



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



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL
DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN
DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA – CALAPUJA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA – CALAPUJA 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1054-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7970 presentado por el (la) Bachiller: **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI** 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. **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 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. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : viernes 19 de septiembre del 2025
- **HORA** : 11:00 horas
- **LUGAR** : Aula 406 - 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.

cc:
Archivo
interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP: 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1049-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de septiembre del 2025.

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7822, presentado por el señor (a) **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 173-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 548-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 173-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 548-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 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 del Director de la Unidad 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, 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 **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** 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 Cs. PURAS

Dr. OSCAR V. VIANCONTE CALLA
DECANO (e)
C.I.P. 32730

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



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



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 548-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 5687 por el señor (a): **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 386- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 004- 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): **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 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° 004- 2025 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 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): **ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 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. MILTHON QUISPE HUANCA**.

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 CIENCIAS PURAS

Dr. O. Y. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
C.R. 32730

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Félix Wilfrido Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 173-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 585, presentado el señor (a) ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 074-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 010-2025 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): ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 010-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 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. MILTHON QUISPE HUANCA.

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 CIENCIAS PURAS

[Signature]

M. Y. VICENTE LUCARPAGAARMAZA DECANO (e) CIP. 70903



OFICINA DE INVESTIGACIÓN VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

[Signature] Dr. Francisco Yana Torres Director UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

An. Itiro / Informado (s)



15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

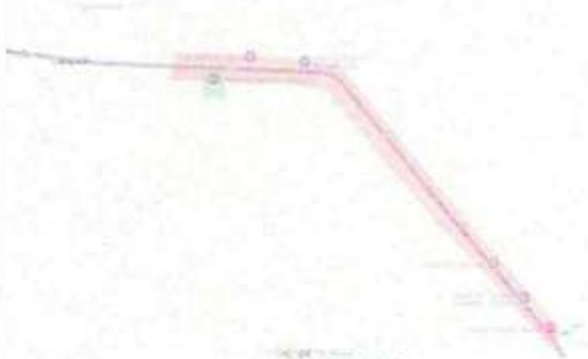
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA – CALAPUJA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74241461
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-0617-0807
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	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Distrito: Calapuja Latitud: S 15° 19' 04" Longitud: O 70° 13' 27"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/9pciHibSeC5WU19</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2025 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>
- Librería	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI, identificado con DNI Nro. 74241461, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 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 07 de octubre del 2025


Firma del Asesor (obligatoria)


Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, fuente de mi fortaleza y esperanza, por iluminar mi camino y permitirme alcanzar este sueño tan anhelado de obtener mi título profesional.

Con todo mi amor y gratitud, a mis padres, Oscar Oswaldo Mucho Ramos y Paulina Yanqui Quilla, quienes con su ejemplo, sacrificio y apoyo incondicional me enseñaron a nunca rendirme y a luchar con esfuerzo y humildad. A mi hermana y a mis queridas sobrinas, por regalarme siempre cariño sincero y alegría en mi vida. A mi familia en su conjunto, que con palabras de aliento y abrazos de motivación me sostuvieron en los momentos más difíciles y celebraron cada pequeño logro conmigo.

Extiendo esta dedicatoria también a mi país, que me brinda la oportunidad de crecer y aportar con mi esfuerzo; a mis docentes, por compartir su sabiduría con paciencia y entrega; y a mi carrera de Ingeniería Civil, que se convirtió no solo en un camino académico, sino en una verdadera pasión que me impulsa a servir a la sociedad con responsabilidad y compromiso.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser guía y fortaleza en este camino; a mis docentes de cada etapa académica, por el conocimiento y disciplina que forjaron mi formación; a mis padres, Oscar Oswaldo Mucho Ramos y Paulina Yanqui Quilla por su sacrificio, esfuerzo y por inculcarme valores de respeto, honestidad, lealtad y un amor incondicional que han marcado mi vida. A mi familia, por sostenerme en los momentos más difíciles, y a mis ingenieros y maestros de la carrera de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas y apoyo en cada desafío.

Concluyo este agradecimiento con una frase que me inspira en esta profesión La Ingeniería Civil es más que una profesión: es la misión de transformar la realidad en obras que perduren en el tiempo y den esperanza a las generaciones futuras.”.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática	5
1.2	Planteamiento del problema	6
1.2.1	Problema general	6
1.2.2	Problemas específicos.....	7
1.3	Objetivos de la investigación	7
1.3.1	Objetivo general	7
1.3.2	Objetivos específicos.....	7
1.4	Justificación de la investigación	7
1.4.1	Justificación técnica.....	7
1.4.2	Justificación económica.....	8
1.4.3	Justificación social	8
1.4.4	Justificación ambiental.....	9
1.5	Hipótesis de la investigación.....	9
1.5.1	Hipótesis general.....	9
1.5.2	Hipótesis específicas.....	10
1.6	Variables	10
1.6.1	Variable independiente	10
1.6.2	Variable dependiente.....	10
1.7	Operacionalización de variables	11



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 12
2.1.1 Antecedentes internacionales..... 12
2.1.2 Antecedentes nacionales..... 14
2.1.3 Antecedentes regionales 16
2.2 Bases teóricas 18
2.2.1 Pavimento 18
2.2.2 Evaluación de pavimentos..... 24
2.2.3 Evaluación funcional..... 26
2.2.4 Rugosidad 28
2.2.5 Factores que influyen en la rugosidad de los pavimentos 32
2.2.6 Rugosímetro de merlín 34
2.2.7 Evaluación estructural 36
2.2.8 Deflectometría 37
2.2.9 Medición de las deflexiones con la Viga Benkelman..... 40
2.3 Marco conceptual 42

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación 44
3.2 Tipo de la investigación 45
3.3 Nivel de la investigación 45
3.4 Diseño de la investigación 46
3.5 Métodos de la investigación..... 46
3.6 Población y muestra de la investigación 47
3.6.1 Población..... 47
3.6.2 Muestra 47
3.7 Técnicas e instrumentos 48
3.7.1 Técnicas 48
3.7.2 Instrumentos..... 48
3.8 Validación y confiabilidad del instrumento 49
3.8.1 Validación..... 49
3.8.2 Confiabilidad..... 49
3.9 Procedimiento de recolección de datos 50



3.10	Procesamiento y análisis de datos.....	57
------	--	----

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	58
4.1.1	Capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría.....	58
4.1.2	Nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad.....	67
4.1.3	Alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad	79
4.2	Discusión de resultados.....	81
CONCLUSIONES.....		83
RECOMENDACIONES.....		85
BIBLIOGRAFÍA.....		86
ANEXOS		92



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	11
Tabla 2	Parámetros	28
Tabla 3	Medición en campo-Carril derecho	59
Tabla 4	Medición en campo-Carril izquierdo.....	60
Tabla 5	Deflexiones y radios de curvaturas calculados-Carril derecho	61
Tabla 6	Deflexiones y radios de curvaturas calculados-Carril izquierdo.....	63
Tabla 7	Comportamiento del pavimento según resultados	67
Tabla 8	Lecturas de ensayos (4+000 a 4+400) km.....	68
Tabla 9	Conteo de desviaciones (4+000 a 4+400) km.....	68
Tabla 10	IRI-(4+000 a 4+400) km.....	69
Tabla 11	Lecturas de ensayos (4+400 a 4+800) km	70
Tabla 12	Conteo de desviaciones (4+400 a 4+800) km.....	70
Tabla 13	IRI-(4+400 a 4+800) km.....	71
Tabla 14	Lecturas de ensayos (4+800 a 5+200) km.....	72
Tabla 15	Conteo de desviaciones (4+800 a 5+200) km.....	72
Tabla 16	IRI-(4+800 a 5+200) km.....	73
Tabla 17	Lecturas de ensayos (5+200 a 5+600) km.....	74
Tabla 18	Conteo de desviaciones (5+200 a 5+600) km.....	74
Tabla 19	IRI-(5+200 a 5+600) km.....	75
Tabla 20	Lecturas de ensayos (5+600 a 6+000) km.....	76
Tabla 21	Conteo de desviaciones (5+600 a 6+000) km.....	76
Tabla 22	IRI-(5+600 a 6+000) km.....	77
Tabla 23	Comparativa de IRI.....	78
Tabla 24	Medidas correctivas.....	79



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Capas del pavimento flexible	20
Figura 2	Diagrama de frecuencias	30
Figura 3	Nivel de rugosidad	31
Figura 4	Partes fundamentales	35
Figura 5	Vista transversal.....	35
Figura 6	Deflexión del pavimento.....	38
Figura 7	Viga Benkelman.....	40
Figura 8	Vía de Juliaca a Calapuja.....	50
Figura 9	Plantilla del aforo vehicular	52
Figura 10	Rugosímetro de merlín.....	55
Figura 11	Deflexiones-Carril derecho.....	62
Figura 12	Radios de curvatura-Carril derecho.....	62
Figura 13	Deflexiones-Carril izquierdo	64
Figura 14	Radios de curvatura-Carril izquierdo	64
Figura 15	Comparativa en deflexiones.....	65
Figura 16	Comparativa en radios de curvatura.....	66
Figura 17	Intervalos de desviaciones (4+000 a 4+400) km	69
Figura 18	Intervalos de desviaciones (4+400 a 4+800) km	71
Figura 19	Intervalos de desviaciones (4+800 a 5+200) km	73
Figura 20	Intervalos de desviaciones (5+200 a 5+600) km	75
Figura 21	Intervalos de desviaciones (5+600 a 6+000) km	77
Figura 22	Intervalos de desviaciones (5+600 a 6+000) km	78



RESUMEN

Este estudio, titulado "Evaluación de la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad mediante la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja 2025", tiene como objetivo evaluar la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad del pavimento flexible a través del análisis de cargas de tránsito. La investigación se enmarca dentro de un enfoque mixto y un diseño metodológico no experimental. La evaluación estructural, basada en deflectometría, determinó que la Deflexión Característica (DC) es de 89.74 mm, mientras que la Deflexión Admisible (Dadm) es de 97 mm, confirmando que el pavimento cumple con los criterios de diseño ($DC < Dadm$). Además, el radio de curvatura (RC) obtenido es de 121 m, superando el umbral mínimo de 100 m, lo que indica buena estabilidad estructural. El análisis de tránsito, a partir del aforo vehicular, arrojó un Esfuerzo Equivalente (EE) de 4,757,042.975, evidenciando que el pavimento soporta las cargas previstas en la zona. La evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mostró valores entre 3.50 mm/km y 4.20 mm/km, indicando una transitabilidad aceptable teniendo un promedio de 3.90 mm/km clasificado como "REGULAR". Con base en los resultados obtenidos, se propone como alternativa de intervención la aplicación de correcciones superficiales, tales como bacheo y sellado de fisuras, además del uso de microaglomerados en frío para mejorar la regularidad del pavimento. Considerando que la DC es inferior a la Dadm y que el IRI se encuentra entre 3.50 y 4.20 mm/km, se concluye que la condición del pavimento es funcionalmente aceptable.

Palabras Clave: Capacidad estructural, Nivel de transitabilidad, Pavimento flexible, Deflectometría y IRI.



ABSTRACT

This study, entitled "Evaluation of structural capacity and passability through the application of traffic loads on the flexible pavement of the Juliaca–Calapuja 2025 road," aims to evaluate the structural capacity and passability of flexible pavement through the analysis of traffic loads. The research is based on a quantitative approach and a non-experimental methodological design. The structural evaluation, based on deflectometry, determined that the Characteristic Deflection (DC) is 89.74 mm, while the Allowable Deflection (Dadm) is 97 mm, confirming that the pavement meets the design criteria ($DC < Dadm$). In addition, the radius of curvature (RC) obtained is 121 m, exceeding the minimum threshold of 100 m, which indicates good structural stability. The traffic analysis, based on vehicle counts, yielded an Equivalent Stress (EE) of 4,757,042.975, showing that the pavement can withstand the expected loads in the area. The International Roughness Index (IRI) evaluation showed values between 3.50 mm/km and 4.20 mm/km, indicating acceptable trafficability with an average of 3.90 mm/km classified as "REGULAR." Based on the results obtained, the proposed alternative intervention is to apply surface corrections, such as patching and crack sealing, in addition to the use of cold micro-agglomerates to improve pavement regularity. Considering that the DC is lower than the Dadm and that the IRI is between 3.50 and 4.20 mm/km, it is concluded that the condition of the pavement is functionally acceptable.

Keywords: Structural capacity, Level of trafficability, Flexible pavement, Deflectometry and IRI.



INTRODUCCIÓN

El transporte terrestre es esencial para el desarrollo socioeconómico de una zona, ya que permite el desplazamiento de personas y mercancías, integrando y haciendo crecer la economía. En este sentido, la infraestructura vial debe de proveer seguridad, comodidad y eficiencia al tránsito. Pero la vida útil del pavimento depende de muchos factores, tales como el tráfico que soporta, el clima y el suelo sobre el que se apoya.

"El objetivo es verificar la capacidad estructural del pavimento flexible y su comportamiento bajo cargas vehiculares en esta principal arteria vial". A través de metodologías técnicas y herramientas especializadas se busca determinar el estado actual de la infraestructura y su capacidad para soportar las condiciones de tránsito proyectadas al año 2025. Para ello se emplearán ensayos deflectométricos, rugosímetros y estudios de transitabilidad, los cuales definirán la vida útil restante del pavimento y la necesidad de medidas de mantenimiento o rehabilitación. Además, se analizará la calidad estructural del pavimento en términos de rugosidad y deflexiones.

La investigación se desarrollará en la carretera Juliaca - Calapuja, principal vía de conectividad regional del departamento de Puno, Perú. Esta vía es de vital importancia para el transporte de productos agropecuarios y mercancías, por lo que su buen estado estructural es determinante para garantizar el tránsito vehicular.

Los resultados de esta investigación podrán generar información que sirva de base para la toma de decisiones en la planificación y gestión del mantenimiento vial y contribuir a la sostenibilidad de la infraestructura vial en la región. Espera además que los resultados sirvan para futuras investigaciones y proyectos de optimización de pavimentos flexibles en zonas similares.

Capítulo I: Fundamentos de la Investigación



En este capítulo se definen las variables y se elabora un marco conceptual. Se plantean los objetivos generales y específicos, la justificación de la importancia del estudio, por lo cual se debe dar solución a la problemática planteada. Finalmente, se explicitan las hipótesis de trabajo que guiarán la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico

Aquí se hace una revisión crítica de estudios anteriores y contribuciones de campo. Este marco teórico reconoce las principales teorías y vacíos teóricos, enmarcando la investigación en un contexto teórico que justifique su relevancia.

Capítulo III: Metodología

En este capítulo se describe de manera precisa los métodos, la muestra y el procedimiento del estudio, justificando las técnicas e instrumentos para la recogida y análisis de datos y asegurando la rigurosidad de la investigación.

Capítulo IV: Resultados y Análisis

Los resultados se presentan en tablas y gráficos para una mejor comprensión. Estos se analizan en relación con investigaciones previas, destacando los principales hallazgos, similitudes y diferencias que enriquecen el campo de estudio.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

En muchas regiones del mundo la infraestructura vial está colapsada por el aumento del tránsito pesado, el envejecimiento de los pavimentos y la falta de mantenimiento. En Estados Unidos, Alemania, etc., aunque tienen altos estándares de construcción, el deterioro del pavimento es inevitable por el aumento del parque vehicular y los cambios climáticos extremos. De acuerdo con la American Society of Civil Engineers, el 43% de las carreteras en Estados Unidos están en condiciones deficientes, lo que causa que los conductores gasten más en reparaciones de vehículos y choques. En Latinoamérica es aún más preocupante, ya que la falta de planificación y de inversión en el mantenimiento vial genera un deterioro acelerado de las carreteras, lo que frena el desarrollo económico y la seguridad vial (ASCE, 2021).

En el Perú, la infraestructura vial tiene diversos problemas de materiales, tráfico pesado y falta de inversión en mantenimiento. De acuerdo con el INEI, más del 50% de las vías nacionales y departamentales no tienen un nivel de servicio adecuado, interrumpiendo la conectividad entre regiones y generando sobrecostos en el transporte de carga. Asimismo, el (MTC) informa que no se llega a mantener en condiciones adecuadas las carreteras del país, acelerando su deterioro y reduciendo su vida útil. La circulación por

muchas vías se ve interrumpida, sobre todo en zonas de gran tránsito, donde el tráfico supera la capacidad para la que fue diseñado el firme (INEI, 2023).

La carretera Juliaca - Calapuja es una carretera importante para la conectividad y el comercio en la región. Sin embargo, en los últimos años se ha ido deteriorando por el paso continuo de vehículos pesados, el clima y la falta de mantenimiento preventivo. "Los habitantes y transportistas denuncian huecos, grietas y pérdida de capacidad estructural en varios puntos de la carretera que ponen en peligro la seguridad de los usuarios y aumentan los tiempos de viaje". Pero, sobre todo, la inexistencia de un estudio actualizado de transitabilidad y capacidad estructural del pavimento imposibilita la toma de decisiones para su rehabilitación y conservación.

El estado y la conservación de la infraestructura vial influyen en la eficiencia del transporte y fortalecen el entorno socioeconómico regional. Pero a escala mundial, nacional y local, las fallas estructurales del pavimento y su transitabilidad son un problema que siempre está latente y que afecta la movilidad, seguridad y costos de operación del transporte. La carretera Juliaca - Calapuja, como una de las principales vías de la región Puno, afronta estos problemas, por lo cual es necesario una evaluación técnica para asegurar su funcionamiento en el futuro.

Ante esta situación, es necesario llevar a cabo una evaluación técnica integral para determinar el estado actual de la infraestructura vial y plantear soluciones para mejorar su desempeño y extender su vida útil. La presente investigación pretende proporcionar información fundamental para la administración del mantenimiento vial y así tener mejores condiciones de transitabilidad para el año 2025.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad por medio de la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja 2025?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja?
- b. ¿Cuál es el nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad internacional en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja?
- c. ¿Cuál es la alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad por medio de la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar la capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja.
- b. Determinar el nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad internacional en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja.
- c. Proponer una alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Desde el punto de vista ingenieril, esta investigación permitirá determinar el grado de deterioro del pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, sometiéndolo a cargas de tránsito y así obtener información real sobre su capacidad estructural y deterioro. Se



utilizarán metodologías de vanguardia como la viga Benkelman, rugosidad y aforos de tránsito, las cuales permitirán caracterizar el comportamiento del pavimento en las condiciones actuales y futuras. Los resultados de este estudio proporcionarán información para localizar puntos críticos de la vía que necesitan ser intervenidos o rehabilitados, optimizando los recursos y garantizando una infraestructura segura y eficiente. Además, esta evaluación servirá para la toma de decisiones en futuras intervenciones de pavimentos flexibles en la zona, generando un modelo técnico de análisis replicable.

1.4.2 Justificación económica

El mal estado de las vías se traduce en sobrecostos vehiculares, demoras en el recorrido y mayor consumo de combustible, lo que afecta la economía de transportistas, comerciantes y usuarios en general. Una calle en mal estado aumenta los costos operativos vehiculares por daños en suspensión, neumáticos y otras partes mecánicas. Esta investigación ayudará a mejorar la planificación del mantenimiento vial, disminuyendo costos a largo plazo y garantizando la inversión en infraestructura vial. Además, un pavimento en buen estado permite el flujo vehicular y el transporte de bienes y personas, lo que contribuye al desarrollo económico y hace más competitivo al sector productivo. Desde el punto de vista macroeconómico, el estudio ayudará a disminuir los gastos públicos en rehabilitación vial, al poder aplicar estrategias preventivas en vez de costosas reconstrucciones.

1.4.3 Justificación social

El estado de una carretera influye en la calidad de vida de la población. La ruta Juliaca - Calapuja es una arteria vital que conecta pueblos y ciudades de la región Puno, permitiendo el acceso en condiciones de igualdad a servicios básicos como educación, salud y comercio. Un pavimento en buen estado acorta los tiempos de viaje, mejora la seguridad vial y disminuye la posibilidad de accidentes viales provocados por baches,

grietas y deformaciones en la superficie de rodamiento. Pero, además, mejorando la vialidad, se impulsa el turismo y el comercio en beneficio de los habitantes de las áreas vecinas. La investigación beneficia socialmente en que se mejora la infraestructura vial, en condiciones óptimas para el usuario y se contribuye al bienestar de la sociedad.

1.4.4 Justificación ambiental

El mal estado de las vías produce un alto impacto ambiental, ya que un pavimento en mal estado aumenta el consumo de combustible y, por ende, la emisión de gases nocivos, al perder eficiencia en el rodamiento. Un estudio indica que el buen mantenimiento de las carreteras puede disminuir hasta en un 30% las emisiones de CO₂ y ayudar a frenar el cambio climático. Además, la evaluación estructural del pavimento definirá la necesidad de técnicas de rehabilitación con materiales sostenibles y métodos constructivos de bajo impacto ambiental. Se fomentarán tecnologías que reduzcan el consumo de recursos naturales y se promoverá la utilización de materiales reciclados en la pavimentación, en concordancia con los principios de sostenibilidad y desarrollo responsable. En conclusión, esta investigación es fundamental para mejorar la planificación y gestión de la infraestructura vial y garantizar beneficios técnicos, económicos, sociales y ambientales que contribuyan al desarrollo sostenible de la región.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La capacidad estructural y el nivel de transitabilidad por medio de la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja 2025, se encuentra en regular y transitabilidad regular respectivamente.



1.5.2 *Hipótesis específicas*

- a. La capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, es regular debido a deflexiones que sobrepasan las deflexiones admisibles.
- b. El nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad internacional en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, es regular puesto que solo se tiene fallas a nivel superficial.
- c. La alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, es un mantenimiento rutinario con parcheo y sellados asfálticos.

1.6 Variables

1.6.1 *Variable de caracterización*

- Capacidad estructural.
- Nivel de transitabilidad.
 - Deflexiones máximas, características y radio de curvatura.
 - IRI.

1.6.2 *Variable de interés*

Evaluación del pavimento.

- Estado del pavimento.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definiciones	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Tipo
VC: - Capacidad estructural.	Medición de la capacidad del pavimento para soportar cargas sin fallar.	Resistencia estructural de las capas del pavimento.	Deflexiones máximas, características y radio de curvatura.	Viga de Benkelman	Cuantitativo
- Nivel de transitabilidad.	Medición de la comodidad y seguridad del pavimento para los usuarios.	Estado superficial del pavimento.	IRI (Índice de Rugosidad Internacional), nivel de confort.	Rugosímetro de Merlín	
VI: - Evaluación del pavimento	Evaluación general del estado físico del pavimento.	Estado de la superficie y funcionalidad.	Estado del pavimento, grado de deterioro.	Inspección visual, equipo de monitoreo de pavimento a través de los ensayos realizados	Cualitativo



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Perdomo, (2023) en su estudio "Estado del arte de tecnologías emergentes y metodologías tradicionales para la evaluación de la calidad de pavimentos flexibles", el objetivo de este estudio es comparar las tecnologías tradicionales que se utilizan para la detección de defectos en los pavimentos con las tecnologías emergentes que han surgido con el fin de mejorar el rendimiento del procesamiento de datos y garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos. Para lograr este objetivo, se llevó a cabo una exhaustiva investigación bibliográfica con el fin de determinar las ventajas, los inconvenientes y la viabilidad de aplicar cada tecnología en el contexto de Colombia. En comparación con los enfoques más convencionales, los resultados sugieren que las nuevas tecnologías, como el escaneo láser terrestre y el procesamiento de imágenes mediante drones y cámaras, proporcionan niveles superiores de precisión, eficiencia y fiabilidad. Además, tienen grandes ventajas en cuanto a bajo costo y facilidad de uso, lo cual es un punto a favor. Estas tecnologías se han vuelto más accesibles y ahora se pueden implementar en lugares como Colombia, un país pobre. Pero para que estas tecnologías se apliquen correctamente, se debe planificar adecuadamente y capacitar al personal. El control de



calidad en pavimentos flexibles debe ser un proceso continuo y sistemático. Esto hará posible la identificación y corrección temprana de daños y desgastes, evitando problemas mayores y costosos en el futuro en términos de rehabilitación y mantenimiento. Deben aunarse esfuerzos para promover la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y la colaboración entre entidades públicas y privadas para mejorar la evaluación de pavimentos flexibles en Colombia. En esa misma línea, es crucial fomentar la creación de redes de colaboración, desarrollar regulaciones y programas de capacitación que permitan la adopción de estas tecnologías. En particular, la medición de velocidad de ondas acústicas, el escaneo láser terrestre y la fotogrametría con drones y cámaras han sido identificadas como las tecnologías emergentes con mayor potencial para la evaluación de pavimentos flexibles en Colombia. Estas tecnologías han sido señaladas como las de mayor potencial de aplicación.

