	32	XXX							
1	33	XXXX							
1	34	XXX							
1	35	XXXXXX							
1	36	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	37	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	38	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	39	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	40	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	41	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	42	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	43	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	44	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	45	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	46	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	47	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	48	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	49	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	50	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	51	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	52	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	53	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	54	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	55	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	56	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	57	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	58	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	59	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	60	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	61	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	62	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	63	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	64	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	65	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	66	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	67	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	68	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	69	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	70	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	71	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	72	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	73	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	74	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	75	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	76	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	77	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	78	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	79	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	80	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	81	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	82	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	83	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	84	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	85	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	86	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	87	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	88	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	89	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	90	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	91	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	92	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	93	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	94	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	95	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	96	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	97	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	98	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	99	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	100	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	101	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	102	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	103	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	104	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	105	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	106	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	107	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	108	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	109	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	110	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	111	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	112	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	113	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	114	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	115	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	116	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	117	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	118	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	119	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	120	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	121	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	122	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	123	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	124	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	125	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	126	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	127	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	128	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	129	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	130	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	131	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	132	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	133	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	134	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	135	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	136	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	137	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	138	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	139	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	140	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	141	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	142	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	143	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	144	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	145	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	146	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	147	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	148	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	149	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	150	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	151	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	152	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	153	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	154	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	155	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	156	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	157	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	158	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	159	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	160	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	161	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	162	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	163	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	164	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	165	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	166	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	167	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	168	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	169	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	170	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	171	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	172	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	173	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	174	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	175	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	176	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	177	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	178	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	179	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	180	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	181	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	182	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	183	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	184	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	185	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	186	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	187	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	188	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	189	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	190	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	191	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	192	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	193	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	194	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	195	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	196	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	197	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	198	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	199	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
1	200	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERECES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FORMANDO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULICA - CARACOTO 2025		
SOLICITANTE	BLADIMIR GILBERTO MONTUÑA VILLEGAS		
LUGAR	JULICA - CARACOTO		
FECHA	25/07/2025	Dado	Izquierdo
PROGRESIVA	2+200 ↔ 1+800	Longitud	400 m.

DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO TIPO MERLIN)

LECTURAS CAMPO ON CRE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	42	44	29	39	38	43	36	26	39	44
2	28	44	29	39	45	43	38	42	46	42
3	60	45	45	46	40	30	43	46	45	44
4	42	45	45	44	32	38	43	40	46	42
5	44	45	43	46	36	32	39	46	39	42
6	44	45	43	32	45	40	43	37	36	42
7	44	37	43	46	40	40	43	37	35	43
8	40	37	43	45	40	30	43	37	41	44
9	44	39	27	39	30	35	43	36	34	44
10	42	44	45	27	38	40	43	36	41	44
11	44	44	44	41	46	37	27	35	39	44
12	40	26	40	41	41	40	48	40	36	41
13	44	42	43	43	41	45	42	47	34	41
14	28	43	42	39	41	42	42	47	33	41
15	44	45	44	40	38	45	40	45	33	34
16	39	41	45	38	45	41	39	45	41	47
17	42	41	43	43	41	41	43	45	41	42
18	39	40	31	45	41	31	43	45	39	42
19	39	40	45	45	45	37	43	42	34	34
20	38	37	44	38	37	45	38	42	35	35

CONTROL CANTIDADE MARCAS:	200 LECTURAS
---------------------------	--------------

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.105
----------------------	--------	-------

CÁLCULO DE "D"

$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

RECORRER LOS VALORES CADA DEPENDIENDO DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA DE LEVANTAMIENTO DE CENTRO DE MUESTRA

CÁLCULO DE "R" (IR)

$$R = 0.0485 \times D \text{ Quando } IRI < 2.4$$

LEVANTAMIENTO	CENTRO (C)	HUNDIMIENTO (DIN)
TOTAL ESQUEMAS	-	9
EXTREMOS	-	9
LECTURAS CONSIDERADAS	-	4
FRACCIONES RESULTANTES	15	0.44
SUMA FRACCIONES	15.11	
CI + CE + CO	89.01	
Range "D"	4.32	
IRI	4.32	

Observaciones:

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

[illegible]

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS

PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICION DEL NIVEL DE SERVICIO E INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VIA JULIACA - CARACOTO 2025.

