



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE
TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS
DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE
LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA

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 GRADO DE
TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS
DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE
LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

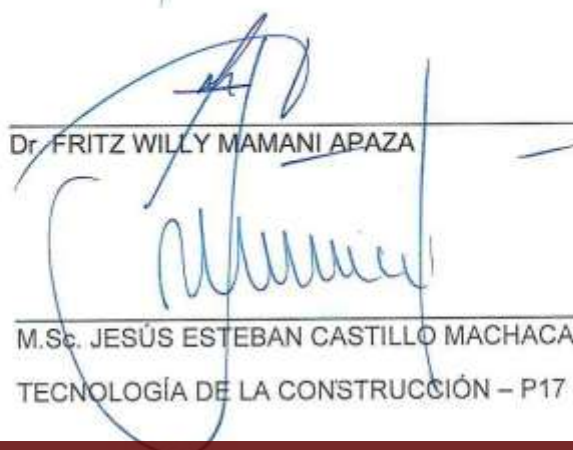
PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:

M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1675-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, FALTA ACTUALIZAR DICTAMEN

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 11323 presentado por el (la) Bachiller: **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA** 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. **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

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

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 17 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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
DIRECTOR
Dr. César G. Cárrego Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1277-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 8255, presentado por el señor (a) **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 175-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 547-2025-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): **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 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° 175-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 547-2025-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 titulada: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025**.

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

Estando, con la opinión favorable 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): **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 547-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 6642 por el señor (a): **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 387- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 003- 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 003- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la**, **Dr. 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.



cc:
Archivo
interesado (a)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 175-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 583, presentado el señor (a) **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 073 -2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 012-2025 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): **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 012-2025- aprobando la propuesta de investigación **titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025**.

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

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en 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): **ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. 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 Cs. PURAS

[Signature]
M^{te}. WALTER LIZARRAGA ARMAZA
DECANO (e)
CIP. 70808



INVESTIGACIÓN NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
[Signature]
Dr. Fric Willy Mazoni Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo (1)
Interesado (1)



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)

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% 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 GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70842421
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-1315-7257
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	02306659
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca - Caracoto Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/LNpkL4rxw2UUURw5</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2025 – Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURAS
 Dr. Cesar G. Cordero Najjar
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA, identificado con DNI
Nro. 70842421, 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 GRADO DE TRANSITABILIDAD

MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO

FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 30 de diciembre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres, que siempre han sido mi mayor inspiración, apoyo y amor incondicional. Dedicado a su esfuerzo, sacrificio y enseñanzas que me han acompañado en mi vida académica y personal. Gracias por creer en mí, por darme la oportunidad de perseguir mis sueños y por ser el soporte en cada uno de mis logros. Dedicado a ustedes con todo mi amor y gratitud.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza, sabiduría y guía en este camino académico. Su amor y guía siempre me han dado esperanza y me han hecho seguir adelante. Gracias por siempre estar a mi lado, guiando mis pasos.

A mis padres, todo lo que soy y todo lo que he logrado. Gracias por quererme, por sacrificarte, por enseñarme, por ser mi soporte en todo momento. Su fe en mí me ha impulsado a no rendirme y lograr esta meta.

A mi director de tesis, por su apoyo, paciencia, guía y conocimientos. Gracias por su dedicación y por enseñarme a hacer este trabajo con profesionalismo y rigor. Su dedicación y conocimiento han sido fundamentales.

Por último, gracias a todos aquellos que de una manera u otra han hecho posible este proyecto.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE GENERAL iii

ÍNDICE DE TABLAS vi

ÍNDICE DE FIGURAS..... vii

RESUMEN..... viii

ABSTRACT..... ix

INTRODUCCIÓN..... x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática..... 12

1.2 Planteamiento del problema..... 13

 1.2.1 Problema general 13

 1.2.2 Problemas específicos..... 13

1.3 Objetivos de la investigación..... 14

 1.3.1 Objetivo general 14

 1.3.2 Objetivos específicos..... 14

1.4 Justificación de la investigación 14

 1.4.1 Justificación técnica..... 14

 1.4.2 Justificación económica..... 15

 1.4.3 Justificación social..... 15

 1.4.4 Justificación ambiental..... 15

1.5 Hipótesis de la investigación 16

 1.5.1 Hipótesis general..... 16

 1.5.2 Hipótesis específicas..... 16

1.6 Variables y dimensiones 16

 1.6.1 Variable de caracterización..... 16

 1.6.2 Variable de interés..... 17

1.7 Operacionalización de variables..... 18



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 19
2.1.1 Antecedentes internacionales 19
2.1.2 Antecedentes nacionales 21
2.1.3 Antecedentes locales 22
2.2 Bases teóricas 24
2.2.1 Evaluación de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad mediante la aplicación de cargas de tránsito 24
2.2.1.1 Pavimentos 25
2.2.1.2 Deterioro en el pavimento 27
2.2.2 Pavimento flexible 31
2.2.2.1 Componentes que constituyen el pavimento flexible 31
2.2.3 Estudio de tráfico 33
2.2.3.1 Factor direccional y factor por carril 34
2.2.3.2 Número de repeticiones de ejes equivalentes (EE) 35
2.2.4 Comportamiento estructural del pavimento 35
2.2.4.1 Métodos de evaluación estructural 37
2.2.5 Deflectometría 38
2.2.5.1 Deflexiones mediante el método de la Viga de Benkelman 40
2.2.5.2 Radios de curvatura 41
2.2.6 Orígenes y desarrollo del IRI 43
2.2.6.1 IRI 44
2.2.6.2 Rugosímetro MERLIN 44
2.3 Marco conceptual 46

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación 48
3.2 Nivel de la investigación 49
3.3 Tipo de la investigación 49
3.4 Diseño de la investigación 50
3.5 Método de la investigación 50
3.6 Población y muestra de la investigación 51
3.6.1 Población 51



3.6.2 Muestra	52
3.7 Técnicas e instrumentos	52
3.7.1 Técnicas	52
3.7.2 Instrumentos.....	53
3.8 Validación y confiabilidad del instrumento	53
3.8.1 Validación	53
3.8.2 Confiabilidad.....	54
3.9 Plan de recolección de datos	54
3.9.1 Análisis e interpretación de los resultados	61

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos.....	63
4.1.1 Evaluación de la capacidad estructural estimada del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, a través de la deflectometría	63
4.1.2 Análisis del grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, utilizando el (IRI).....	75
4.1.3 Propuesta de alternativas de intervención en función de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad de la vía Juliaca – Caracoto 2025 ...	88
4.2 Discusión de Resultados.....	91
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 18

Tabla 2 Parámetros de rugosidad..... 46

Tabla 3 Parámetros de medición 61

Tabla 4 Lecturas y datos de campo en el carril derecho 64

Tabla 5 Deflexiones y radios de curvaturas en el carril derecho 65

Tabla 6 Lecturas y datos de campo en el carril izquierdo 68

Tabla 7 Deflexiones y radios de curvaturas en el carril izquierdo..... 69

Tabla 8 Comportamiento del pavimento de la vía Juliaca - Caracoto 74

Tabla 9 Lecturas realizadas con el equipo (1319+950 a 1320+150)..... 75

Tabla 10 IRI(1319+950 a 1320+150)..... 76

Tabla 11 Lecturas realizadas con el equipo (132+950 a 1321+150)..... 76

Tabla 12 IRI(1320+950 a 1321+150)..... 77

Tabla 13 Lecturas realizadas con el equipo (1321+950 a 1322+150)..... 78

Tabla 14 IRI(1321+950 a 1322+150)..... 79

Tabla 15 Lecturas realizadas con el equipo (1322+950 a 1323+150)..... 79

Tabla 16 IRI(1322+950 a 1323+150)..... 80

Tabla 17 Lecturas realizadas con el equipo (1319+950 a 1320+150)..... 81

Tabla 18 IRI(1319+950 a 1320+150)..... 82

Tabla 19 Lecturas realizadas con el equipo (1320+950 a 1321+150)..... 82

Tabla 20 IRI(1320+950 a 1321+150)..... 83

Tabla 21 Lecturas realizadas con el equipo (1321+950 a 1322+150)..... 84

Tabla 22 IRI(1321+950 a 1322+150)..... 85

Tabla 23 Lecturas realizadas con el equipo (1322+950 a 1323+150)..... 85

Tabla 24 IRI(1322+950 a 1323+150)..... 86

Tabla 25 IRI..... 87

Tabla 26 Resultados finales 88

Tabla 27 Medidas de intervención 90



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estructura de un pavimento flexible</i>	31
Figura 2 <i>Componentes del pavimento flexible</i>	33
Figura 3 <i>Comportamiento estructural</i>	36
Figura 4 <i>Viga de Benkelman</i>	40
Figura 5 <i>Equipo del rugosímetro de MERLIN</i>	45
Figura 6 <i>Vía de estudio</i>	51
Figura 7 <i>Conteo vehicular</i>	54
Figura 8 <i>Plantilla del conteo vehicular</i>	55
Figura 9 <i>Comportamiento de la subrasante y del pavimento según las deflexiones</i>	59
Figura 10 <i>Ficha de rugosidad</i>	61
Figura 11 <i>Deflexiones en el tramo 1319+950 a 1323+950 (derecho)</i>	66
Figura 12 <i>Radios en el tramo 1319+950 a 1323+950 (derecho)</i>	67
Figura 13 <i>Deflexiones en el tramo 1319+950 a 1323+950 (izquierdo)</i>	70
Figura 14 <i>Radios en el tramo 1319+950 a 1323+950 (izquierdo)</i>	71
Figura 15 <i>Comparativa de las deflexiones máximas</i>	72
Figura 16 <i>Comparativa de los radios de curvatura</i>	73
Figura 17 <i>Intervalos y frecuencias (1319+950 a 1320+150)</i>	75
Figura 18 <i>Intervalos y frecuencias (1320+950 a 1321+150)</i>	77
Figura 19 <i>Intervalos y frecuencias (1321+950 a 1322+150)</i>	78
Figura 20 <i>Intervalos y frecuencias (1322+950 a 1323+150)</i>	80
Figura 21 <i>Intervalos y frecuencias (1319+950 a 1320+150)</i>	81
Figura 22 <i>Intervalos y frecuencias (1320+950 a 1321+150)</i>	83
Figura 23 <i>Intervalos y frecuencias (1321+950 a 1322+150)</i>	84
Figura 24 <i>Intervalos y frecuencias (1322+950 a 1323+150)</i>	86
Figura 25 <i>IRI</i>	87



RESUMEN

La investigación titulada "Evaluación de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad mediante la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025" tuvo como objetivo analizar el comportamiento estructural y funcional del pavimento flexible mediante técnicas de deflectometría y medición del (IRI). El estudio, de diseño no experimental y enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo, reveló que la deflexión característica promedio supera la deflexión admisible en ambos carriles ($86.5 \cdot 10^{-2}$ mm y $84.8 \cdot 10^{-2}$ mm frente a $82.2 \cdot 10^{-2}$ mm), indicando una capacidad estructural "regular", a pesar de contar con radios de curvatura favorables (147 m y 155 m). El análisis del IRI mostró valores promedio de 3.94 m/km y 3.86 m/km en el carril derecho e izquierda, respectivamente, clasificando la transitabilidad en un estado "Regular", con rugosidad moderada que afecta levemente la comodidad de los usuarios. En base a estos resultados, se propone una intervención que combina rehabilitación estructural mediante overlay y reciclaje en frío o caliente, junto con tratamientos superficiales como microaglomerados y fresado con recarpeteo para mejorar la textura y reducir la rugosidad. En conclusión, la vía Juliaca – Caracoto presenta un estado estructural entre regular, lo que indica un deterioro en la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito.

Palabras Clave: Capacidad estructural, Transitabilidad, Pavimento flexible, IRI Deflectometría, y Evaluación de pavimentos.



ABSTRACT

The research entitled "Evaluation of structural capacity and degree of passability through the application of traffic loads on the flexible pavement of the Juliaca-Caracoto 2025 road" aimed to analyze the structural and functional behavior of flexible pavement using deflectometry and IRI measurement techniques. The study, which was non-experimental in design and quantitative and descriptive in approach, revealed that the average characteristic deflection exceeds the permissible deflection on both roadways ($86.5 \cdot 10^{-2}$ mm and $84.8 \cdot 10^{-2}$ mm compared to $82.2 \cdot 10^{-2}$ mm), indicating a "fair" structural capacity, despite having favorable curvature radii (147 m and 155 m). The IRI analysis showed average values of 3.94 m/km and 3.86 m/km on the right and left carriageways, respectively, classifying the passability as "Fair," with moderate roughness that slightly affects user comfort. Based on these results, an intervention is proposed that combines structural rehabilitation through overlay and cold or hot recycling, along with surface treatments such as micro-agglomerates and milling with resurfacing to improve texture and reduce roughness. In conclusion, the Juliaca-Caracoto road is in fair structural condition, indicating a deterioration in the pavement's ability to withstand traffic loads.

Keywords: Structural capacity, Trafficability, Flexible pavement, Deflectometry, IRI and Pavement evaluation.



INTRODUCCIÓN

El pavimento flexible es una capa estructural del pavimento que distribuye las cargas de tránsito a las capas inferiores y al terreno natural, garantizando la seguridad, comodidad y durabilidad de la vía. La evaluación de su capacidad estructural y transitabilidad es esencial para determinar su condición y vida útil restante y planificar las intervenciones requeridas para mejorar el desempeño vial.

La vía Juliaca - Caracoto es un corredor vial importante para la región, que integra áreas urbanas y rurales y por donde circulan personas, bienes y servicios que contribuyen al desarrollo económico local. Pero el incremento del tráfico y la modificación de las cargas de tráfico han envejecido prematuramente el pavimento flexible, deteriorando su estructura y superficie de rodadura.

En ese contexto, la presente investigación busca estructuralmente verificar la capacidad y transitabilidad del pavimento de la vía Juliaca – Caracoto bajo cargas de tránsito del año 2025. Para ello se aplicarán métodos deflectométricos para valorar la capacidad de carga estructural y de prueba (IRI) para establecer la transitabilidad. Estos resultados permitirán conocer el estado en que se encuentra el pavimento y proponer soluciones de intervención para mejorar y preservar esta vía.

La investigación busca suministrar información técnica para los gestores viales y ayudar en estrategias efectivas de conservación y reparación que extiende la funcionalidad del pavimento y aseguren una mejor movilidad y seguridad a los usuarios.

La tesis está organizada en cuatro capítulos. El primer capítulo aborda los objetivos de la investigación, planteando el objetivo general y los específicos que guiarán la investigación. En el segundo capítulo se cubre el marco teórico, definiendo conceptos y métodos para la evaluación estructural y funcional de pavimentos flexibles, y criterios de intervención vial. En el capítulo III se explica la metodología, especificando el área de estudio, las técnicas de medición y análisis de datos. Finalmente, en el capítulo IV se



presentan los resultados y discusión, conclusiones y recomendaciones en función de la solidez estructural y facilidad de tránsito del pavimento estudiado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel mundial el aumento continuo del parque vehicular y el reforzamiento del tránsito han provocado el deterioro acelerado de las vías, alterando la capacidad estructural y la transitabilidad de los pavimentos flexibles. Diversos estudios indican que la falta de evaluación y mantenimiento deteriora prematuramente la estructura, comprometiendo la seguridad vial y los costos de operación del transporte. En este contexto, el empleo de metodologías precisas como la deflectometría y la medición del (IRI) se han vuelto herramientas indispensables para el diagnóstico y planificación de la rehabilitación vial (Smith, 2024).