Además Gamarra, (2022) en su investigación titulada "Desarrollo de una Herramienta Informática para la Evaluación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en Pavimentos", el presente trabajo ha desarrollado un instrumento informático montado en el entorno de programación LabView para la evaluación del IRI en pavimentos. Para ello se utilizaron técnicas de calibración y algoritmos para ajustar los datos capturados por el acelerómetro de un teléfono móvil. Esta plataforma informática permite tomar datos en terreno y obtener valores de IRI, siendo una solución accesible y eficiente para la evaluación de pavimentos. Para verificar la herramienta creada, se compararon sus resultados con equipos tradicionales como el Dipstick y la aplicación ProVal. Los resultados mostraron que la aplicación es robusta y comparable a los métodos de referencia. Pero aunque estos valores tienen un error pequeño en algunos tramos, se encontraron errores que afectan la exactitud en otros. Al comparar los valores de IRI del Dipstick y la herramienta informática en el primer tramo (Av. Las Acacias), se obtuvo un error porcentual de 1.72%, lo cual es un resultado aceptable. No obstante, la herramienta presentó errores variables de hasta 7.47%, lo que indica la necesidad de ajustes adicionales en su



calibración. En la comparación con la aplicación ProVal, los resultados fueron los siguientes: en el primer tramo (Av. Acacias) se obtuvo un error relativo de 1.43%, con errores variables de hasta 6.79%. En el segundo tramo (Av. Flores), el error relativo fue de 2.37%, con variaciones de hasta 7.31%. Para el tercer tramo (Av. Ñu), el error relativo fue de 3.80%, con errores variables de hasta 5.85%. Finalmente, en el cuarto tramo (Av. Bahamas), el error relativo alcanzó el 8.59%, con variaciones de hasta 12.51%. Estos resultados indican que, si bien la herramienta informática ofrece una alternativa viable para la evaluación del IRI, aún presenta limitaciones en términos de precisión, especialmente en ciertos tramos. No obstante, este trabajo representa un avance significativo en el desarrollo de soluciones informáticas aplicadas a la ingeniería civil, proporcionando una base para futuras mejoras en la evaluación y mantenimiento de pavimentos flexibles.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Apaza, (2023) en su investigación titulada "Propuesta metodológica para la evaluación integral de pavimentos flexibles en la carretera Conococha-Yanacancha", el objetivo de la presente investigación es usar la metodología SEFACE (Serviciabilidad, Falla y Condición Estructural) para determinar el estado del pavimento flexible en la carretera Conococha-Yanacancha. Esta metodología es capaz de hacer una evaluación integral del estado del pavimento en términos funcionales, superficiales y estructurales. La investigación se abordó desde un enfoque cuantitativo y un diseño descriptivo. La población de estudio comprendió los 120 km de afirmado flexible de la carretera Conococha-Yanacancha. Para la toma de datos se emplearon equipos digitales, formatos estandarizados y labores de gabinete, las cuales permitieron realizar un análisis profundo del estado del pavimento. En cuanto a los resultados, la evaluación funcional arrojó valores de serviciabilidad de 2.78, 2.83, 2.97 y 2.83, según la sectorización del tramo estudiado, catalogando a estos sectores en una serviciabilidad regular. Por otro lado, la evaluación superficial reflejó calificaciones superiores a 90, lo que indica una condición excelente de la superficie del pavimento. Respecto a la condición estructural, el Índice de Condición



Estructural (ICE) varió entre 78% y 102%, lo que evidencia estados que van desde críticos hasta regulares. Además, el Índice Medio Diario Anual (IMDA) se estimó en 567, clasificando la carretera como una vía de segunda categoría. A partir de la aplicación de la metodología SEFACE, se establecieron parámetros de codificación que permitieron determinar las intervenciones óptimas necesarias para mejorar el estado del pavimento. Las conclusiones del estudio indican que el primer sector, comprendido entre los kilómetros 0+000 y 47+000, requiere una intervención mediante fresado y recapeo. Del mismo modo, el segundo sector (Km 47+000 al Km 94+000) y el tercer sector (Km 94+000 al Km 109+000) presentan condiciones que demandan el mismo tipo de intervención. Finalmente, el último sector, que abarca desde el kilómetro 109+000 hasta el 117+500, requiere una técnica de reciclado en caliente seguida de recapeo para garantizar la estabilidad y durabilidad del pavimento.

Además Jinchuña, (2020) en su investigación titulada "Evaluación por deflectometría y la rugosidad del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la av. Billinghamurst, tramo: av. Bolognesi – av. Tarapacá – Tacna, 2019, tiene como objetivo evaluar el estado estructural y superficial del pavimento asfáltico de la avenida Billinghamurst. Esta evaluación se llevará a cabo con el fin de mejorar la transitabilidad de los vehículos en la carretera. La longitud del tramo sometido a análisis es de aproximadamente 1500 metros y su anchura es de aproximadamente 6,60 metros. La evaluación se realizó mediante la valoración de la deflectometría y la rugosidad del pavimento flexible. El objetivo del estudio era mejorar la transitabilidad de los vehículos en el tramo de la ciudad de Tacna que se encuentra entre la avenida Bolognesi y la avenida Tarapacá en el año 2019. Durante la evaluación estructural, se utilizó la viga Benkelman. Los resultados del examen revelaron que la deflexión característica (D_c) es superior a la deflexión admisible (D_{adm}), con valores de $133,50 \times 10^{-2}$ mm y $72,30 \times 10^{-2}$ mm, respectivamente. En base a estos resultados, la estructura del pavimento se clasifica como «deficiente», ya que presenta defectos de diseño que deben ser subsanados. En cuanto al examen de la superficie, se

calculó que el índice internacional de rugosidad (IRI) era de 6,0645 metros por kilómetro utilizando el equipo MERLIN. Este valor indica que el pavimento se considera de «mala» calidad. De manera similar, se calculó el índice de servicio actual (PSI) para determinar la transitabilidad de la carretera. El resultado fue un valor de 1,66, lo que equivale igualmente a una calificación de «mal estado de transitabilidad». En conclusión, los resultados obtenidos de la evaluación estructural en forma de deflectometría indican que las deflexiones del pavimento son insuficientes, lo que refleja las dificultades y defectos presentes en su diseño estructural. Además, los valores de rugosidad en ambos carriles, que se indican en el IRI medio, proporcionan una prueba más de que el estado del pavimento es deplorable y que la transitabilidad de la carretera es insuficiente para garantizar que el tráfico fluya de manera adecuada.

2.1.3 *Antecedentes regionales*

Según Mamani, (2022) en su investigación titulada "Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según pendientes longitudinales, en la carretera Ayaviri - Purina, Puno 2022", tiene como objetivo evaluar el comportamiento estructural de los pavimentos flexibles basándose en las pendientes longitudinales presentes. En el proyecto de investigación, que se lleva a cabo en el mundo real, se utilizan una técnica cuantitativa, un diseño experimental y un nivel explicativo. Para evaluar el comportamiento estructural del pavimento flexible, se utilizó la viga Benkelman, además de las pruebas del (IRI) y del (PCI) que se llevaron a cabo. A partir de los datos obtenidos, se puede demostrar que la zona de menor pendiente presenta una deflexión media de $47,83 \times 10^{-2}$ mm, mientras que la zona de mayor pendiente presenta una deflexión de $53,58 \times 10^{-2}$ mm. De manera similar, se estableció que la pendiente más pequeña presentaba una deflexión típica de $67,47 \times 10^{-2}$ mm, mientras que la pendiente más grande presentaba una deflexión de $78,18 \times 10^{-2}$ mm. En las pendientes mínima y máxima, la deflexión crítica se midió en $133,44 \times 10^{-2}$ mm, mientras que la deflexión permitida alcanzó los $129,26 \times 10^{-2}$ mm. Es importante señalar



que estos valores fueron los mismos para ambas pendientes. Se calculó que el (IRI) tenía un valor de 2,25metros por kilómetro en la región con menor pendiente y de 2,35metros por kilómetro en la zona con mayor pendiente. En cuanto al índice de estado del pavimento (PCI), se observó que el pavimento en ambas ubicaciones tenía una calificación de 100, lo que indica que se encuentra en excelentes condiciones generales. Sobre la base de los resultados, se puede afirmar que el pavimento flexible en las regiones con una pendiente mínima presenta un menor grado de deflexión en comparación con las regiones con una pendiente máxima. Además, se observa que las deflexiones medias y características son inferiores a las deflexiones permitidas y críticas, lo que indica que el rendimiento estructural es satisfactorio. En cuanto a la rugosidad, también conocida como IRI, existe una diferencia moderada entre las dos regiones, siendo la pendiente mínima la que presenta un rendimiento superior. Por último, pero no por ello menos importante, los resultados del PCI demuestran que la calidad del pavimento es excelente en ambas situaciones de pendiente.

Además Velasquez, (2021) en su investigación titulada "Evaluación superficial del pavimento flexible para la conservación adecuada aplicando metodologías ASTM D 6433-03, MTC e IRI en la Av. Circunvalación – Puno – 2021", tiene como meta evaluar la necesidad de conservación más adecuada para el pavimento flexible de dicha avenida, empleando tres metodologías: ASTM D.6433-03, MTC e IRI. Para el desarrollo del estudio, se utilizó un enfoque cuantitativo, con un diseño de investigación no experimental, de tipo descriptivo y de nivel comparativo-correlacional. Se llevó a cabo una evaluación superficial del pavimento con base en los criterios de cada metodología, permitiendo identificar diferencias en los resultados y en los tipos de mantenimiento recomendados. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre las metodologías aplicadas. Según la metodología ASTM D 6433-03, el pavimento flexible se encuentra en una condición regular, por lo que requiere rehabilitación en el 71.43 % del tramo evaluado, mientras que el 21.43 % necesita mantenimiento y el 1 % reconstrucción. Por otro lado, de



acuerdo con la metodología MTC, la condición del pavimento es buena, determinándose que el 56 % requiere mantenimiento rutinario y el 44 % mantenimiento periódico. En contraste, bajo la metodología IRI, se identificó una condición regular, con el 75 % del pavimento requiriendo rehabilitación, el 15 % mantenimiento y el 2 % reconstrucción. Al analizar los resultados obtenidos con las tres metodologías, se observa que la metodología MTC presenta diferencias significativas en la evaluación respecto a las otras dos, sugiriendo un criterio de conservación más flexible. No obstante, se concluye que el método ASTM D 6433-03 es el más apropiado para la conservación superficial del pavimento flexible en la Av. Circunvalación, debido a su facilidad de aplicación, la comodidad en la recolección de datos y la no dependencia de equipos especializados para su ejecución.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimento

El pavimento es una estructura de la vía, compuesta por un sistema de capas superpuestas horizontales, construidas con materiales seleccionados y compactados. Principalmente satisface la necesidad de proporcionar una superficie de rodadura por donde puedan circular vehículos en forma segura y eficiente, y que minimice el efecto de cargas repetidas sobre la vía (Donett, 2020).

La estructura de un pavimento se apoya en la subrasante, que es la capa resultante del movimiento de tierras inicial en la etapa de exploración y preparación del terreno. Esta subestructura debe ser lo suficientemente resistente como para soportar las cargas repetitivas del tránsito durante su vida útil de diseño (Chuquispuma, 2021).

Para que un pavimento sea funcional y proporcione seguridad y comodidad al usuario, debe cumplir ciertos requisitos indispensables, tales como:



- Capacidad de soportar cargas de tránsito: El diseño del pavimento debe ser capaz de resistir las cargas inducidas por el tráfico sin deformarse prematuramente y alterar su funcionamiento.
- Resistencia a agentes externos: La exposición constante a la intemperie (sol, temperatura, humedad, agua de lluvia, etc.) puede causar el deterioro gradual de los materiales. Por eso, el pavimento debe tener características que le permitan conservar su estructura en condiciones desfavorables.
- Buena textura superficial: La textura y el relieve del pavimento se deben adecuar a las velocidades de circulación previstas, ya que de ello depende en gran medida la seguridad vial. Una superficie con la textura adecuada proporciona agarre a los neumáticos y evita deslizamientos en condiciones de lluvia. Además, el pavimento debe ser resistente al desgaste producido por el roce continuo de las llantas sobre la superficie.
- Regularidad superficial: El pavimento debe ser uniforme en dirección longitudinal y transversal para proporcionar confort a los usuarios. Las deformaciones excesivas comprometen el confort de marcha y fatigan al usuario.
- Durabilidad: Un pavimento debe ser proyectado para mantener sus características mecánicas y funcionales en el tiempo, evitando intervenciones repetitivas que generan altos costos de mantenimiento.
- Control de ruido de rodadura: El roce de los neumáticos de los vehículos con el pavimento produce un ruido que molesta a quienes van dentro de los vehículos y a quienes viven en las ciudades o en el campo. Debe de diseñar el pavimento con medidas para atenuar este ruido y así disminuir la contaminación sonora.
- Eficiencia económica: "La construcción y conservación del pavimento se han de guiar por criterios de rentabilidad, maximizando la relación coste-beneficio y garantizando una infraestructura sostenible en el tiempo".
- Color y visibilidad apropiados: El color de la superficie del pavimento afecta la percepción visual de los conductores, por lo que se deben evitar los reflejos

excesivos que produzcan deslumbramiento. Un color apropiado mejora la visibilidad de la vía y hace más segura la conducción.

- Capacidad de drenaje: El agua sobre el pavimento reduce la adherencia de los neumáticos y puede provocar hidroplaneo. Por eso, en el diseño de la vía se deben incluir sistemas efectivos de drenaje para remover rápidamente el agua de lluvia y prevenir encharcamientos e infiltraciones que debiliten la estructura del pavimento (Gonzales, 2024).

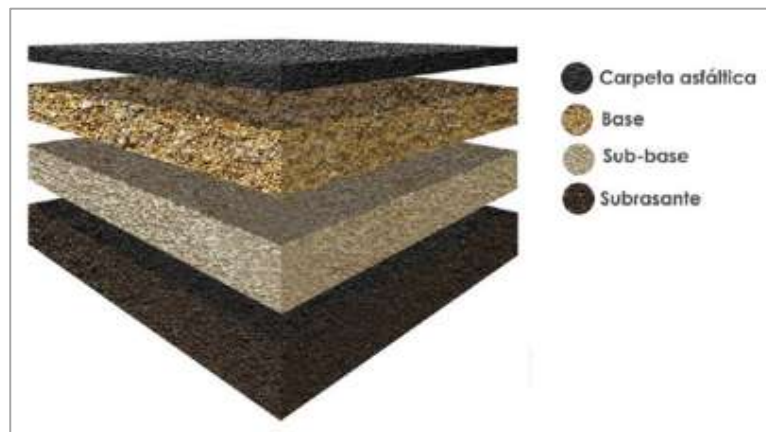
En resumen, el pavimento es un elemento fundamental de la infraestructura vial y su diseño se debe ajustar a diversos factores que afectan su desempeño, seguridad y durabilidad. Una correcta planificación y construcción de las mismas puede extender su vida útil y asegurar óptimas condiciones de transitabilidad para los usuarios.

2.2.1.1 Pavimento flexible

El pavimento flexible es una estructura multicapa en la que se superponen capas de materiales granulares y una capa de rodadura de mezclas bituminosas. Esta estructura es capaz de dispersar las cargas del tránsito a las capas inferiores y garantizar un buen comportamiento en su vida útil (Cabrera & Ochoa, 2020).

Figura 1

Capas del pavimento flexible



Nota. Tomada de (Colana & Torres, 2023).

Como elemento estructural, el pavimento flexible se compone de varias capas, siendo la subrasante, la subbase, la base y la carpeta de rodadura las principales. La combinación y el diseño de estos elementos dependen del tráfico, el tipo de suelo y los requisitos de durabilidad (Colana & Torres, 2023).

▪ **Subrasante**

La subrasante es la capa inferior del pavimento y es el suelo natural sobre el que descansan todas las capas superiores. Su función principal es la de soportar sin deformarse las capas superiores y sin alterar la estabilidad del pavimento (Cordero, 2019).

La subrasante se extiende lo suficientemente profundo como para que las cargas de tráfico no superen la capacidad de carga del suelo. Su resistencia y capacidad de drenaje son fundamentales en el diseño de pavimentos, porque una subrasante deficiente causa hundimientos diferenciales y fallas estructurales prematuras (Mamani & Paricahua, 2021).

▪ **Subbase**

Ubicada directamente sobre la subrasante, la subbase es una capa de material granular de espesor variable, que actúa como capa estructural y de drenaje en el pavimento. Su objetivo es el de servir de soporte a la estructura y distribuir las cargas sobre la subrasante.

Además, esta capa actúa como una barrera de control ante el fenómeno de capilaridad del agua, que es la ascensión de humedad hacia las capas superiores del pavimento. Según las exigencias del diseño estructural, la subbase puede estar constituida por materiales granulares compactados, con CBR \geq 40%. En algunos casos, para mejorar su ejecución, se pueden impregnar con agentes estabilizantes (asfalto, cal o cemento). En

ciertos pavimentos de alta capacidad estructural se puede suprimir la subbase (Intriago, 2022).

▪ **Base**

Sobre la subbase se coloca la base del pavimento, que es la encargada de distribuir las cargas de tránsito. Su función es asegurar la propagación eficiente de los esfuerzos a las capas inferiores sin deformarse y mantener estable la vía.

La base puede ser construida con material granular seleccionado y compactado al menos al 80% CBR. En otras, se decide estabilizar la base con asfalto, cal o cemento, mejorando sus propiedades mecánicas y portantes. Además de su función estructural, la base puede apoyar en la capacidad de drenaje del pavimento, permitiendo la salida del agua y evitando que se acumule humedad en la estructura (Oblitas et al., 2021).

▪ **Carpeta de Rodadura**

Es la capa superior del pavimento, la que soporta el tráfico. Su objetivo es dar una superficie de rodadura segura y confortable, con una adecuada adherencia entre neumáticos y vía. Según el tipo de firme, la capa de rodadura puede estar formada por diferentes materiales. En firmes flexibles se emplean mortero asfáltico, tratamientos superficiales bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío o en caliente (Yuto & Quiñones, 2021).

En el caso de pavimentos rígidos, la superficie de rodadura está conformada por concreto de cemento Portland, mientras que en algunos diseños urbanos se emplean adoquines como material de acabado. Para garantizar una adecuada seguridad y durabilidad, la carpeta de rodadura debe ser resistente a las cargas del tránsito, a las condiciones climáticas y al desgaste ocasionado por la fricción con los neumáticos.

Asimismo, debe presentar características óptimas de textura y color para minimizar el deslumbramiento y mejorar la visibilidad durante la conducción (García, 2023).

2.2.1.2 Tipos de falla en pavimentos

El deterioro de los pavimentos se puede clasificar en dos tipos, según la causa del daño y su efecto sobre la estructura vial: Estas clasificaciones incluyen fallas superficiales, que solo afectan la capa de rodadura, y fallas estructurales, que comprometen la integridad del pavimento.

▀ **Fallas superficiales**

Las fallas superficiales son irregularidades que se manifiestan en la capa de rodadura de la vía, sin alterar la estructura interna del pavimento. Estas fallas afectan la seguridad y el confort de los usuarios, creando superficies irregulares, pérdida de adherencia o menor resistencia al desgaste. Pero su efecto estructural es pequeño y pueden enmendarse con métodos superficiales de mantenimiento.

Entre las fallas superficiales más frecuentes se encuentra el desgaste de la capa de rodadura, la pérdida de textura que reduce la fricción de los neumáticos, la aparición de fisuras finas que pueden agravarse si no se tratan, y el desprendimiento de material superficial por efecto del tráfico y el clima. Para solucionar este tipo de fallos se utilizan técnicas de regularización superficial, como capas de sellado, micro pavimentos o tratamientos superficiales, para restaurar la impermeabilidad, textura y uniformidad del pavimento. Estas actuaciones son capaces de preservar la funcionalidad de la vía y prolongar su vida útil sin tener que recurrir a grandes actuaciones estructurales (Ccama & Turpo, 2021).

▪ **Fallas estructurales**

Las fallas estructurales alteran la estabilidad del pavimento, ya que se infiltran en una o más capas internas. Estas fallas se producen cuando el pavimento ya no es capaz de soportar las cargas del tránsito, ya sea por causas mecánicas (repetición de cargas pesadas) o climáticas (agua que se infiltra y debilita los materiales). Entre las fallas estructurales tenemos las fisuras profundas que se extienden a través de varias capas del pavimento, los hundimientos o hundimientos diferenciales, causados por fallas en la subrasante o sobrecarga del pavimento, y la fatiga del material, que se manifiesta con grietas tipo piel de cocodrilo, indicando que la estructura ha llegado al final de su vida útil (Mamani & Torres, 2021).

A diferencia de las fallas superficiales, que se solucionan fácilmente, las estructurales exigen medidas más complejas. Para solucionarlas, se deben realizar refuerzos estructurales, que pueden consistir en sobrecapas de asfalto o concreto, rehabilitación de las capas inferiores o, en casos extremos, la reconstrucción parcial o total del pavimento. También es necesario el rediseño del paquete estructural para que el pavimento sea capaz de soportar el tránsito actual y futuro (Jinchuña, 2020).

2.2.2 Evaluación de pavimentos

Durante su vida útil, los pavimentos, ya sean flexibles o rígidos, deben ser evaluados permanentemente con el objetivo principal de realizar trabajos de mantenimiento periódico o, cuando sea necesario, una rehabilitación que restaure los niveles de servicio exigidos para permitir el tránsito vehicular. Para ello existen diferentes instrumentos y equipos que permiten realizar un diagnóstico preciso del estado superficial de la vía, en función del tipo de evaluación que se realice en el tramo carretero en estudio (Mamani & Pilco, 2021).

También es importante contar con información precisa de ubicación y georreferenciación de las áreas evaluadas para poder integrarlas con otros elementos



complementarios de la infraestructura vial. Entre estos elementos complementarios se encuentran las obras de arte, tales como cunetas, bordes de cuneta, badenes y demás sistemas de drenaje, señalización y demás elementos complementarios que conforman la vía (Vallejos & Vásquez, 2020).

En la inspección de pavimentos, un aspecto importante es reconocer y clasificar las fallas que se observen en la superficie de rodadura. La tipificación de estas fallas es determinante para conocer el estado de conservación de una vía y programar las medidas de mantenimiento o rehabilitación necesarias. Es importante saber que hay diferentes tipos de fallas en los pavimentos, y dependen del material con el que están contruidos. Por un lado, los pavimentos rígidos fallan en las juntas estructurales y tienen fisuras y baches en la superficie. Estas anomalías desestabilizan la vía y pueden llegar a comprometer su estructura si no se corrigen. Por otro lado, para los pavimentos flexibles, las fallas cobran mayor importancia que para los rígidos, ya que la metodología analizada en esta investigación se enfoca en este tipo de estructura. Entre ellas, las fallas por deformación, que se manifiestan como surcos o huellas en los lugares por donde más transitan vehículos (Rojas, 2024).

Asimismo, se pueden identificar fallas más frecuentes, tales como el agrietamiento en diferentes formas (como la conocida "piel de cocodrilo" y la presencia de fisuras longitudinales y transversales), así como fallas de tipo superficial, entre las que destacan los baches, los desprendimientos y la aparición de parches irregulares. Las razones que explican la ocurrencia de estas patologías pueden estar asociadas a múltiples factores. En algunos casos, el deterioro del pavimento se debe a la sobreexplotación de la vía, es decir, al haber alcanzado un nivel máximo de servicio debido al elevado volumen de tráfico que soporta diariamente. En otros casos, el clima es un factor influyente, sobre todo en temporadas lluviosas, ya que el agua se filtra en el pavimento y lo deteriora. Es por ello que las evaluaciones superficiales se vuelven hoy en día necesarias para adquirir

información que ayude a planificar la conservación de vías (Huamancayo & Aldunate, 2024).

Un punto importante es que la frecuencia del mantenimiento influye en la vida útil del pavimento. En la figura 6 se muestra cómo cambia con el tiempo la durabilidad de un pavimento; si no se toman medidas preventivas, la curva de vida útil desciende hasta llegar a un nivel crítico de falla, acortando su vida útil. Así, realizar las labores de conservación en el momento oportuno no solo resulta más económico, sino que prolonga la vida útil de la vía. En este contexto, un buen mantenimiento de los pavimentos puede extender su vida útil por 5 años o más, todo dependerá del tipo de tratamiento que se realice y de una buena gestión del mantenimiento vial (Niño & Torres, 2021).

2.2.3 Evaluación funcional

En la evaluación funcional de los pavimentos flexibles, la rugosidad de la superficie de rodadura es una de las características más importantes, ya que es un parámetro directamente asociado al más utilizado en ingeniería vial, como es el (IRI). Este indicador se utiliza para establecer la condición vial a través de diferentes métodos de evaluación, los cuales nos dan una idea sobre las condiciones de confort y transitabilidad de una carretera. El IRI nace de un experimento en Brasil en 1982, supervisado por un programa patrocinado por el Banco Mundial. Su creación hizo posible la estandarización mundial para poder comparar las condiciones de rugosidad de carreteras en cualquier parte del mundo (Chambilla & Ramos, 2021).

Las carreteras, como infraestructura de transporte, deben garantizar ciertos niveles de comodidad y seguridad a los usuarios durante su vida útil. Pero con el tiempo y el paso constante de vehículos por la vía se van generando irregularidades en la superficie de rodadura del pavimento, las cuales afectan la experiencia de manejo y la eficiencia del tránsito. Para cuantificar estas anomalías y tomar medidas correctivas a tiempo, es



necesario conocer lo que realmente significa y cómo se usa el IRI para evaluar pavimentos (Benitez, 2024).