SOLICITANTE: GLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS

LUGAR: JULIACA - CARACOTO

FECHA: 22/07/2025

PROGRESIVA: 2+600 a 3+000

Lado: Derecho

Longitud: 400 m.

DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO TIPO MERLIN)

LECTURAS CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	30	32	30	29	32	31	30	29	31
2	24	31	33	41	31	32	36	39	36	29
3	26	33	32	41	28	31	35	29	29	33
4	28	34	33	24	30	26	37	31	27	36
5	26	32	35	26	28	30	36	29	29	33
6	35	36	31	34	31	37	33	29	29	30
7	33	35	30	38	30	26	33	31	31	36
8	41	34	30	34	30	27	30	26	34	28
9	40	35	30	32	37	29	36	27	24	27
10	29	30	33	31	37	28	38	28	28	29
11	28	24	33	32	28	28	24	28	34	28
12	42	40	35	37	37	27	28	26	31	31
13	41	40	33	26	37	29	26	31	28	29
14	23	30	30	42	30	29	39	31	27	32
15	28	23	36	32	30	31	20	29	29	29
16	29	41	36	38	29	28	30	32	25	27
17	38	21	36	38	37	29	27	26	29	25
18	28	31	36	25	31	28	19	20	29	29
19	29	33	29	39	29	21	38	29	28	28
20	39	35	31	34	30	22	22	32	30	30

CONTROL CANTIDAD MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION: F.C. = 1.185

CALCULO DE "D"

$D = (SQ + CE + DER) \times F.C.$

NOTA: SE USARON 18 VALORES CADA DESVIACION DEL HISTOGRAMA

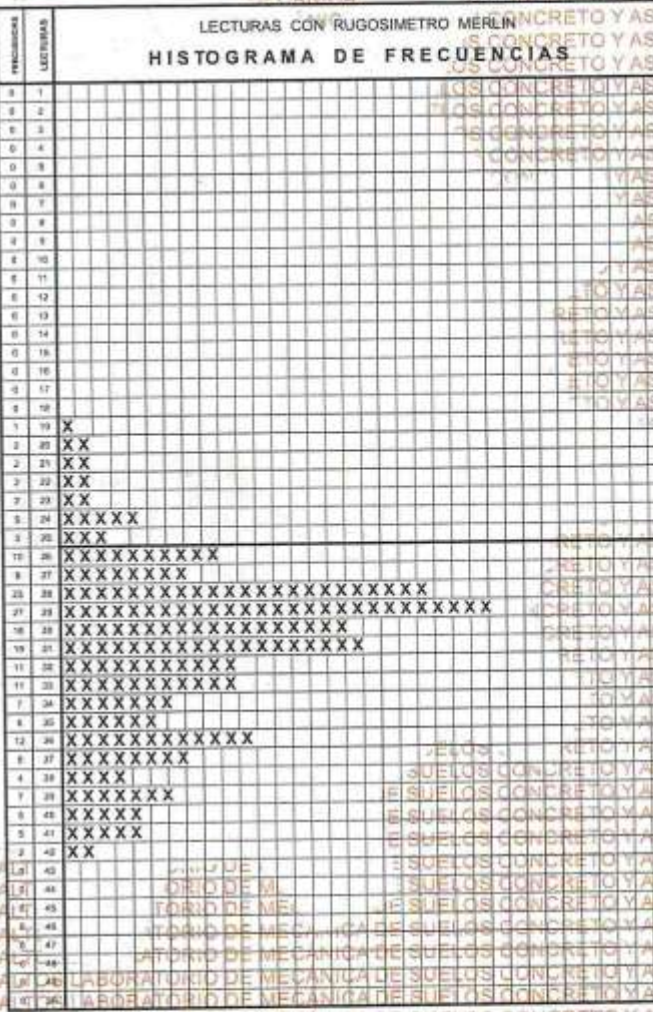
HISTOGRAMA (D) = LEVANTAMIENTO (CE) + CENTRO (DER) + HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (R)

$R = 0.0485 \times D$ Cuando $IRI < 2.4$

	LEVANTAMIENTO (CE)	CENTRO (DER)	HUNDIMIENTO (D)
TOTALES COLUMNAS			5
EXTREMAS			
LECTURAS CONSIDERADAS			0.2 AS
FRACCIONES	0.80	15	0.40
RESULTANTES			
SUMA FRACCIONES (CE + CD)		16.20	
Rango "D"		89.51	
IRI		4.34	