Y el Perú no es ajeno a esta realidad en su infraestructura vial. Estudios recientes indican que la mayoría de las vías se encuentran deterioradas en su estructura y funcionalidad por falta de mantenimiento preventivo y sobrecarga vehicular. En la carretera Juliaca - Caracoto, un estudio del año 2021 determinó el rendimiento estructural de los pavimentos en función del tipo de suelo de subrasante. Estos estudios son fundamentales para saber cómo se encuentran las vías y cómo solucionarlo (Flores, 2023).

La carretera Juliaca - Caracoto es una vía de vital importancia para la conectividad y el desarrollo económico. Pero se ha ido deteriorando su pavimento flexible, y ahora



dificulta el tránsito seguro. Esto evidencia la necesidad apremiante de evaluar y mejorar la infraestructura vial local para permitir una movilidad segura y eficiente.

A nivel local, la población y agentes económicos de Juliaca y Caracoto dependen de esta vía para el transporte de bienes, productos agrícolas y desplazamiento diario. La insuficiente capacidad estructural y el deterioro de la transitabilidad han aumentado los tiempos de recorrido, los costos logísticos y los riesgos de accidentes, limitando el desarrollo socioeconómico del área. Pero hasta el momento no existen estudios actualizados que evalúen integralmente estas condiciones bajo cargas reales y mediciones objetivas, y por lo tanto no se puede decidir cómo preservarlas y mejorarlas.

Por lo cual, la presente investigación busca determinar la capacidad estructural y transitabilidad aplicando cargas de tránsito sobre el pavimento flexible de la carretera Juliaca – Caracoto al año 2025, para generar información técnica confiable que sirva para realizar medidas correctivas sostenibles.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la capacidad estructural y el grado de transitabilidad mediante la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025?

1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cuál es la capacidad estructural estimada del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, evaluada mediante la aplicación de cargas de tránsito a través de la deflectometría?
2. ¿Cuál es el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, utilizando la prueba del Índice Internacional de Rugosidad (IRI)?

3. ¿Qué alternativas de intervención se pueden proponer en función de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad estructural y el grado de transitabilidad mediante la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la capacidad estructural estimada del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, evaluada mediante la aplicación de cargas de tránsito a través de la deflectometría.
2. Analizar el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, utilizando la prueba del Índice Internacional de Rugosidad (IRI).
3. Proponer alternativas de intervención en función de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Evaluar la capacidad estructural y transitabilidad del pavimento flexible en la carretera Juliaca – Caracoto es de vital importancia para determinar el estado en que se encuentra la infraestructura vial y cómo se comporta ante las cargas de tránsito actuales. El uso de métodos de deflexiones y de medición IRI proporciona información exacta y confiable que ayuda en la toma de decisiones técnicas para el mantenimiento, rehabilitación o mejora del pavimento. Esta investigación ayudará a mejorar la inversión



que se hace para el cuidado de las vías, evitando arreglos innecesarios o tardíos que pongan en riesgo la seguridad y el funcionamiento de la vía.

1.4.2 Justificación económica

Desde el punto de vista económico, tener un diagnóstico exacto de la capacidad estructural y transitabilidad de la vía Juliaca – Caracoto evitará gastos innecesarios en reparaciones improvisadas o insuficientes. Un pavimento en mal estado se traduce en mayores costos de transporte, por el aumento en el consumo de combustible, desgaste vehicular y mayor tiempo de recorrido. Además, un buen mantenimiento fundamentado en estudios técnicos disminuye el riesgo de daños mayores que requerirían altas inversiones en rehabilitación. Por lo cual, esta investigación hará posible una administración económica de los bienes públicos y privados destinados a la infraestructura vial.

1.4.3 Justificación social

La carretera Juliaca – Caracoto es una importante arteria de tránsito de personas y bienes en la zona, por lo que su estado influye en la calidad de vida de la población. Un pavimento en buen estado hace más segura la vialidad, disminuye los accidentes y permite el acceso a servicios básicos, educación y actividades económicas. La evaluación planteada garantizará la transitabilidad adecuada, el bienestar social y la integración regional, en especial para las poblaciones que dependen de esta vía para su desarrollo.

1.4.4 Justificación ambiental

El deterioro del pavimento y, por ende, la mala transitabilidad, puede generar un mayor consumo de combustible y emisiones contaminantes por los arranques y frenadas constantes. Además, las intervenciones de mantenimiento no programadas o excesivas pueden causar daños ambientales por la extracción y uso no controlado de materiales. Esta investigación fomentará prácticas más sostenibles de conservación vial, para mantener en buen estado el pavimento, disminuir la huella ambiental del transporte y de



las obras de rehabilitación, en concordancia con las políticas de desarrollo ambientalmente responsable de la región.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 *Hipótesis general*

La capacidad estructural y el nivel de transitabilidad del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025 se encuentran clasificados como regulares, reflejando condiciones moderadas en ambos aspectos.

1.5.2 *Hipótesis específicas.*

1. La capacidad estructural del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025, evaluada mediante deflectometría bajo cargas de tránsito, se clasifica como regular debido a que las deflexiones registradas.
2. El grado de transitabilidad del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025, determinado por el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), se considera regular, dado que las deficiencias identificadas corresponden únicamente a daños superficiales.
3. La recomendación de intervención basada en la capacidad estructural y el grado de transitabilidad del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025 es realizar un mantenimiento preventivo que incluya reparaciones localizadas mediante parcheo y la aplicación de selladores asfálticos.

1.6 Variables y dimensiones

1.6.1 *Variable de caracterización*

Aplicación de cargas de tránsito

- Viga de benkelman



Nivel de transitabilidad.

- IRI

1.6.2 *Variable de interés*

Evaluación del pavimento.

- Condición del pavimento



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definiciones	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Instrumentos	Tipo
VC: - Capacidad estructural del pavimento. - Nivel de transitabilidad.	Se refiere a la cantidad y el tipo de cargas aplicadas al pavimento por los vehículos.	Viga de benkelman	Deflexiones del pavimento.	*10 ⁻² mm	Viga de benkelman	Cuantitativa
			Radios de curvatura.	m	Viga de benkelman	Cuantitativa
	Indica la capacidad del pavimento para ser utilizado sin afectaciones, tomando en cuenta el deterioro de la superficie y la accesibilidad.	IRI.	Rugosidad del pavimento.	m/km	Rugosímetro de merlín Cinta métrica	Cuantitativa
VI: - Evaluación del pavimento	Proceso mediante el cual se mide el estado físico y estructural del pavimento, incluyendo su capacidad de soportar cargas y su durabilidad.	Condición del pavimento.	Condición Buena Condición regular Condición mala	Buena. Regular. Mala.	Manuales del MTC y hojas de registros	Cualitativa



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Mora y Serrano (2020) en su trabajo titulado "Análisis de la condición funcional del pavimento flexible en la ruta Espinal – Suárez a través del método PCI – 2020", tiene como propósito analizar y describir los daños presentes en el pavimento flexible utilizando la metodología PCI. Para ello, se realizó una inspección visual técnica que permitió elaborar un inventario detallado de los tipos de deterioro, conforme a los criterios establecidos en el manual PCI. La evaluación abarcó una longitud de 3 kilómetros, con mediciones distribuidas cada 38.3 metros, sobre la vía que conecta el municipio de Espinal con el municipio de Suárez, ambos ubicados en el departamento del Tolima. Durante la inspección, se identificaron diversos tipos de daños en el pavimento. Entre ellos, la "piel de cocodrilo" fue uno de los más representativos, con 16m de deterioro clasificados con zonas de severidad baja(L) y 512.50m de severidad media(M). Asimismo, se observó daño por parcheo, con 20m en severidad baja y 238m en severidad media. Toda esta información fue registrada y analizada, concluyendo que el estado general del pavimento es regular. Se efectuaron los registros de fallas en intervalos de 38.3 metros hasta cubrir la totalidad de los 3 kilómetros, resultando en un total de 79 tramos evaluados. A cada



tramo se le calculó el índice PCI, permitiendo determinar el estado general del pavimento conforme a las variables de la metodología. Luego, se calculó un promedio del PCI por cada kilómetro, confirmando que la condición general de la malla vial es REGULAR según los rangos de categorización del índice. Finalmente, con base en los tipos de daño identificados, se propusieron posibles técnicas de mejoramiento para la rehabilitación del pavimento. Entre estas recomendaciones se encuentran el parcheo parcial o profundo y, en casos más severos, la restauración de la capa asfáltica. Estas soluciones buscan atender los deterioros ocasionados principalmente como consecuencia del elevado flujo de vehículos que circulan por esta vía.

Según Freire (2024) en su estudio denominado "Análisis comparativo del método de PCI e IRI en la calificación de la condición actual del pavimento flexible en un tramo de la Av. Llira Ñan y OE2 en la Ciudad de Quito", tiene como objetivo determinar el desempeño del pavimento flexible en la ciudad de Quito mediante la evaluación del (PCI) y (IRI). El estudio se realizó con la finalidad de identificar las correlaciones existentes entre ambos indicadores, basándose en las normativas vigentes ASTM.D6433 para el PCI y ASTM.E1926 para el IRI. El PCI se determinó mediante inspección visual, evaluando seis tramos divididos en seis secciones cada uno, con secciones de muestra de 38 m. Asimismo, el IRI, encargado de medir la rugosidad del pavimento flexible, se obtuvo utilizando el rugosímetro Merlin, un equipo que proporciona información precisa sobre la calidad superficial de la capa de rodadura y clasifica el pavimento según su nivel de rugosidad, desde condiciones óptimas hasta pavimentos muy deteriorados. Los resultados arrojaron que para ambos sentidos de la vía analizada el PCI está entre 30% y 50%, lo que se considera muy malo en cinco de los seis tramos analizados. Si bien este estado deteriora el asfalto, la vía es transitable con precaución. Por el contrario, el sexto tramo arrojó un PCI cercano al 10%, catalogándose como fallido y de intervención inmediata con un buen mantenimiento. Los valores del IRI arrojaron que el pavimento analizado se encuentra en muy mal estado, con una rugosidad promedio de 4.30 m/km, lo que corrobora



el mal estado funcional de la vía. Finalmente, la evaluación conjunta de los indicadores PCI e IRI permite determinar de manera efectiva el estado del pavimento y establecer si la vía requiere mantenimiento vial. Estos parámetros son fundamentales para planificar intervenciones que garanticen la seguridad y comodidad en la circulación vehicular.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Flores y Upiachihua (2021) nos dice que el presente estudio "Determinación del IRI y las propiedades físicas y mecánicas del Km 00 + 000 hasta el Km 09 + 000 de capa asfáltica de la ruta EMP.PE-5N (DV. Lamas), provincia Lamas, departamento San Martín", corresponde a una investigación aplicada y explicativa. En el transcurso del estudio, se identificaron zonas con deterioros superficiales en la carpeta asfáltica, tales como grietas, asentamientos, ondulaciones, baches y otros daños que afectan la transitabilidad y seguridad vial en esta vía. El cálculo del (IRI) se realizó utilizando el rugosímetro Merlin, conforme al procedimiento establecido en la norma ASTM E950. A partir de estos datos, se obtuvo el (PSI), que permitió evaluar el estado funcional del pavimento. Complementariamente, se efectuaron ensayos de deflectometría mediante la viga Benkelman para medir la respuesta estructural del pavimento. Los resultados indicaron que la carretera en estudio presenta un estado regular según la clasificación del PSI, con valores de 2.42 en el carril derecho y 2.35 en el carril izquierdo. Asimismo, el IRI fue de 4.16 para el carril derecho y 3.98 para el carril izquierdo, reflejando la rugosidad presente en la superficie. En cuanto a las propiedades de los agregados, se determinó que el contenido óptimo de cemento asfáltico es del 5.30% en una mezcla seca. Sin embargo, el parámetro de relación estabilidad/flujo no cumple con los valores establecidos en las especificaciones técnicas vigentes, lo que sugiere deficiencias en la mezcla asfáltica que podrían afectar la durabilidad del pavimento. El equipo Merlin se destaca como una herramienta práctica, económica y fácil de manejar para la evaluación de la rugosidad, aunque presenta una limitación en su rendimiento, ya que la velocidad de trabajo es

aproximadamente 0.8 km/h, lo que implica que los resultados no se obtienen de manera inmediata.

Además Chininin (2024) en su investigación titulada "Evaluación de la condición estructural del corredor vial PE-02B (km 42+500 - km 63+480), aplicando la deflectometría", se planteó evaluar la condición estructural del corredor vial PE-02B, específicamente en el tramo comprendido entre el km 42+500 y el km 63+480, mediante la aplicación de la técnica de deflectometría. Para ello, se empleó una metodología no destructiva basada en el uso del deflectómetro, que permitió obtener mediciones precisas de la respuesta estructural del pavimento. El tipo de investigación es descriptiva, con un enfoque cuantitativo, de carácter aplicado y no experimental. Durante el estudio, se registraron valores de deflexión característica máxima y mínima de 1711.8 μ m y 957.8 μ m, respectivamente. Asimismo, la deflexión característica medida con la viga Benkelman presentó valores máximos de 213 x10⁻²mm y mínimos de 97 x10⁻²mm. El área de cuenco de deflexiones alcanzó un valor máximo de 315.0mm. En cuanto a los parámetros mecánicos, el (M_r) para diseño mostró un rango entre 354.9kg/cm² y 714.1kg/cm², mientras que el módulo de elasticidad (E_p) varió entre 1414kg/cm² y 2366.6kg/cm². Por su parte, el número estructural efectivo (S_{Nefec}) presentó valores entre 1.3 y 1.5. Con base en estos resultados, se infiere de que el pavimento presenta una condición estructural comprometida, evidenciándose que aproximadamente el 75% del tramo evaluado presenta insuficiencia estructural. Por lo tanto, considerando las recomendaciones del (MTC) y los hallazgos obtenidos, se propone realizar una rehabilitación mediante la colocación de una base estabilizada de 20cm de espesor, complementada con la aplicación de un micropavimento de 1.2cm para mejorar la funcionalidad y durabilidad del corredor vial.

2.1.3 Antecedentes locales

Según Mamani, (2021) su investigación titulada "Evaluación técnica del pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad y deflectometría,



carretera Puno - Mañazo 2021", el propósito es evaluar las condiciones actuales del pavimento en los tramos más críticos de la vía. Para ello, se determinará el (PCI), el (IRI) y las deflexiones en los 2 kilómetros más críticos, comprendidos entre el km 36+500 y el km 38+500 de la carretera Puno – Mañazo. Metodológicamente, la población del estudio estuvo conformada por dichos tramos críticos, en los cuales se realizaron ensayos específicos. Para medir la rugosidad, se empleó el rugosímetro Merlin, que permitió calcular el IRI. Por otro lado, para evaluar las deflexiones estructurales del pavimento, se utilizó la Viga Benkelman. Con base en los resultados obtenidos, se determinó el índice de condición del pavimento, el IRI y la deflexión característica. En primer lugar, se observó un desgaste significativo en el pavimento, reflejado en los valores del IRI: 4.93m/km en el carril derecho y 4.67m/km en el carril izquierdo. Estos valores indican que el pavimento evaluado no cumple con los criterios establecidos en el Manual de Carreteras, que estipula un límite máximo de rugosidad de 4.00m/km para ser considerado apto. Por otro lado, el ensayo con la Viga Benkelman arrojó valores promedio de deflexión de 77.20×10^{-2} mm en el carril derecho y 83.33×10^{-2} mm en el carril izquierdo. Estos resultados se encuentran por debajo del límite de deflexión admisible, establecido en 127.5×10^{-2} mm, lo cual indica que, desde el punto de vista deflectométrico, el pavimento en ambos carriles se encuentra en buen estado estructural.