Técnicamente, el IRI se define como la media de la pendiente estadística de las elevaciones del perfil longitudinal de la vía. Estas mediciones se toman sobre un determinado tramo de carretera y se dan en metros por kilómetro (m/km) o en milímetros por metro (mm/m) con una exactitud de una décima de unidad. En la práctica, el IRI es un indicador de la comodidad vial, una medida de la condición de serviciabilidad de una carretera. Cuando una vía es nueva, sus valores iniciales de rugosidad son bajos. Pero con el paso de los años, el tránsito constante, la falta de mantenimiento preventivo, el clima, etc., van generando un aumento gradual de las irregularidades en el pavimento. Esto se refleja en el incremento del IRI, es decir, que el servicio que presta la vía es de menor calidad (Figueroa, 2021).

Para medir el IRI se utilizan diferentes tipos de equipos, que varían en tecnología y precisión. Entre los instrumentos tradicionales más comunes está el rugosímetro Merlín, en tanto que entre la instrumentación avanzada se encuentran los perfilómetros láser, que permiten mediciones más precisas. Cuando se necesita analizar grandes longitudes viales, el uso de perfilómetros láser resulta ser la manera más eficiente, ya que se pueden montar en vehículos diseñados para grabar los desplazamientos verticales entre el pavimento y el sistema de medición. Este método supera en gran medida el uso manual con instrumentos como el rugosímetro Merlín, por la velocidad y exactitud en la toma de datos (Ibarguen, 2022).

En la evaluación funcional del pavimento, la recolección y el análisis de los datos del IRI permiten clasificar el estado del pavimento y apoyar la toma de decisiones para la planificación de las intervenciones de mantenimiento y rehabilitación. Es así como el seguimiento permanente del IRI es una herramienta fundamental para asegurar la sostenibilidad y eficiencia de la red vial nacional e internacional.

Tabla 2

Parámetros

IRI	Estado
< 3	Bueno
3 -4	Regular
4 -6	Malo
6 -10	Pésimo

Nota. (AASHTO, 1993)

2.2.4 Rugosidad

Rugosidad en un pavimento flexible: son las irregularidades, ondulaciones o asperezas que se encuentran en la superficie de la vía y que alteran las condiciones de rodadura y seguridad vial. Estas fallas se presentan generalmente en vías pavimentadas con materiales flexibles (mezclas asfálticas) y pueden ser causadas por diversos factores, tales como el desgaste por tráfico constante, la falta o insuficiencia de mantenimiento periódico y las condiciones ambientales.

La rugosidad en el pavimento afecta el confort de los usuarios que transitan sobre él, ya que produce vibraciones y cambios en la estabilidad del vehículo, deteriorando la calidad del viaje. Además, la rugosidad puede acelerar el deterioro estructural del pavimento, ya que permite que el agua se acumule en áreas irregulares, aumentando el riesgo de fisuras, desprendimientos y fallas prematuras en la vía. Para atenuar los perjuicios de la rugosidad, es necesario establecer medidas de evaluación y prevención, como la medición del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), los tratamientos superficiales de rehabilitación y las nuevas tecnologías para nivelar y restaurar la carpeta de rodamiento. Estas intervenciones extienden la vida útil del pavimento y aseguran condiciones óptimas de transitabilidad para los usuarios (Márquez et al., 2024).

La determinación de la rugosidad en pavimentos flexibles se hace midiendo las irregularidades de la superficie de la vía con equipos como el rugosímetro Merlín. Este instrumento utiliza una escala arbitraria de 50 unidades, en la que se pueden codificar 200 posiciones diferentes que puede tomar el puntero en el brazo móvil del aparato. Estas posiciones definen la rugosidad del pavimento. En la lectura, la división N° 25 marca el centro del puntero, lo que significa que el perfil del terreno está a la misma altura de la línea promedio de referencia. Si las lecturas del puntero se mantienen alrededor de 25, el pavimento es bastante plano y poco rugoso. Por el contrario, si el puntero oscila y se desvía de esta posición en varias ocasiones, se está poniendo de manifiesto una mayor irregularidad de la superficie, es decir, rugosidad elevada (Hernandez, 2021).

Para verificar la repetibilidad de los datos obtenidos con el rugosímetro Merlín, se utiliza el rango estadístico "D", que es una medida de dispersión de los datos y, por lo tanto, de la magnitud de las irregularidades del pavimento. Este valor se determina construyendo un histograma de frecuencias, donde los valores medidos se agrupan en intervalos.

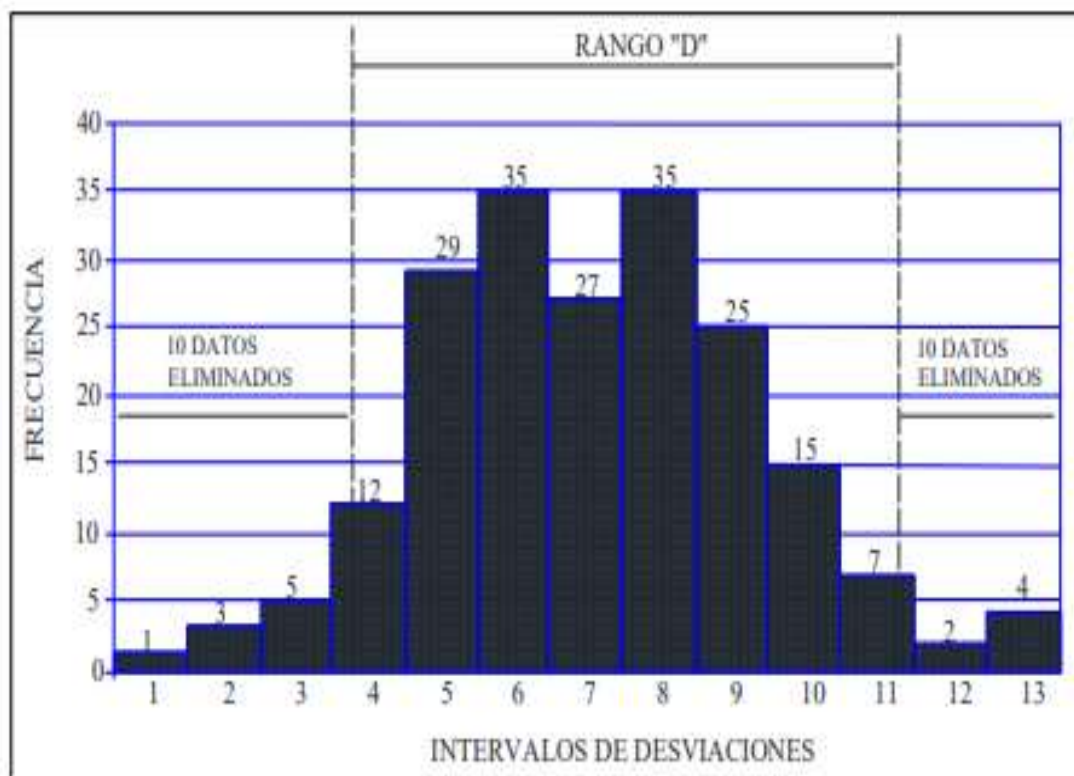
El cálculo del rango D se realiza excluyendo los extremos del conjunto de datos:

- D_2 : Corresponde al 5% inferior de los valores obtenidos.
- D_3 : Representa el 5% superior de los datos medidos.
- D_1 : Se refiere a la parte central de la distribución, es decir, los valores restantes luego de excluir los extremos.

Finalmente, el valor D obtenido representa la rugosidad del pavimento expresada en unidades Merlín, permitiendo comparar distintos tramos de carretera y establecer la necesidad de intervenciones correctivas para mejorar la calidad y seguridad de la vía (Marrufo & Pérez, 2023).

Figura 2

Diagrama de frecuencias

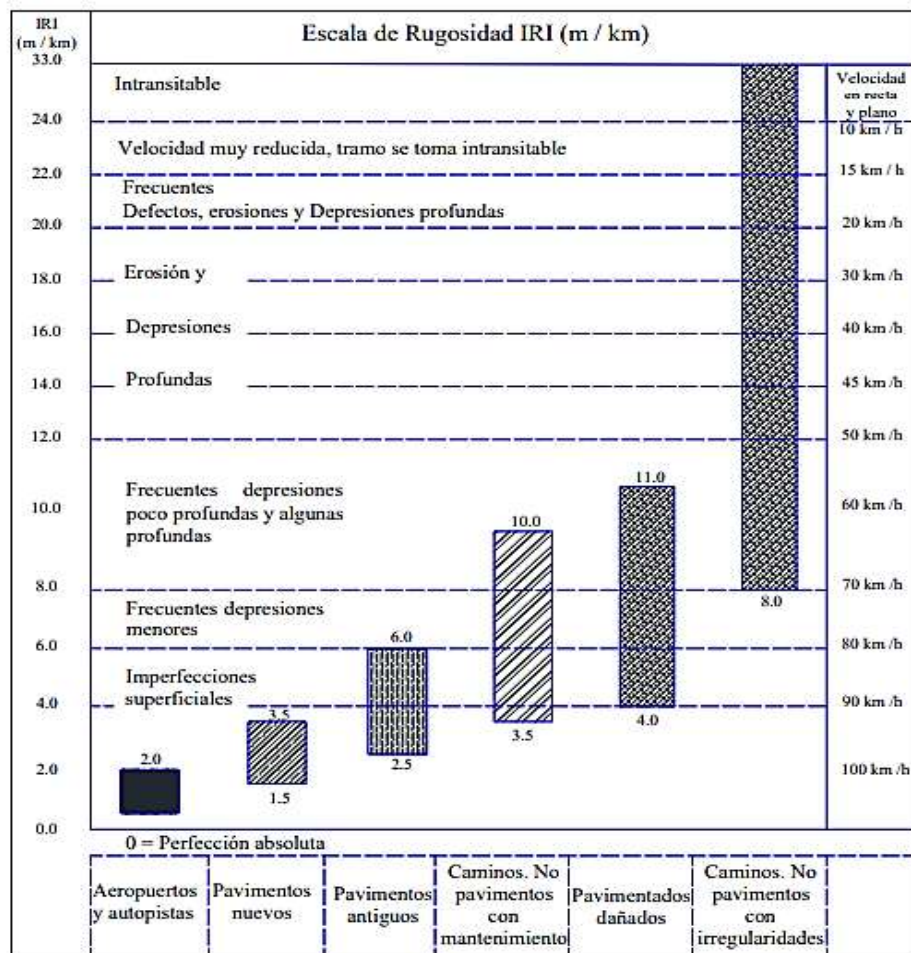


Nota. Tomada de (Marrufo & Pérez, 2023).

La rugosidad es el grado de irregularidad, aspereza o imperfecciones en la superficie de un pavimento. Es una magnitud que expresa numéricamente los cambios de altura a lo largo de la vía y que afecta la calidad de rodadura, el confort del usuario y el comportamiento estructural del pavimento. Este indicador es determinante para valorar la funcionalidad de una vía, ya que altos valores de rugosidad influyen en la estabilidad vehicular, provocan desgaste en los neumáticos y disminuyen la seguridad vial. Además, altos valores de rugosidad pueden aumentar los costos vehiculares por el consumo de combustible y desgaste mecánico.

Figura 3

Nivel de rugosidad



Nota. Tomada de (Marrufo & Pérez, 2023).

La rugosidad se determina mediante procedimientos estandarizados, utilizando equipos especializados como el rugosímetro Merlín o el perfilómetro láser, que miden las irregularidades en la superficie de rodadura y permiten clasificar la calidad del pavimento. Entre las métricas más comunes para medir la rugosidad está el (IRI), que define unos valores de referencia para decidir si una vía necesita mantenimiento o rehabilitación. En general, la rugosidad de un pavimento se puede clasificar en diferentes niveles, desde superficies lisas y perfectas para rodar hasta superficies muy irregulares que dificultan el tránsito seguro (Garay & Jacinto, 2021).

2.2.5 Factores que influyen en la rugosidad de los pavimentos

La **rugosidad superficial de un pavimento** es el resultado de múltiples factores que interactúan a lo largo del tiempo, afectando su desempeño y la calidad de circulación. Los elementos más relevantes que inciden en la rugosidad incluyen aspectos estructurales, condiciones del material, factores ambientales y el nivel de deterioro del pavimento.

▮ Factores estructurales y de diseño

- Edad del pavimento: Con el paso del tiempo, las condiciones iniciales del pavimento se degradan debido al uso continuo y la exposición a factores climáticos.
- Niveles de tráfico vehicular: Un tránsito intenso y pesado genera mayor desgaste y deformaciones en la superficie, incrementando la rugosidad.
- Espesor del pavimento: Diseños con espesores inadecuados pueden acelerar el deterioro y aumentar la presencia de irregularidades.
- Número estructural (SN): Este parámetro refleja la capacidad del pavimento para resistir cargas; una estructura con un número estructural insuficiente puede generar deformaciones prematuras.

▮ Propiedades del material asfáltico

- Porcentaje de vacíos con aire: Influye en la compactación y resistencia del concreto asfáltico.
- Gravedad específica del material: Afecta la densidad y estabilidad del pavimento.
- Contenido de asfalto: Una cantidad inadecuada de asfalto en la mezcla puede ocasionar fisuras prematuras o deformaciones plásticas.

▮ Condiciones ambientales

- Temperatura media: Las variaciones térmicas pueden provocar contracciones y expansiones en el material, afectando la rugosidad.



- Precipitaciones pluviales: La infiltración de agua debilita la estructura y puede generar baches y deformaciones.
- Índice de congelamiento: En climas fríos, el ciclo de congelamiento y descongelamiento contribuye a la fragmentación del pavimento.
- Temperaturas superiores a 32°C: Las altas temperaturas pueden reducir la viscosidad del asfalto, causando deformaciones plásticas y surcos en la superficie.

▪ **Propiedades de la base granular y subrasante**

- Contenido de humedad: Un nivel elevado de humedad en la base granular puede afectar la compactación y disminuir la capacidad estructural del pavimento.
- Porcentaje de material fino (pasante por malla 200): Un exceso de partículas finas en la base o subrasante puede generar pérdida de soporte y asentamientos diferenciales.
- Índice de plasticidad de la subrasante: Un suelo con alta plasticidad es más propenso a deformaciones, afectando la regularidad del pavimento.
- Contenido de limos y arcillas: La presencia de materiales con baja capacidad de soporte puede inducir deformaciones permanentes.

▪ **Nivel de deterioro del pavimento**

- Extensión y severidad de las fallas: La aparición de fisuras, baches, hundimientos y desprendimientos incrementa significativamente la rugosidad del pavimento.

De acuerdo con la norma E-867 de ASTM, la rugosidad es las irregularidades de la superficie del pavimento en relación con una superficie plana. Estas anomalías afectan la forma en que los vehículos se mueven, la suavidad del viaje, la manera en que se distribuyen las cargas dinámicas y el drenaje superficial. El Índice Internacional de Rugosidad (IRI), propuesto por el Banco Mundial, es una medida para determinar

estadísticamente la rugosidad de los pavimentos. Se mide en metros por kilómetro (m/km) y es un indicador para calificar la regularidad de la superficie de una carretera (Armijos & Fernández, 2022).

Las fallas encontradas por medio del IRI generan movimientos verticales no deseados en los vehículos, afectando el confort de viaje y la seguridad vial. Una rugosidad alta implica vibraciones que perturban la estabilidad del vehículo; por el contrario, valores bajos de IRI señalan una superficie más lisa y confortable para rodar. El IRI como medida de evaluación de carreteras permite clasificar y comparar tramos viales, y así apoyar la toma de decisiones en el mantenimiento, rehabilitación y diseño de pavimentos.

2.2.6 Rugosímetro de merlín

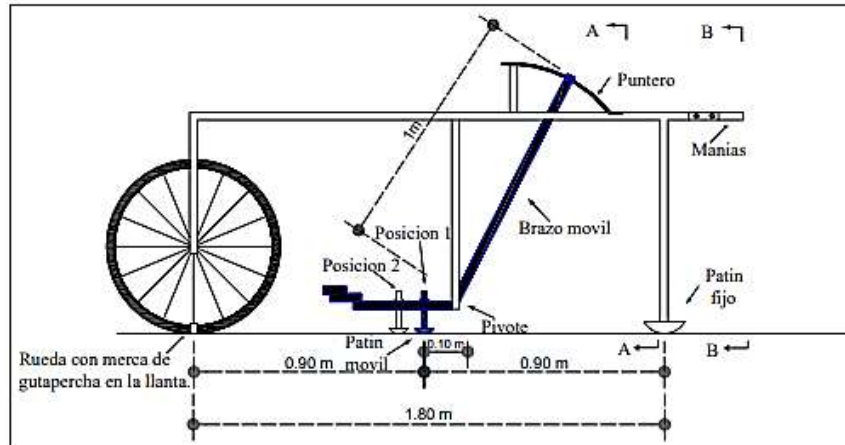
Es un dispositivo de medición ampliamente utilizado en la evaluación de la rugosidad de pavimentos debido a su versatilidad, bajo costo y facilidad de operación. Su implementación en el Perú data del año 1993, y para junio de 1999, ya se contaban con más de 15 unidades distribuidas en diferentes regiones del país, lo que permitió mejorar el control y análisis de la calidad de las carreteras. Este equipo pertenece a la Clase 1 de dispositivos de medición, lo que significa que posee alta precisión y su funcionamiento se asemeja al de un perfilómetro estático, capaz de registrar con detalle las irregularidades de la superficie del pavimento (Benitez, 2024).

A pesar de su eficiencia en la determinación del (IRI), los datos obtenidos con el rugosímetro Merlín presentan un coeficiente de determinación de 0,98, lo que indica una correlación bastante alta con los valores del IRI. Pero su exactitud es inferior al método mira y nivel, que da medidas más exactas al apoyarse en referencias geométricas más controladas. Aun con esta restricción, el rugosímetro Merlín continúa siendo útil para evaluar pavimentos, en particular para estudios preliminares o en lugares donde no se dispone de equipos sofisticados. Su aplicación proporciona una referencia fiable del estado

de la rugosidad de una vía y permite programar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación (Alonzo, 2023).

Figura 4

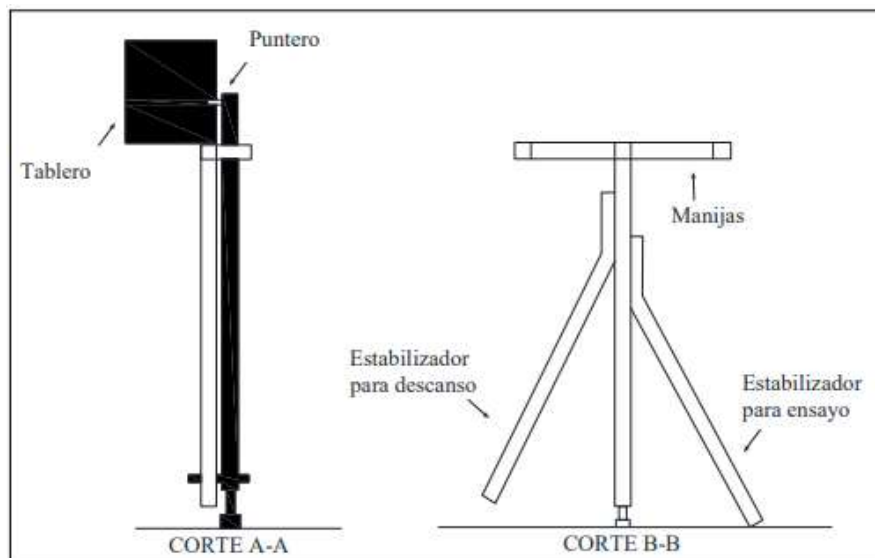
Partes fundamentales



Nota. Tomada de (Alonzo, 2023).

Figura 5

Vista transversal



Nota. Tomada de (Alonzo, 2023).

2.2.7 Evaluación estructural

En ingeniería vial, la evaluación estructural de un pavimento es un proceso que determina su capacidad para soportar las cargas de tráfico. Con el tiempo, por el paso continuo de vehículos y por causas climáticas, el pavimento va perdiendo su resistencia estructural. Por ello, en el momento del diseño y planificación del mantenimiento vial, se diseña con una capacidad estructural futura, la cual se expresa mediante un parámetro denominado Valor Estructural Efectivo (S_{Nef}). Este coeficiente indica la capacidad portante que deberá mantener en el tiempo el pavimento para que sea funcional (Triviño & Moll, 2022).

Como una forma de evaluación estructural, la condición de un pavimento se puede determinar a partir de un indicador llamado Índice de Condición Estructural (ICE), que se define como la relación entre la capacidad estructural efectiva y la capacidad estructural necesaria. Este índice se da en porcentaje y clasifica el estado del pavimento en rangos de falla a óptimo.

Para determinar el S_{Nef}, se han generado diversas metodologías, donde se destaca la metodología planteada por (AASHTO, 1993). Sin embargo, este método tiene la gran desventaja de que se necesita conocer el espesor de la base del pavimento, el cual muchas veces solo se puede obtener mediante ensayos destructivos. Estas pruebas requieren tomar muestras del pavimento, lo que puede alterar su estructura y aumentar los costos de los estudios de evaluación (Lino, 2021).

Con la evolución tecnológica, hoy existen maneras de tomar estas medidas sin tener que entrar en el cuerpo del pavimento. Hoy en día los ensayos no destructivos son las maneras más eficientes y exactas de obtener información estructural. Estos métodos hacen uso de nuevas tecnologías y software especializados para procesar y analizar la información recopilada.

Uno de los métodos más comunes en la evaluación de este tipo es a través del deflectómetro de impacto (FWD). Este equipo se ha vuelto un referente en los estudios de deflexión de pavimentos, ya que es capaz de medir la capacidad estructural sin alterar la superficie vial. El principio de operación del Deflectómetro de Impacto (FWD) consiste en aplicar sobre el pavimento cargas dinámicas similares a las de vehículos en movimiento. Para ser utilizado, este equipo se puede montar en un vehículo o en una unidad remolcable para desplazarlo por la carretera en estudio (Lizarbe & Longa, 2022).

El FWD está equipado con una serie de sensores de alta precisión llamados geófonos, distribuidos a lo largo de la estructura. Normalmente, se cuentan con diez geófonos localizados en la parte central del equipo y espaciados a partir del punto de aplicación de la carga. A medida que el equipo se desplaza sobre el pavimento, los geófonos capturan las deflexiones que se generan en la vía al ser sometida a cargas controladas. Estos datos definen la capacidad estructural del pavimento y su respuesta ante cargas dinámicas que soportará en condiciones reales de servicio.

El análisis de estos resultados permite planificar medidas correctivas y preventivas en la infraestructura vial. Con el uso de ensayos no destructivos como el FWD se pueden tomar mejores decisiones de conservación y refuerzo de pavimentos, optimizando los recursos de conservación vial y brindando mejores condiciones de servicio a los usuarios.

2.2.8 Deflectometría

La deflectometría es un método de evaluación estructural de pavimentos que determina la deflexión o deformación elástica de la superficie vial bajo una carga puntual. Esta deformación es la reacción estructural del pavimento y la subrasante a las cargas de tránsito. Cuando se carga un pavimento, se genera un estado de tensión-deformación por compresión en el pavimento y en la subrasante. La magnitud de estas deflexiones nos muestra la capacidad portante de las capas inferiores y si el pavimento podrá resistir las cargas vehiculares durante su vida útil (Capcha, 2024).

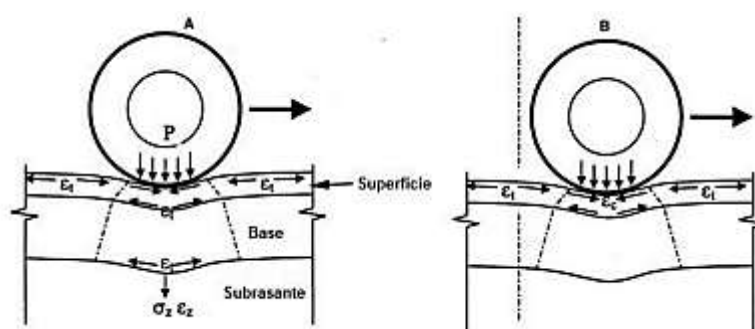
Desde el punto de vista estructural, la deflexión es una forma de medir la respuesta del sistema pavimento-subrasante ante las cargas de tránsito. Esta medida indica si el pavimento se mantiene estable o necesita refuerzos para mejorar su rendimiento. Su importancia es similar a la de definir el Índice CBR en suelos de subrasante para diseñar nuevos pavimentos.

Según el tipo de pavimento, la subrasante soporta entre el 70% y el 95% de la carga superficial. Esto quiere decir que las deflexiones que se miden en el pavimento se deben principalmente a la compresión elástica de la subrasante. Para controlar y complementar las mediciones deflectométricas, se deben ejecutar estudios complementarios como toma de muestras, calicatas, sondeos y ensayos de laboratorio. Estos ensayos confirman hipótesis levantadas en la inspección superficial del pavimento.

El nivel de deformación de los materiales que integran el pavimento depende del estado triaxial de esfuerzos. En general, si se reducen las fuerzas verticales sobre la subrasante, se reducen las deflexiones. Como resultado, aumentar los espesores de las capas del pavimento o mejorar su rigidez estructural reduce las deflexiones y, por lo tanto, mejora la capacidad portante del pavimento (Sandoval, 2022).

Figura 6

Deflexión del pavimento



Nota. Tomada de (Sandoval, 2022).