Observaciones:



Observaciones:

[Signature]
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS			
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025		
SOLICITANTE	BLADIMIR GILBERTO MONTUÑA VILLEGAS		
LUGAR	JULIACA - CARACOTO		
FECHA	22/07/2025	Lado	Izquierdo
PROGRESIVA	3+000	Longitud	400 m

DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD (EQUIPO TIPO MERLIN)

LECTURAS CAMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	27	31	32	27	33	33	34	23	34	33
2	44	31	33	31	30	30	38	41	30	34
3	31	31	34	30	33	24	36	29	33	22
4	25	34	32	36	43	38	37	31	34	24
5	38	35	31	41	39	37	37	33	34	30
6	26	35	24	20	37	37	29	33	34	40
7	34	33	32	29	25	25	40	31	28	32
8	36	38	29	33	32	32	40	40	34	32
9	36	36	29	33	34	29	33	42	32	31
10	36	35	23	34	33	34	33	36	32	37
11	36	35	34	31	33	34	32	36	37	37
12	33	30	36	37	34	34	32	36	30	27
13	44	36	38	42	34	37	31	31	33	33
14	45	40	35	28	37	37	39	31	33	29
15	28	29	36	40	40	40	37	29	30	25
16	30	29	35	33	34	34	27	32	24	25
17	31	44	35	33	34	34	30	40	29	26
18	43	27	35	34	26	26	30	20	41	42
19	34	30	35	27	31	31	29	37	41	26
20	34	27	29	40	23	23	30	36	41	30

CONTROL CANTIDAD MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 1.105

CÁLCULO DE "D"

$$D = (12Q + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

CE = CENTRO DER = HUNDIMIENTO

CÁLCULO DE "H" (IRI)

$$R = 0.0485 \times D \text{ Cuando } IRI < 2.4$$

	LEVANTA MIENTO	CENTRO	HUNDIMIENTO
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	5		5
LECTURAS CONSIDERADAS	5		5
FRACCIONES RESULTANTES	1.00	15	1.00
SUMA FRACCIONES	17.00		
Rango "D"	93.93		
IRI	4.56		

Observaciones:

LECTURAS CON RUGOSÍMETRO MERLIN										
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										

Observaciones:

INVESTIGADOR: NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
De: Amalio Yana Torres
CIP: 103257



Tipo de Dño	1. Deformación		3. Deformación por deficiencia estructural		5. Reparaciones o parchados		7. Baches (Huecos)		9. Estructón		10. Daños Puntuales	
	2. Figuras longitudinales		4. Abultamiento		6. Peladura y Desprendimiento		8. Fisura transversales		11. Descripción Crazeo - Berria			
Nivel de Gravedad	0. Sin Deterioro		1. Leve		2. Moderada		3. Severa					
Clase de Densidad	Solo se Aplica al Tipo de Dño 3. Baches ó Huecos											



Tipo de Daño	1. Deformación	3. Deformación por deficiencia estructural	5. Reparaciones o parchados	7. Baches (Huecos)	9. Exudación	10. Daños Puntuales
	2. Figuras longitudinales	4. Abuelamiento	6. Peladura y Desprendimiento	8. Fisuras transversales	11. Desnivel Curbado - Borne	
Nivel de Gravedad	0. Sin Dañitos	1. Leve	2. Moderada	3. Severa		
Clase de Denuncia	Solo se Aplica al Tipo de Daño 3, Baches o Huecos					



Tipo de Daño	1. Deformación		3. Deformación por deficiencia estructural		5. Reparaciones o parchados		7. Baches (huecos)		9. Exudación		10. Daños Perforación	
	2. Figuras longitudinales		4. Abultamiento		6. Pezallas y Desmembramiento		8. Fisuras transversales		11. Desnivel Cagada - Barma			
Nivel de Gravedad	0. Sin Deterioro		1. Leve		2. Moderada		3. Severa					
Clase de Densidad	Solo se Aplica al Tipo de Daño 3. Baches o Huecos											