Además De la Cruz et al., (2022) en su tesis de investigación "Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú", tiene como objetivo determinar la serviciabilidad y la capacidad resistente del pavimento flexible en el tramo comprendido entre el km 0+000 y el km 3+000 de la carretera Azángaro–Salinas, en Puno, Perú. Para la evaluación de la rugosidad, se utilizó el método MERLIN, que arrojó un (IRI) promedio de 2.15 y un (PSI) de 3.41, resultados que permiten clasificar la serviciabilidad del pavimento como buena. Además, mediante el método de extracción de testigos, se determinó el contenido de asfalto en diferentes puntos a lo largo del tramo evaluado. Se encontró que en el km 1+000 el porcentaje de asfalto es 6.9%, en

el km 2+000 es 6.3%, y en el km 3+000 alcanza un 7.0%, valores que cumplen con las especificaciones establecidas en la norma MTC-2014. Paralelamente, se evaluó el factor de rigidez del pavimento, obteniéndose 2909.85kg/cm² en el km 1+000, 3090.87kg/cm² en el km 2+000 y 3605.77kg/cm² en el km 3+000, todos dentro de los parámetros aceptados según la norma EG-2013. La clasificación de la serviciabilidad como buena se confirma al analizar los valores de IRI para cada tramo de 400 metros a lo largo de toda la vía, donde se obtuvo un IRI promedio total de 2.15. Asimismo, se calculó el PSI correspondiente para cada valor de IRI, resultando en un promedio total de 3.41, lo que reafirma el buen estado funcional del pavimento en el tramo estudiado.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Capacidad estructural y el grado de transitabilidad con la aplicación de cargas de tránsito*

Es un método técnico que permite estudiar el comportamiento de un pavimento flexible bajo cargas de tránsito y establecer su serviciabilidad. Este proceso busca hacer que las infraestructuras viales sean seguras, duraderas y eficientes para satisfacer las necesidades del tráfico a lo largo del tiempo.

Capacidad estructural: es la capacidad del pavimento para resistir las cargas de tráfico sin deformarse permanentemente o deteriorarse. Para su evaluación se usa la viga de Benkelman, un instrumento para medir la deflexión del pavimento bajo una carga rodada y así determinar el comportamiento de las capas estructurales del pavimento. Este ensayo se basa en aplicar una carga puntual sobre el pavimento y medir la deflexión en un punto específico, lo que nos da una idea de la rigidez o resistencia de las capas inferiores y, por tanto, de la capacidad estructural del pavimento para soportar el tráfico repetitivo (Sojo, 2022).

Por otro lado, la transitabilidad se refiere a la condición en que se encuentra el pavimento y por donde circulan vehículos, en función de su rugosidad y textura. La

transitabilidad se mide con el (IRI), que es un indicador de la calidad de la superficie del pavimento en función de las alteraciones en su perfil que influyen en el confort o seguridad de los usuarios. Un IRI bajo significa una superficie más lisa y confortable, y un valor alto una superficie rugosa y en mal estado que puede causar daños a los vehículos y molestias a los usuarios.

En conjunto, la evaluación estructural con la viga de Benkelman y la determinación de la transitabilidad con el IRI nos dan una idea del estado en que se encuentra el pavimento flexible. Esta metodología es capaz de identificar con precisión los puntos que requieren ser intervenidos para mejorar su resistencia, durabilidad y transitabilidad, siendo esencial para la conservación y planificación de futuras rehabilitaciones viales (Nuñez, 2022).

2.2.1.1 Pavimentos

Según el Manual de Carreteras, el pavimento es una estructura multicapa construida sobre la subrasante de la vía, capaz de soportar y distribuir los esfuerzos generados por el tránsito vehicular, mejorando las condiciones de seguridad y comodidad del usuario. "Es la capa superficial por donde ruedan los vehículos y por donde se reparten las tensiones para que no se deteriore la superficie y las capas inferiores". Además, el pavimento proporciona una superficie lisa y uniforme, lo que reduce accidentes y mejora la conducción (Nuñez, 2022).

Para que un pavimento pueda servir a los propósitos para los que fue diseñado, se deben cumplir ciertos requisitos básicos que aseguren su funcionamiento, durabilidad y seguridad. Primero, debe ser lo suficientemente resistente como para soportar vehículos pesados y tráfico constante. Esta resistencia es esencial para evitar deformaciones, grietas o fallos prematuros que comprometan la integridad del pavimento y la seguridad de los usuarios (Sojo, 2022).

Además, el pavimento debe ser muy resistente a la intemperie. Esto significa resistir los cambios extremos de temperatura, la exposición continua al sol, al agua de lluvia, al

viento, al hielo y deshielo, entre otros factores que deterioran con el tiempo sus materiales. La resistencia a estos elementos ambientales es fundamental para disminuir los costos de mantenimiento y asegurar una larga vida útil (Sojo, 2022).

Otro punto importante es que la textura superficial del pavimento sea la apropiada para las velocidades de circulación que se esperan en la vía. Esta textura no solo permite una adecuada adherencia entre las ruedas de los vehículos y el pavimento, sino que también debe ser lo suficientemente duradera como para resistir el desgaste producido por el roce continuo de las ruedas. Un buen diseño superficial previene accidentes, mejora la seguridad vial y permite una conducción más cómoda y eficiente.

Además, el pavimento debe tener un sistema de drenaje efectivo para eliminar rápidamente el agua de lluvia o cualquier otra acumulación de líquido en la superficie. Un buen drenaje evita encharcamientos, disminuye el riesgo de hidropneumático y evita daños estructurales por infiltración de agua, como erosión o debilitamiento del material (Arteaga, 2025).

Desde el punto de vista económico, el tipo de pavimento también debe ser económico. Implica que el material y el diseño escogidos sean de buena calidad y a un costo inicial y de por vida razonable, para hacer un uso eficiente de los recursos sin comprometer la seguridad y la funcionalidad (Arteaga, 2025).

Finalmente, el color del pavimento influye en la seguridad vial. Debe elegirse un color que reduzca los reflejos y el deslumbramiento producido por el sol o las luces artificiales, para que no generen molestias a la vista que distraigan a conductores y peatones. Un color apropiado mejora la visibilidad y proporciona un ambiente seguro para todos los usuarios viales (Toaquiza, 2024).

El pavimento, por lo general, está compuesto por tres capas principales:

- **Capa de rodadura:** Es la capa superior, en contacto directo con el tráfico. Está formulada para resistir el desgaste, adherirse y soportar el tráfico. Normalmente, se compone de materiales asfálticos o de concreto que aseguran durabilidad y una superficie suave.

- Subbase: Capa intermedia que sirve de soporte a la capa de rodadura y reparte las cargas sobre la base, aumentando la resistencia estructural del pavimento. Además, es filtro y drenaje, y evita que la humedad comprometa la estructura.
- Base: Es la capa inferior que recibe las cargas de las capas superiores y las transmite a la subrasante. Está compuesta por materiales graduados y compactados que le dan estabilidad y rigidez y que garantizan la durabilidad del pavimento. (Toaquiza, 2024).

Cada una de estas capas es fundamental para la funcionalidad y durabilidad del pavimento. La elección, diseño y mantenimiento adecuadas de estas capas son determinantes para tener una infraestructura vial eficiente, segura y sostenible, que pueda hacer frente a las condiciones ambientales y al creciente flujo vehicular (Toaquiza, 2024).

2.2.1.2 Deterioro en el pavimento

El (MTC) indica que múltiples causas de naturaleza variada alteran el área de contacto de los pavimentos flexibles. Estas modificaciones impactan negativamente en la seguridad vial, la comodidad de los usuarios y la fluidez del tránsito actual y futuro. En otras palabras, las fallas en el pavimento no solo afectan la estructura física de la vía, sino que también influyen en la experiencia y eficiencia del tránsito vehicular.

Ante esta situación, la finalidad de los trabajos de rehabilitación superficial y estructural es corregir estos fallos en la capa de rodadura. "Este proceso tiene como objetivo restablecer las condiciones ideales del pavimento existente para que los usuarios puedan desplazarse de manera segura y confortable, y así evitar que el tránsito se vea afectado". La intervención no sólo atiende a una necesidad inmediata de reparación, sino que busca extender el tiempo en que el pavimento se mantendrá en un nivel aceptable de serviciabilidad (Tibán, 2021).

Así, garantizar que las mejoras realizadas justifiquen la inversión, proporcionando un pavimento que soporte el tráfico durante un tiempo adecuado, es el objetivo. Esto requiere de una planificación y ejecución técnica para lograr una rehabilitación eficiente y



prolongar la vida útil del pavimento, reduciendo costos futuros por fallas prematuras (Callupe & Gago, 2023).

Las fallas o defectos que afectan a los pavimentos pueden surgir de múltiples orígenes y presentar distintas características, las cuales se describen a continuación:

- **Sobrecarga vehicular:** Esto se puede manifestar en el incremento de las cargas por rueda o por eje y/o en el número de repeticiones que superan por mucho las cargas para las cuales fue diseñado el pavimento. Esto resulta en un infra diseño del pavimento, es decir, que no tiene la capacidad estructural para soportar las cargas reales de tráfico.
- **Problemas en el proceso constructivo:** La durabilidad del pavimento se ve afectada por espesores menores a los indicados en planos y especificaciones, mezclas mal diseñadas o estabilizaciones deficientes. También fallas en las etapas de distribución, compactación y acabado pueden disminuir drásticamente la calidad de los materiales utilizados y la integridad estructural del pavimento, creando puntos débiles susceptibles a deterioro temprano.
- **Fallos en el diseño del proyecto:** En otros, el proyecto puede fallar por espesores insuficientes del pavimento en relación con las necesidades reales de la vía. Esto significa que la estructura no tiene la capacidad suficiente para resistir las cargas y condiciones a las que se verá expuesta, acelerándose su deterioro y falla funcional.
- **Factores climáticos y ambientales desfavorables:** Las condiciones naturales de la zona pueden influir en gran medida en el comportamiento y vida útil del pavimento. Entre ellos se encuentran eventos impredecibles o incontrolables en la fase de diseño y construcción, tales como la elevación del nivel freático, inundaciones, lluvias torrenciales prolongadas, fallas en los sistemas de drenaje superficial y subterráneo, variaciones extremas de temperatura, ciclos de congelamiento y deshielo, presencia de sales perjudiciales en el suelo o en el agua. Estos agentes aceleran el desgaste y deterioran la estructura del pavimento.



- Falta o inadecuado mantenimiento: La falta de conservación vial se debe a múltiples factores, como la falta de equipos o presupuesto o la falta de personal capacitado para realizar los trabajos. También puede ser consecuencia de materiales inadecuados o técnicas erróneas en las actuaciones de conservación o, incluso, por la ausencia de cualquier actuación, lo que conduce a su deterioro progresivo e irreversible (Callupe & Gago, 2023).

Todos estos factores son las principales causas que inducen fallas en los pavimentos, reduciendo su vida útil y el desempeño funcional de las vías, por lo que se deben tener en cuenta en el diseño, construcción y conservación para tener una infraestructura vial eficiente y duradera.

Identificar la causa más probable de una falla dada en un pavimento es una etapa fundamental en el proceso de evaluación y diagnóstico. Aunque muchas veces esta identificación no sea sencilla y no se haga evidente, es fundamental para entender la problemática y establecer las medidas correctivas apropiadas (Cuayla, 2021).

Para realizar esta labor, es de vital importancia conocer en primer lugar el lugar exacto en el cual se localiza la falla y la manera en que ésta se propaga a través de las distintas secciones del tramo en estudio. También se deben de estudiar todos los factores que interactúan y pueden afectar la forma en que se deteriora el pavimento, como por ejemplo el tipo de tráfico que circula por la vía, las condiciones climáticas del lugar, el funcionamiento de los sistemas de drenaje, etc (Cuayla, 2021).

Pero la verificación final de la causa sólo se obtendrá una vez finalizados los estudios completos de evaluación estructural del pavimento. Estos estudios detallados confirman las hipótesis iniciales y proporcionan evidencia técnica para apoyar las conclusiones sobre la causa de la falla, permitiendo una intervención precisa y efectiva para rehabilitar y mejorar el estado de las vías (Cuayla, 2021).

2.2.1.2.1 Clasificación y tratamiento de las fallas en pavimentos

La identificación de las causas de las fallas encontradas en



un pavimento nos debe llevar a diferenciarlas en dos grandes grupos que deben ser identificadas en el momento del análisis: fallas superficiales y fallas estructurales. Por un lado, las superficiales son fallos que sólo afectan a la capa de rodadura del pavimento. Estas fallas son resultado de deterioros en la capa superficial de asfalto sin que se vean afectadas las capas estructurales subyacentes del pavimento. En este caso, los daños afectan sólo a la capa superficial y no afectan a la capacidad portante ni a la estructura del paquete de pavimento (Manzano, 2022).

Por otro lado, las estructurales son fallas superficiales que se originan por problemas en el interior del pavimento. Es decir, son fallos que se dan en una o más capas que integran el sistema estructural, deteriorando su capacidad funcional y resistencia ante el paso de vehículos (Asitimbay, 2024).

Para fallos superficiales, las soluciones pasan por rehabilitar la superficie, restaurando su regularidad, impermeabilidad y rugosidad. Estas intervenciones generalmente consisten en colocar carpetas asfálticas delgadas que no aportan resistencia estructural, pero mejoran las condiciones de rodamiento. También se pueden utilizar métodos de fresado para remover las áreas deterioradas y la aplicación de capas niveladoras que restauran la uniformidad de la superficie (Asitimbay, 2024).

En cambio, ante fallos estructurales, las soluciones implican intervenciones más complejas. Deben realizarse refuerzos sobre la estructura actual del pavimento, pero esto tiene que ir acompañado de una reparación de las fallas encontradas. Según la severidad, puede ser necesario realizar fresados y capas niveladoras previas al refuerzo. En situaciones extremas puede ser necesaria la reconstrucción completa o parcial del pavimento para que la estructura rehabilitada satisfaga las exigencias de capacidad y durabilidad del tráfico actual y futuro (Asitimbay, 2024).

Esta forma escalonada de detectar y corregir fallas es la que asegura una intervención apropiada, eficiente y económica, extendiendo la vida del pavimento y manteniéndolo en condiciones útiles y seguras para el usuario (Asitimbay, 2024).