La prueba de deflexión en pavimentos es una forma de evaluar la capacidad estructural de una vía y cómo se desempeña bajo cargas repetitivas (tráfico). Esta



metodología nos informa sobre la manera en que reacciona el pavimento bajo una carga, determinando con precisión su flexibilidad o rigidez en cualquier punto de la vía. Al medir las deflexiones, se puede observar cómo el pavimento se flexiona bajo carga y relacionarlo con fallas estructurales que pueden comprometer la seguridad y transitabilidad de la carretera (Sandoval, 2022).

El análisis de deflexiones es una herramienta de diagnóstico que permite evaluar el estado del pavimento y definir la mejor solución para mejorar su comportamiento y prolongar su vida útil. Si se detectan deflexiones elevadas, se pueden tomar medidas correctivas antes de que las fallas estructurales se conviertan en un problema mayor que requiera reparaciones costosas o, en el peor de los casos, la reconstrucción de la vía (Sandoval, 2022).

Para interpretar adecuadamente los resultados de un estudio deflectométrico, se genera un deflectograma, que no es más que la representación gráfica de cómo va variando la capacidad estructural del pavimento en un tramo dado. Esta herramienta gráfica es capaz de identificar patrones en las deflexiones y así poder identificar las áreas donde se requiere una intervención inmediata. Un dato fundamental en este análisis es la deflexión característica (D_c), que nos muestra cómo se deforma el pavimento en un punto. Este valor representa la manera en que se comporta el pavimento bajo cargas, arrojando un valor para comparar el rendimiento del pavimento (Capcha, 2024).

En un análisis deflectométrico, se establece una deflexión admisible de diseño (D_{adm}), que es la máxima deflexión permisible para el pavimento en estudio. Para que el pavimento sea resistente, la deflexión admisible siempre debe ser mayor que la deflexión característica (D_c). Si la deflexión característica supera la permisible, el pavimento no es lo suficientemente resistente para soportar las cargas vehiculares futuras y se necesita una rehabilitación estructural. Esta intervención puede ser reforzar el firme (aplicando una nueva capa de material o restaurando las áreas más dañadas) para evitar su deterioro prematuro y mantener la seguridad y durabilidad de la carretera (Capcha, 2024).

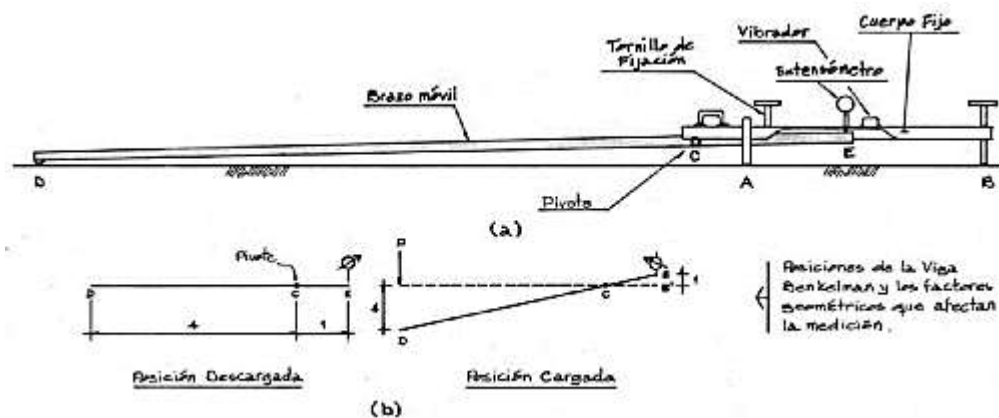
2.2.9 Medición de las deflexiones con la Viga Benkelman

La medición de deflexiones en el pavimento es una forma de evaluación estructural de vías que nos indica cómo se dobla el pavimento bajo cargas específicas. A través de los deflectómetros se puede identificar la falla, localizar puntos débiles y establecer las medidas correctivas a ejecutar, las cuales pueden ser trabajos de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción del pavimento (Matías, 2021).

Uno de los equipos más comunes para medir deflexiones en pavimentos flexibles es el deflectómetro de viga Benkelman, un equipo estático que mide con precisión el comportamiento estructural del pavimento. Esta herramienta fue estandarizada por el (MTC - 2016) y es consistente con la norma internacional ASTM D-4695, la cual define las directrices generales para la medición de deflexiones en pavimentos.

Figura 7

Viga Benkelman



Nota: Tomada de (Valverde & Calisaya, 2019).

La viga Benkelman fue inventada en 1952 por Alvin Carlton Benkelman, quien lo inventó mientras trabajaba en las pruebas en carreteras del proyecto WASHO. Desde entonces se ha extendido su uso a nivel mundial como herramienta imprescindible para el diagnóstico estructural de firmes flexibles, conociéndose con exactitud su capacidad estructural.



Este aparato se basa en la ley de la palanca, por medio de la cual se miden los desplazamientos verticales del pavimento bajo cargas estáticas o cargas móviles de movimiento lento. Por su simplicidad y facilidad de manejo, la viga Benkelman se ha convertido en uno de los métodos más accesibles y eficientes para determinar deflexiones in situ.

El ensayo con la viga Benkelman se realiza siguiendo un procedimiento estandarizado para determinar la capacidad de recuperación del pavimento tras ser sometido a una carga.

1. Ubicación del equipo: Se introduce el extremo de la viga de medición entre las dos ruedas traseras de un vehículo pesado.
2. Condiciones de carga: La prueba se lleva a cabo en un vehículo cuyo eje trasero está cargado a unas 18.000 libras (8.200 kg).
3. Medición de deflexión: Una vez que el vehículo está posicionado, se toma la deformación inicial del pavimento.
4. Bitácora de viaje: A medida que el vehículo se aleja, la Viga Benkelman va midiendo cuánto se recupera verticalmente el pavimento tras haber sido cargado.
5. Análisis de datos: Los resultados indican si el pavimento tiene suficiente capacidad estructural o si necesita refuerzos o medidas correctivas.

La viga Benkelman en la evaluación de pavimentos flexibles nos proporciona mediciones exactas de la capacidad estructural de la vía, detectando deficiencias antes de que se conviertan en fallas severas. Por su simpleza y por medir desplazamientos verticales, es una herramienta confiable para planificar estrategias de mantenimiento y rehabilitación vial. Además, su ajuste a estándares nacionales e internacionales asegura su efectividad y exactitud en estudios de infraestructura vial (Valverde & Calisaya, 2019).

2.3 Marco conceptual

- a. **Capacidad estructural:** La capacidad estructural de un pavimento es su resistencia y capacidad para soportar las cargas de tránsito sin deformarse demasiado o fallar prematuramente. Esta capacidad está en función de las características de las capas que conforman el pavimento, la calidad de los materiales y las condiciones del suelo de cimentación. Una evaluación precisa de la capacidad estructural es la base para desarrollar estrategias de mantenimiento y rehabilitación que extiendan la vida útil del pavimento.

- b. **Cargas de tránsito:** Las cargas de tránsito son las fuerzas que aplican sobre el pavimento los vehículos que por él transitan y que determinan su comportamiento y deterioro. Estas cargas se dividen en estáticas y dinámicas, según el vehículo esté detenido o en movimiento. La magnitud y repetición de las cargas están en función del tipo y peso de los vehículos que transitan por la vía y son determinantes en el diseño y conservación de pavimentos, pues entre mayor sea el peso y la frecuencia del tránsito, más rápido se desgastará y fatigará la estructura.

- c. **Deflexión del pavimento:** La deflexión del pavimento es la deformación elástica o permanente de la superficie del pavimento bajo una carga de tránsito. Este indicador es esencial para analizar la capacidad estructural, ya que altos valores de deflexión son señal de debilidades estructurales en el pavimento, fallas en la subrasante o en las capas de soporte. El análisis de la deflexión es una manera de evaluar la condición del pavimento y establecer estrategias de refuerzo o rehabilitación.

- d. **Evaluación estructural:** La evaluación estructural de un pavimento es la determinación de su capacidad portante y su estado de deterioro, para estimar su vida remanente y las necesidades de mantenimiento o rehabilitación. Esta verificación se realiza con técnicas como deflectometría con viga Benkelman, ensayos de resistencia



y deformación. Su función es la de elegir con datos técnicos la mejor manera de optimizar los recursos y garantizar el camino.

- e. **Rugosidad del pavimento:** La rugosidad del pavimento es una medida de la irregularidad de la superficie de la vía que afecta el confort de marcha y el desempeño vehicular. Se expresa en unidades del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y es una medida de la calidad de la superficie de rodadura. Una alta rugosidad puede generar molestias a los usuarios, desgastar más a los vehículos y disminuir la seguridad vial. Su control es determinante en los programas de conservación vial para garantizar estándares de transitabilidad.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Métodos, técnicas e instrumentos que utiliza una investigación para recoger, analizar e interpretar la información y dar respuesta a una pregunta de investigación o solucionar un problema. Es una parte fundamental del proceso de investigación, ya que proporciona un marco estructurado para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados. En resumen, la metodología de la investigación no solo guía cómo se recogen y analizan los datos, sino que también define estándares de rigor y objetividad para que los resultados sean fiables y puedan aportar al conocimiento en un campo específico (Villanueva, 2022).

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque mixto de investigación usa métodos cualitativos y cuantitativos para responder a una pregunta de investigación. Los métodos cuantitativos, que recopilan datos numéricos para encontrar patrones y realizar análisis estadísticos, y los métodos cualitativos, que exploran experiencias, percepciones y significados en profundidad. Al combinarlas, este método ofrece una visión más rica y profunda del fenómeno estudiado, ya que los datos cuantitativos se ven enriquecidos por los datos cualitativos. Esta metodología es apropiada cuando se necesita examinar un problema desde diferentes ángulos, ya que permite triangular la información y fortalecer la validez de los resultados.

La mezcla de los dos métodos permite llegar a conclusiones más fuertes y ricas, dando una visión completa que no se podría alcanzar solo con un tipo de método (Villanueva, 2022).

Es mixto, ya que se observarán y analizarán datos, acerca de los ensayos realizados.

3.2 Tipo de la investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación dirigida a la solución de problemas prácticos y concretos en un campo determinado (salud, tecnología, educación, industria, etc.). Su propósito es crear soluciones prácticas que mejoren procesos, productos o servicios, a diferencia de la investigación básica, que busca expandir el conocimiento sin una aplicación inmediata. Este tipo de investigación usa métodos científicos para estudiar casos reales y encontrar soluciones a problemas específicos. Puede ser cualitativa, cuantitativa o mixta, según el problema que se investigue. Además, su aplicación generalmente va asociada a la innovación, pues muchas veces da lugar al desarrollo de nuevas tecnologías, herramientas o estrategias de mejora (Rodríguez, 2020).

Es una investigación aplicada porque pretende solucionar un problema real en la carretera Juliaca – Calapuja, determinando su capacidad estructural y transitabilidad con ayuda de deflectómetros y el (IRI). La investigación utiliza métodos de ingeniería civil para recolectar datos reales y desarrollar soluciones prácticas para mejorar el mantenimiento y rehabilitación del pavimento, influyendo en la infraestructura y seguridad vial.

3.3 Nivel de la investigación

El nivel descriptivo de la investigación es un tipo de investigación que busca describir de manera precisa las características de lo que se está investigando, sin manipular las variables. En este tipo de investigación el investigador intenta describir la realidad tal como sucede en su ambiente natural, recogiendo la información a través de

técnicas como encuestas, observaciones o análisis de documentos. Este tipo de diseño no busca encontrar relaciones de causa y efecto entre variables ni probar hipótesis, sino que pretende dar una imagen lo más fiel posible de un fenómeno o grupo, sirviendo como base para futuras investigaciones más profundas o experimentales. Se interesa por el "qué" (los hechos, las características, las tendencias o los patrones que pueden ser observados sin modificar la realidad que se estudia) (Villanueva, 2022).

Es de nivel descriptivo, porque se analizará de manera detallada la relación entre la capacidad estructural del pavimento y su nivel de transitabilidad.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño no experimental es un tipo de diseño de investigación en el que el investigador simplemente observa y mide los fenómenos sin manipular las variables. A diferencia del diseño experimental, aquí no se manipulan las condiciones, sino que se observan los acontecimientos tal como ocurren. Este diseño se usa mucho en ciencias sociales, educación, etc., en situaciones en que no se pueden manipular variables por razones prácticas o éticas. El diseño no experimental se utiliza a menudo en investigaciones descriptivas y correlacionales para encontrar relaciones entre variables sin establecer causalidad. Es útil en estudios donde no se puede tener control experimental, y se puede sacar información al observarse y analizarse datos ya existentes (Villanueva, 2022).

Es no experimental, ya que se observarán y analizarán las variables sin manipularlas directamente. Dentro de este diseño, se recopilan datos y se analiza.

3.5 Métodos de la investigación

El método científico es un proceso sistemático que los científicos usan para resolver problemas y adquirir nuevos conocimientos. Es objetiva, exacta y capaz de producir resultados verificables y replicables por otros investigadores. Este procedimiento hace que



los resultados sean fiables y así poder construir teorías y comprender mejor los fenómenos. El método científico es un proceso sistemático para generar conocimiento, el cual involucra observación, experimentación y análisis, buscando objetividad y verificación (Villanueva, 2022).

Se basa en un método científico, ya que es un proceso estructurado de la medición de la capacidad estructural del pavimento y el nivel de transitabilidad mediante técnicas objetivas (deflectometría y el índice de rugosidad internacional, respectivamente).

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

"El conjunto total de individuos, cosas o fenómenos que tienen características comunes y que son estudiadas en una investigación". Es el universo al que se quiere informar para responder a la pregunta de investigación y lograr los objetivos propuestos. Según el tipo de investigación, la población puede estar integrada por personas, organizaciones, documentos, cosas, sucesos o cualquier otra unidad de análisis. Puede ser finita (si se pueden contar todos sus elementos) o infinita (si no se pueden contar sus elementos). Muchas veces por tiempo o por recursos no es posible estudiar a toda la población, por lo que se toma una muestra representativa y se infieren resultados a toda la población (Iglesias, 2021).

La población está conformada por toda la extensión del pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja. Esto incluye la totalidad de la infraestructura vial en estudio del Puente Maravillas hasta la entrada del distrito de Calapuja (17.3 km), considerando sus diferentes secciones, estructuras y condiciones de tránsito.

3.6.2 Muestra

Subgrupo de la población de estudio que se elige para ser analizado en profundidad y cuyos resultados se pueden generalizar para toda la población. Ya que en muchas

investigaciones resulta imposible estudiarlos a todos, la muestra hace posible el estudio de una manera más eficiente en tiempo, recursos y viabilidad. Para que una muestra sea representativa de la población, debe reflejar sus características principales en la proporción correcta. Hay varios tipos de muestreo, los cuales se dividen en probabilísticos y no probabilísticos (Castillo et al., 2014).

La muestra estará determinada por los tramos específicos de la vía seleccionados para la evaluación que abarca del kilómetro 4+000 a 6+000.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Estrategias concretas que se emplean para recoger, analizar y manipular la información en una investigación. Estas técnicas recogen datos de forma estructurada y sistemática, asegurando la validez y fiabilidad de los resultados de la investigación. Su elección viene determinada por el tipo de investigación, el diseño metodológico (cualitativo o cuantitativo) y los objetivos de la investigación. En la investigación cuantitativa, las formas de recolección de datos incluyen encuestas, cuestionarios estructurados, experimentos y análisis estadísticos, los cuales miden variables en números y determinan relaciones entre ellas (Hadi et al., 2023).

- Deflectometría.
- Medición del (IRI).
- Inspección visual y registro de patologías.

3.7.2 Instrumentos

Instrumentos o técnicas estandarizadas que se emplean para recoger datos en una investigación de forma sistemática. Estas herramientas proporcionan información fiable y válida sobre las variables de interés, lo que permite analizar e interpretar los resultados de la investigación. Los instrumentos dependen del diseño metodológico de la investigación.



En la cuantitativa, las más comunes son cuestionarios, encuestas, pruebas estandarizadas y formatos de registro de datos, las cuales miden variables de forma objetiva y numérica (Hadi et al., 2023).

- Deflectómetro.
- Rugosímetro.
- Fichas de recolecta de datos.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación

La validación de instrumentos es el proceso por el cual se determina si un instrumento de investigación mide con exactitud y fiabilidad las variables para las que fue diseñado. Busca que los datos recolectados sean representativos, consistentes y apropiados para dar respuesta a la pregunta de investigación y garantizar la calidad y el rigor de la investigación. Hay varios tipos de validez en la validación de instrumentos. La validez de contenido examina si el instrumento abarca todos los aspectos pertinentes del fenómeno que se desea estudiar y generalmente es juzgada por expertos en el tema. La validez de criterio se refiere a qué tanto se correlaciona el instrumento con otro ya validado que mida lo mismo, y la de constructo, en qué medida el instrumento refleja el constructo teórico que pretende medir (Castillo et al., 2014).

3.8.2 Confiabilidad

La fiabilidad de un instrumento de investigación es el grado en que éste genera resultados consistentes y estables en el tiempo, en distintas situaciones o grupos de estudio. Un instrumento es fiable si sus mediciones son repetibles y producen resultados similares en condiciones idénticas, lo que asegura que los resultados no son fruto del azar o de errores de medición.

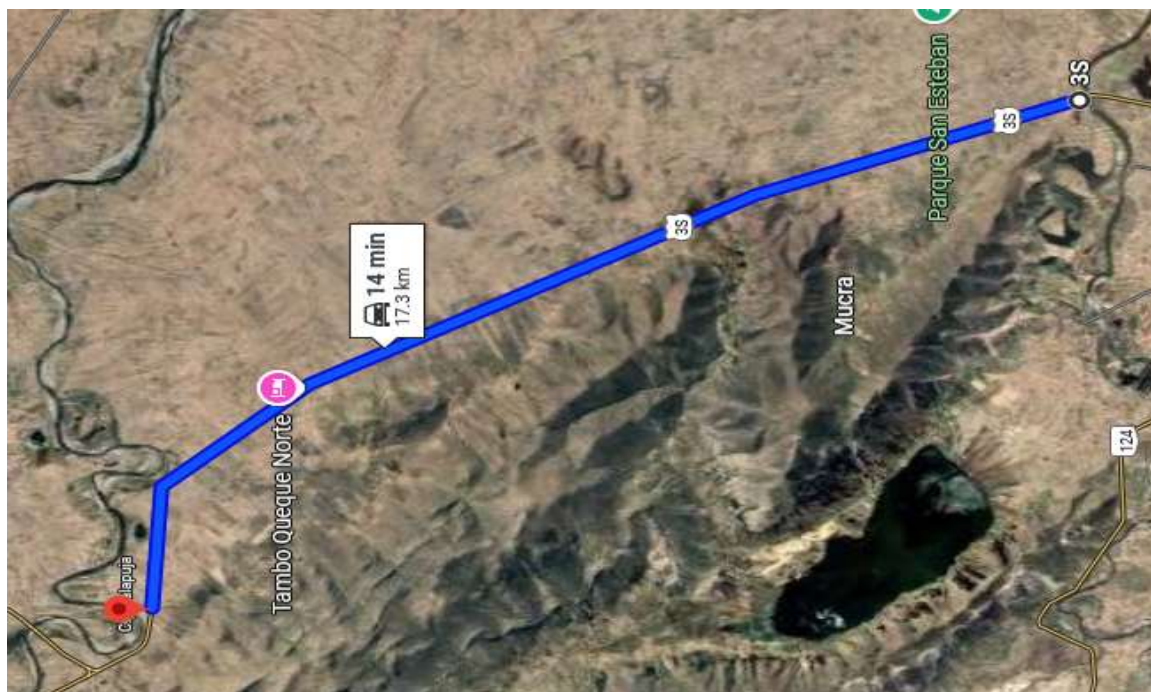
Existen diversas formas de evaluar la confiabilidad de un instrumento. Uno de los métodos más utilizados en estudios cuantitativos es el coeficiente de alfa de Cronbach, que mide la consistencia interna de los ítems del instrumento y su grado de correlación. Otra técnica común es la prueba-reprueba, que consiste en aplicar el mismo instrumento en dos momentos distintos a un mismo grupo y comparar los resultados para medir su estabilidad en el tiempo. Además, en estudios donde hay más de un evaluador, se puede emplear la confiabilidad interevaluador, que verifica si diferentes investigadores obtienen resultados similares al aplicar el mismo instrumento (Castillo et al., 2014).

3.9 Procedimiento de recolección de datos

En primer lugar, se efectuó la ubicación de la vía. Posteriormente, se realizó el marcado de la muestra con el fin de ejecutar los ensayos correspondientes.

Figura 8

Vía de Juliaca a Calapuja



Se muestra el tramo de la vía estudiada donde tiene una longitud aproximada de 17.3 km, considerada desde el puente maravillas hasta la entrada del distrito de Calapuja.

❖ Método Viga Benkelman (MTC E 1002)

Etapa 1: Verificación de Condiciones Previas

Antes de iniciar la evaluación mediante **Deflectometría**, es fundamental verificar las condiciones ambientales para garantizar la ejecución del ensayo en temperaturas adecuadas. Esto permite obtener mediciones precisas y corregir posibles variaciones debidas a la temperatura del pavimento.

Etapa 2: Ejecución del Ensayo

Para la correcta aplicación del Método de la Viga Benkelman, se deben cumplir los siguientes pasos:

1. Inspección del vehículo de carga:

- Verificar que el camión volquete tándem cumpla con las especificaciones reglamentarias.
- Inspeccionar la presión de las llantas.
- Confirmar que el peso en las llantas traseras sea de 8.2 toneladas.

2. Montaje del equipo de medición:

- Ensamblar la Viga Benkelman de un solo brazo y posicionarla adecuadamente en la parte trasera del volquete.

3. Toma de lecturas de deflexión:

- Realizar la primera lectura de las deflexiones iniciales.
- Paralelamente, registrar la temperatura en grados centígrados para aplicar la corrección por temperatura.
- Ejecutar un total de cuatro mediciones para determinar la deflexión máxima en campo.
- Las deflexiones obtenidas se documentarán en el informe técnico, adjuntando el panel fotográfico.

Etapa 3: Aforo Vehicular

Con el propósito de evaluar la vida remanente del pavimento flexible, se realiza un aforo vehicular que permita cuantificar la demanda de tránsito y determinar el método de reciclaje más adecuado.

- Se establece un punto crítico en la avenida de estudio para llevar a cabo el aforo vehicular durante dos días consecutivos.
- Los resultados obtenidos serán documentados y respaldados con el panel fotográfico.

Figura 9

Plantilla del aforo vehicular

HORA	SEN TI DO	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRATLER			TRAYLER				TOTAL		
				PICK UP	PANEL	RURAL Cambi		2 E	3-3 E	2 E	3 E	4 E	25M252	253	35M352	3-353	2T2	2T3	3T2	3-3T3				
06:00	←	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:10	→	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
06:10	←	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
06:20	→	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
06:20	←	4	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
06:30	→	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
06:30	←	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
06:40	→	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
06:40	←	3	3	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
06:50	→	4	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
06:50	←	4	2	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
07:00	→	3	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
07:00	←	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
07:10	→	4	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
07:10	←	3	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
07:20	→	4	2	4	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
07:20	←	4	1	6	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
07:30	→	5	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
07:30	←	7	1	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
07:40	→	8	3	5	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
07:40	←	7	1	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
07:50	→	9	2	6	2	4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	25

De acuerdo con el conteo de aforo vehicular se obtuvo un EE de: **4757042.975**

Etapa 4: Análisis en Gabinete y Cálculo de Vida Remanente

Para determinar la vida remanente del pavimento, se procesan y analizan los datos recopilados en campo mediante los métodos de evaluación correspondientes.

Análisis de resultados y toma de decisiones:

- Se evalúan los datos de deflexión y tránsito según los criterios del Instituto del Asfalto y las normativas de INVIAS.



- En función de los resultados, se decide si el pavimento requiere mantenimiento o rehabilitación.

❖ Cálculo del radio de curvatura

Con el objetivo de llevar a cabo un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos en la evaluación estructural, se procederá a determinar el Radio de Curvatura utilizando la siguiente ecuación:

$$RC = 3125 / (D'0 - D'25) \text{ expresado en m}$$

Donde:

- D0' representa la deflexión corregida en el punto 0.
- D25' corresponde a la deflexión corregida en el punto 25.

❖ Cálculo de deflexiones características

Para evaluar el pavimento en estudio, el cálculo y análisis de la deflexión característica requiere el uso de parámetros clave como la deflexión media, el coeficiente de variación y la desviación estándar. Es importante destacar que la deflexión característica se expresa mediante un valor único para todo el tramo analizado. Por ello, estos parámetros se determinan considerando las deflexiones obtenidas en ambos márgenes del tramo (derecho e izquierdo).

Cálculo de la Deflexión Media

La deflexión media se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Donde:

N = Número total de medidas.

Di = Deflexiones desde i=1 a i=n.

\bar{D} = Deflexión media de n deflexiones.



Cálculo de la Desviación Estándar

La desviación estándar se determina mediante la siguiente expresión:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D)^2}{n - 1}}$$

Donde:

σ = Desviación estándar.

n: Número total de medidas.

D_i : Deflexiones desde $i=1$ a $i=n$.

Cálculo del Coeficiente de Variación

El coeficiente de variación se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$C. V. = \frac{\sigma}{\bar{D}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación.