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial R.D. N° 08-2014 MTC/14 - R.D. N° 05-2016 MTC /14				
código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	I (Área deteriorada)
1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0,5 m) sin material suelto	7,0	0
		2: Malla mediana (entre 0,3 y 0,5 m) sin o con material suelto	7,0	0
		3: Malla pequeña (≤ 0,3 m) sin o con material suelto	7,0	56
2	Figuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm)	7,0	0
		2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)	7,0	0
		3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	7,0	0
3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	7,0	0
		2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm	7,0	0
		3: Profundidad > 4 cm	7,0	0
4	Ahuecamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm	7,0	0
		2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm	7,0	225
		3: Profundidad > 12 mm	7,0	0
5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.	7,0	0
		2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.	7,0	0
		3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	7,0	300
6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).	7,0	0
		2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.	7,0	0
		3: Continuo con aparición de la base granular.	7,0	0
7	Baches (huecos)	1: Diámetro < 0,2 m	7,0	0
		2: Diámetro entre 0,2 y 0,5 m	7,0	30
		3: Diámetro > 0,5 m	7,0	0
8	Fisuras transversales	1: Fisuras finas (ancho ≤ 1 mm)	7,0	0
		2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)	7,0	0
		3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	7,0	480
9	Exudación	1: Puntual	7,0	0
		2: Continua	7,0	0
		3: Continua con superficie viscosa	7,0	0
10	Daños Puntuales	1: Daños puntuales, baches o huecos, erosión	7,0	0
		2: Daños en menos del 30% de la longitud	7,0	0
		3: Daños en más del 30% de la longitud	7,0	0
11	Desnivel Calzada - Bermas	1: Deseñel leve < 15 mm.	7,0	0
		2: Deseñel moderado entre 15 y 50 mm.	7,0	0
		3: Deseñel severo > 50 mm.	7,0	0

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial R.D. N° 08-2014 MTC/14 - R.D. N° 05-2016 MTC /14

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial R.D. N° 08-2014 MTC/14 - R.D. N° 05-2016 MTC /14

Código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ (Áreas deterioradas)
1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0,5 m) sin material suelto	7,0	360
		2: Malla mediana (entre 0,3 y 0,5 m) sin o con material suelto	7,0	0
		3: Malla pequeña (≤ 0,3 m) sin o con material suelto	7,0	0
2	Figuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm)	7,0	0
		2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)	7,0	332
		3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	7,0	0
3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	7,0	0
		2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm	7,0	0
		3: Profundidad > 4 cm	7,0	0
4	Ahuecamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm	7,0	0
		2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm	7,0	0
		3: Profundidad > 12 mm	7,0	0
5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.	7,0	0
		2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.	7,0	0
		3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	7,0	720
6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).	7,0	0
		2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.	7,0	0
		3: Continuo con aparición de la base granular.	7,0	148,5
7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0,2 m	7,0	0
		2: Diámetro entre 0,2 y 0,5 m	7,0	0
		3: Diámetro > 0,5 m	7,0	0
8	Fisuras transversales	1: Fisuras finas (ancho ≤ 1 mm)	7,0	198
		2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)	7,0	0
		3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	7,0	0
9	Exudación	1: Puntual	7,0	0
		2: Continua	7,0	0
		3: Continua con superficie viscosa	7,0	0
10	Daños Puntuales	1: Daños puntuales, baches o huecos, erosión	7,0	0
		2: Daños en menos del 30% de la longitud	7,0	0
		3: Daños en más del 30% de la longitud	7,0	0
11	Desnivel Calzada - Berma	1: Desnivel leve < 15 mm.	7,0	0
		2: Desnivel moderado entre 15 y 50 mm.	7,0	0
		3: Desnivel severo > 50 mm.	7,0	0

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial
R.D. N° 08-2014 MTC/14 - R.D. N° 05-2016 MTC /14