2.2.2 Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles se caracterizan principalmente por contar con una capa superior compuesta por material asfáltico, que proporciona una superficie de rodadura continua y resistente. Esta capa asfáltica suele apoyarse sobre una base y una subbase, las cuales generalmente están constituidas por materiales granulados no rígidos que permiten cierta flexibilidad y adaptación a las cargas aplicadas. No obstante, dependiendo de los requerimientos técnicos y las condiciones particulares del proyecto de construcción, es factible que se omita alguna de estas capas inferiores. Esta decisión puede basarse en factores como la calidad del suelo natural, la intensidad y tipo de tráfico esperado, el presupuesto disponible y otros aspectos específicos del entorno, siempre buscando optimizar el desempeño y la durabilidad del pavimento dentro de las condiciones particulares de cada obra (Martíne, & Campagnoli, 2022)

Figura 1

Estructura de un pavimento flexible



Nota. Tomada de (Martíne, & Campagnoli, 2022).

2.2.2.1 Componentes que constituyen el pavimento flexible

Los pavimentos flexibles están conformados por varias capas que trabajan conjuntamente para soportar las cargas del tráfico y las condiciones ambientales. La capa superior, conocida como superficie de rodadura, se asienta sobre una serie de capas subyacentes que no son rígidas, denominadas subrasante, sub-base y base granular. A continuación, se detallan y definen estas capas y sus funciones específicas (Farfan, 2022).

❖ Subrasante

La subrasante es la capa natural o modificada del suelo que se encuentra debajo de la estructura del pavimento y encargada principalmente de soportar las cargas que provienen del tráfico vehicular y el peso de las capas superiores. Esta capa se construye para preservar su integridad hasta una profundidad que no sea alcanzada por las cargas repetidas que induce el tránsito durante la vida útil del pavimento. La calidad de la subrasante es la que define el espesor total del pavimento, al tener que satisfacer unas condiciones de resistencia mecánica y capacidad de retracción que dependen mucho del grado de humedad del terreno (Farfan, 2022).

❖ Sub-base

La sub-base es una capa intermedia que distribuye y transmite adecuadamente las cargas superficiales a la subrasante. Además, esta capa es fundamental para absorber cargas, amortiguando impactos y protegiendo las capas inferiores. Una propiedad de la sub-base es que sea capaz de soportar deformaciones volumétricas y elásticas que podrían comprometer la estructura del pavimento. Además, la sub-base generalmente actúa como capa de drenaje, permitiendo la evacuación del agua capilar que deterioraría la estructura de pavimento si se acumulara (Farfan, 2022).

❖ Base Granular

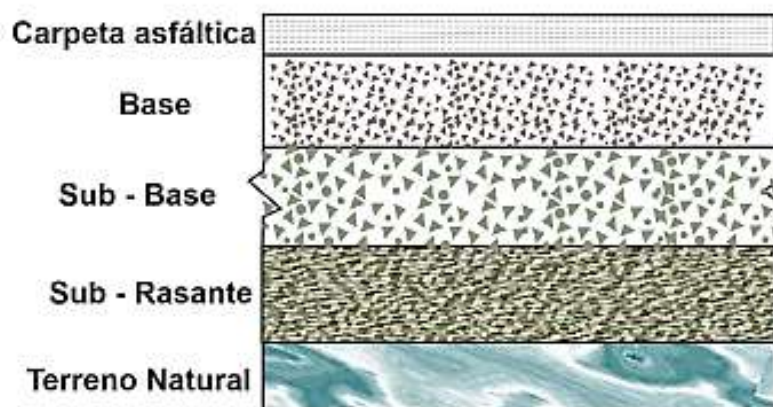
La base granular es una capa esencial en la estructura del pavimento, encargada de recoger y distribuir las cargas de las capas inferiores (sub-base y subrasante). Esta capa se localiza justo debajo de la carpeta asfáltica y es la que le proporciona estabilidad al pavimento. Para que sirva, la base debe ser de buen material, una mezcla bien graduada y triturada de piedra o grava. La resistencia y capacidad de carga de esta capa dependen de la granulometría, densidad relativa, forma de los agregados y cohesión entre ellos. La relación entre los áridos finos y gruesos también afecta en gran medida sus propiedades mecánicas y de durabilidad (Farfan, 2022).

❖ Carpeta Asfáltica

La carpeta asfáltica es la capa superior del pavimento flexible, la que queda expuesta directamente al tránsito y al medio ambiente. Su objetivo es proteger todo el cuerpo del pavimento, sirviendo como impermeabilizante para evitar que el agua, sobre todo pluvial, se filtre a las capas inferiores. Esta capa es fundamental para proteger la estructura del pavimento, ya que existen humedades que pueden causar daños en la base y subrasante. Además, la carpeta asfáltica ofrece una superficie segura y confortable para el tránsito vehicular (Farfan, 2022).

Figura 2

Componentes del pavimento flexible



Nota. Tomada de (Martíne & Campagnoli, 2022).

2.2.3 Estudio de tráfico

De acuerdo al MTC, el estudio de tráfico es la base para establecer el (IMDA) de cada tramo vial en estudio. Este número expresa el promedio diario anual de vehículos que transitan por un año, dato esencial para el dimensionamiento y evaluación del pavimento. Pero más allá del número total de vehículos, es necesario conocer la tipología de vehículos que circulan por la vía. Esta información clasifica los vehículos en automóviles ligeros, vehículos pesados, buses, entre otros, ya que cada uno tiene efectos distintos sobre el pavimento (Baque, 2020).

Como información complementaria, se recopilará información del (MTC) sobre las estaciones de peaje existentes en el área de estudio. Estos datos proporcionan información sobre el tráfico vehicular, tales como cargas por eje y presión de neumáticos, en particular en vehículos pesados (camiones y ómnibus). Y estos factores influyen directamente en el deterioro y vida útil del pavimento.

Con la información obtenida se hará una proyección de la demanda futura y se podrá estimar la cantidad de ejes equivalentes que servirán para el diseño estructural del pavimento durante el periodo de estudio. Esta predicción es fundamental para asegurar que la estructura de pavimento pueda resistir las cargas futuras que se esperan que soporte durante su vida útil y, por lo tanto, garantizar su funcionamiento adecuado y duradero (Cárdenas, 2024).

2.2.3.1 Factor direccional y factor por carril

El direccional es la proporción o relación de vehículos pesados que circulan en una dirección sobre una vía dada. Esta proporción se establece a partir de la información de conteos de tráfico, que indican cómo se reparte el flujo vehicular pesado entre los sentidos de circulación. Es decir, qué tanto del tráfico pesado fluye en cada dirección; esto es esencial para el análisis de cargas y esfuerzos sobre el pavimento.

Por otro lado, el factor por carril se expresa como la relación entre el tráfico total y el tráfico del carril que soporta mayor concentración de ejes equivalentes (EE). Este indicador es fundamental para conocer cómo se reparte el tránsito en los carriles de la vía, pues no todos los carriles soportan la misma carga vehicular. El factor por carril indica la forma en que se concentra el tránsito en un carril determinado y se aplica para ajustar con mayor precisión el diseño y mantenimiento del pavimento a fin de que el carril más cargado pueda resistir al tránsito que por él circula.

Ambos factores direccionales y por carril son necesarios para hacer una evaluación adecuada del comportamiento del tráfico pesado en carreteras y ayudar en la planificación

del diseño estructural del pavimento y la administración de recursos en conservación vial (Chambilla, 2021).

2.2.3.2 Número de repeticiones de ejes equivalentes (EE)

Según la normativa (AASHTO), el Eje Equivalente (EE) se define como el efecto destructivo sobre el pavimento de un eje simple de ruedas convencionales. Este eje tipo estándar se considera el que soporta 8.2 (Tm) con llantas infladas a 80 libras por pulgada cuadrada (psi). En la práctica, un EE es la magnitud de carga de referencia que expresa en términos relativos el daño provocado sobre el pavimento por cualquier tipo de eje o configuración vehicular.

El número de repeticiones de ejes equivalentes es, por tanto, una forma de expresar cuántas veces se aplica esta carga estándar sobre el pavimento en un período determinado, siendo un dato fundamental para el diseño y análisis estructural de carreteras. Este valor es determinante para el diseño adecuado del pavimento y que soporte las cargas vehiculares esperadas sin deteriorarse prematuramente.

Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes se usa la metodología planteada en el manual AASHTO 1993, tabla 03, factores correctores por tipo de eje y tipo de pavimento. Este proceso transforma las diferentes cargas reales por donde circulan vehículos en una cantidad equivalente de cargas estándar (EE), lo que permite hacer un análisis uniforme y comparable del daño acumulado en la estructura del pavimento (Cajo, 2021).

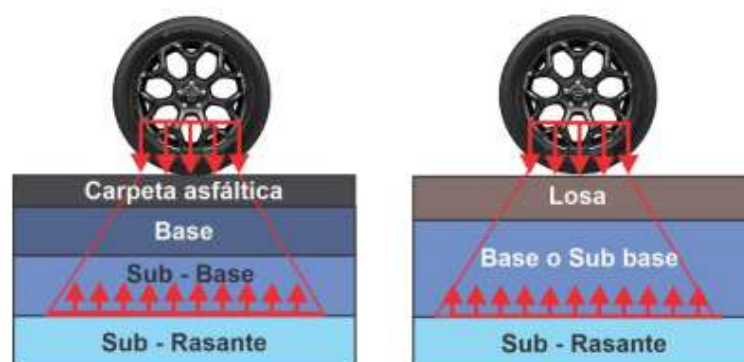
2.2.4 Comportamiento estructural del pavimento

En el diseño de un pavimento flexible se sabe que éste se compone de múltiples capas, donde cada una tiene una función específica para distribuir las cargas del tránsito vehicular. La forma en que interactúan y se comportan este sistema multicapa define la manera en que se realizan las pruebas de carga para medir su comportamiento estructural.

Por otro lado, los pavimentos rígidos tienen un elevado módulo de elasticidad y, por tanto, distribuyen las cargas en áreas mucho mayores. La resistencia de estos pavimentos depende en gran medida de la capacidad estructural del concreto que los conforma, siendo un factor esencial y definitivo en el diseño y análisis de su comportamiento bajo carga (Zevallos, 2022).

Figura 3

Comportamiento estructural



Nota. Tomada de (Viteri, 2024).

La forma en que el pavimento soporta y reparte las cargas depende de muchas cosas: el tipo y las características de las capas que lo componen. Las cargas vehiculares son variables en magnitud y frecuencia, afectando cada capa de manera diferente en función de su propósito y propiedades. La principal diferencia entre los pavimentos flexibles y rígidos es la forma en que estas cargas se distribuyen y transmiten a través de las capas del sistema.

Un método común para evaluar la capacidad estructural de los pavimentos en sitio es la determinación de las deflexiones que se inducen al cargar la superficie del pavimento. Esta técnica es sencilla, eficaz y de aplicación in situ para estimar la respuesta estructural del pavimento, información útil para el diagnóstico y la planificación de actuaciones de mantenimiento o rehabilitación (Viteri, 2024).

2.2.4.1 Métodos de evaluación estructural

Actualmente se utilizan tecnologías no destructivas (NDT, por sus siglas en inglés) para analizar la integridad estructural de pavimentos y otras estructuras sin generar daño en la estructura. Estas metodologías se fundamentan en la lectura de deflexiones superficiales que indican cómo se comporta la estructura bajo cargas rodadas (Chiliquinga, 2024).

El método para la toma de estas medidas es sencillo, rápido y de bajo costo, lo que permite su uso práctico en condiciones de campo. Además, por ser métodos no destructivos, pueden ser aplicados repetidamente sin alterar la estructura. La metodología se basa en el análisis cuantitativo de curvas o cuencos de deflexiones, las cuales dan información exacta del comportamiento estructural del pavimento (Jinchuña, 2020).

❖ Métodos indirectos de auscultación estructural

Los métodos indirectos de evaluación de capacidad portante son técnicas no destructivas para evaluar el estado del pavimento. Estos métodos se basan en modelos matemáticos y empíricos que asocian las deflexiones medidas con las condiciones estructurales y funcionales del pavimento.

"Deflexión" es la deformación elástica de una estructura bajo una carga aplicada; esta magnitud varía según el tipo y estado de la estructura. El "cuenco de deflexiones" es el gráfico o mapa de deformaciones desde el punto de aplicación de la carga en la subbase hasta sus alrededores, determinando así el área afectada y la magnitud del daño. Los deflectómetros son equipos que pueden medir estas deflexiones en múltiples puntos alrededor de la carga aplicada, permitiendo así caracterizar completamente las deformaciones estructurales y analizar el comportamiento del pavimento (Jinchuña, 2020).

❖ Medición de deflexiones

La deflectometría es la técnica para determinar deformaciones verticales sobre la superficie del pavimento, bajo cargas. Básicamente, la deflexión es la forma de medir la

respuesta combinada subrasante-subbase a una carga dada y es una información valiosa para evaluar la capacidad estructural del pavimento.

Principalmente hay tres tipos de equipos para medir deflexiones bajo métodos no destructivos:

- Equipos para aplicar cargas estáticas y medir las deflexiones resultantes, para un análisis preciso en condiciones controladas.
- Equipos generadores de cargas vibratorias para inducir y medir deformaciones, con el fin de evaluar el comportamiento dinámico del pavimento.
- Equipos de carga por impacto, que simulan la aplicación repentina de cargas reales, registrando las respuestas iniciales de la estructura.

Cada uno de estos equipos tiene sus propias ventajas en dependencia del tipo de pavimento y las condiciones en que se realice la evaluación, permitiendo un diagnóstico completo y exacto para la toma de decisiones en la conservación y diseño vial (Jinchuña, 2020).

2.2.5 Deflectometría

Las deformaciones que se producen en la superficie superior de una vía, como consecuencia del paso de vehículos, se pueden medir con unos aparatos llamados deflectómetros. Una de las herramientas más comunes para este fin es la "Viga Benkelman". Este aparato lleva el nombre de su inventor, el ingeniero A. C. Benkelman, que lo inventó en 1953 en el programa de ensayos viales de la Oficina de Carreteras del Estado de Washington (WASHO).

Desde su aparición, la viga Benkelman se ha convertido en un instrumento de rutina para la evaluación estructural de pavimentos, por su facilidad de operación y por la exactitud y objetividad de la información que genera. Este equipo proporciona lecturas instantáneas de la deformación vertical o deflexión de la superficie del pavimento bajo una carga rodante, lo que es una información para evaluar la capacidad estructural y condición del pavimento (Chiliqinga, 2024).

La información obtenida mediante deflectometría con la viga Benkelman es fundamental para la toma de decisiones en proyectos de mantenimiento, rehabilitación y diseño de pavimentos, ya que muestra cómo realmente se comporta el pavimento bajo tráfico, permitiendo una evaluación precisa y confiable de su resistencia y durabilidad (Mochica, 2016).