σ = Desviación estándar.

\bar{D} = Deflexión media.

Cálculo de la Deflexión Característica

La deflexión característica (D_c) se determina utilizando la siguiente expresión matemática:

$$D_c = \bar{D} + 1.282 (\sigma)$$

Donde:

D_c = Deflexión característica.

\bar{D} = Deflexión media.

σ = Desviación estándar.

❖ Cálculo de deflexiones admisibles

La deflexión admisible corresponde al valor de deflexión que el pavimento alcanzará al final de su vida útil de diseño. Este cálculo considera la carga acumulada durante el periodo de servicio, expresada en términos del número de ejes equivalentes acumulados (N).

$$D_{adm} = (1.15/N)^{0.25}$$

Donde:

- D_{adm} representa la deflexión admisible, expresada en (1/100) mm, y se compara con las deflexiones medidas mediante la Viga Benkelman.
- N es el número de ejes estándares equivalentes de 8.2 toneladas acumulados durante el periodo de diseño, expresado en millones.

❖ Procedimiento del IRI

El rugosímetro Merlín es un instrumento indispensable para medir la regularidad superficial de pavimentos, información fundamental para establecer la calidad de la superficie de rodadura. Su uso adecuado implica una preparación cuidadosa, materiales específicos y la coordinación de personal técnico capacitado para asegurar la precisión en la recolección de datos (Huanca, 2024).

Figura 10

Rugosímetro de merlín



1. Materiales y Equipos Requeridos

Para realizar el estudio con el Rugosímetro Merlín, se necesita de algunos materiales que permitirán organizar el proceso y recolectar la información. Entre los elementos indispensables están:

- Instrumentos de medición: Una cinta métrica o wincha para medir con exactitud las distancias entre los puntos de evaluación.
- Materiales para toma de datos: Fichas de recolección y lápices, lapiceros o plumones para registrar las mediciones tomadas.
- Herramientas de apoyo: Pizarra acrílica y borrador para tomar notas y corregirlas en el momento de la inspección en terreno.
- Equipo de seguridad: Conos de señalización, bombilla infladora de llantas para asegurar el funcionamiento del equipo, casco y chaleco reflectante para el personal en el área de trabajo.

Procedimiento de Medición con el Rugosímetro Merlín

Paso 1: Calibración del Equipo

Antes de medir, calibre el Rugosímetro Merlín sobre una superficie plana. Esta calibración es fundamental para asegurar la exactitud de las lecturas y evitar desviaciones en la toma de datos.

Paso 3: Definición del Punto de Inicio y Marcado de Muestras

Se define un punto de partida para comenzar a evaluar el pavimento. A partir de aquí se señalizan puntos de toma de datos cada 2 m, para tener una distribución uniforme en todo el tramo de carretera en estudio.

Paso 4: Registro de Mediciones con el Rugosímetro

Una vez marcados los puntos de medición, el operador desplaza el Rugosímetro Merlín sobre la vía, iniciando en el primer punto marcado y continuando sucesivamente por los puntos definidos. Este proceso permite inspeccionar todas



las áreas previamente marcadas, asegurando un análisis preciso de la rugosidad superficial del pavimento.

Paso 5: Registro Sistemático de Datos y Análisis de Rugosidad

Para determinar con precisión el nivel de rugosidad del pavimento, se llevan a cabo 200 observaciones de las irregularidades detectadas en la superficie.

- Los datos recolectados se organizan en una cuadrícula estructurada de 20 filas y 10 columnas, lo que permite un registro ordenado y metódico.
- El proceso de anotación de mediciones inicia en la posición (1,1) y progresa de manera secuencial, avanzando de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha hasta completar la totalidad de la cuadrícula.

3.10 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos es una de las etapas más cruciales de un proyecto, ya que es el punto donde se manipulan y analizan los datos recopilados para extraer información significativa. Aquí los datos ya recopilados de diversas fuentes se organizan y transforman en información comprensible, revelando patrones y tendencias significativas que son esenciales para la toma de decisiones. Esto implica no sólo la recopilación y sistematización de los datos, sino también el uso de metodologías y técnicas específicas (análisis estadístico, técnicas computacionales, software especializado, etc.) para asegurar la exactitud y fiabilidad de la información.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En esta parte se muestran los resultados que se obtuvieron de los datos tomados en la evaluación del pavimento. Se adjuntan los valores de deflexiones y radios de curvatura procesados y tabulados para su fácil interpretación en forma de gráficos. Además, se muestran los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en forma gráfica y tabular para una mejor comprensión de las condiciones de transitabilidad de la vía. Finalmente, se indica la intervención sugerida de acuerdo a las deflexiones encontradas, sirviendo como base técnica para la toma de decisiones sobre la intervención y conservación del pavimento.

4.1.1 *Capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría*

Se presentan las lecturas de campo obtenidas a partir del ensayo de la Viga Benkelman, las cuales han sido registradas durante la evaluación estructural del pavimento.



Tabla 3

Medición en campo-Carril derecho

KM	CARRIL	LECTURA DE DIAL (mm/100)					L _f	HORA	TEMPERATURA		CORREC
		DIAL 1							[°C]		
		0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm			AMB.	CAPA	
4+000	Dch.	0	6	8	13	16	17	10:00	17.9	20.5	1.000
4+050	Dch.	0	5	9	12	15	18	10:05	18.2	20.6	1.000
4+100	Dch.	0	4	10	11	14	17	10:10	18.2	20.6	1.000
4+150	Dch.	0	6	8	13	14	17	10:15	18.3	20.7	1.000
4+200	Dch.	0	7	8	12	13	17	10:20	18.4	20.8	1.000
4+250	Dch.	0	6	7	12	16	16	10:25	18.6	20.8	1.000
4+300	Dch.	0	5	9	13	15	19	10:30	18.6	20.8	1.000
4+350	Dch.	0	6	8	12	15	18	10:35	18.6	20.9	1.000
4+400	Dch.	0	6	10	13	15	17	10:40	18.7	20.9	1.000
4+450	Dch.	0	5	9	11	16	18	10:45	18.8	21.0	1.000
4+500	Dch.	0	6	11	12	14	17	10:50	18.9	21.4	1.000
4+550	Dch.	0	6	12	14	17	19	10:55	18.9	21.4	1.000
4+600	Dch.	0	5	10	13	18	18	11:00	19.4	221.6	0.986
4+650	Dch.	0	6	9	11	16	18	11:05	19.4	21.6	1.000
4+700	Dch.	0	6	10	10	15	19	11:10	19.5	21.5	1.000
4+750	Dch.	0	6	8	11	14	18	11:15	19.5	21.5	1.000
4+800	Dch.	0	5	11	12	15	18	11:20	19.6	21.8	1.000
4+850	Dch.	0	6	10	13	16	18	11:25	19.7	21.8	1.000
4+900	Dch.	0	5	12	13	17	18	11:30	19.7	21.9	1.000
4+950	Dch.	0	6	10	13	16	19	11:35	19.7	21.9	1.000
5+000	Dch.	0	5	9	11	17	17	11:40	19.8	22.0	1.000
5+050	Dch.	0	6	9	12	15	19	11:45	19.8	22.4	1.000
5+100	Dch.	0	5	8	12	16	17	11:50	19.9	22.5	1.000
5+150	Dch.	0	6	9	13	17	18	11:55	19.9	22.8	1.000
5+200	Dch.	0	6	10	11	14	17	12:00	20.5	22.9	1.000
5+250	Dch.	0	5	11	12	16	18	12:05	20.6	22.9	1.000
5+300	Dch.	0	4	9	14	15	17	12:10	20.6	23.4	1.000
5+350	Dch.	0	7	9	13	14	18	12:15	20.7	23.6	1.000
5+400	Dch.	0	6	10	11	16	19	12:20	20.8	23.7	1.000
5+450	Dch.	0	6	11	12	17	17	12:25	20.8	23.8	1.000
5+500	Dch.	0	5	12	11	16	18	12:30	21.0	24.0	1.000
5+550	Dch.	0	6	8	12	14	18	12:35	21.5	24.5	1.000
5+600	Dch.	0	5	8	11	15	17	12:40	22.0	24.5	1.000
5+650	Dch.	0	4	7	12	16	17	12:45	22.1	24.6	1.000
5+700	Dch.	0	6	9	12	16	19	12:50	21.9	24.6	1.000
5+750	Dch.	0	6	8	13	17	17	12:55	21.9	24.7	1.000
5+800	Dch.	0	5	9	13	15	18	13:00	21.7	24.8	1.000
5+850	Dch.	0	6	7	12	16	19	13:05	21.8	24.9	1.000
5+900	Dch.	0	5	8	11	15	17	13:10	21.8	25.0	1.000
5+950	Dch.	0	6	8	12	15	17	13:15	21.7	24.8	1.000
6+000	Dch.	0	7	7	12	15	19	13:20	21.7	24.5	1.000

Tabla 4

Medición en campo-Carril izquierdo

KM	CARRIL	LECTURA DE DIAL (mm/100)						HORA	TEMPERATURA		CORREC
		DIAL 1					[°C]				
		0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	L _f		AMB.	CAPA	
4+000	lzq.	0	5	6	9	14	16	10:00	17.4	19.8	1.000
4+050	lzq.	0	4	7	10	15	17	10:05	17.4	19.9	1.000
4+100	lzq.	0	3	8	11	13	16	10:10	17.5	19.8	1.000
4+150	lzq.	0	4	6	12	13	17	10:15	17.8	19.8	1.000
4+200	lzq.	0	5	7	11	14	16	10:20	17.9	19.9	1.000
4+250	lzq.	0	4	8	11	15	17	10:25	18.0	20.1	1.000
4+300	lzq.	0	4	8	10	13	16	10:30	18.0	20.1	1.000
4+350	lzq.	0	6	8	9	14	17	10:35	18.1	20.2	1.000
4+400	lzq.	0	4	8	9	15	16	10:40	18.2	20.2	1.000
4+450	lzq.	0	5	7	9	15	17	10:45	18.2	20.3	1.000
4+500	lzq.	0	4	6	10	13	17	10:50	18.4	20.4	1.000
4+550	lzq.	0	4	7	11	13	17	10:55	18.6	20.5	1.000
4+600	lzq.	0	4	7	12	14	18	11:00	18.7	20.5	1.000
4+650	lzq.	0	6	6	12	13	16	11:05	18.9	20.7	1.000
4+700	lzq.	0	5	8	10	14	18	11:10	19.0	20.8	1.000
4+750	lzq.	0	4	8	11	13	17	11:15	19.0	20.8	1.000
4+800	lzq.	0	5	6	11	15	16	11:20	19.2	20.8	1.000
4+850	lzq.	0	6	8	10	15	17	11:25	19.4	20.9	1.000
4+900	lzq.	0	4	7	9	13	18	11:30	19.5	21.0	1.000
4+950	lzq.	0	5	8	9	13	16	11:35	19.4	21.0	1.000
5+000	lzq.	0	5	7	10	14	17	11:40	19.6	21.2	1.000
5+050	lzq.	0	4	8	11	14	18	11:45	19.7	21.3	1.000
5+100	lzq.	0	4	7	12	13	18	11:50	19.8	21.5	1.000
5+150	lzq.	0	6	7	9	14	16	11:55	19.8	21.5	1.000
5+200	lzq.	0	4	6	11	15	16	12:00	19.9	21.5	1.000
5+250	lzq.	0	6	7	10	13	17	12:05	19.9	21.6	1.000
5+300	lzq.	0	4	8	9	13	16	12:10	20.0	21.6	1.000
5+350	lzq.	0	6	6	10	14	18	12:15	20.1	21.6	1.000
5+400	lzq.	0	4	8	11	15	17	12:20	20.2	21.7	1.000
5+450	lzq.	0	6	8	12	14	18	12:25	20.3	21.8	1.000
5+500	lzq.	0	5	6	12	13	16	12:30	20.3	21.8	1.000
5+550	lzq.	0	6	7	11	14	18	12:35	20.5	21.8	1.000
5+600	lzq.	0	4	8	10	15	17	12:40	20.5	21.9	1.000
5+650	lzq.	0	5	7	10	14	18	12:45	20.7	22.0	1.000
5+700	lzq.	0	6	6	9	15	16	12:50	20.7	22.3	1.000
5+750	lzq.	0	4	7	12	13	18	12:55	20.8	22.4	1.000
5+800	lzq.	0	5	8	11	14	18	13:00	20.8	22.5	1.000
5+850	lzq.	0	6	8	12	15	17	13:05	20.9	22.6	1.000
5+900	lzq.	0	4	7	11	13	16	13:10	21.0	22.6	1.000
5+950	lzq.	0	4	7	10	14	17	13:15	21.0	22.8	1.000
6+000	lzq.	0	5	6	10	15	18	13:20	21.2	22.9	1.000

Tabla 5

Deflexiones y radios de curvaturas calculados-Carril derecho

2.- LECTURAS DE CAMPO		3.- RESULTADOS		
KM	CARRIL	DEFLEXIONES mm/100		RADIO (m) CURVATURA
		D0	D25	Rc
4+000	Dch.	88	57	100
4+050	Dch.	94	68	120
4+100	Dch.	88	68	150
4+150	Dch.	88	57	100
4+200	Dch.	88	52	86
4+250	Dch.	83	52	100
4+300	Dch.	99	73	120
4+350	Dch.	94	62	100
4+400	Dch.	88	57	100
4+450	Dch.	94	68	120
4+500	Dch.	88	57	100
4+550	Dch.	99	68	100
4+600	Dch.	92	67	122
4+650	Dch.	94	62	100
4+700	Dch.	99	68	100
4+750	Dch.	94	62	100
4+800	Dch.	94	68	120
4+850	Dch.	94	62	100
4+900	Dch.	94	68	120
4+950	Dch.	99	68	100
5+000	Dch.	88	62	120
5+050	Dch.	99	68	100
5+100	Dch.	88	62	120
5+150	Dch.	94	62	100
5+200	Dch.	88	57	100
5+250	Dch.	94	68	120
5+300	Dch.	88	68	150
5+350	Dch.	94	57	86
5+400	Dch.	99	68	100
5+450	Dch.	88	57	100
5+500	Dch.	94	68	120
5+550	Dch.	94	62	100
5+600	Dch.	88	62	120
5+650	Dch.	88	68	150
5+700	Dch.	99	68	100
5+750	Dch.	88	57	100
5+800	Dch.	94	68	120
5+850	Dch.	99	68	100
5+900	Dch.	88	62	120
5+950	Dch.	88	57	100
6+000	Dch.	99	62	86
Promedio		Deflexión max 99		RC= 111

Figura 11

Deflexiones-Carril derecho

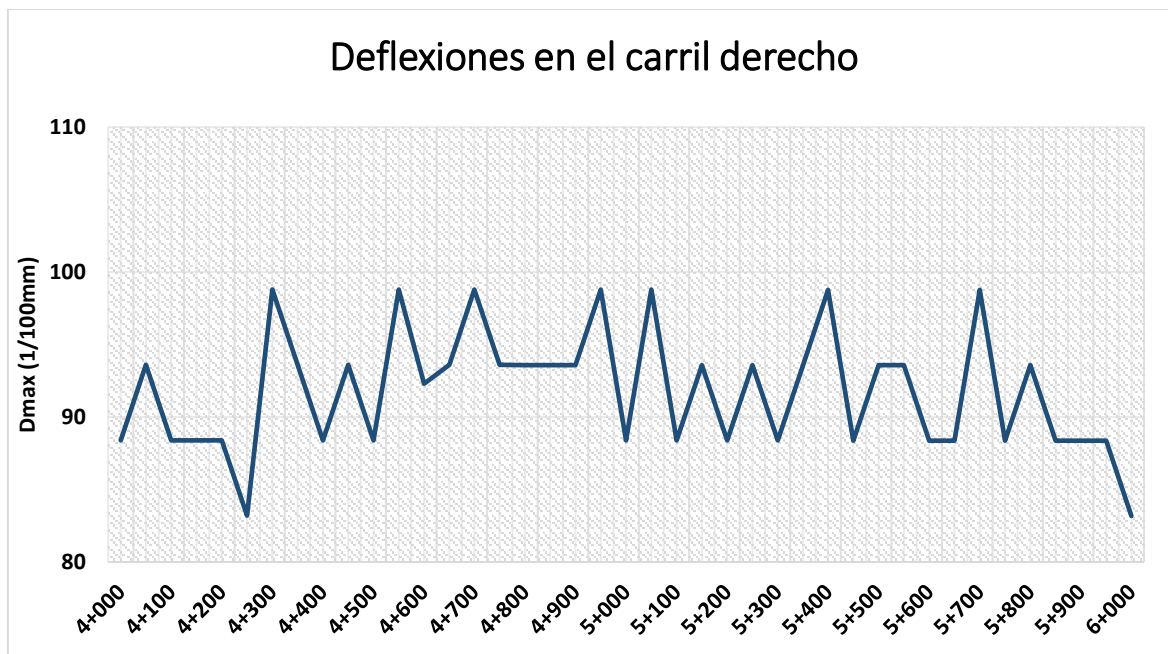


Figura 12

Radios de curvatura-Carril derecho

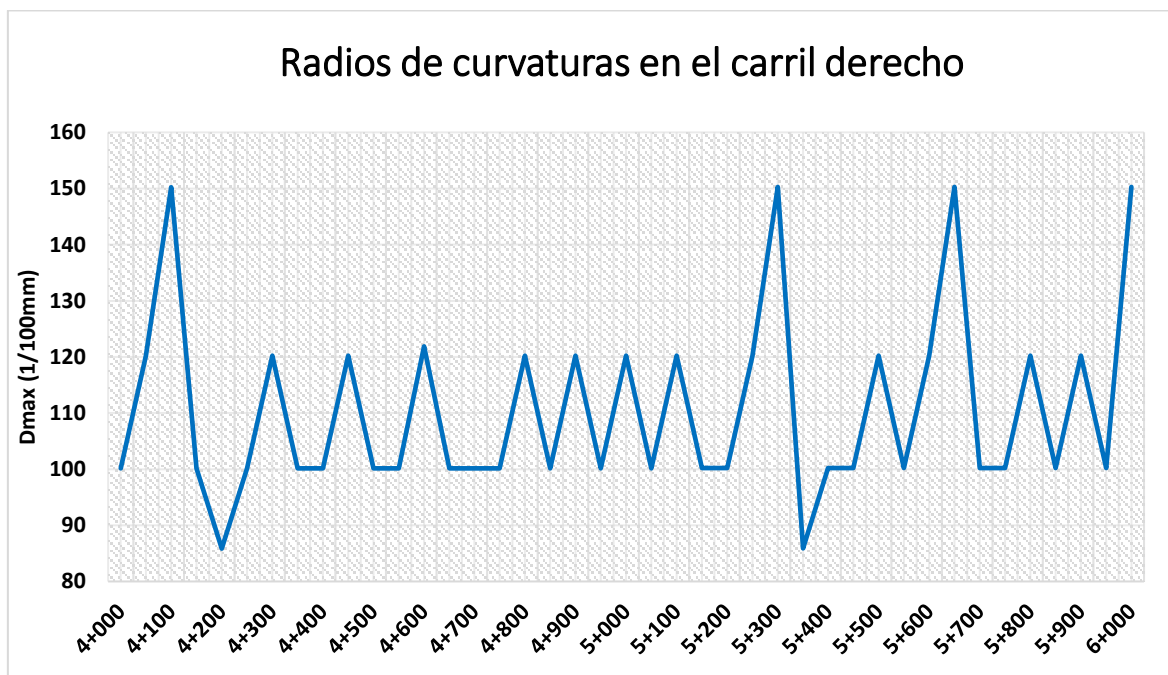


Tabla 6

Deflexiones y radios de curvaturas calculados-Carril izquierdo

2.- LECTURAS DE CAMPO		3.- RESULTADOS		
KM	CARRIL	DEFLEXIONES mm/100		RADIO (m) CURVATURA
		D0	D25	Rc
4+000	lzq.	83	57	120
4+050	lzq.	88	68	150
4+100	lzq.	83	68	200
4+150	lzq.	88	68	150
4+200	lzq.	83	57	120
4+250	lzq.	88	68	150
4+300	lzq.	83	62	150
4+350	lzq.	88	57	100
4+400	lzq.	83	62	150
4+450	lzq.	88	62	120
4+500	lzq.	88	68	150
4+550	lzq.	88	68	150
4+600	lzq.	94	73	150
4+650	lzq.	83	52	100
4+700	lzq.	94	68	120
4+750	lzq.	88	68	150
4+800	lzq.	83	57	120
4+850	lzq.	88	57	100
4+900	lzq.	94	73	150
4+950	lzq.	83	57	120
5+000	lzq.	88	62	120
5+050	lzq.	94	73	150
5+100	lzq.	94	73	150
5+150	lzq.	83	52	100
5+200	lzq.	83	62	150
5+250	lzq.	88	57	100
5+300	lzq.	83	62	150
5+350	lzq.	94	62	100
5+400	lzq.	88	68	150
5+450	lzq.	94	62	100
5+500	lzq.	83	57	120
5+550	lzq.	94	62	100
5+600	lzq.	88	68	150
5+650	lzq.	94	68	120
5+700	lzq.	83	52	100
5+750	lzq.	94	73	150
5+800	lzq.	94	68	120
5+850	lzq.	88	57	100
5+900	lzq.	83	62	150
5+950	lzq.	88	68	150
6+000	lzq.	94	68	120
Promedio		Deflexión max 95		RC= 131