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial R.D. N° 08-2014 MTC/14 - R.D. N° 05-2016 MTC /14				
Código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Areas deterioradas)
1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande ($> 0,5$ m) sin material suelto	7,0	0
		2: Malla mediana (entre 0,3 y 0,5 m) sin o con material suelto	7,0	0
		3: Malla pequeña ($\leq 0,3$ m) sin o con material suelto	7,0	270
2	Figuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm)	7,0	0
		2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)	7,0	0
		3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	7,0	225
3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	7,0	0
		2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm	7,0	0
		3: Profundidad > 4 cm	7,0	0
4	Ahuecamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm	7,0	0
		2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm	7,0	420
		3: Profundidad > 12 mm	7,0	0
5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.	7,0	0
		2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.	7,0	0
		3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	7,0	1120
6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).	7,0	0
		2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.	7,0	0
		3: Continuo con aparición de la base granular.	7,0	0
7	Baches (Huecos)	1: Diámetro $< 0,2$ m	7,0	0
		2: Diámetro entre 0,2 y 0,5 m	7,0	0
		3: Diámetro $> 0,5$ m	7,0	0
8	Fisuras transversales	1: Fisuras finas (ancho ≤ 1 mm)	7,0	0
		2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)	7,0	0
		3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	7,0	0
9	Exudación	1: Puntual	7,0	0
		2: Continua	7,0	0
		3: Continua con superficie viscosa	7,0	0
10	Daños Puntuales	1: Daños puntuales, baches o huecos, erosión	7,0	0
		2: Daños en menos del 30% de la longitud	7,0	0
		3: Daños en más del 30% de la longitud	7,0	0
11	Desnivel Calzada - Berma	1: Deseñel leve < 15 mm.	7,0	0
		2: Deseñel moderado entre 15 y 50 mm.	7,0	0
		3: Deseñel severo > 50 mm.	7,0	0



Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Carreteras y Ferrocarriles

Norma de Consulta: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
R.D. Nº 00-0211-MTC-11-R.D. Nº 00-0211-MTC-11

CALIFICACIÓN PARA CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA DE LA CAPA DE RODADURA POR SECCIONES DE 200M DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE

TRAMO 01: 01+000 - 02+000													
Código de Deterioro	Secciónes y Faltas	Descripción (D)	Medidas				Gravedad Promedio ponderada	Puntaje de Condición según Severidad de cada Tipo de Deterioro o Faltas				Puntaje de Condición ponderado por cada Tipo de Deterioro o Faltas	
			Área de Deterioro (m²) (A _D) Longitud del Deterioro (m) (L _D)	Área de la Sección (m²) (A _S) Longitud de la Sección (m) (L _S)	Área de la Sección (m²) (A _S) Longitud de la Sección (m) (L _S)	Área de la Sección (m²) (A _S) Longitud de la Sección (m) (L _S)		0.5m Severidad 0	1.0m Severidad 1	1.5m Severidad 2	2.0m Severidad 3		
1	Flechas	1. Flecha global (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 1 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Flecha local (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 2 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	Fisuras longitudinales	1. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 3 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 4 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	Fisuras transversales	1. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 5 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 6 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	Fisuras longitudinales	1. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 7 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 8 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	Fisuras transversales	1. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 9 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 10 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	Fisuras longitudinales	1. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 11 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 12 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	Fisuras transversales	1. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 13 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 14 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	Fisuras longitudinales	1. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 15 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 16 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	Fisuras transversales	1. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 17 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 18 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	Fisuras longitudinales	1. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 19 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura longitudinal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 20 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	Fisuras transversales	1. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en toda la sección	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 21 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2. Fisura transversal (≥ 0.01 m) en una o más secciones	Área (A _D) = Sección 1 Deterioro 22 A _D = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Suma de Puntaje de Condición													

TABLA DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (SMB)									
TRAMO 01: 01+000 - 02+000	Calificación de condición	1000-25 Puntaje de Condición	722.06						
	Grado	0.000	REGULAR						
	Medio	0.000 y 0.000							
	Bajo	0.000							
	SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIÓDICO								
Reconstrucción - Rehabilitación		Conservación periódica				Conservación ordinaria			
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000



CALIFICACIÓN PARA CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA DE LA CAPA DE RODADURA POR SECCIONES DE 200M DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE



Manual de Gestión, Mantenimiento y Conservación 100
R.0. N° 002-01 MTC/14-15 N° 00201 MTC/14

CALIFICACIÓN PARA CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA DE LA CAPA DE RODADURA POR SECCIONES DE 200M DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE

TRAMO 03: 3+000 - 3+500														
Estado de la Ruta	Señalamiento y Faltas	Observaciones	Medidas					Evaluación Promedio Ponderada	Puntaje de Calificación según Extensión de Cada Tipo de Daño				Puntaje de Calificación Promedio por cada Tipo de Daño	
			Área de Daño (m²) (1000)	Área de Daño (m²) (1000)	Área de Daño (m²) (1000)	Área de Daño (m²) (1000)	Área de Daño (m²) (1000)		0.5m	1.0m	1.5m	2.0m		
1	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	300.0	7.0	207.0	1400.0	20.71	627.04					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
2	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
3	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
4	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
5	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
6	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
7	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
8	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
9	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
10	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
11	Pavimento flexible	1. Área grande (≥ 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₁) Datos 1 (Observación 1) A ₁ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00					
		2. Área mediana (entre 0.2 y 0.5 m²) en pavimento flexible	Área (A ₂) Datos 1 (Observación 2) A ₂ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	$20 \times (207.0 \times A_{21} + 107.0 \times A_{22} + 107.0 \times A_{23} + 107.0 \times A_{24})$	0	0.00 × 100	0.00 × 100	0.00
		3. Área pequeña (≤ 0.2 m²) en pavimento flexible	Área (A ₃) Datos 1 (Observación 3) A ₃ = Longitud × Ancho (desarrollado)	0.0	7.0	207.0	1400.0	0.00	0.00	33.71	0	0	0.00 × 100	0
Suma de Puntaje de Calificación												723.25		

TABLA DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (200M)

TRAMO 03: 3+000 - 3+500	Calificación de Condición		SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PREVENTIVO									
	Calificación	Puntaje de Calificación	Mantenimiento preventivo					Mantenimiento correctivo				
Bueno	1000	1000										
	900	900										
	800	800										
Regular	700	700										
	600	600										
	500	500										
Mala	400	400										
	300	300										
	200	200										

CLASIFICACIÓN PARA CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA DE LA CAPA DE RODADURA POR SECCIONES DE 200M DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE



PERU Ministerio de Transportes y Comunicaciones

www.elsevier.com/locate/ymbs

**Dirección General
de Carreteras y
Ferrocarriles**

Manual de Carrière: Metamorfosis a Concreción del
S.O. Nº 0011107214 - R.E. Nº 08-03AMC2.93

CALIFICACIÓN PARA CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA DE LA CAPA DE RODADURA POR SECCIONES DE 200M DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE

TRAMO C3 3+000 - 4+000

Código de la obra	Descripción / Píedra	Especificación (P)	Medición				Medición				Medición				Puntaje de la Sección según Descripción de Cada Tipo de Descripción (m)	Puntaje de la Sección según Descripción de Cada Tipo de Descripción (m)
			Área de Bascorina (m²) [P] Área de Bascorina (m²) Longitud del elemento (m)	Área de Bascorina (m²) Área de Bascorina (m²) Longitud del elemento (m)	Área de la Sección (m²) Área de la Sección (m²) Longitud del elemento (m)	Longitud de la Sección (m) Longitud de la Sección (m) Longitud del elemento (m)	Área de la Sección (m²) Área de la Sección (m²) Longitud del elemento (m)	Perímetro de la Sección (m) Perímetro de la Sección (m) Longitud del elemento (m)	Perímetro (m) Perímetro (m) Longitud del elemento (m)	1. Bascorina (m²) 1. Bascorina (m²) 1. Bascorina (m²)	2. Bascorina (m²) 2. Bascorina (m²) 2. Bascorina (m²)	3. Bascorina (m²) 3. Bascorina (m²) 3. Bascorina (m²)	4. Bascorina (m²) 4. Bascorina (m²) 4. Bascorina (m²)			
1	Pavimento asfáltico	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
2	Pavimento asfáltico	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
3	Cimentación de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
4	Alcantarilla	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
5	Requerimiento de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
6	Requerimiento de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
7	Requerimiento de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
8	Requerimiento de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
9	Requerimiento de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
10	Requerimiento de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
11	Requerimiento de la estructura	1. Sección general (1.0 m) en el eje central	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₁) [Sección 1] A ₁ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		2. Sección general (0.5 m) en el eje central	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₂) [Sección 2] A ₂ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	
		3. Sección general (0.2 m) en el eje central	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0.0	7.0	200.0	140.0	0.50	0.20	Área (A ₃) [Sección 3] A ₃ = Longitud x Ancho (m²)	0	0	0	0	0	

Score de Puntaje de la Sección 100.00

TARIFA DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (200M)

TRANS 60 3+033 avión	Calificación de servicio		4200-27Puntaje de Calidad 37	764.32
	Requis	2.500	99 (99.00)	
	Requis	2.500 x 11 = 27.500		
	Mejor	27.500		

SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERMANENTE									
Recomendación - Evaluación			Conservación periódica				Conservación actual		
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

CALIFICACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE 4 Km (TRAMOS DE 200m)

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
00+000 - 1+000	1+000 - 2+000	2+000 - 3+000
722.00	733.29	768.57

CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN PROMEDIO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

CP = 726.60

Buena	> 800
Regular	> 300 y <= 800
Mala	<= 300

REGULAR

SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIODICO									
Reconstrucción - Rehabilitación					Conservación periódica				
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL



2018

R.D. N° 08 - 2014 - MTC/14
INCORPORACIÓN PARTE IV
R.D. N° 05 - 2016 - MTC/14

CAPÍTULO 3 NIVELES DE SERVICIO

3.1 Definición de niveles de servicio

Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

En la conservación vial por niveles de servicio, las actividades se realizan para cumplir los estándares admisibles y no se miden por las cantidades ejecutadas. Es obligación del ejecutor de la conservación vial tener la carretera en las condiciones establecidas, en tal sentido el criterio de pago es el cumplimiento de los estándares de calidad previstos.

Para la medición o determinación de los niveles de servicio, en los cuadros siguientes se presentan los niveles de servicio por tipo de vía, para los siguientes componentes:

1. Plataforma y taludes
2. Calzada de afirmado
3. Pavimentos flexibles – calzada y berma
4. Pavimentos rígidos – calzada y berma
5. Drenaje superficial, drenaje subterráneo y muros
6. Señalización y dispositivos de seguridad vial
7. Derecho de vía
8. Túneles y obras complementarias
9. Puentes

1. Para la conservación de la plataforma y de los taludes

Tipo de Vía				
Autopista 1 ^{ra} clase	Autopista 2 ^{da} clase	Carretera 1 ^{ra} clase	Carretera 2 ^{da} Clase	Carretera 3 ^{ra} Clase
IMD > 6000	4001 ≤ IMD ≤ 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	400 ≤ IMD ≤ 2000	IMD < 400

Niveles de servicio para: PLATAFORMA

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio							
Reducción del ancho de plataforma	Porcentaje máximo de reducción del ancho	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Existencia de obstáculos	Porcentaje máximo de obstáculos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Niveles de servicio para: TALUDES

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio							
Existencia de Elementos peligrosos en el talud	Porcentaje máximo de elementos peligrosos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Erosión de taludes	Porcentaje máximo de erosión de taludes	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%



2. Para la conservación de la calzada de afirmado

Niveles de servicio para: CALZADA DE AFIRMADO

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio
Deformación	Porcentaje máximo de área con deformaciones mayores 50 mm.	5%
Erosión	Porcentaje máximo de área con erosión mayor a 50 mm	10%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con baches (huecos)	0%
Encalaminado	Porcentaje máximo de área con encalaminado	10%
Lodazal y cruce de agua	Porcentaje máximo de áreas con lodazal y cruces de agua	5%
Rugosidad obras nuevas	Rugosidad característica del tramo obra nueva	5.0 IRI _c (*)
Rugosidad con mantenimiento periódico	Rugosidad característica del tramo con mantenimiento periódico	6.0 IRI _c (*)
Rugosidad durante el período de servicio	Rugosidad característica del tramo en período de servicio	8.0 IRI _c (*)

(*) IRI característico (IRI_c), a la confiabilidad de 70%

$$IRI_c = IRI_p + 0.524 \times d_s$$

$$IRI_p = \text{IRI promedio}$$

$$d_s = \text{desviación estándar}$$

Fuente: Elaboración Propia, en base a Contratos por Niveles de Servicio, Tabla de parámetros globales del HDM4, Manual de Suelos y Pavimentos del MTC.