❖ Factores que afectan la medición de deflexiones

a) Influencia de la temperatura y la humedad

El clima (temperatura y humedad) influye en las deflexiones medidas en la superficie del pavimento. Estos elementos cambian con las estaciones y alteran significativamente el comportamiento estructural del pavimento. En climas no congelantes, la variación estacional de las deflexiones sigue un patrón sinusoidal. Especialmente en época de lluvias se pueden encontrar altos valores de deflexiones, ya que aumenta el contenido de agua libre en las capas superiores del suelo y en la subrasante. Este aumento de humedad disminuye la rigidez del soporte, y por lo tanto el pavimento se deformará más bajo cargas iguales, dando lugar a valores de deflexión superiores (Figueroa, 2023).

b) Efecto de la magnitud y duración de la carga

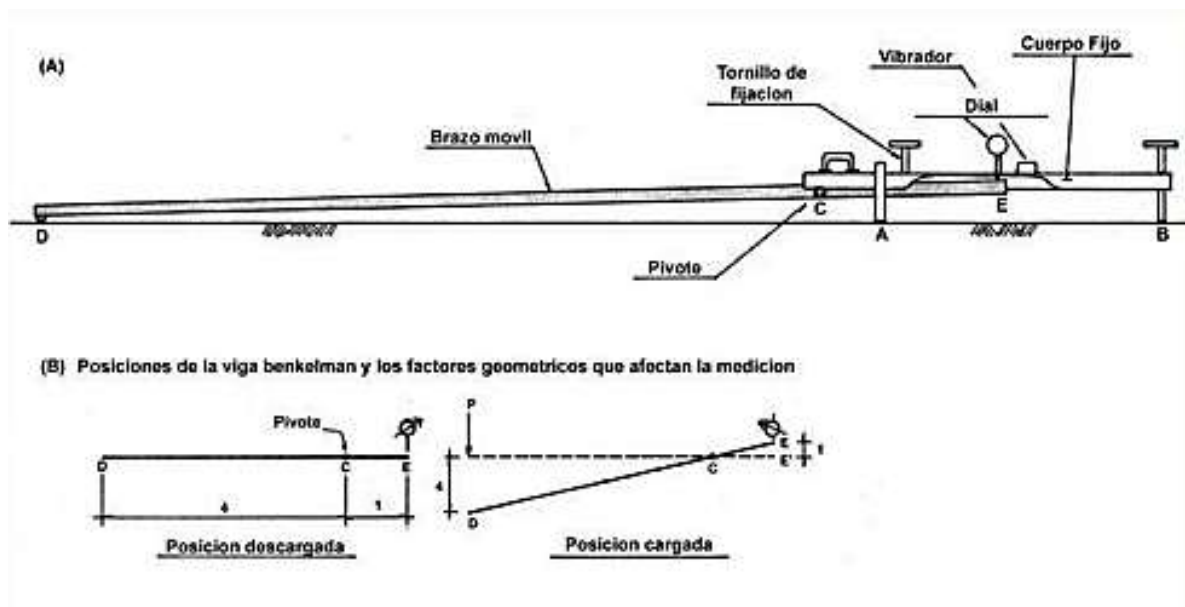
Otros factores que impactan en la magnitud de las deflexiones son la magnitud de la carga y el tiempo que ésta se aplica sobre el pavimento. Cargas mayores causan mayores deformaciones en la estructura; la duración o repetición de las cargas puede alterar la capacidad de recuperación del pavimento. En otras palabras, las cargas de larga duración o repetidas causan deformaciones irreversibles y un incremento en las deflexiones medidas, lo cual es un indicio del deterioro progresivo de la estructura del pavimento. Por lo cual, la magnitud y duración de la carga son determinantes para una evaluación correcta del estado estructural del pavimento a través de la deflectometría (Figueroa, 2023).

2.2.5.1 Deflexiones mediante el método de la Viga de Benkelman

El ensayo de deflexión con viga Benkelman es un método común para evaluar la capacidad estructural de los pavimentos. Este método se basa en la relación que existe entre la magnitud de la deformación o hundimiento que se produce en la superficie del pavimento bajo una carga. En palabras sencillas, un pavimento más rígido se deformará menos bajo una carga dada (la rigidez del pavimento es inversamente proporcional a su deformación). De esta manera, el método se transforma en una herramienta para diagnosticar el estado y vida útil del pavimento vial (Vega, 2023).

Figura 4

Viga de Benkelman



Nota. Tomada del MTC.

La viga Benkelman es un aparato sencillo pero eficaz para determinar deformaciones elásticas en capas de pavimento bajo carga. Este aparato se compone de dos partes: una fija, apoyada en tres puntos sobre el pavimento, y otra móvil, unida a la primera por un pivote que permite el giro, a modo de brazo de medición para determinar deformaciones.

Para realizar las mediciones de deflexión con este método, se emplea un camión volquete previamente calibrado. Este vehículo debe ser ligero (alrededor de 18.000 libras) y sus neumáticos deben estar inflados a la presión correcta para garantizar una carga uniforme y precisa. En estas circunstancias, el equipo es capaz de medir con precisión la deformación que sufre el pavimento bajo la carga, lo que permite evaluar su comportamiento estructural y su capacidad para soportar el tráfico (Figueroa, 2023).

2.2.5.2 Radios de curvatura

La línea que representa la deformación elástica de un pavimento en la vecindad del punto de aplicación de la carga tiene su máxima curvatura (curvatura máxima) justo debajo del punto de carga. Este valor es esencial para el estudio de las deflexiones, para saber cómo se comporta la estructura ante las cargas vehiculares.

Entre los métodos que existen para hallar la máxima curvatura de la línea deformada, uno de los más sencillos y de mayor aplicación práctica es comprobar experimentalmente que la curva de flexión se aproxima mucho a una parábola. Esta solución es aplicable hasta una distancia ligeramente superior a 0.25 m a ambos lados del eje de aplicación de la carga, permitiendo una estimación sin recurrir a procedimientos complejos (Figueroa, 2023).

Según el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, el radio de curvatura se puede calcular usando una fórmula que involucra las propiedades geométricas de la línea deformada y las deflexiones medidas. Este valor es fundamental para determinar la rigidez y estructural del pavimento, identificar zonas débiles y planificar intervenciones de mantenimiento o rehabilitación más precisas (Libandro & Rodrigo, 2021).

Entender qué representan los radios de curvatura es esencial en el análisis estructural de pavimentos. El análisis combinado de estos radios y sus correspondientes deflexiones nos proporciona información valiosa sobre la calidad y el comportamiento de

las diferentes capas que componen la estructura del pavimento en estudio (Libandro & Rodrigo, 2021).

Generalmente, altas deflexiones son señal de falla en las capas inferiores, sobre todo en la subrasante. Pero esta lectura no siempre es tan sencilla y para hacer una valoración correcta hay que tener en cuenta también el radio de curvatura. Según la combinación de estos dos factores, se pueden definir diferentes situaciones, que se resumen a continuación:

a) Radios de curvatura grandes: Aquí el pavimento está en buen estado. Tanto las capas superiores como las inferiores satisfacen los requisitos de calidad si la deflexión superficial es menor que el valor máximo permitido. Esto denota una estructura fuerte y bien compactada, con buenos materiales.

b) Radios de curvatura pequeños: Esto indica que puede haber un problema con la calidad de la capa superficial, ya sea en términos de granulometría, compactación o CBR (California Bearing Ratio). Como las deflexiones son bajas, es improbable que las capas inferiores estén afectadas, pero el caso merece una inspección más profunda para detectar posibles deterioros superficiales.

c) Grandes deflexiones con radios de curvatura grandes: En esta superposición, las grandes deformaciones se localizan en las capas inferiores. Esto quiere decir que el fallo está en el material o en la humedad excesiva en estas capas inferiores, sin que necesariamente las capas superiores se vean afectadas y puedan estar en buen estado.

d) Grandes deflexiones y radios de curvatura pequeños: Esta es la peor condición en que fallan tanto las capas superiores como las inferiores del pavimento. La estructura está deteriorada por materiales inapropiados, falta de compactación o fallas en los sistemas de drenaje. Esto nos dice que el pavimento no está en condiciones técnicas y se debe intervenir de inmediato (Libandro & Rodrigo, 2021).

El análisis combinado de la deflexión y el radio de curvatura se convierte entonces en una herramienta para diagnosticar el estado estructural del pavimento, determinar las

razones de su deterioro y definir las estrategias apropiadas de mantenimiento o rehabilitación.

2.2.6 Orígenes y desarrollo del IRI

En los años 60, el Banco Mundial inició un gran estudio de carreteras en países en desarrollo. Con estos estudios se determinó que la poca inversión en infraestructura vial generaba costos mucho mayores para quienes por ellas transitaban. Uno de los principales descubrimientos fue el reconocimiento de la rugosidad en la capa de rodadura como una de las variables que más influyen en los costos de operación y mantenimiento vehicular.

Una gran dificultad en estos estudios fue el hecho de que no se podían comparar datos de distintos países, ya que cada país utilizaba métodos y unidades diferentes para medir la rugosidad superficial. Esta variabilidad hacía imposible hacer comparaciones válidas y consistentes a nivel mundial, por lo que se buscó una escala estandarizada que pudiera ser utilizada como un estándar de referencia único y así poder comparar resultados entre diferentes lugares y proyectos (Niño & Torres, 2021).

Fue ante esta necesidad que el Banco Mundial, en 1982, lanzó una serie de experimentos en Brasil para comparar y correlacionar diferentes formas de medir la rugosidad en función de las deformaciones que provocan en los vehículos que ruedan sobre la vía. A partir de esta iniciativa, se pudieron interconectar exitosamente las diferentes técnicas existentes, creando las bases para un estándar único de calibración.

El principal producto de estas investigaciones fue el desarrollo de un índice patrón mundial, hoy día conocido como Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Las primeras investigaciones que abrieron la puerta a este desarrollo se hicieron en el programa norteamericano llamado National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Este programa usó un modelo llamado "Golden Car", descrito en el informe 228 del NCHRP, que se usó para calibrar y validar el IRI, creando así un estándar mundial para medir la calidad superficial de carreteras (Zavaleta, 2024).

2.2.6.1 IRI

El (IRI), el estándar más reconocido a nivel mundial para medir la rugosidad superficial de las vías de tránsito. Se ha convertido en la medida estándar de irregularidad de la superficie y de su impacto en la conducción.

Matemáticamente, el IRI se define como la sumatoria de los desplazamientos verticales absolutos entre la masa vehicular y la masa suspendida, al recorrer una longitud determinada de carretera. En términos simples, el IRI es la manera en que se van acumulando las oscilaciones y movimientos verticales de un vehículo al recorrer una superficie irregular, por unidad de longitud recorrida. Por eso, las unidades del índice son una longitud sobre otra, y generalmente se expresan en mm/m, m/km, in/mi, etc (Serrano, 2022).

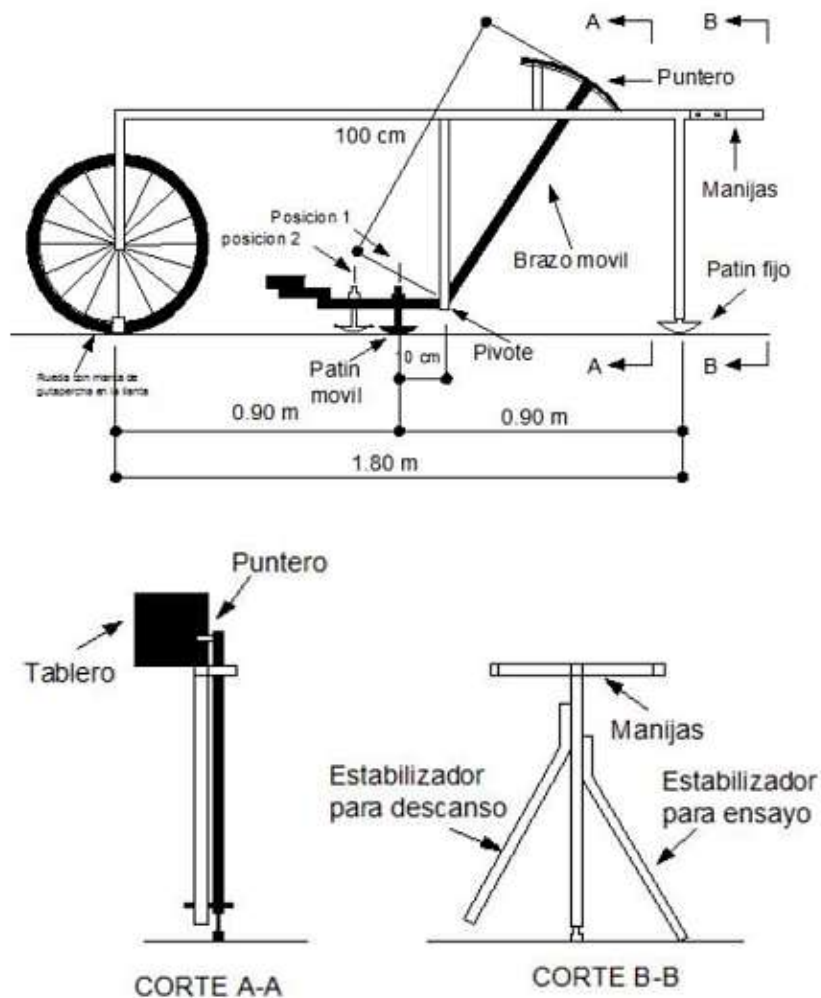
El IRI tiene la ventaja de poseer una escala única y estandarizada, la cual permite comparar y ordenar la regularidad superficial de diferentes caminos en forma objetiva. Este indicador reproduce la reacción de un vehículo que se desplaza a velocidad constante (generalmente 80 km/h) e incorpora variables relacionadas con la seguridad vial, el confort del usuario y los costes de explotación del vehículo. De esta manera, el IRI no sólo califica el estado físico de la carretera, sino que también es una herramienta para planificar y gestionar de forma eficiente el mantenimiento vial, mejorando la experiencia y seguridad del usuario (Chino & Alvarado, 2024).

2.2.6.2 Rugosímetro MERLIN

El rugosímetro MERLIN es un equipo que utiliza el método perfilómetro estático para medir la textura superficial de carreteras. Su evolución se enfocó en desarrollar un equipo accesible y fácil de usar, que permita realizar análisis con métodos sencillos y de alta fiabilidad y exactitud en los resultados.

Figura 5

Equipo del rugosímetro de MERLIN



Nota. Tomada de (Salgado & Sotomayor, 2024).

Esta aplicación se creó siguiendo los métodos de medición de perfiles viales del International Road Roughness Experiment (Experimento Internacional de Rugosidad de Carreteras). Dicho método estandarizó la forma de obtener datos de la textura superficial de las vías, la cual define el confort y seguridad al rodar y permite planificar mantenimientos (Salgado & Sotomayor, 2024).

Por su diseño y facilidad de manejo, el rugosímetro MERLIN es una herramienta útil para ingenieros y técnicos de control de calidad vial, estandarizando y mejorando la medición de rugosidad en cualquier lugar (Salgado & Sotomayor, 2024).

Tabla 2

Parámetros de rugosidad

Estado	Rugosidad
Bueno	$0.0 < IRI \leq 3$
Regular	$3 < IRI \leq 4.0$
Malo	$4.0 < IRI \leq 6.0$
Muy malo	$6.0 < IRI$

Nota. Tomada del MTC.