Figura 13

Deflexiones-Carril izquierdo

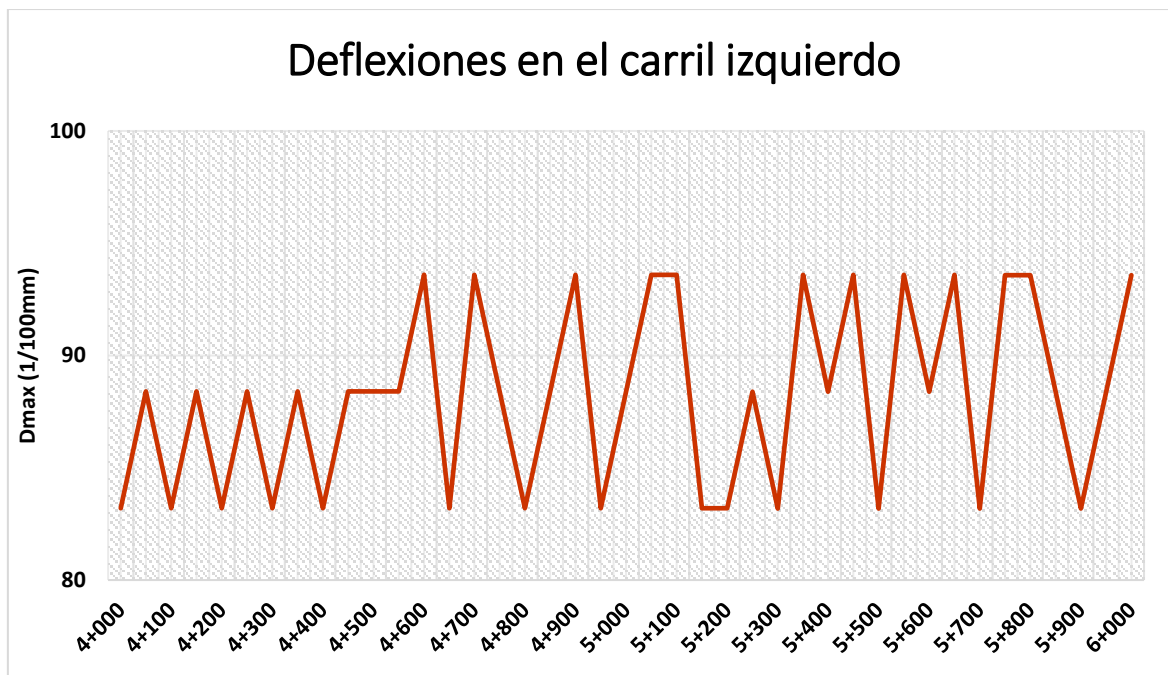


Figura 14

Radios de curvatura-Carril izquierdo

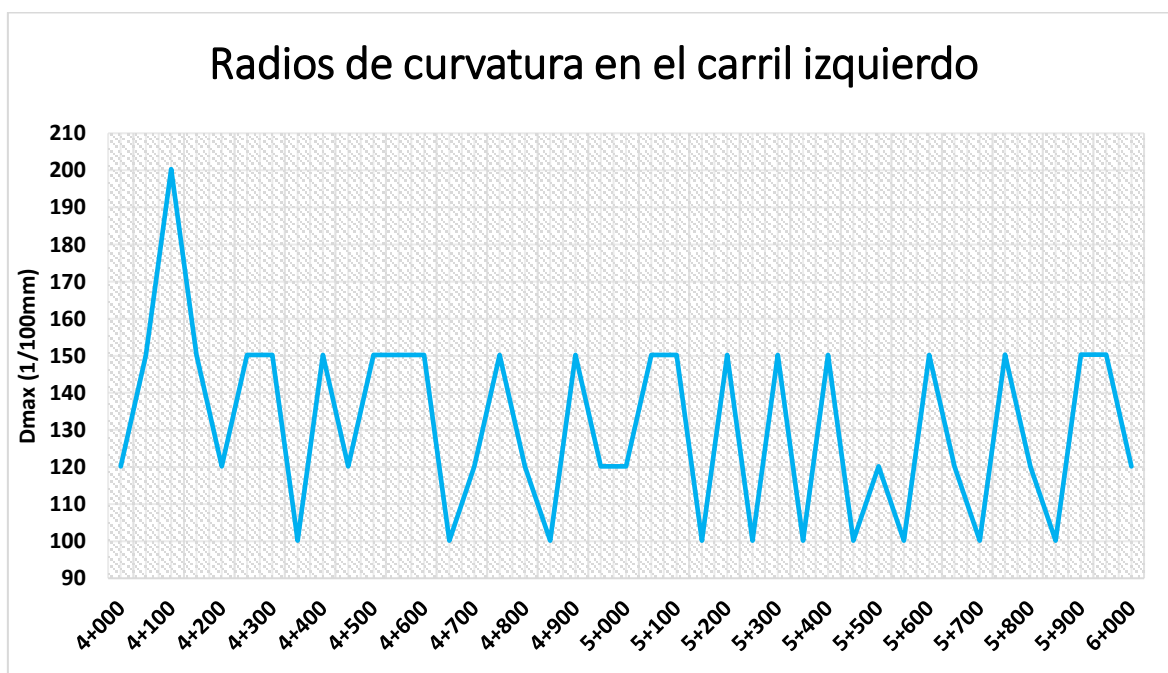
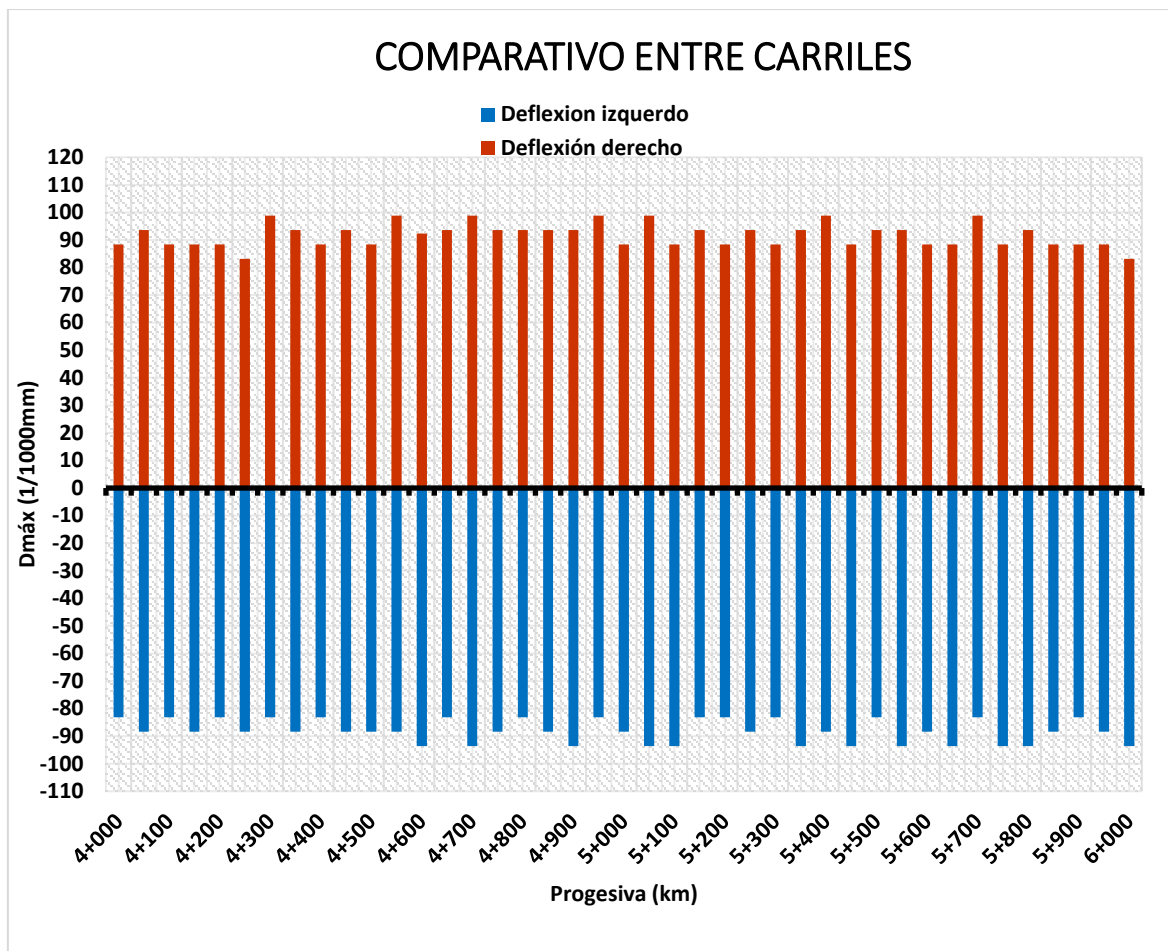


Figura 15

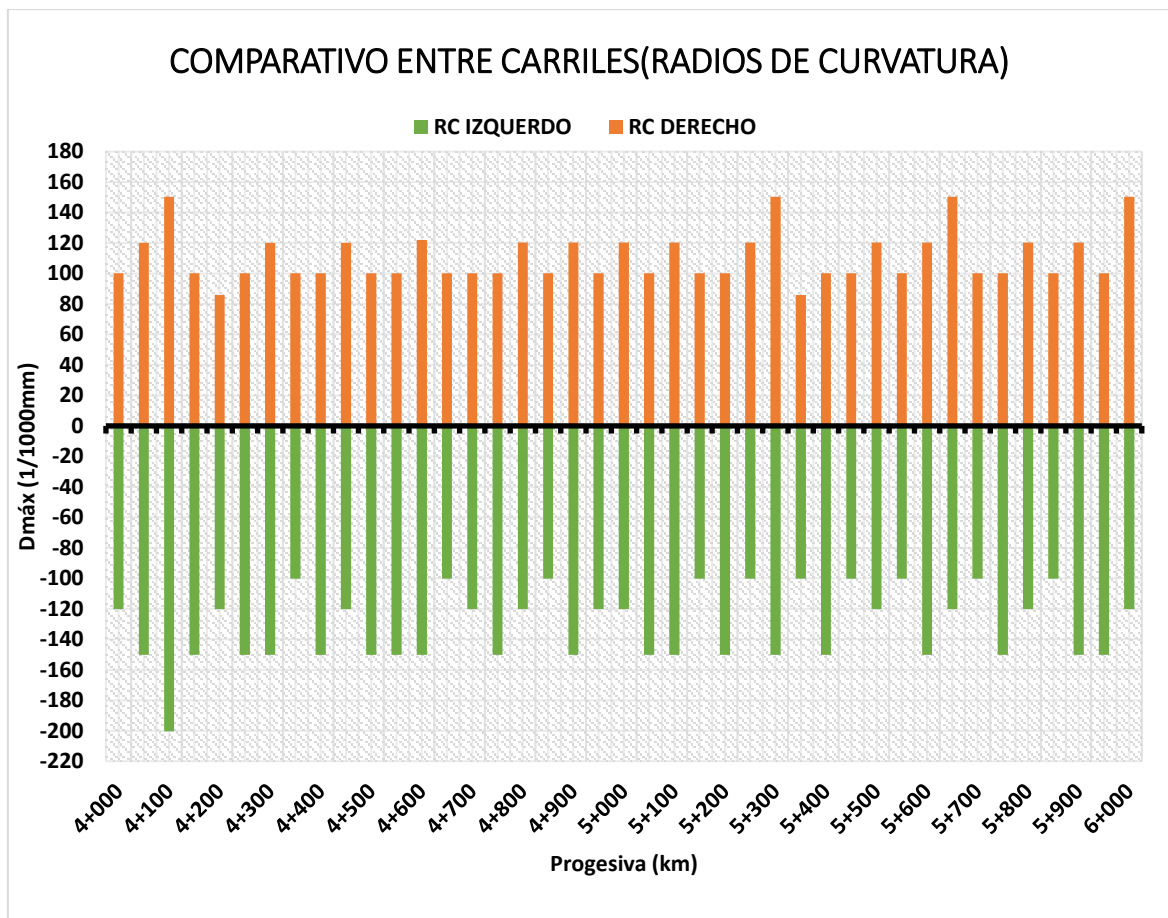
Comparativa en deflexiones



Se muestra la comparación de deflexiones máximas (D_0 max) entre los carriles izquierdo y derecho de la vía evaluada, expresadas en 1/100 mm. Se observa que los valores de D_0 max en el carril derecho varían entre 88 y 99 (1/100 mm), mientras que en el carril izquierdo oscilan entre 83 y 94 (1/100 mm). En general, el carril derecho presenta mayores deflexiones en comparación con el izquierdo, con valores promedio aproximados de 99 (1/100 mm) y 95 (1/100 mm), respectivamente. Esta diferencia sugiere variaciones en la capacidad estructural del pavimento, posiblemente debido a factores como la carga de tránsito predominante o diferencias en la compactación de la estructura del pavimento. La progresiva analizada muestra que esta tendencia se mantiene a lo largo del tramo evaluado.

Figura 16

Comparativa en radios de curvatura



Se presenta la comparación de los radios de curvatura (RC) entre los carriles izquierdo y derecho de la vía evaluada, medidos en metros (m). Se observa que en el carril derecho, los valores oscilan entre 86 m y 150 m, con una tendencia predominante alrededor de 100 m y 120 m. Por otro lado, el carril izquierdo presenta radios de curvatura mayores, variando entre 100 m y 200 m, con valores recurrentes de 120 m, 150 m y 200 m.

El promedio del RC derecho es aproximadamente 111 m, mientras que en el RC izquierdo es de 131 m, evidenciando una diferencia de 30 m en promedio entre ambos carriles. Esto indica que el carril derecho tiene una mayor curvatura en comparación con el izquierdo, lo que puede influir en el comportamiento de la estructura del pavimento y en la seguridad del tránsito.

Tabla 7*Comportamiento del pavimento según resultados*

Vía	DC(mm)	Dadm promedio (mm)	RC promedio (M)	Cumplimiento de DC>Dadm	RC>100
Juliaca-calapuja	89.74	97	121	SI	si

La Tabla muestra el comportamiento del pavimento en función de los valores obtenidos para la subrasante y el pavimento en la vía Juliaca – Calapuja. Se observa que el DC (Deflexión Característica) es de 89.74, mientras que el Dadm (Deflexión Admisible) es de 97, lo que indica que la condición estructural del pavimento cumple con los criterios de diseño, ya que $DC < Dadm$. Asimismo, el radio de curvatura (RC) obtenido es de 121, superando el umbral de 100, lo que sugiere una adecuada capacidad estructural y estabilidad del pavimento.

Dado que ambos parámetros cumplen con los valores de referencia, se puede concluir que el comportamiento de la subrasante es "bueno", indicando que la cimentación del pavimento presenta condiciones óptimas para soportar cargas de tránsito. De igual manera, el comportamiento del pavimento también se clasifica como "bueno", lo que garantiza una adecuada resistencia y durabilidad en la vía evaluada. Estos resultados reflejan una infraestructura vial estable, capaz de ofrecer condiciones satisfactorias de transitabilidad y desempeño estructural.

4.1.2 Nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad

Este apartado presenta los resultados obtenidos en el ensayo del IRI, incluyendo el conteo de desviaciones, gráficos de distribución y las mediciones finales. Se analizan los valores registrados en distintos tramos de la vía, lo que permite evaluar la rugosidad del pavimento y su impacto en la transitabilidad. A través de las gráficas y tablas presentadas, se visualiza la distribución de los datos y se comparan los valores obtenidos, proporcionando una interpretación clara del estado de la superficie de la vía.



Tabla 8

Lecturas de ensayos (4+000 a 4+400) km

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	25	23	24	25	25	24	26	28	27	27	28	27	22	26	22	24	28	28	27	32
2	27	24	25	26	26	25	25	27	26	23	27	26	23	25	29	26	29	29	28	31
3	28	26	26	24	27	27	27	28	27	24	24	25	24	26	30	25	28	27	30	30
4	23	27	28	23	27	32	28	29	27	25	30	27	25	22	22	24	26	26	31	31
5	24	28	23	27	28	29	29	28	24	28	28	32	28	28	27	23	25	25	32	28
6	22	30	30	27	31	29	30	32	23	27	27	28	27	29	26	27	30	24	29	27
7	26	31	30	28	30	30	29	29	28	28	25	29	29	30	25	27	26	23	27	29
8	32	25	29	29	31	31	30	27	32	26	24	27	26	26	26	26	28	25	26	29
9	30	26	28	30	26	30	31	29	24	25	26	28	25	26	25	25	27	26	27	31
10	31	24	29	22	27	27	29	30	27	27	25	28	31	22	26	29	29	27	23	32

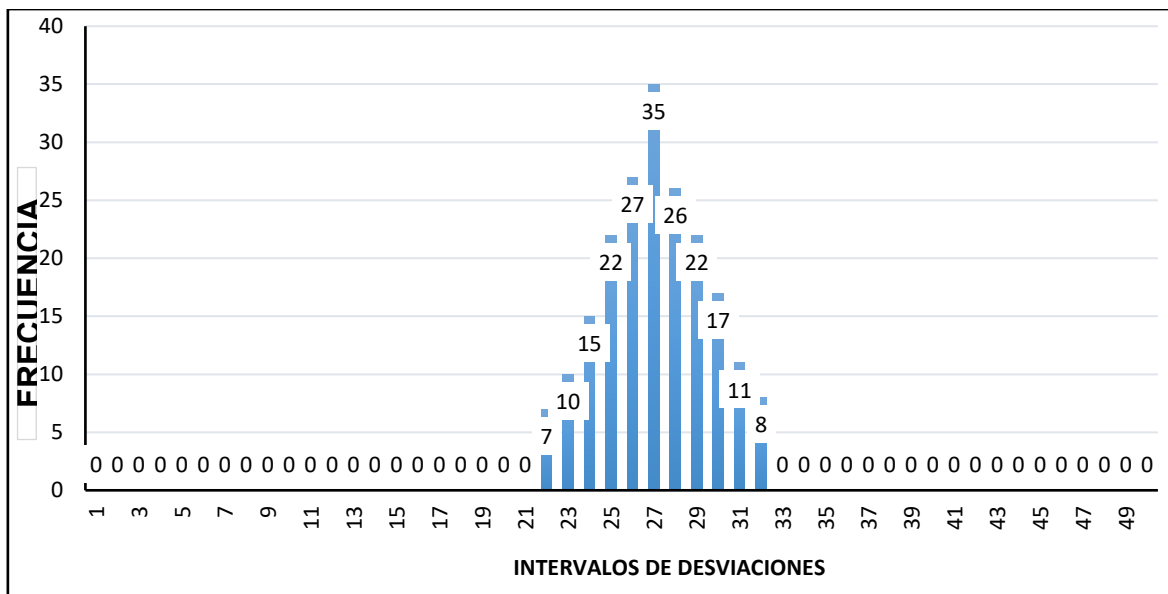
Tabla 9

Conteo de desviaciones (4+000 a 4+400) km

Cantidad de desviaciones (V) agrupadas por intervalo	V _{1/25}		V _{26/50}	
	1	0	26	27
	2	0	27	35
	3	0	28	26
	4	0	29	22
	5	0	30	17
	6	0	31	11
	7	0	32	8
	8	0	33	0
	9	0	34	0
	10	0	35	0
	11	0	36	0
	12	0	37	0
	13	0	38	0
	14	0	39	0
	15	0	40	0
	16	0	41	0
	17	0	42	0
	18	0	43	0
	19	0	44	0
	20	0	45	0
	21	0	46	0
	22	7	47	0
	23	10	48	0
	24	15	49	0
	25	22	50	0

Figura 17

Intervalos de desviaciones (4+000 a 4+400) km



El análisis del (IRI) muestra que los intervalos de desviaciones más frecuentes se encuentran entre 25 y 29, con un valor máximo de 35 observaciones en el intervalo de 27.

Tabla 10

IRI-(4+000 a 4+400) km

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL		
1	Valor máximo registrado	160.00 mm
2	Valor mínimo registrado	110.00 mm
3	Factor de corrección	1.38
4	Rango de D, corregido	75.78 mm
5	IRI = 0.539 + 0.0471*Dc	4.2 mm/km

Se muestra los resultados finales del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) para el tramo 4+000 a 4+400 km, obteniendo un valor de 4.2 mm/km. El valor máximo registrado fue de 160 mm, mientras que el mínimo alcanzó 110 mm, con un rango corregido de 71.78 mm. Estos valores reflejan la condición de la superficie del pavimento, indicando un nivel de rugosidad.



Tabla 11

Lecturas de ensayos (4+400 a 4+800) km

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	28	27	23	24	23	24	24	28	27	28	28	29	27	28	29	27	29	28	27	28
2	29	29	26	25	24	26	26	26	29	26	27	30	25	29	30	29	28	23	29	29
3	25	28	27	24	26	26	28	30	30	29	24	32	26	31	31	30	30	31	30	30
4	27	30	26	26	27	27	27	32	25	30	30	31	28	32	32	31	31	32	31	27
5	24	29	27	27	25	27	26	25	26	32	28	26	25	28	29	30	32	30	32	28
6	26	27	26	23	26	25	27	27	28	31	27	28	30	29	26	29	23	28	29	29
7	31	26	24	27	30	28	25	24	27	27	25	27	27	30	27	28	28	27	27	30
8	23	25	23	28	28	26	27	27	28	26	24	24	29	26	26	29	30	25	26	31
9	28	30	31	27	25	27	23	29	24	24	26	27	31	24	27	27	29	26	27	30
10	29	32	29	26	28	29	26	25	25	25	25	25	26	27	28	28	27	27	23	28

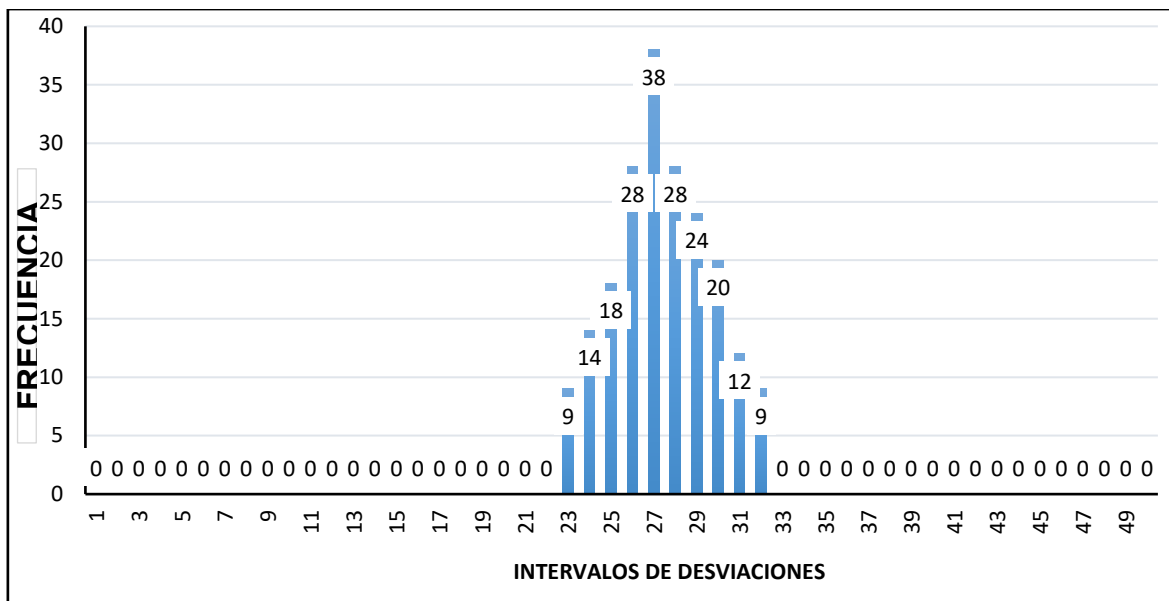
Tabla 12

Conteo de desviaciones (4+400 a 4+800) km

Cantidad de desviaciones (V) agrupadas por intervalo	V _{1/25}		V _{26/50}	
	1	0	26	28
	2	0	27	38
	3	0	28	28
	4	0	29	24
	5	0	30	20
	6	0	31	12
	7	0	32	9
	8	0	33	0
	9	0	34	0
	10	0	35	0
	11	0	36	0
	12	0	37	0
	13	0	38	0
	14	0	39	0
	15	0	40	0
	16	0	41	0
	17	0	42	0
	18	0	43	0
	19	0	44	0
	20	0	45	0
	21	0	46	0
	22	0	47	0
	23	9	48	0
	24	14	49	0
	25	18	50	0

Figura 18

Intervalos de desviaciones (4+400 a 4+800) km



Se muestra la distribución de los intervalos de desviaciones para el tramo 4+400 a 4+800 km. Se observa que la mayor frecuencia se encuentra en el intervalo de 27, con un valor máximo de 38 observaciones.

Tabla 13

IRI-(4+400 a 4+800) km

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL		
1	Valor máximo registrado	160.00 mm
2	Valor mínimo registrado	115.00 mm
3	Factor de corrección	1.38
4	Rango de D, corregido	62.00 mm
5	IRI = 0.539 + 0.0471*Dc	3.5 mm/km

Se presenta los resultados finales del (IRI) para el tramo 4+400 a 4+800 km, obteniendo un valor de 3.5 mm/km. El valor máximo registrado fue de 160 mm, mientras que el mínimo alcanzó 115 mm, con un rango corregido de 62.00 mm.



Tabla 14

Lecturas de ensayos (4+800 a 5+200) km

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	25	28	30	32	26	27	31	28	27	27	22	27	26	27	30	27	29	28	27	22
2	27	27	29	23	25	25	26	27	26	23	26	25	28	29	31	29	28	23	26	25
3	28	24	28	28	27	26	28	28	27	24	32	24	27	30	25	30	30	31	25	24
4	23	30	26	30	29	28	27	29	27	25	30	27	29	28	27	28	31	32	27	25
5	24	28	27	26	28	23	29	22	24	28	28	29	26	23	29	29	27	30	32	28
6	22	27	28	27	26	31	30	32	23	27	27	30	30	31	26	29	23	28	28	27
7	26	25	28	26	31	26	31	29	28	26	25	31	31	32	31	27	28	27	29	29
8	32	24	27	26	32	29	32	27	32	26	24	30	25	30	32	28	29	25	27	26
9	30	26	24	32	24	28	29	29	24	25	26	29	23	28	29	26	29	26	26	25
10	31	25	26	31	28	27	27	30	27	27	25	28	26	27	27	30	27	27	28	31

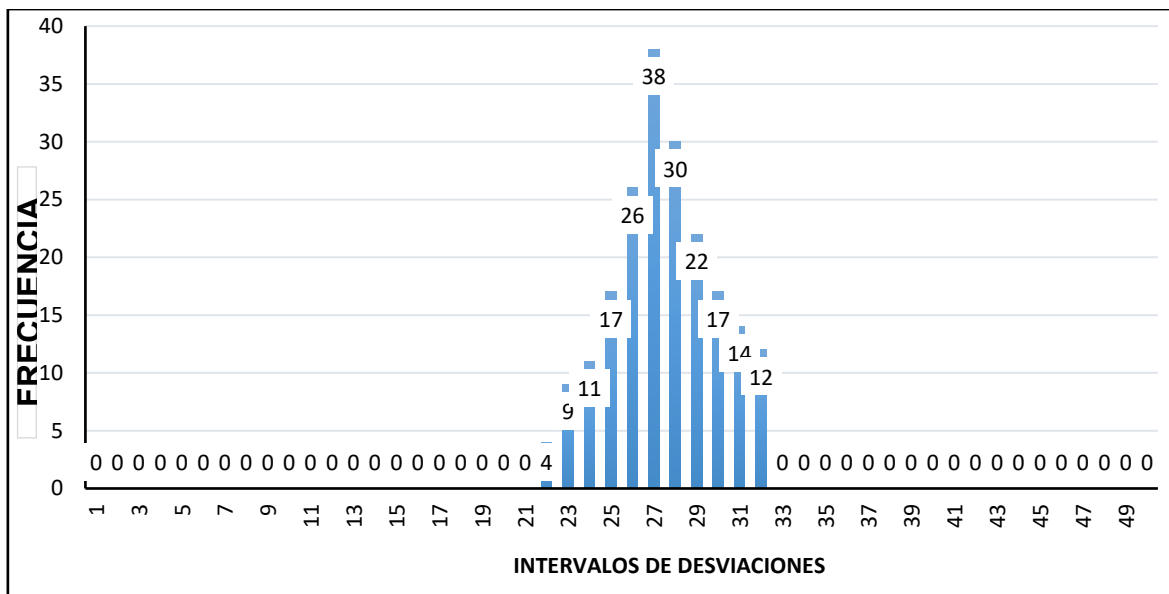
Tabla 15

Conteo de desviaciones (4+800 a 5+200) km

Cantidad de desviaciones (V) agrupadas por intervalo	V _{1/25}		V _{26/50}	
	1	0	26	26
	2	0	27	38
	3	0	28	30
	4	0	29	22
	5	0	30	17
	6	0	31	14
	7	0	32	12
	8	0	33	0
	9	0	34	0
	10	0	35	0
	11	0	36	0
	12	0	37	0
	13	0	38	0
	14	0	39	0
	15	0	40	0
	16	0	41	0
	17	0	42	0
	18	0	43	0
	19	0	44	0
	20	0	45	0
	21	0	46	0
	22	4	47	0
	23	9	48	0
	24	11	49	0
	25	17	50	0

Figura 19

Intervalos de desviaciones (4+800 a 5+200) km



Se muestra la distribución de los intervalos de desviaciones para el tramo 4+800 a 5+200 km. Se observa que el intervalo con mayor frecuencia es 27, con un pico de 38 observaciones.