3. Para la conservación de pavimentos flexibles – calzada y berma

3a.	Niveles de servicio para: CALZADA (Tratamiento Superficial)	Nivel de Servicio Tipo de Vía				
		Autopista 1 ^{ra} clase	Autopista 2 ^{da} clase	Carretera 1 ^{ra} clase	Carretera 2 ^{da} clase	Carretera 3 ^{ra} Clase
		IMD > 6000	4001 ≤ IMD ≤ 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	400 ≤ IMD ≤ 2000	IMD < 400
Parámetro	Medida					
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	-	-	-	-	0%
Fiuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	-	-	-	-	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	-	-	-	-	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	-	-	-	-	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	-	-	-	-	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	-	-	-	-	0%
	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	-	-	-	-	5%
Peladura y Desprendimiento	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	-	-	-	-	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	-	-	-	-	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	-	-	-	-	0%
Fiuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	-	-	-	-	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	-	-	-	-	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (TSB nuevo)	-	-	-	-	3.0 IRI _e (1)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (TSB con Recapa Asfáltica)	-	-	-	-	3.5 IRI _e (1)
Rugosidad Periodo de Servicio	Rugosidad característica del tramo (TSB Periodo de Servicio)	-	-	-	-	4.3 IRI _e (1)
Fricción Superficial	Coefficiente de fricción medido en pavimento mojado	-	-	-	-	No menor de 0.50

(*) De acuerdo al Manual de Suelos y Pavimentos del MTC las superficies de rodadura con Tratamiento Superficial se aplican en caminos con IMD ≤ 400 no obstante en caso de presentarse Tratamientos Superficiales en Caminos con IMD > 400 vehículos, los niveles de servicio serán los que determine la Entidad encargada de la Conservación Vial.

(1) IRI_e = IRI_p + 0.524 x ds

IRI_e = IRI promedio
ds = desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia, en base a Contratos de Concesión Vial, Contratos por Niveles de Servicio, Tabla de parámetros globales del HDM4, Manual de Suelos y Pavimentos del MTC.

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial
R.D. N° 08-2014 MTC/14 - R.D. N° 05-2016 MTC /14



Niveles de servicio para: CALZADA (Concreto Asfáltico)		Nivel de Servicio Tipo de Vía				
Parámetro	Medida	Autopista 1 ^{ra} clase IMD > 6000	Autopista 2 ^{da} clase 4001 ≤ IMD ≤ 6000	Carretera 1 ^{ra} clase 2001 ≤ IMD ≤ 4000	Carretera 2 ^{da} Clase 400 ≤ IMD ≤ 2000	Carretera 3 ^{ra} Clase IMD < 400
Piel de Cocodrillo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrillo	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	3%	3%	3%	5%	5%
Información por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	0%	0%	0%	0%	5%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de parches en mal estado	0%	0%	0%	0%	0%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	0%	0%	5%	5%	5%
Peladuras y Desprendimientos	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	0%	0%	0%	0%	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	2%	2%	2%	5%	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	0%	0%	0%	0%	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo)	2.0 IRI _c (1)	2.0 IRI _c (1)	2.2 IRI _c (2)	2.4 IRI _c (3)	2.8 IRI _c (5)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (con Recapa Asfáltica)	2.5 IRI _c (1)	2.5 IRI _c (1)	2.7 IRI _c (2)	2.9 IRI _c (3)	3.3 IRI _c (5)
Rugosidad Periodo de Servicio	Rugosidad característica del tramo (Periodo de Servicio)	3.3 IRI _c (1)	3.3 IRI _c (1)	3.5 IRI _c (2)	3.7 IRI _c (3)	4.1 IRI _c (5)
Fricción Superficial	Coefficiente de Fricción medido en pavimento mejorado	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.50	No menor de 0.50

(1) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 95%. IRI_c = IRI_p + 1,645 x d_s
 (2) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 90%. IRI_c = IRI_p + 1,282 x d_s
 (3) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 85%. IRI_c = IRI_p + 1,036 x d_s
 (4) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 80%. IRI_c = IRI_p + 0,842 x d_s
 (5) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 75%. IRI_c = IRI_p + 0,674 x d_s
 IRI_p = IRI promedio
 d_s = desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia, en base a Contratos de Concesión Vial, Contratos por Niveles de Servicio, Tabla de parámetros globales del HDM4, Manual de Suelos y Pavimentos del MTC.

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial
 R.D. N° 08-2014 MTC/14 - R.D. N° 05-2016 MTC/14



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 15-01-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BLADIMIR GILBERTO MONTURA VILLEGAS
Dirección: CENTRO POBLADO CASPA ANEXO COLPAJAHUIRA
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70083696
Teléfono: 974 760 075 email: bladi.bgmu@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: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐
Título: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR
MEDIO DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO E ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL EN LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025
Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTADO SUPERFICIAL, ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL, NIVEL DE
SERVICIO, PAVIMENTO FLEXIBLE, RUGOSÍMETRO DE MERLÍN
¿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

15-01-2026

Fecha