2.3 Marco conceptual

- a.- **Cargas de Tránsito:** Son las fuerzas que aplican los vehículos que ruedan sobre el pavimento. Estas cargas varían según la magnitud, el tipo y la frecuencia del tráfico y son las causantes del deterioro y falla estructural del pavimento (AASHTO, 1993). La estimación y aplicación correcta de estas cargas en el análisis es esencial para un diagnóstico realista del estado del pavimento.
- b.- **Capacidad Estructural del Pavimento:** La capacidad estructural es la habilidad del pavimento para soportar y distribuir las cargas de tránsito durante su vida útil sin deteriorarse. Esta característica se expresa en términos de deflexión máxima, módulo resiliente y resistencia a la fatiga, y es una manera de establecer su condición y la necesidad de mantenimiento o rehabilitación.
- c.- **Deflectometría:** La deflectometría es un método no destructivo que mide las deflexiones o deformaciones de la superficie del pavimento bajo una carga estandarizada, usualmente con un defleómetro de impacto (FWD). Estos datos se pueden utilizar para estimar la rigidez estructural del pavimento y detectar fallos en las capas.
- d.- **Transitabilidad y Rugosidad:** La transitabilidad es la facilidad por donde ruedan los vehículos que por ella transitan, en relación a la superficie de rodadura. La rugosidad



es una medida de la irregularidad de la superficie del pavimento, generalmente expresada en términos del Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Un IRI alto indica una superficie deteriorada que impacta en la seguridad, el confort y el consumo de combustible.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Es el conjunto de procedimientos, técnicas e instrumentos sistematizados que se emplean para llevar a cabo una investigación científica y producir conocimientos válidos sobre un fenómeno. Esta metodología proporciona al investigador las herramientas para diseñar, llevar a cabo y analizar el proceso de investigación y asegurar que sus resultados sean exactos, fiables y replicables. También la metodología establece cómo seleccionar el enfoque adecuado (cuantitativo, cualitativo o mixto) y las estrategias para la recolección y análisis de datos. Además, la metodología de la investigación proporciona estructura al proceso, permitiendo formular hipótesis o preguntas de investigación, definir variables y elegir instrumentos adecuados para la investigación.

3.1 Enfoque de la investigación

Corresponde a un enfoque cuantitativo porque se basa en la recolección y análisis de datos numéricos y medibles para evaluar objetivamente el comportamiento del pavimento.

El enfoque cuantitativo en la investigación se caracteriza por el uso de métodos numéricos y estadísticos para analizar fenómenos con el objetivo de obtener datos medibles y cuantificables que permitan describir, explicar y predecir comportamientos o

relaciones entre variables. Este método se caracteriza por ser objetivo y exacto, valiéndose de instrumentos estructurados tales como encuestas, cuestionarios y pruebas estandarizadas para recoger la información, la cual es sometida a análisis estadísticos. Busca resultados generalizables y replicables que permitan la toma de decisiones basada en evidencia numérica. Además, el método cuantitativo a menudo usa diseños experimentales o no experimentales para manipular y controlar variables, y así determinar relaciones de causa y efecto o correlacionales (Alfonso et al., 2020).

3.2 Nivel de la investigación

Corresponde a un nivel de investigación descriptivo porque se centra en la observación, identificación de las causas o factores que determinan el comportamiento estructural y la transitabilidad del pavimento flexible bajo cargas vehiculares.

El nivel descriptivo en la investigación es una etapa inicial que implica la observación, identificación y descripción detallada de las características, condiciones o comportamientos de un fenómeno, objeto o situación en su estado natural. Este nivel no pretende encontrar explicaciones, relaciones causales o asociaciones entre variables, sino que simplemente describe con exactitud cómo es la realidad en un lugar determinado. La descripción puede ser en términos cuantitativos y cualitativos, como frecuencias, datos demográficos, condiciones ambientales, opiniones, comportamientos, etc. Este nivel es especialmente útil cuando se requiere conocer el estado actual de una situación o fenómeno sin alterarlo o intervenir en él, para la toma de decisiones o la planificación de estrategias basadas en información real y observada directamente (Pimienta et al., 2018).

3.3 Tipo de la investigación

Es una investigación aplicada, ya que busca generar conocimientos prácticos y utilizables para resolver un problema específico de infraestructura vial.



La investigación aplicada es la que busca resolver problemas prácticos y concretos del mundo real (industria, educación, salud, tecnología, etc.). Busca crear conocimientos aplicables para mejorar procesos, productos, servicios o políticas. En contraste con la investigación básica, que busca enriquecer el conocimiento teórico, la investigación aplicada busca resolver problemas concretos y encontrar soluciones prácticas para mejorar la vida de las personas y contribuir al bienestar social. Este tipo de investigación aplica métodos rigurosos y sistemáticos para generar resultados confiables y relevantes para la práctica. Usualmente implica recolectar y analizar datos para diseñar, implementar y evaluar intervenciones o innovaciones (Pimienta et al., 2018).

3.4 Diseño de la investigación

Corresponde a un diseño no experimental porque no implica la manipulación directa o control intencional de las variables por parte del investigador.

Diseño no experimental de la investigación: aquella en la que el investigador no manipula intencionalmente las variables independientes; las observa y mide tal como ocurren naturalmente. Este diseño se usa para describir, relacionar o explicar fenómenos sin manipularlos, descubriendo asociaciones sin determinar causa-efecto. Es particularmente valiosa cuando la manipulación experimental no es factible, ética o práctica, como en estudios de comportamiento, salud o educación. La mayor fortaleza del diseño no experimental es que puede investigar fenómenos en su ambiente natural y así obtener datos descriptivos sobre patrones, tendencias y relaciones. Pero al no manipular las variables externas, los resultados deben interpretarse con cautela en términos de inferencias causales (Alfonso et al., 2020).

3.5 Método de la investigación

Se utiliza el método científico porque sigue un proceso sistemático y ordenado para investigar un fenómeno específico.

El método científico es un proceso sistemático y organizado que los científicos emplean para plantear preguntas, desarrollar hipótesis, reunir datos, analizarlos y sacar conclusiones acerca de los fenómenos naturales o sociales. Este enfoque implica la observación objetiva, la experimentación controlada y la reproducibilidad, garantizando que el conocimiento resultante sea válido, confiable y verificable. Su objetivo es buscar explicaciones basadas en evidencia, sin prejuicios ni creencias ciegas. Además, el método científico tiene unos pasos interconectados, como definir el problema, hacer una revisión bibliográfica, y realizar el experimento/estudio y sacar conclusiones (Pimienta et al., 2018).

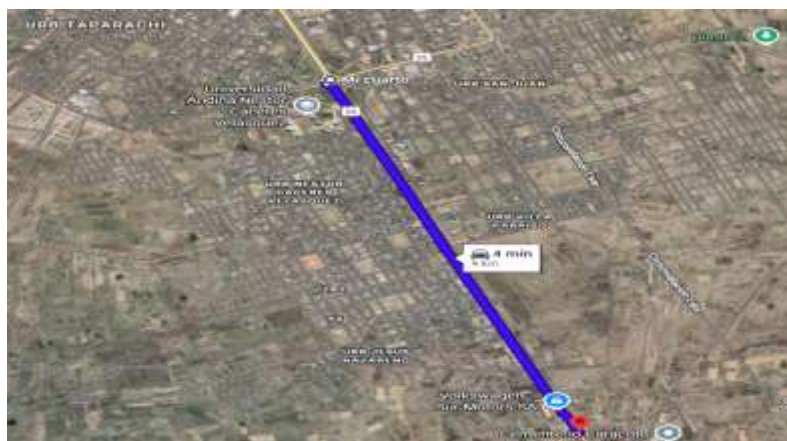
3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

Es el total de individuos, cosas, sucesos o elementos que tienen características en común y que son estudiados en una investigación específica. Esta es la totalidad de individuos que conforman el universo sobre el que se desea informar y hacer inferencias legítimas y generalizables. La definición y delimitación adecuadas de la población es esencial para el diseño metodológico, ya que permite la selección apropiada de la muestra y asegura que los resultados sean representativos y generalizables a la población en su conjunto (Alfonso et al., 2020).

Figura 6

Vía de estudio



Nota: Tomada de Google Maps.

La población está constituida por un aproximado de 4 kilómetros del pavimento flexible que conforman la vía Juliaca – Caracoto en el año 2025.

3.6.2 Muestra

Es una parte de la población total que se está estudiando en un proyecto de investigación. Su objetivo es hacer más fácil la recolección y el análisis de datos y poder llegar a conclusiones válidas y generalizables sin tener que estudiar a toda la población, lo cual muchas veces es imposible por tiempo, costo o accesibilidad. La muestra se debe elegir por procedimientos sistemáticos apropiados para que sea representativa del universo al que se refiere. Además, la muestra puede ser probabilística o no probabilística, en función del procedimiento de selección (Alfonso et al., 2020).

La muestra para el análisis de la capacidad estructural, utilizando la viga de Benkelman, se tomó desde el kilómetro 1319+950, con mediciones cada 100 metros. En cuanto al análisis de la transitabilidad, se llevó a cabo utilizando el rugosímetro de Berlín en los tramos 1319+950 a 1320+150, 1320+950 a 1321+150, 1321+950 a 1322+150, y 1322+950 a 1323+150, abarcando ambos carriles de la vía de vuelta en el tramo Juliaca - Caracoto.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Las técnicas de investigación son las maneras o instrumentos específicos que utilizan los investigadores para recoger datos e información pertinente a su investigación. Estas técnicas proporcionan datos reales y exactos, que posibilitan la observación, medición y análisis de variables dentro de un marco metodológico. La elección de las técnicas adecuadas es determinante para la validez y confiabilidad de los resultados, ya que determinan la calidad de la información recolectada. La elección de la técnica



adecuada vendrá determinada por el tipo de investigación, los objetivos que se persigan y el enfoque de la misma (Pino, 2019).

- Observación
- Registro del coteo vehicular.
- Análisis de datos.

3.7.2 Instrumentos

Son instrumentos elaborados para recoger información de forma sistemática y organizada durante el proceso de la investigación. Estas herramientas permiten recoger información fiable y válida sobre las variables o fenómenos que se pretenden investigar y garantizar que la información recogida sea fiable y válida para su posterior análisis. La elección y elaboración adecuadas de los instrumentos son determinantes para la calidad y efectividad de la investigación. Hay diferentes tipos de instrumentos, los cuales pueden variar de acuerdo al enfoque y la naturaleza del estudio (Pino, 2019).

- Viga Benkelman.
- Rugosímetro.
- Hojas de toma de datos.
- Cámara fotográfica.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación

La validación de instrumentos de investigación es un proceso que garantiza que los instrumentos para recoger datos midan con exactitud y fiabilidad lo que se quiere medir. El cual consiste en juzgar la adecuación, claridad, coherencia y representatividad de los ítems o preguntas que integran el instrumento, para que los resultados que se obtengan sean válidos y reflejen la realidad que se desea investigar (Pimienta et al., 2018).

3.8.2 **Confiabilidad**

Habla de la capacidad de estas herramientas de generar resultados consistentes en el tiempo y bajo condiciones variables. Un instrumento fiable asegura que las medidas tomadas sean repetibles y que los cambios en los resultados no se deban a errores aleatorios o causas externas, sino a las verdaderas características del fenómeno que se está investigando(Pimienta et al., 2018).

3.9 **Plan de recolección de datos**

Primero, se hizo un reconocimiento de la vía. Luego, se realizó un conteo vehicular durante dos días seguidos. Además, se tomaron medidas con la Viga Benkelman y se realizaron ensayos con el Rugosímetro Merlin para determinar el estado del pavimento. Todos los datos recolectados fueron anotados en una hoja de cálculo, para luego ser procesados y analizados.

Figura 7

Conteo vehicular



Se realizó el conteo vehicular de los medios de transporte de vuelta de la vía Juliaca Caracoto.

Figura 8

Plantilla del conteo vehicular

HORA	VEHICULO	ESTADO	CAMIONETAS			PASAJEROS	BUSES	CAMIONES			OTROS TRAYECTOS			TRAYECTOS		
			TRAYECTOS	TRAYECTOS	TRAYECTOS			TRAYECTOS	TRAYECTOS	TRAYECTOS	TRAYECTOS	TRAYECTOS	TRAYECTOS	TRAYECTOS		
06:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:03	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:06	3	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:09	4	4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:12	5	5	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:15	6	6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:18	7	7	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:21	8	8	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:24	9	9	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:27	10	10	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:30	11	11	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:33	12	12	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:36	13	13	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:39	14	14	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:42	15	15	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:45	16	16	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:48	17	17	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:51	18	18	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:54	19	19	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:57	20	20	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00	21	21	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:03	22	22	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:06	23	23	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:09	24	24	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:12	25	25	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:15	26	26	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:18	27	27	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:21	28	28	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:24	29	29	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:27	30	30	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:30	31	31	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:33	32	32	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:36	33	33	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:39	34	34	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:42	35	35	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:45	36	36	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:48	37	37	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:51	38	38	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:54	39	39	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:57	40	40	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:00	41	41	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:03	42	42	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:06	43	43	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:09	44	44	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:12	45	45	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:15	46	46	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:18	47	47	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:21	48	48	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:24	49	49	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:27	50	50	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:30	51	51	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:33	52	52	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:36	53	53	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:39	54	54	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:42	55	55	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:45	56	56	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:48	57	57	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:51	58	58	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:54	59	59	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:57	60	60	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Se realizó el aforo vehicular donde se obtuvo un ESAL de diseño de 2621721.

Ensayo con la Viga de Benkelman

El ensayo se realiza siguiendo una serie de pasos específicos para garantizar la precisión y representatividad de las mediciones:

- Primero, se marcan puntos de referencia a lo largo del tramo vial a intervalos regulares. En cada uno de estos puntos se marcan líneas guía a las distancias de 0.60 m del borde del pavimento, de acuerdo con una tabla preestablecida para garantizar la uniformidad en las mediciones.
- Luego se elige un punto coincidente con el eje de carga del camión volteo, usando una guía para colocar correctamente la viga Benkelman entre las ruedas gemelas del camión, asegurando la exactitud del ensayo.
- La llanta del camión se coloca sobre este punto, de tal manera que su centro de gravedad coincida con el eje del neumático. Esta posición adecuada es fundamental para distribuir la carga uniformemente sobre el pavimento.
- Con el vehículo detenido, el extremo del brazo móvil de la viga se apoya en el punto exacto de medición para tomar la deflexión del pavimento bajo la carga.

- Para conseguir una imagen fiel de la respuesta estructural, se siguen las líneas guía predefinidas, siendo recomendable tomar como mínimo tres mediciones en cada punto para confirmar la consistencia y fiabilidad de los datos recogidos.
- Asegurarse de que la viga esté alineada con la dirección de movimiento del camión cuando éste se desplace por la carretera. Una vez verificada esta alineación, se encera el dial del instrumento, se enciende el vibrador y se toman las lecturas para el análisis.

Tras realizar las lecturas de campo, se procede a calcular la capacidad estructural del pavimento utilizando las siguientes fórmulas:

❖ **Corrección por brazo de la viga Benkelman:**

$$D = RB + (Df - Do)$$

Donde:

D es la deflexión corregida,

Df es la deflexión final,

Do es la deflexión inicial,

RB es la relación del brazo de la viga.

❖ **Corrección de deflexiones por cambio de temperatura:**

$$D_{20^{\circ}C} = \frac{Dt}{(1 \times 10^{-3} * h(t - 20^{\circ}C))}$$

Donde:

$D_{20^{\circ}C}$ es la deflexión corregida a 20 °C,

Dt es la deflexión recuperable,

t es la temperatura del pavimento en el sitio,

h es el espesor de la carpeta asfáltica,

$k=1 \times 10^{-3}$ (constante para capas granulares).