Tabla 16

IRI-(4+800 a 5+200) km

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL		
1	Valor máximo registrado	160.00 mm
2	Valor mínimo registrado	110.00 mm
3	Factor de corrección	1.38
4	Rango de D, corregido	75.78 mm
5	IRI = 0.539 + 0.0471*Dc	4.2 mm/km

Se presenta los resultados finales del (IRI) para el tramo 4+800 a 5+200 km, con un valor de 4.2 mm/km. El valor máximo registrado fue de 160 mm, mientras que el mínimo alcanzó 110 mm, con un rango corregido de 75.78 mm.

Tabla 17

Lecturas de ensayos (5+200 a 5+600) km

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	27	25	29	29	31	31	30	27	27	26	24	27	26	26	26	26	27	25	26	29
2	30	28	28	30	26	30	31	29	24	25	27	27	25	26	25	25	27	26	27	31
3	28	25	23	28	28	24	27	27	28	26	24	24	29	26	26	29	30	25	26	31
4	27	30	31	27	25	27	23	29	24	24	26	27	31	24	27	27	29	26	27	30
5	25	32	29	24	28	29	26	25	25	25	25	25	26	27	28	28	27	27	23	28
6	24	31	31	30	30	31	23	27	26	23	26	24	28	27	28	28	29	24	26	28
7	27	32	32	31	31	32	31	26	24	27	30	27	27	29	26	27	30	25	25	27
8	29	28	29	30	32	30	23	25	23	28	28	28	30	30	29	24	32	27	27	28
9	30	29	26	29	23	28	28	30	31	27	25	27	32	25	30	30	31	32	28	29
10	31	30	27	28	28	27	29	32	29	26	28	26	25	26	32	28	26	29	29	28

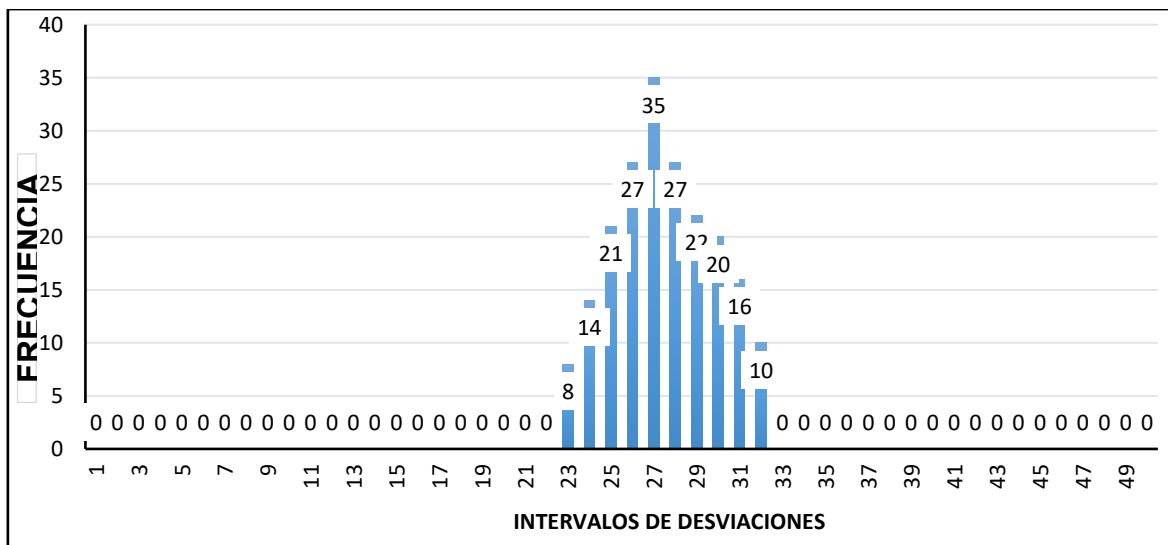
Tabla 18

Conteo de desviaciones (5+200 a 5+600) km

Cantidad de desviaciones (V) agrupadas por intervalo	V _{1/25}		V _{26/50}	
	1	0	26	27
	2	0	27	35
	3	0	28	27
	4	0	29	22
	5	0	30	20
	6	0	31	16
	7	0	32	10
	8	0	33	0
	9	0	34	0
	10	0	35	0
	11	0	36	0
	12	0	37	0
	13	0	38	0
	14	0	39	0
	15	0	40	0
	16	0	41	0
	17	0	42	0
	18	0	43	0
	19	0	44	0
	20	0	45	0
	21	0	46	0
	22	0	47	0
	23	8	48	0
	24	14	49	0
	25	21	50	0

Figura 20

Intervalos de desviaciones (5+200 a 5+600) km



Se muestra la distribución de los intervalos de desviaciones para el tramo 5+200 a 5+600 km. Se observa que la mayor frecuencia se encuentra en el intervalo de 27, con un máximo de 35 observaciones.

Tabla 19

IRI-(5+200 a 5+600) km

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL		
1	Valor máximo registrado	160.00 mm
2	Valor mínimo registrado	115.00 mm
3	Factor de corrección	1.38
4	Rango de D, corregido	68.89 mm
5	IRI = 0.539 + 0.0471*Dc	3.8 mm/km

Se presenta los resultados finales del (IRI) para el tramo 5+200 a 5+600 km, con un valor de 3.8 mm/km. El valor máximo registrado fue de 160 mm, mientras que el mínimo alcanzó 115 mm, con un rango corregido de 68.89 mm.



Tabla 20

Lecturas de ensayos (5+600 a 6+000) km

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	27	27	28	26	27	28	32	28	28	27	23	25	31	28	31	28	32	32	31	27
2	32	28	29	28	29	27	28	27	29	26	27	24	29	27	26	25	28	29	30	24
3	29	29	28	27	30	25	29	29	30	25	27	24	27	29	28	30	29	26	29	23
4	28	30	30	29	28	25	27	27	28	31	27	25	26	29	27	27	30	27	28	28
5	27	32	25	26	23	28	25	24	27	27	25	26	27	31	24	29	26	26	29	32
6	26	25	26	30	31	26	27	27	28	26	24	27	23	32	27	30	25	30	30	28
7	24	26	27	31	32	30	32	26	27	31	28	27	26	24	29	28	27	28	31	30
8	25	25	25	25	30	29	24	25	25	26	27	26	24	27	26	23	29	29	27	29
9	23	26	24	23	28	28	28	27	26	28	28	25	23	28	25	27	23	29	24	27
10	29	26	27	26	27	26	30	29	28	27	29	30	31	27	28	29	26	25	25	28

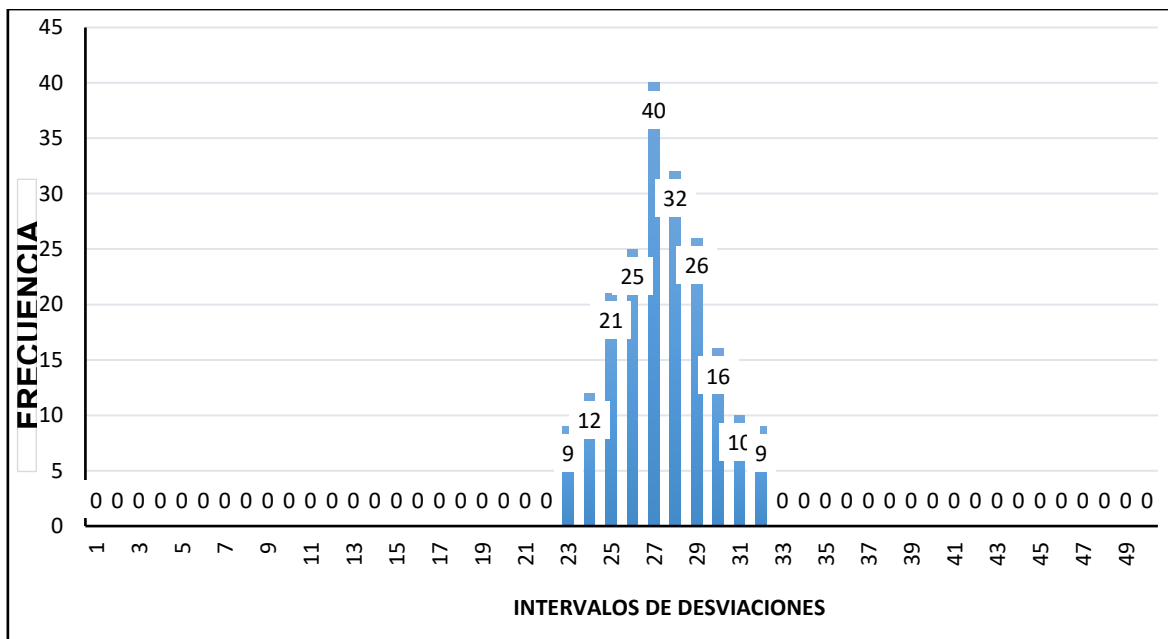
Tabla 21

Conteo de desviaciones (5+600 a 6+000) km

Cantidad de desviaciones (V) agrupadas por intervalo	V _{1/25}		V _{26/50}	
	1	2	3	4
	0	26	25	
	0	27	40	
	0	28	32	
	0	29	26	
	0	30	16	
	0	31	10	
	0	32	9	
	0	33	0	
	0	34	0	
	0	35	0	
	0	36	0	
	0	37	0	
	0	38	0	
	0	39	0	
	0	40	0	
	0	41	0	
	0	42	0	
	0	43	0	
	0	44	0	
	0	45	0	
	0	46	0	
	0	47	0	
	9	48	0	
	12	49	0	
	21	50	0	

Figura 21

Intervalos de desviaciones (5+600 a 6+000) km



Se muestra la distribución de los intervalos de desviaciones para el tramo 5+600 a 6+000 km. Se observa que el intervalo con mayor frecuencia es 27, alcanzando un pico de 40 observaciones.

Tabla 22

IRI-(5+600 a 6+000) km

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL		
1	Valor máximo registrado	160.00 mm
2	Valor mínimo registrado	115.00 mm
3	Factor de corrección	1.38
4	Rango de D, corregido	68.89 mm
5	IRI = 0.539 + 0.0471*Dc	3.8 mm/km

Se presenta los resultados finales del (IRI) para el tramo 5+600 a 6+000 km, obteniendo un valor de 3.8 mm/km. El valor máximo registrado fue de 160 mm, mientras que el mínimo alcanzó 115 mm, con un rango corregido de 68.89 mm.

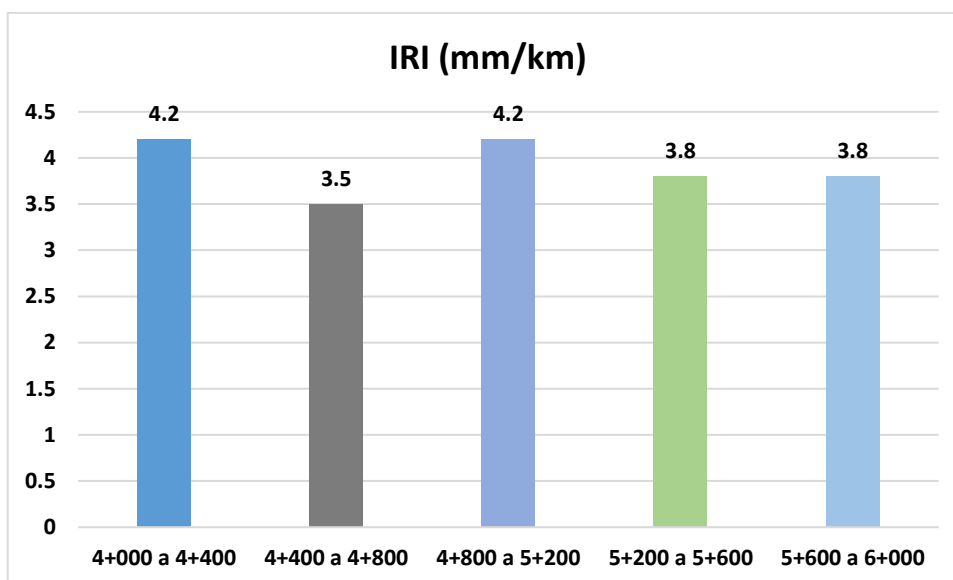
Tabla 23

Comparativa de IRI

Progresiva	IRI (mm/km)
4+000 a 4+400	4.20
4+400 a 4+800	3.50
4+800 a 5+200	4.20
5+200 a 5+600	3.80
5+600 a 6+000	3.80
PROMEDIO	3.90 (REGULAR)

Figura 22

Intervalos de desviaciones (5+600 a 6+000) km



Se presentan la comparación de los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en diferentes tramos de la vía evaluada. Según la normativa (MTC), la clasificación del IRI permite determinar la condición del pavimento y su grado de transitabilidad. En el tramo comprendido entre 4+000 y 4+400 km, se obtuvo un IRI de 4.20 mm/km, lo que indica una condición mala del pavimento. Esto sugiere que la superficie presenta irregularidades que pueden afectar la comodidad y seguridad del tránsito vehicular. De manera similar, el tramo 4+800 a 5+200 km presenta el mismo valor de 4.20 mm/km, lo que confirma la necesidad de acciones correctivas para mejorar la regularidad de la vía en estas secciones. Por otro

lado, el tramo 4+400 a 4+800 km registró un IRI de 3.50 mm/km, lo que lo clasifica dentro de la categoría de condición regular. Este valor indica que, si bien la superficie aún presenta rugosidad, su estado es relativamente mejor en comparación con los tramos mencionados anteriormente, lo que podría requerir únicamente mantenimiento preventivo en lugar de rehabilitación estructural. En los tramos finales de la evaluación, 5+200 a 5+600 km y 5+600 a 6+000 km, se registraron valores de 3.80 mm/km, los cuales también corresponden a una condición regular. Esto indica que la superficie del pavimento en estas zonas presenta una transitabilidad aceptable, aunque con algunas irregularidades que podrían incrementarse con el tiempo si no se aplican medidas de conservación adecuadas.

4.1.3 *Alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad*

Tabla 24

Medidas correctivas

Datos Deflectométricos Obtenidos	Capacidad Estructural	Medidas correctivas		
		Necesidad de Estudios Complementarios	Criterio de Cómputo para Refuerzo	Medidas Correctivas
$D_c < D_a$ $R_o > 100$	Buena	NO	Deflectométrico	Correcciones de superficie (bacheo, sellado de fisuras, microaglomerados)
$D_c > D_a$ $R_o > 100$	Regular a Mala	SI (si $D_p > 3D_{adm}$)	Deflectométrico, Resistencia	Refuerzo estructural (carpeta asfáltica adicional, reciclado con emulsión) o reconstrucción parcial
$D_c < D_a$ $R_o < 100$	Regular a Mala	Si	Deflectométrico, Resistencia	Refuerzo estructural (carpeta asfáltica, estabilización de base y subbase) o reconstrucción total
$D_c > D_a$ $R_o < 100$	Mala	Si	Resistencia	Refuerzo estructural o reconstrucción total, debido a la alta deflexión y baja capacidad de soporte

De acuerdo a los datos deflectométricos obtenidos en el primer caso donde los tratamientos y las medidas correctivas se presentan de la siguiente manera:



El pavimento aún mantiene una buena capacidad estructural, por lo que no se requiere un refuerzo estructural significativo. Sin embargo, pueden presentarse irregularidades menores en la superficie que deben ser corregidas para garantizar una mejor transitabilidad y evitar deterioros futuros. Las acciones correctivas recomendadas incluyen:

► **Bacheo Superficial:**

- Se aplica en áreas con **pequeñas depresiones o deterioro localizado** en la capa de rodadura.
- Consiste en la eliminación de material dañado y reposición con una mezcla asfáltica en caliente o frío.
- Mejora la regularidad del pavimento y evita el avance de fallas estructurales.

► **Sellado de Fisuras:**

- Se emplea para prevenir la **filtración de agua en grietas o fisuras** menores.
- Se utilizan selladores bituminosos o resinas para **impedir el ingreso de humedad**, evitando que el deterioro se propague a capas inferiores.
- Ideal para fisuras longitudinales o transversales sin levantamientos significativos.

► **Microaglomerado en Frío:**

- Se aplica como una **capa delgada de emulsión asfáltica** con áridos finos.
- Mejora la **textura de la superficie**, aumentando la adherencia y prolongando la vida útil del pavimento.
- Se usa en zonas con **pérdida de material superficial** o ligera oxidación del pavimento.

4.2 Discusión de resultados

En la presente investigación, la evaluación de la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca - Calapuja 2025 ha permitido establecer un análisis detallado sobre las condiciones actuales del pavimento y sus implicancias en la infraestructura vial.

Los resultados obtenidos a partir de la deflectometría evidencian la existencia de deflexiones altas y bajas, lo que sugiere deficiencias regulares en el pavimento. Este hallazgo es congruente con los resultados obtenidos por Jinchuña (2020), quien determinó que la deflexión característica en la Av. Billinghamurst era mayor que la admisible, clasificando el pavimento como "deficiente". De manera similar, Mamani (2022) reportó que las deflexiones obtenidas en la carretera Ayaviri-Purina mostraban una tendencia al incremento en zonas de mayor pendiente, aunque dentro de rangos permisibles. En comparación, la presente investigación confirma que el comportamiento estructural del pavimento en la vía Juliaca - Calapuja se asemeja más al escenario presentado por Jinchuña (2020), lo que indica la necesidad de una intervención estructural para mejorar su desempeño.

En cuanto al índice de rugosidad internacional (IRI), los valores obtenidos reflejan una categoría que varía entre "regular" y "mala", lo que sugiere una afectación en la comodidad y seguridad de los usuarios. Estos resultados son comparables con los de Jinchuña (2020), quien reportó un IRI de 6.0645 m/km en la Av. Billinghamurst, clasificando la transitabilidad como "mala". No obstante, en la investigación de Mamani (2022), el IRI de la carretera Ayaviri-Purina presentó valores de 2.25 m/km y 2.35 m/km, ubicándose en la categoría de "buena" transitabilidad. En este contexto, los valores obtenidos en la vía Juliaca - Calapuja son más similares a los de Jinchuña (2020), lo que refuerza la necesidad de aplicar medidas correctivas para mejorar la calidad del pavimento y su transitabilidad.

Desde el punto de vista de la evaluación integral del pavimento, Apaza (2023) propuso la metodología SEFACE para la carretera Conococha-Yanacancha, la cual



permitió analizar la serviciabilidad, la falla y la condición estructural del pavimento. En su estudio, los valores de serviciabilidad se encontraron en el rango de 2.78 a 2.97, clasificando la mayor parte del tramo como "regular", mientras que la condición estructural varió entre 78% y 102%, evidenciando sectores críticos. En la presente investigación, la evaluación del pavimento también revela deficiencias estructurales y funcionales que afectan la transitabilidad de la vía, lo que resalta la necesidad de aplicar estrategias de intervención similares a las propuestas por Apaza (2023), tales como fresado, recapeo y técnicas de rehabilitación profunda en las zonas más deterioradas.

Por otro lado, la evaluación superficial realizada en esta investigación muestra una condición que varía entre "regular" y "mala", lo que concuerda con los hallazgos de Velásquez (2021) en la Av. Circunvalación, donde se aplicaron distintas metodologías para determinar la conservación del pavimento. En ese estudio, la metodología ASTM D 6433-03 indicó que el 71.43% del tramo requería rehabilitación, mientras que la metodología IRI identificó un 75% del pavimento en estado "regular". En la presente investigación, los valores obtenidos sugieren una situación similar, lo que indica la necesidad de establecer estrategias de mantenimiento y rehabilitación basadas en un enfoque comparativo de metodologías de evaluación.

En síntesis, los resultados obtenidos en la vía Juliaca - Calapuja presentan similitudes con estudios previos realizados en distintas regiones del país, evidenciando problemáticas comunes en pavimentos flexibles en cuanto a deflexiones elevadas, rugosidad y deterioro superficial. La comparación con investigaciones previas refuerza la necesidad de implementar estrategias de intervención estructural y funcional para mejorar la capacidad de servicio y la transitabilidad de la vía, asegurando una infraestructura vial más eficiente y segura para los usuarios.

CONCLUSIONES

General, se concluye que la vía Juliaca – Calapuja presenta una capacidad estructural adecuada para soportar las cargas de tránsito proyectadas, evidenciada por una Deflexión Característica (DC) de 89.74 mm, inferior a la Deflexión Admisible (Dadm) de 97 mm, así como un Radio de Curvatura (RC) de 121 m y un (EE) de 4,757,042.975. En cuanto al nivel de transitabilidad, los valores obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que varían entre 3.50 y 4.20 mm/km, indican una superficie de rodadura en condición regular a buena, aunque con variaciones locales. Por lo tanto, se recomienda realizar intervenciones superficiales como bacheo, sellado de fisuras y aplicación de microaglomerados en frío, para mejorar la regularidad funcional del pavimento y garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios.

Primera, la evaluación de la capacidad estructural del pavimento flexible en la vía Juliaca – Calapuja, mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría, permitió determinar que el valor de la Deflexión Característica (DC) es de 89.74 mm, mientras que la Deflexión Admisible (Dadm) es de 97 mm, lo que indica que el pavimento cumple con los criterios estructurales de diseño, ya que $DC < Dadm$. Además, el radio de curvatura (RC) obtenido es de 121 m, superando el umbral de 100, lo que sugiere una adecuada capacidad estructural y estabilidad. Asimismo, de acuerdo con el conteo de aforo vehicular, se obtuvo un (EE) de 4,757,042.975, evidenciando que el pavimento es capaz de soportar las cargas de tránsito previstas en la zona.

Segunda, la evaluación del nivel de transitabilidad en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, mediante la prueba del (IRI), permitió determinar que los valores obtenidos varían entre 3.50 mm/km y 4.20 mm/km. Según estos resultados, se evidencia que el pavimento presenta una condición de transitabilidad aceptable, ya que los valores del IRI



están dentro de rangos que indican una superficie de rodadura en estado regular teniendo un promedio de 3.9 mm/km.

Tercera, con base en la evaluación de la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad del pavimento en la vía Juliaca – Calapuja, se propone como alternativa la aplicación de correcciones superficiales como bacheo y sellado de fisuras, además del uso de microaglomerados en frío para mejorar la regularidad del pavimento. Dado que los resultados indican una (DC), inferior a (D_{adm}), y un (IRI) con valores entre 3.50 y 4.20 mm/km, la condición del pavimento se clasifica como funcionalmente.



RECOMENDACIONES

Primera, incorporar metodologías innovadoras, como el uso de drones con sensores LIDAR, escáneres 3D y el empleo de inteligencia artificial para el procesamiento de datos deflectométricos y del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Segunda, desarrollar modelos de predicción del deterioro del pavimento basados en la evolución de la deflexión y el IRI, permitiendo planificar intervenciones con base en proyecciones a mediano y largo plazo.

Tercera, que los próximos estudios incluyan una evaluación de costos y sostenibilidad de las soluciones propuestas, considerando no solo la efectividad técnica, sino también su viabilidad económica y ambiental.

Cuarta, ampliar el alcance del estudio, incluyendo análisis complementarios como ensayos de laboratorio (CBR, Marshall o ensayos triaxiales) para verificar la calidad interna de los materiales que conforman el pavimento.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alonzo Lanado, J. F. (2023). Uso del método PCI para evaluar la funcionalidad del pavimento flexible de la avenida La Cultura en el sector San Sebastián. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14008>
- Apaza Navarro, M. A. (2023). Propuesta metodológica para la evaluación integral de pavimentos flexibles en la carretera Conococha-Yanacancha. *Universidad Nacional Federico Villarreal*. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6789>
- Armijos Garate, M. P., & Fernández Landívar, I. S. (2022). *Correlación entre el índice de rugosidad internacional (IRI) y deflexiones medidas mediante deflectometría de impacto (FWD) para la optimización del análisis de desempeño del pavimento*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/38525>
- ASCE. (2021). *American Society of Civil Engineers Report for 2021*. <https://www.4manalytics.com/blog/asce-report-2021>
- Benitez Quispe, J. (2024). *Evaluación del índice de serviciabilidad del pavimento flexible con los métodos de índice de condición del pavimento y rugosímetro de merlín en la Avenida Ferrocarril del Distrito de Juliaca*. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2137>
- Cabrera Cerna, H. E., & Ochoa González, K. L. (2020). Diagnostico de la transitabilidad vial y propuesta de diseño estructural del pavimento de la calle santa luisa—Trujillo—La libertad, aplicando la metodología AASHTO 93. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/6645>
- Capcha, J. C. (2024). Evaluación Estructural y Modelado Predictivo del Pavimento Flexible en Zonas Rurales: Un Caso de Estudio en la Carretera Puente Palca – Palca. *Llamkasun*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v5i2.132>
- Castillo, C. C. del, Orozco, S. O., & García, M. G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.