❖ Corrección por estacionalidad:

$$D = 1.2 * D_{20^{\circ}C}$$

Donde:

D es la deflexión corregida por estacionalidad,

$D_{20^{\circ}C}$ es la deflexión corregida por temperatura.

❖ Cálculo del radio de curvatura:

$$Rc = \frac{10 * 25^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

Donde:

Rc es el radio de curvatura (en metros),

D_0 es la deflexión en 0 metros,

D_{25} es la deflexión a 0.25 metros.

❖ Deflexión característica:

$$Dc = D + t * \sigma$$

Donde:

Dc es la deflexión característica,

D es la deflexión promedio,

t es el coeficiente de probabilidad para considerar deflexiones superiores a Dc ,

σ es la desviación estándar.

❖ Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D)^2}{n - 1}}, \text{ para } n > 30$$

Donde:

σ es la desviación estándar,



D_i es la deflexión corregida máxima de la muestra i ,

D^- es la deflexión media,

n es el número total de mediciones.

❖ **Cálculo de ejes equivalentes:**

$$w_{18} = \left(\left(\sum_{i=1}^n FD * TPDA \right) * 365 \right) * Fd * DI$$

Donde:

w_{18} es el número total de ejes equivalentes de 18 kips,

FD es el factor de daño,

$TPDA$ es el tráfico promedio diario anual de diseño (para un periodo de 20 años),

Fd es el factor de distribución direccional,

DI es el porcentaje de w_{18} que corresponde al carril evaluado.

❖ **Deflexión admisible:**

$$❖ Da = \left(\frac{1.15}{N_{18}} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

$Dadm$ es la deflexión admisible expresada en micras,

N_{18} es el número de ejes equivalentes en millones.

❖ **Deflexión crítica:**

$$Dcr = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

Donde:

Dcr es la deflexión crítica en micras,

N_{18} es el número de ejes equivalentes en millones.

Figura 9

Comportamiento de la subrasante y del pavimento según las deflexiones

Tipo de Deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
Tipo I	Bueno $D_c < D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo II	Malo $D_c > D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo III	Bueno $D_c < D_a$	Malo $R_c < 100$
Tipo IV	Malo $D_c > D_a$	Malo $R_c < 100$

Nota. Tomada del MTC (1983).

Ensayo del IRI (rugosímetro de Merlín)

Para realizar la medición con el rugosímetro de Merlín, se siguió un procedimiento sistemático compuesto por los siguientes pasos:

- El primer paso consistió en calibrar el equipo. Para ello, se colocó el rugosímetro sobre una superficie perfectamente horizontal y se ajustaron sus puntos de apoyo hasta que el puntero marcó el valor de 25, asegurando así que el instrumento estuviera correctamente calibrado para la toma de datos.
- A continuación, se realizó la primera lectura inicial (L_i) y luego una segunda lectura con la pastilla de calibración colocada (L_f). Este procedimiento fue fundamental para calcular el factor de corrección que se aplicaría posteriormente a las mediciones, garantizando la precisión de los resultados.
- El ensayo requirió la participación de cuatro personas para su correcto desarrollo: un operador encargado de manipular y conducir el equipo, un asistente responsable de registrar meticulosamente las lecturas obtenidas, y dos colaboradores adicionales que brindaron apoyo en aspectos relacionados con la seguridad durante la realización del ensayo.



- El ensayo propiamente dicho comenzó con el manejo del dispositivo. El operador sostuvo el equipo por las manijas, lo levantó y lo desplazó hasta que la rueda completó una rotación completa, equivalente a dos metros de recorrido. Posteriormente, el equipo se apoyó en tres puntos específicos: la rueda, el soporte fijo trasero y el brazo lateral estabilizador. En este momento, se procedió a leer la posición indicada por el puntero, cuyo rango oscila entre 1 y 50, registrando este valor en el formato correspondiente.
- El formato para la toma de datos consistió en una tabla estructurada en 20 filas por 10 columnas, donde los analistas fueron anotando las lecturas tramo por tramo a lo largo del recorrido, permitiendo así una organización clara y sistemática de la información recolectada.

❖ El factor de corrección (F.C.)

$$F.C. = (EP \times 10) / (Li - Lf) \times 5$$

Donde:

EP representa el espesor de la pastilla,

Li es la posición inicial,

Lf es la posición final.

❖ Cálculo del rango *D* corregido

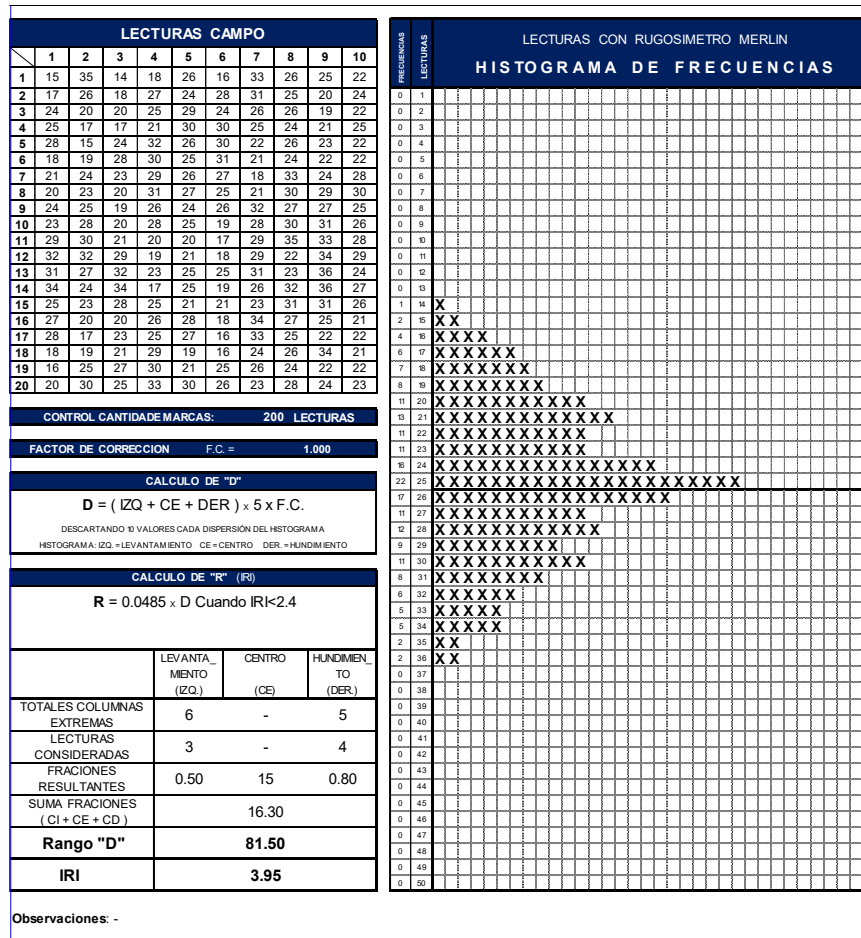
$$Dc = D \times FC$$

❖ Cálculo del IRI

$$IRI = 0.593 + 0.047Dc FC$$

Figura 10

Ficha de rugosidad



Se muestra la hoja de cálculo de la rugosidad mediante el rugosímetro de Merlín.

Tabla 3

Parámetros de medición

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

Nota. (AASHTO, 1993)

3.9.1 Análisis e interpretación de los resultados

El análisis e interpretación de los resultados es una etapa fundamental dentro del proceso investigativo que consiste en examinar, organizar y comprender los datos obtenidos para extraer conclusiones significativas y responder a los objetivos planteados



en la investigación. En esta fase, se aplican técnicas estadísticas y herramientas analíticas que permiten identificar patrones y relaciones entre las variables estudiadas.

La interpretación va más allá de la descripción de resultados, ¡significa integrarlos con la teoría y los antecedentes, juzgando su significado e implicaciones. Esta fase da sentido a lo que se ha encontrado, explicando qué significan los resultados, por qué han ocurrido, cuáles son las debilidades del estudio y qué se puede hacer en el futuro para mejorar la investigación o aplicarla en la práctica. Por eso, el análisis e interpretación de los resultados son determinantes para darle valor científico y aplicabilidad a la investigación.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

En este capítulo se muestran de manera explícita los resultados adquiridos durante la investigación, enfocándose en las deflexiones y radios de curvatura obtenidos en un punto específico de la estructura en estudio. Estos datos se tabulan y grafican para su visualización y análisis detallado de las variaciones y estructurales del tramo en estudio. Así mismo, se adjuntan los resultados obtenidos por el rugosímetro Merlin, el cual mide la textura superficial en distintos puntos del pavimento o estructura. Finalmente, con base en los resultados adquiridos en estas mediciones y análisis, se desarrolla una propuesta de plan de mantenimiento ajustado a estos resultados.

4.1.1 Evaluación de la capacidad estructural estimada del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, a través de la deflectometría

Se llevó a cabo la evaluación de la vía Juliaca – Caracoto, utilizando para ello la Viga de Benkelman a cada 100 metros.

Tabla 4

Lecturas y datos de campo en el carril derecho

Km	Carril	Dist. De borde	Lectura-dial(mm/100)					Temperatura		
			0cm	25cm	50cm	75cm	100cm	L _f	Capa	Correc
1319+950	Der.	0.60m	0	3	5	9	13	15	15.7	1.002
1320+050	Der.	0.60m	0	4	6	10	14	16	15.8	1.002
1320+150	Der.	0.60m	0	3	7	9	14	17	15.9	1.002
1320+250	Der.	0.60m	0	4	6	10	13	15	16.0	1.002
1320+350	Der.	0.60m	0	5	7	9	14	16	16.2	1.002
1320+450	Der.	0.60m	0	4	6	10	12	17	16.2	1.002
1320+550	Der.	0.60m	0	5	7	11	13	15	16.5	1.001
1320+650	Der.	0.60m	0	4	6	11	14	16	16.5	1.001
1320+750	Der.	0.60m	0	3	7	10	13	15	16.7	1.001
1320+850	Der.	0.60m	0	4	7	11	14	16	16.7	1.001
1320+950	Der.	0.60m	0	5	8	9	13	16	16.7	1.001
1321+050	Der.	0.60m	0	3	6	11	14	17	17.0	1.001
1321+150	Der.	0.60m	0	4	7	9	12	16	17.0	1.001
1321+250	Der.	0.60m	0	5	6	10	13	15	17.2	1.001
1321+350	Der.	0.60m	0	3	7	11	12	16	17.4	1.001
1321+450	Der.	0.60m	0	4	6	10	14	16	17.6	1.001
1321+550	Der.	0.60m	0	5	8	11	13	16	17.8	1.001
1321+650	Der.	0.60m	0	5	7	10	14	15	18.0	1.001
1321+750	Der.	0.60m	0	4	6	9	12	17	18.0	1.001
1321+850	Der.	0.60m	0	6	7	11	13	16	18.2	1.001
1321+950	Der.	0.60m	0	4	8	10	14	16	18.2	1.001
1322+050	Der.	0.60m	0	5	6	11	13	17	18.4	1.001
1322+150	Der.	0.60m	0	4	7	10	12	15	18.5	1.001
1322+250	Der.	0.60m	0	6	8	11	14	16	18.7	1.001
1322+350	Der.	0.60m	0	4	7	9	13	16	18.9	1.000
1322+450	Der.	0.60m	0	5	8	11	14	17	19.0	1.000
1322+550	Der.	0.60m	0	3	6	10	13	16	19.4	1.000
1322+650	Der.	0.60m	0	4	7	9	12	15	19.6	1.000
1322+750	Der.	0.60m	0	5	8	11	13	15	19.8	1.000
1322+850	Der.	0.60m	0	5	6	9	14	16	20.1	1.000
1322+950	Der.	0.60m	0	4	7	11	12	17	20.4	1.000
1323+050	Der.	0.60m	0	4	8	10	13	15	20.8	1.000
1323+150	Der.	0.60m	0	5	6	11	12	16	21.0	1.000
1323+250	Der.	0.60m	0	5	7	10	14	17	21.2	1.000
1323+350	Der.	0.60m	0	5	8	11	13	16	21.5	0.999
1323+450	Der.	0.60m	0	4	6	10	12	16	21.7	0.999
1323+550	Der.	0.60m	0	6	7	11	14	15	22.0	0.999
1323+650	Der.	0.60m	0	5	7	11	12	16	22.2	0.999
1323+750	Der.	0.60m	0	5	8	9	13	17	22.5	0.999
1323+850	Der.	0.60m	0	4	7	10	14	16	22.7	0.999
1323+950	Der.	0.60m	0	5	6	11	12	15	23.0	0.999



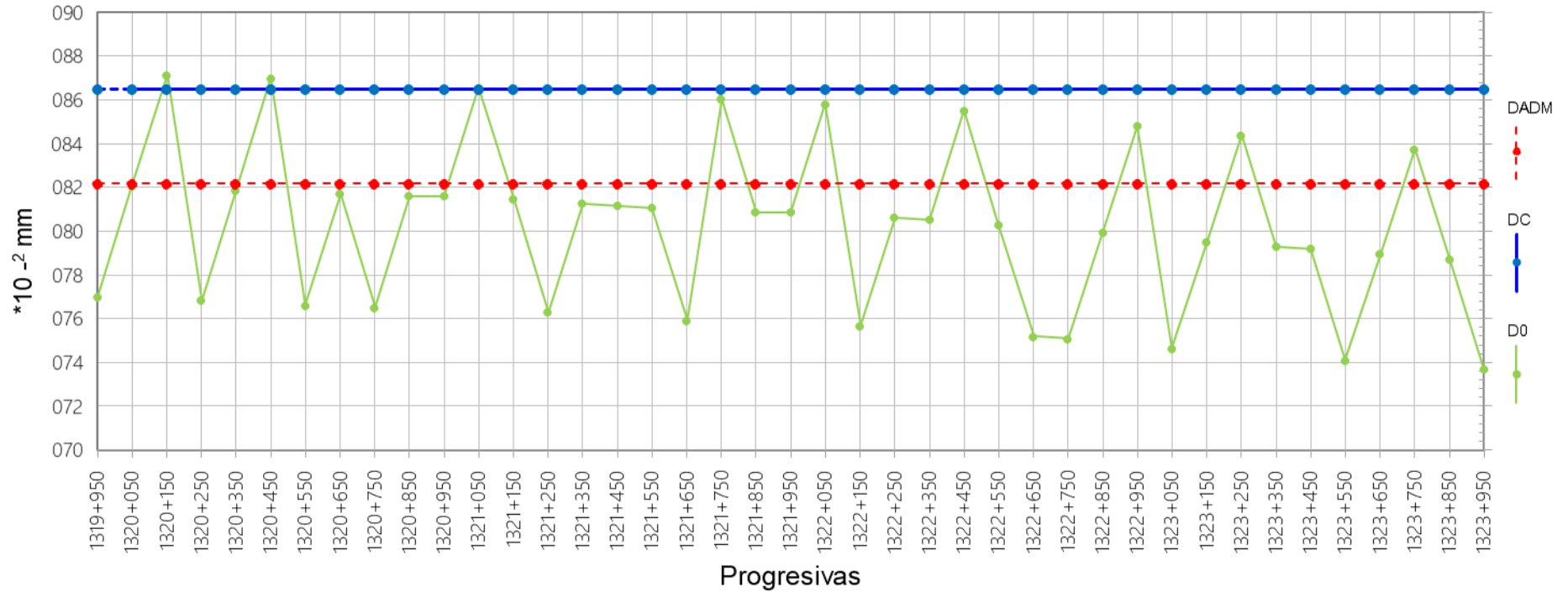
Tabla 5

Deflexiones y radios de curvaturas en el carril derecho

Km.	Carril	Deflexiones MM/100		Radio (m)
		D0	D25	Rc
1319+950	Der.	77	62	203
1320+050	Der.	82	62	152
1320+150	Der.	87	72	203
1320+250	Der.	77	56	153
1320+350	Der.	82	56	122
1320+450	Der.	87	67	153
1320+550	Der.	77	51	122
1320+650	Der.	82	61	153
1320+750	Der.	77	61	204
1320+850	Der.	82	61	153
1320+950	Der.	82	56	123
1321+050	Der.	87	71	205
1321+150	Der.	81	61	153
1321+250	Der.	76	51	123
1321+350	Der.	81	66	205
1321+450	Der.	81	61	154
1321+550	Der.	81	56	123
1321+650	Der.	76	51	124
1321+750	Der.	86	66	154
1321+850	Der.	81	51	103
1321+950	Der.	81	61	155
1322+050	Der.	86	61	124
1322+150	Der.	76	55	155
1322+250	Der.	81	50	103
1322+350	Der.	81	60	155
1322+450	Der.	86	60	124
1322+550	Der.	80	65	208
1322+650	Der.	75	55	156
1322+750	Der.	75	50	125
1322+850	Der.	80	55	125
1322+950	Der.	85	65	157
1323+050	Der.	75	55	157
1323+150	Der.	80	55	126
1323+250	Der.	84	60	126
1323+350	Der.	79	55	126
1323+450	Der.	79	59	158
1323+550	Der.	74	44	105
1323+650	Der.	79	54	127
1323+750	Der.	84	59	127
1323+850	Der.	79	59	159
1323+950	Der.	74	49	127