- Ccama Quispe, H. G., & Turpo Arapa, K. Y. (2021). Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y verificación de tramos con fallas estructurales mediante Deflectometría, vía Juliaca – Lampa—Puno. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65735>
- Chambilla Velásquez, E. D., & Ramos Deza, Y. M. (2021). Evaluación de pavimento flexible mediante método del rugosímetro de Merlín y el aplicativo Iri-Calc Free en la avenida Simón Bolívar, Puno.
- Chuquispuma, F. (2021). Diseño de pavimento flexible con método AASTHO-93 para mejorar la transitabilidad empleando caucho, distrito San Vicente de Cañete, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81335>
- Colana Arias, R. Y., & Torres Colana, Y. S. (2023). Diseño de pavimento flexible, empleando método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
- Cordero Huanca, L. A. (2019). Serviciabilidad del pavimento flexible y transitabilidad vehicular—Avenida Carlos Izaguirre intersección Avenida 12 de Octubre, distrito San Martín de Porres, Lima en el 2018. *Repositorio Institucional - UCV*.
- Donett Armas, C. A. (2020). Calidad del pavimento flexible y su relación con el nivel de transitabilidad de las calles de Trujillo. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44372>
- Figueroa Ochoa, A. D. (2021). Evaluación funcional y superficial del pavimento flexible en la carretera del distrito de Pimentel—Chiclayo. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64139>
- Gamarra Escobar, C. L. (2022). *Desarrollo de una Herramienta Informática para la Evaluación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en Pavimentos*.
<https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/6742>
- Garay Flores, Á. D., & Jacinto Sifuentes, J. E. (2021). Evaluación del pavimento flexible utilizando el PCI y Índice de Rugosidad, en las Avenidas. Aviación y Juan Velasco



- con Prolong. Buenos Aires, Chimbote – Ancash—2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/76418>
- Garcia Diaz, C. A. (2023). *Lineamientos técnicos para la implementación de un programa a largo plazo de evaluación del desempeño de pavimentos flexibles tomando como referencia la base de datos del programa LTPP-FHWA aplicables para Colombia* [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86141>
- Gonzales Valladolid, C. V. (2024). *Evaluación de la condición actual del pavimento flexible en la Av. Perú distrito 26 de Octubre – Piura*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/39931>
- Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis*.
- Hernandez Cardenas, J. (2021). Análisis comparativo de parámetros de auscultación de pavimentos flexibles, PCI y OPI, avenida Los Precursores, San Juan de Miraflores, 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/69290>
- Huamancayo Gutierrez, M. I., & Aldunate Huaman, R. A. (2024). Evaluación del estado de conservación de la vía Chinchaypujio -Cotabambas mediante el IRI para obtener un mantenimiento vial eficiente. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674224>
- Huanca Quispe, B. (2024). *Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023*. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1446>
- Ibarguen Gutierrez, M. G. (2022). Evaluación funcional del pavimento flexible y la tecnología de la medición de Rugosidad de la carretera Yanango -Puente Herrería—Junín 2022.



- Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.
- Intriago Macias, F. V. (2022). "EVALUACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CALLE CHIMBORAZO DEL TRAMO JUAN MONTALVO HASTA LA CALLE COTOPAXI DEL CANTÓN JIPIJAPA" [bachelorThesis, Jipijapa-Unesum].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4285>
- Jinchuña Alanoca, M. S. (2020). Evaluación por deflectometría y la rugosidad del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la av. Billinghamurst, tramo: Av. Bolognesi – av. Tarapacá – Tacna, 2019. *Universidad Privada de Tacna*.
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1583>
- Lino Aquino, K. (2021). Comportamiento estructural del pavimento flexible mediante método no destructivo del km. 62+000 al km. 63+000 de la Carretera Federico Basadre, Ucayali 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79263>
- Lizarbe Palacios, C., & Longa Solon, J. C. (2022). Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la av. Alameda del Premio Real, Chorrillos—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96778>
- Mamani Arcata, S. M., & Pilco Chura, W. C. (2021). Evaluación estructural por deflectometría e IRI para determinar la vida remanente del pavimento flexible en la av. Circunvalación—Puno, 2021.
- Mamani Lopez, M. F. (2022). Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según pendientes longitudinales, en la carretera Ayaviri—Purina, Puno 2022.
- Mamani Nina, J. R., & Torres Salas, J. A. (2021). Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno—Mañazo 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86150>



- Mamani Sano, E. W., & Paricahua Tintaya, E. A. (2021). Correlación de la compactación, deflexión y radio de curvatura de la capa de base granular en la construcción de una autopista en la región Puno, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75210>
- Márquez, J. W., T, R. D., & V, Á. G. (2024). Evaluación de perfiles de pavimentos basados en la densidad espectral de potencia como un complemento al Índice De Rugosidad Internacional (IRI). *Revista Ingeniería De Obras Civiles*, 12(1), Article 1.
- Marrufo Fernández, A. J., & Pérez Gonzales, J. L. (2023). *Evaluación del nivel de rasante y el índice de rugosidad de la Avenida Cáceres—Iquitos 2022*.
<http://hdl.handle.net/20.500.14503/2444>
- Matías Santos, R. (2021). *Metodología de relación para evaluar la compactación en capas granulares de un pavimento flexible*. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4669>
- Niño Díaz, E. A., & Torres Arroyo, B. L. (2021). Evaluación superficial del pavimento flexible mediante IRI, PCI y propuesta de rehabilitación para mejorar la transitabilidad vehicular de la av. Sáenz Peña, JLO.
- Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., Paredes-Asalde, C. R., Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., & Paredes-Asalde, C. R. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos.
- Perdomo, H. (2023). *Estado del arte de tecnologías emergentes y metodologías tradicionales para la evaluación de la calidad de pavimentos flexibles*.
<https://repository.unimilitar.edu.co/items/cd9bca62-a971-455f-bf30-8d68cd63fb5f>
- Rodriguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.
- Rojas Quispe, T. T. (2024). Influencia de las condiciones de lugar en el nivel de servicio de pavimentos flexibles en vías urbanas, Malecón Ribereño, Moquegua 2024.
Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/157812>



- Sandoval Baltazar, C. A. (2022). Evaluación del Pavimento Flexible de la Quinta y Sexta etapa del AH. Los Algarrobos—Piura 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114395>
- Triviño Molina, R. X., & Moll Martínez, R. (2022). Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 8(Extra 3), 203-224.
- Vallejos Sánchez, J. A., & Vásquez Araujo, J. G. (2020). Uso del sistema bitufor en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48827>
- Valverde Villares, E. R., & Calisaya Musaja, W. (2019). Diseño estructural del pavimento flexible para la carretera Panamerica Sur- tramo km 1300+00 a km 1330+00 de la ciudad de Tacna. *Universidad Privada de Tacna*.
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1705>
- Velasquez Gallegos, J. A. (2021). Evaluación superficial del pavimento flexible para la conservación adecuada aplicando metodologías ASTM D 6433-03, MTC e IRI en Av. Circunvalación – Puno – 2021.
- Villanueva, F. (2022). *Metodología de la investigación*. Klik.
- Yuto Mallma, E., & Quiñones Romani, J. (2021). Diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Perú en el distrito de Andahuaylas, año 2020.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

TITULO DE TESIS: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA – CALAPUJA 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad por medio de la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja 2025?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad por medio de la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja 2025.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La capacidad estructural y el nivel de transitabilidad por medio de la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja 2025, se encuentra en regular y transitabilidad regular respectivamente.</p>	<p>Variable de caracterización:</p> <p>- Capacidad estructural. - Nivel de transitabilidad.</p> <p>• Deflexiones máximas, características y radio de curvatura. • IRI.</p> <p>Variable de interés:</p> <p>Evaluación del pavimento.</p> <p>• Estado del pavimento.</p>	Fichas de registro
<p>Problemas Específicos</p> <p>a. ¿Cuál es la capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja?</p> <p>b. ¿Cuál es el nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad internacional en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja?</p> <p>c. ¿Cuál es la alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>a. Determinar la capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja.</p> <p>b. Determinar el nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad internacional en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja.</p> <p>c. Proponer una alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>a. La capacidad estructural mediante la aplicación de cargas de tránsito estimada por deflectometría en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, es regular debido a deflexiones que sobrepasan las deflexiones admisibles.</p> <p>b. El nivel de transitabilidad mediante prueba de índice de rugosidad internacional en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, es regular puesto que solo se tiene fallas a nivel superficial.</p> <p>c. La alternativa de intervención según la capacidad estructural y el nivel de transitabilidad en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Calapuja, es un mantenimiento rutinario con parcheo y sellados asfálticos.</p>		



Ensayos:

Anexo 3. Fotografías



Fotografía 1. Evaluación de del estado de pavimento en el lado derecho



Fotografía 2. Rugosidad en el tramo 4 +400 km



Fotografía 3. Rugosidad en el tramo 4 +800 km carril derecho



Fotografía 4. Rugosidad en el tramo 5 +800 km carril derecho



Fotografía 5. Evaluación de del estado de pavimento en el lado izquierdo



Fotografía 6. Evaluación de del estado de pavimento 4+200 km



Fotografía 7. Rugosidad en el tramo 4 +400 km



Fotografía 8. Rugosidad en el tramo 5 +000 km



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



INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MERLIN

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025
SOLICITANTE: BACHILLER ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI
TRAMO: 4+000 ± 4+400
LUGAR: VÍA JULIACA - CALAPUJA - DERECHO
FECHA: 07 DE ABRIL DEL 2025

1.- DATOS	
SECTOR:	4+000 HUELLA: DER POS. PUNTERO INI: 25.0 mm PASTILLA e=6 mm PIVOT/PUNTERO 1:10
	4+400 CARRIL: DER POS. PUNTERO FIN: 16.0 mm

2.- LECTURA DE ENSAYO	
200	TIPO DE PAVIMENTO
1	AFIRMADO
2	BASE GRANULAR
3	BASE IMPRIMADA
4	TRAT. BI-CAPA
5	CARPETA EN FRIO
6	CARPETA EN CALIENTE
7	RECAPEO ASFÁLTICO
8	SELLO
9	SLURRY
10	OTRO

3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO	
V ₁₀₀	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
V ₃₀₀	0 7 10 15 22
V ₅₀₀	26 27 28 29 30 31 32 33 34 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 46 49 50
	27 35 26 22 17 11 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



5.- CALCULOS		6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL				
1	Fracción datos remanentes en el intervalo izquierdo	0.00	und	1	Valor máximo registrado	160.00 mm
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo derecho	0.00	und	2	Valor mínimo registrado	110.00 mm
3	Número de datos centrales intervalos del	11.00	und	3	Factor de corrección	1.38
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	11.00	und	4	Rango de D, corregido	75.78 mm
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	55.00	mm	5	IRI = 0.539 + 0.0471 * Dc	4.2 mm/km

7.- EQUIPOS DE MEDICIÓN	
EQ.	
ID	

8.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL
Mg. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MERLIN

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025
SOLICITANTE: BACHILLER ADILSON RONALDO MUCHO YANQUE
TRAMO: 4+400 ± 4+800
LUGAR: VÍA JULIACA - CALAPUJA - DERECHO
FECHA: 07 DE ABRIL DEL 2025

1.- DATOS	
SECTOR:	4+400 HUELLA: IZQ. POS. PUNTERO INI: 25.0 mm
	4+800 CARRIL: IZQ. POS. PUNTERO FIN: 16.0 mm
	PASTILLA e=6 mm PVOTI/PUNTERO 1-10

2.- LECTURA DE ENSAYO																				TIPO DE PAVIMENTO		
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	28	27	23	24	23	24	24	28	27	28	28	29	27	28	29	27	29	28	27	28	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	29	29	26	25	24	26	26	26	29	26	27	30	25	29	30	29	28	23	29	29	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	25	28	27	24	26	26	28	30	30	29	24	32	26	31	31	30	30	31	30	30	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	27	30	26	26	27	27	27	32	25	30	30	31	28	32	32	31	31	32	31	27	TRAT. BI-CAPA	<input type="checkbox"/>
5	24	29	27	27	25	27	26	26	32	26	26	26	28	29	30	32	30	32	30	32	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	26	27	26	23	26	25	27	27	28	31	27	28	30	29	29	29	29	29	28	29	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	31	26	24	27	30	28	25	24	27	25	27	27	30	27	28	28	28	27	27	30	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	23	25	23	28	28	26	27	27	28	26	24	24	29	26	26	29	30	25	26	31	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	28	30	31	27	25	27	23	29	34	24	26	27	31	24	27	27	29	26	27	30	SLURRY	<input type="checkbox"/>
10	29	32	29	26	28	29	26	25	25	25	25	26	27	28	28	27	27	23	28	28	OTRO	<input type="checkbox"/>

NOTA: Se registra desde la primera fila, posición [1] hasta la posición [20], continuando sucesivamente hacia abajo

3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																									
V_{max}	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
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	18
V_{base}	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
	28	38	28	24	20	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



5.- CALCULOS				6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
1	Fracción datos remanentes en el intervalo izquierdo	0.00	und	1	Valor máximo registrado	160.00	mm
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo derecho	0.00	und	2	Valor mínimo registrado	115.00	mm
3	Número de datos centrales intervalos del	9.00	und	3	Factor de corrección	1.38	
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	9.00	und	4	Rango de D, corregido	62.00	mm
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	45.00	mm	5	IRI = 0.539 + 0.0471*Dc	3.5	mm/km

7.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ.							
ID							

B.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CALAPUJA
Ing. Armando Yana Torres
C.I. 495277



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚRAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MERLIN

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA – CALAPUJA 2025
SOLICITANTE: BACHILLER ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI
TRAMO: 4+800 a 5+200
LUGAR: VÍA JULIACA – CALAPUJA - DERECHO
FECHA: 07 DE ABRIL DEL 2025

1.- DATOS	
SECTOR:	4+800 5+200
HUELLA:	DER CARRIL: DER
POS. PUNTERO INI:	25.0 mm
POS. PUNTERO FIN:	16.0 mm
PASTILLA	e = 6 mm
PIVOT/PUNTERO	1:10

2.- LECTURA DE ENSAYO																				TIPO DE PAVIMENTO		
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	25	28	30	32	26	27	31	28	27	27	22	27	26	27	30	27	29	28	27	22	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	27	27	29	23	25	25	26	27	26	23	26	25	28	29	31	29	28	23	26	25	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	28	24	28	28	27	26	28	28	27	24	32	24	27	30	25	30	30	31	25	24	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	23	30	26	30	29	28	27	29	27	25	30	27	29	28	27	28	31	32	27	25	TRAT. B-CAPA	<input type="checkbox"/>
5	24	28	27	26	26	23	29	22	24	28	28	29	26	23	29	29	27	30	32	28	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	22	27	28	27	26	31	30	32	23	27	27	30	30	31	26	29	23	28	28	27	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	28	25	28	26	31	26	31	29	28	26	25	31	31	32	31	27	28	27	29	29	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	32	24	27	26	32	29	32	27	32	26	24	30	28	30	32	28	29	28	27	28	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	30	26	24	32	24	28	29	29	24	25	26	29	23	28	29	26	29	26	26	25	SLURRY	<input type="checkbox"/>
10	31	25	26	31	28	27	27	30	27	25	28	26	27	27	30	27	27	28	31		OTRO	<input type="checkbox"/>

NOTA: Se registra desde la primera fila, posición [1] hasta la posición [20], continuando sucesivamente hacia abajo

3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																									
V_{100}	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
V_{500}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	11	17
V_{1000}	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
V_{1500}	26	38	30	22	17	14	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



5.- CÁLCULOS				6.- ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
1	Fración de datos remanentes en el intervalo izquierdo	0.00	und	1	Valor máximo registrado	160.00	mm
2	Fración de datos remanentes en el intervalo derecho	0.00	und	2	Valor mínimo registrado	110.00	mm
3	Número de datos centrales (intervalos) del	11.00	und	3	Factor de corrección	1.38	
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	11.00	und	4	Rango de D, corregido	75.76	mm
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	55.00	mm	5	IRI = 0.538 + 0.0471 * D ^{0.75}	4.2	mm/km

7.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ.							
ID							

8.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚRAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Msc. Arivaldo Kana Torres
C.R. 103257

BIE : B018-00099596



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



INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) - MERLIN

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025
SOLICITANTE: BACHILLER ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI
TRAMO: 5+200 a 5+600
LUGAR: VÍA JULIACA - CALAPUJA - DERECHO
FECHA: 07 DE ABRIL DEL 2025

1.- DATOS	
SECTOR:	5+200 HUELLA: IZQ. POS. PUNTERO INI: 25.0 mm 5+600 CARRIL: IZQ. POS. PUNTERO FIN: 16.0 mm
PASTILLA	e = 6 mm
PIVOT/PUNTERO	1:10

2.- LECTURA DE ENSAYO																				TIPO DE PAVIMENTO	
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
1	27	25	29	29	31	31	30	27	27	26	24	27	28	28	28	27	25	26	29	AFIRMADO	
2	30	28	28	30	28	30	31	29	24	25	27	27	25	28	25	25	27	26	27	31	BASE GRANULAR
3	28	25	23	28	28	24	27	27	28	26	24	24	29	26	26	29	30	25	26	31	BASE IMPRIMADA
4	27	30	31	27	25	27	23	29	24	24	28	27	31	24	27	27	29	26	27	30	TRAT. SI-GAPA
5	28	32	29	24	28	28	28	28	25	25	25	25	26	27	28	28	27	27	23	28	CARPETA EN FRIO
6	24	31	31	30	30	31	23	27	26	23	26	24	28	27	28	28	29	24	26	28	CARPETA EN CALIENTE
7	27	32	32	31	31	32	31	26	24	27	30	27	27	29	26	27	30	25	26	27	RECAPEO ASFÁLTICO
8	29	28	29	30	32	30	23	25	23	28	28	28	30	30	29	24	32	27	27	28	SELLO
9	30	29	26	29	23	28	28	30	31	27	25	27	32	25	30	30	31	32	28	29	SLURRY
10	31	30	27	28	28	27	29	32	29	26	28	26	25	25	32	28	28	29	28	28	OTRO

NOTA: Se registra desde la primera fila, posición [1] hasta la posición [20], continuando sucesivamente hacia abajo

3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																									
V _{max}	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
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14	21
V _{max}	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
	27	35	27	22	20	16	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



5.- CALCULOS			6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL		
1	Fracción datos remanentes en el intervalo izquierdo	0.00 und	1	Valor máximo registrado	160.00 mm
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo derecho	0.00 und	2	Valor mínimo registrado	115.00 mm
3	Número de datos centrales intervalos del	10.00 und	3	Factor de corrección	1.38
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	10.00 und	4	Rango de D _{corr}	68.89 mm
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	60.00 mm	5	IRI = 0.539 + 0.0471 * D _{corr}	3.8 mm/km

7.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

8.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Metr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 1137257

BIE: B018-00099596



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



INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MERLIN

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA – CALAPUJA 2025.
SOLICITANTE: BACHILLER ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI
TRAMO: 5+600 a 6+000
LUGAR: VÍA JULIACA – CALAPUJA - DERECHO
FECHA: 07 DE ABRIL DEL 2025

1.- DATOS		SECTOR:	5+600 6+000	HUELLA:	DER CARRIL:	DER	POS. PUNTERO INI:	25.0 mm	PASTILLA	e = 6 mm	PIVOT/PUNTERO	1:10		
2.- LECTURA DE ENSAYO													TIPO DE PAVIMENTO	

200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIPO DE PAVIMENTO	
1	27	27	28	26	27	28	32	28	28	27	23	25	31	28	31	28	32	32	31	27	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	32	28	29	28	29	27	28	27	29	26	27	24	29	27	26	25	28	29	30	24	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	29	29	28	27	30	28	28	29	30	26	27	24	27	29	28	30	29	26	29	23	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	26	30	30	29	28	25	27	27	28	31	27	25	26	29	27	27	30	27	28	28	TRAT. BI-CAPA	<input type="checkbox"/>
5	27	32	25	26	23	28	25	24	27	27	25	26	27	31	24	29	26	26	29	32	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	26	28	26	30	31	26	27	27	28	26	24	27	23	32	27	30	25	30	30	28	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	24	26	27	31	32	30	32	26	27	31	28	27	26	24	29	28	27	28	31	30	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	25	25	28	29	30	29	24	25	28	28	27	26	24	27	26	23	29	29	27	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	23	26	24	23	28	28	28	27	26	28	28	25	23	28	25	27	23	29	24	27	SLURRY	<input type="checkbox"/>
10	29	26	27	26	27	26	30	29	28	27	29	30	31	27	28	29	26	25	28	28	OTRO	<input type="checkbox"/>

NOTA: Se registró desde la primera fila, posición [1] hasta la posición [20], continuando sucesivamente hacia abajo

3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																									
V _{max}	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
V _{peque}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	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
	25	40	32	26	16	10	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



5.- CÁLCULOS					6.- ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL				
1	Fracción de datos remanentes en el intervalo izquierdo	0.00	und	1	Valor máximo registrado	160.00 mm			
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo derecho	0.00	und	2	Valor mínimo registrado	115.00 mm			
3	Número de datos centrales intervalos del	10.00	und	3	Factor de corrección	1.38			
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	10.00	und	4	Rango de D, corregido	68.89 mm			
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)	50.00	mm	5	IRI = 0.539 + 0.0471 * Dc	3.8 mm/km			

7.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ.	
ID	

8.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Megr. Arnelida Yana Torres
CIP 103257

LABORATORIO M.S.C.A. CALAPUJA

RIE : 8018-00099596



TESIS UANCV



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

OFICINA DE INVESTIGACIÓN

HORA VEH	AFORD VEHICULAR DIA 1																			
	AUTOMOVIL					MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA
	2 E	>3 E	2 E	3 E	4 E	251/252	253	351/352	>35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:10	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:20	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:30	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:40	4	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:50	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:10	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:20	3	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:30	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:40	4	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:50	3	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:00	4	2	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:10	3	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:20	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:30	4	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:40	3	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:50	4	2	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:00	3	1	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:10	5	2	6	3	4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
09:20	6	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:30	7	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:40	6	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:50	4	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	8	2	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:10	5	3	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10:20	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:40	7	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:50	6	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00	4	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:10	3	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:20	4	2	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30	6	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:40	4	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:50	3	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	4	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:10	5	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:20	6	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:30	4	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:40	3	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:50	5	2	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00	4	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:10	3	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:20	5	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:30	4	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:40	6	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



TESIS UANCV



VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN

OFICINA DE INVESTIGACIÓN

AFORO VEHICULAR DIA 2

HORA VEH.	METRO					MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				OTROS				TOTAL
	CARRANZA	CARRANZA	CARRANZA	CARRANZA	CARRANZA		2 E	>3 E	3 E	3 E	4 E	20/202	203	205/202	>	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS		
																				OTROS	
06:00	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
06:10	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
06:10	4	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
06:20	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
06:30	3	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
06:30	4	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
06:30	5	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
06:40	3	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
06:40	4	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
06:50	2	3	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
06:50	3	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
07:00	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
07:00	3	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
07:10	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
07:10	4	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
07:20	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
07:20	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
07:30	3	2	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
07:30	5	3	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
07:40	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
07:40	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
07:50	4	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
07:50	5	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
08:00	4	1	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	
08:00	5	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	
08:10	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
08:10	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
08:20	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
08:20	5	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
08:30	5	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
08:30	6	1	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
08:40	3	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
08:40	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
08:50	6	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
08:50	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
09:00	6	2	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
09:00	6	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
09:10	8	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13	
09:10	6	1	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
09:20	9	2	2	1	0	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	19	
09:20	7	3	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
09:30	5	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	11	
09:30	7	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
09:40	5	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
09:40	6	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
09:50	5	2	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
09:50	7	1	0	2	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
10:00	5	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	
10:00	8	1	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
10:10	5	2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
10:10	7	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
10:20	6	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
10:20	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	
10:30	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
10:30	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
10:40	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	11	
10:40	2	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
10:50	1	2	2	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	11	
10:50	4	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
11:00	5	2	2	1	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
11:00	6	1	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
11:10	3	1	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
11:10	5	1	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	14	
11:20	4	3	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	15	
11:20	3	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
11:30	4	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
11:30	5	2	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
11:40	6	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
11:40	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	
11:50	5	1	1	2	2	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13	
11:50	6	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
12:00	6	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12	
12:00	5	2	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	13	
12:10	6	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	13	
12:10	5	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
12:20	6	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
12:20	3	3	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
12:30	4	6	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
12:30	6	3	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
12:40	4	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15	
13:40	7	3	2	1	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
13:50	5	7	1	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
13:50	4	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
13:00	3	3	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
13:00	6	5	2	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17	
13:10	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
13:10	8	2	2	0	0	0	1	1	0												



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 07-10-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ADILSON RONALDO MUCHO YANQUI

Dirección: Urb. NESTOR CACERES V. MIGUEL RAMOS Mz. H5 Lt. 19

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74241461

Teléfono: 940 397 847 email: Amucho04@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: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL NIVEL DE TRANSITABILIDAD

POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO

FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CALAPUJA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): CAPACIDAD ESTRUCTURAL, NIVEL DE TRANSITABILIDAD, PAVIMENTO FLEXIBLE

DEFLECTOMETRÍA Y IRI

¿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

07-10-2025

Fecha