Figura 11

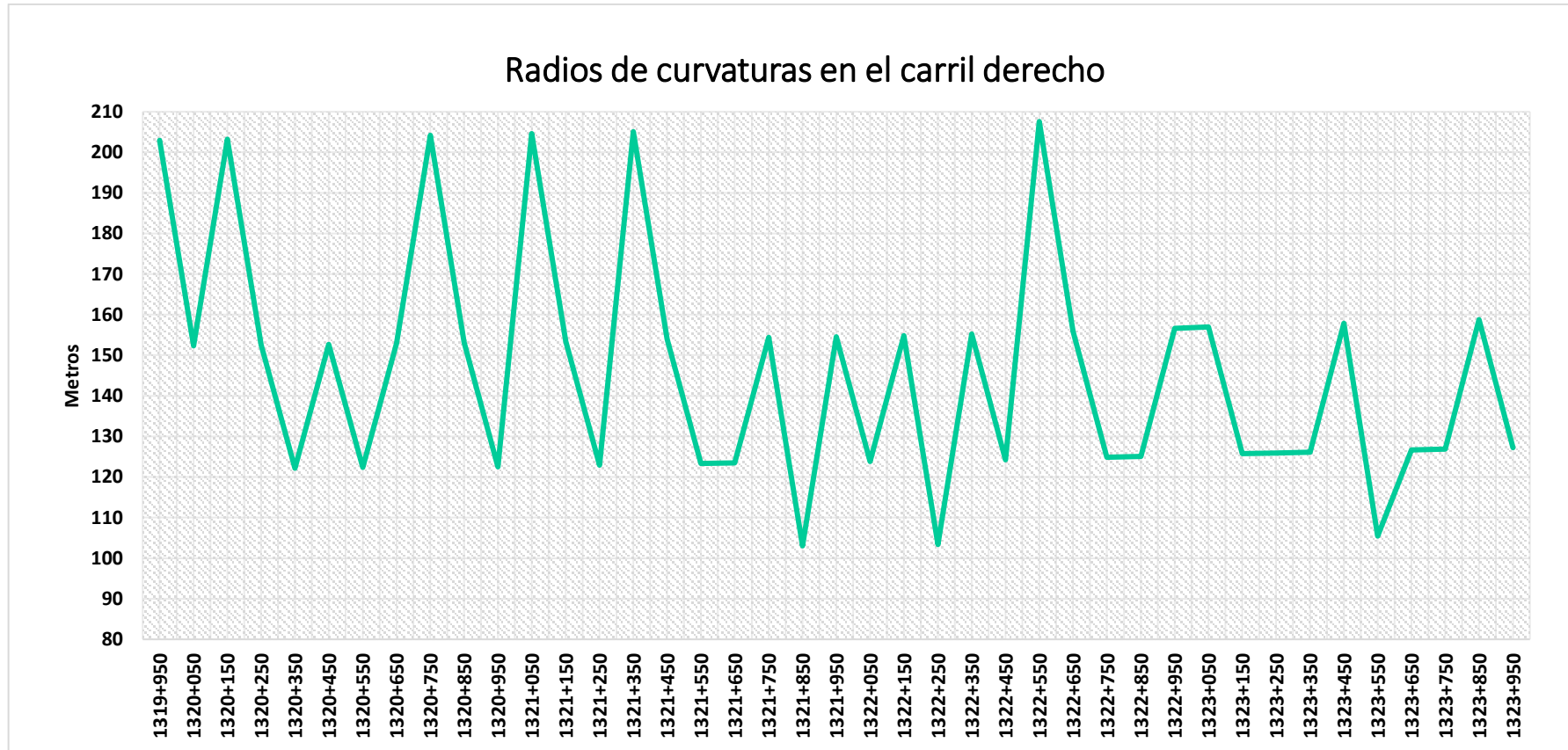
Deflexiones en el tramo 1319+950 a 1323+950 (derecho)



Se presentan las deflexiones registradas en el carril derecho de la vía. Se observa un comportamiento fluctuante de las deflexiones, con valores que varían entre $74 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$ y $87 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$ a lo largo del tramo analizado. La línea roja discontinuada, que representa la deflexión admisible (Dadm), muestra el límite máximo permitido para las deflexiones del pavimento.

Figura 12

Radios en el tramo 1319+950 a 1323+950 (derecho)



Se presentan los radios de curvatura a lo largo del tramo, donde se observan variaciones significativas entre 105 m y 208 m, indicando cambios en la geometría de la vía



Tabla 6

Lecturas y datos de campo en el carril izquierdo

Km	Carril	Dist. De borde	Lectura-dial(mm/100)					Temperatura		
			0cm	25cm	50cm	75cm	100cm	L _f	Capa	Correc
1319+950	Izqu.	0.60m	0	3	6	9	12	15	14.5	1.002
1320+050	Izqu.	0.60m	0	4	7	10	13	16	14.6	1.002
1320+150	Izqu.	0.60m	0	3	6	11	14	15	14.7	1.002
1320+250	Izqu.	0.60m	0	4	7	11	14	15	14.9	1.002
1320+350	Izqu.	0.60m	0	4	6	10	13	16	15.0	1.002
1320+450	Izqu.	0.60m	0	3	7	11	14	16	15.2	1.002
1320+550	Izqu.	0.60m	0	3	6	10	13	15	15.2	1.002
1320+650	Izqu.	0.60m	0	4	8	9	12	16	15.4	1.002
1320+750	Izqu.	0.60m	0	4	7	10	13	17	15.5	1.002
1320+850	Izqu.	0.60m	0	4	6	9	14	16	15.6	1.002
1320+950	Izqu.	0.60m	0	3	7	11	13	15	15.8	1.002
1321+050	Izqu.	0.60m	0	4	8	9	14	16	16.0	1.002
1321+150	Izqu.	0.60m	0	3	6	10	12	16	16.2	1.002
1321+250	Izqu.	0.60m	0	5	7	11	14	15	16.2	1.002
1321+350	Izqu.	0.60m	0	4	6	10	13	16	16.4	1.001
1321+450	Izqu.	0.60m	0	3	7	9	13	15	16.4	1.001
1321+550	Izqu.	0.60m	0	4	6	11	14	16	16.6	1.001
1321+650	Izqu.	0.60m	0	5	8	10	12	16	16.8	1.001
1321+750	Izqu.	0.60m	0	3	7	11	13	15	17.0	1.001
1321+850	Izqu.	0.60m	0	4	6	10	14	16	17.0	1.001
1321+950	Izqu.	0.60m	0	4	7	9	13	15	17.2	1.001
1322+050	Izqu.	0.60m	0	5	8	10	14	16	17.2	1.001
1322+150	Izqu.	0.60m	0	5	6	9	12	16	17.4	1.001
1322+250	Izqu.	0.60m	0	4	7	11	13	16	17.6	1.001
1322+350	Izqu.	0.60m	0	3	8	10	14	16	17.8	1.001
1322+450	Izqu.	0.60m	0	5	6	10	12	16	19.0	1.000
1322+550	Izqu.	0.60m	0	4	7	11	13	15	19.0	1.000
1322+650	Izqu.	0.60m	0	5	8	11	14	15	19.2	1.000
1322+750	Izqu.	0.60m	0	5	6	9	13	16	19.4	1.000
1322+850	Izqu.	0.60m	0	4	7	10	12	15	19.6	1.000
1322+950	Izqu.	0.60m	0	5	7	9	13	17	19.8	1.000
1323+050	Izqu.	0.60m	0	5	6	10	14	15	19.9	1.000
1323+150	Izqu.	0.60m	0	4	7	10	13	16	19.9	1.000
1323+250	Izqu.	0.60m	0	4	6	11	13	15	20.1	1.000
1323+350	Izqu.	0.60m	0	5	7	9	12	16	20.2	1.000
1323+450	Izqu.	0.60m	0	4	8	11	13	15	20.4	1.000
1323+550	Izqu.	0.60m	0	4	6	11	14	16	20.5	1.000
1323+650	Izqu.	0.60m	0	5	7	9	13	16	20.5	1.000
1323+750	Izqu.	0.60m	0	4	8	10	14	17	20.8	1.000
1323+850	Izqu.	0.60m	0	5	6	11	13	15	21.0	1.000
1323+950	Izqu.	0.60m	0	5	7	9	13	15	21.2	1.000



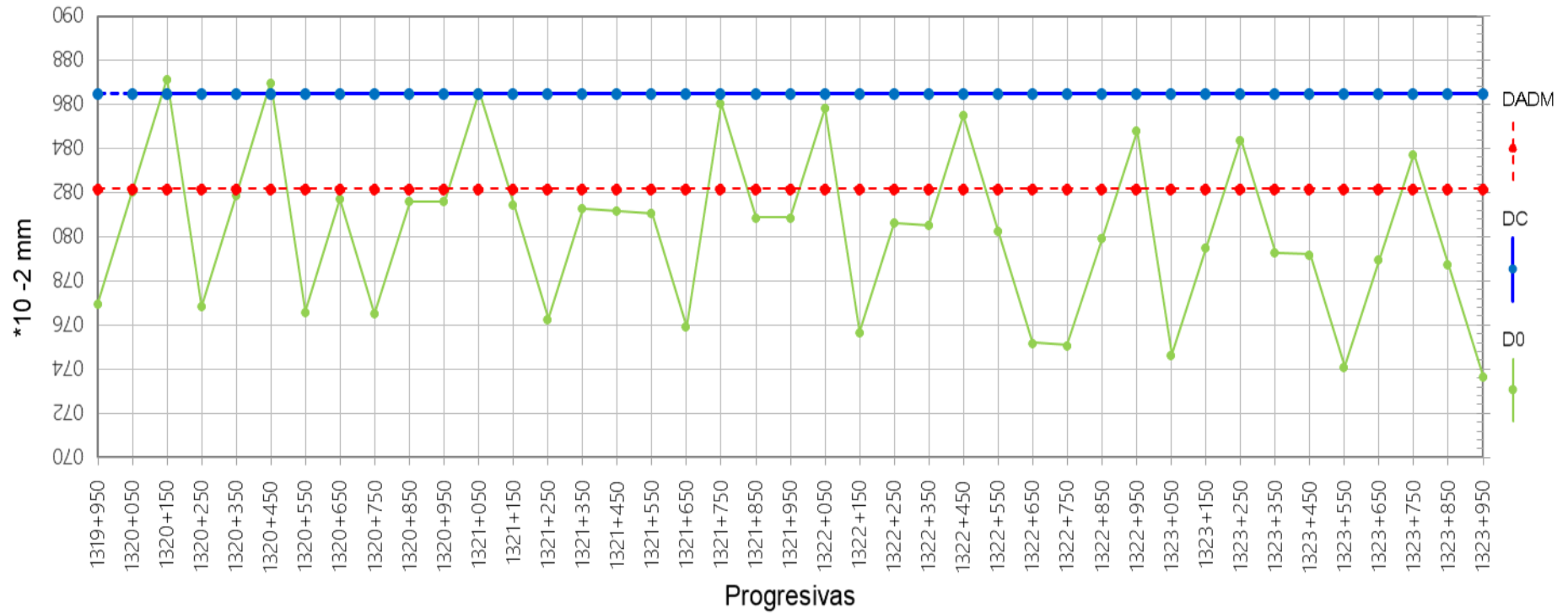
Tabla 7

Deflexiones y radios de curvaturas en el carril izquierdo

Km	Carril	Deflexiones MM/100		Radio(m)
		D0	D25	Rc
1319+950	Izqu.	78	62	201
1320+050	Izqu.	83	62	151
1320+150	Izqu.	77	62	202
1320+250	Izqu.	77	57	151
1320+350	Izqu.	82	62	152
1320+450	Izqu.	82	67	202
1320+550	Izqu.	77	62	202
1320+650	Izqu.	82	62	152
1320+750	Izqu.	87	67	152
1320+850	Izqu.	82	62	152
1320+950	Izqu.	77	62	203
1321+050	Izqu.	82	61	153
1321+150	Izqu.	82	67	204
1321+250	Izqu.	77	51	122
1321+350	Izqu.	82	61	153
1321+450	Izqu.	77	61	204
1321+550	Izqu.	82	61	153
1321+650	Izqu.	82	56	123
1321+750	Izqu.	76	61	205
1321+850	Izqu.	81	61	153
1321+950	Izqu.	76	56	154
1322+050	Izqu.	81	56	123
1322+150	Izqu.	81	56	123
1322+250	Izqu.	81	61	154
1322+350	Izqu.	81	66	206
1322+450	Izqu.	80	55	124
1322+550	Izqu.	75	55	155
1322+650	Izqu.	75	50	124
1322+750	Izqu.	80	55	125
1322+850	Izqu.	75	55	156
1322+950	Izqu.	85	60	125
1323+050	Izqu.	75	50	125
1323+150	Izqu.	80	60	156
1323+250	Izqu.	75	55	156
1323+350	Izqu.	80	55	125
1323+450	Izqu.	75	55	157
1323+550	Izqu.	80	60	157
1323+650	Izqu.	80	55	125
1323+750	Izqu.	85	65	157
1323+850	Izqu.	75	50	126
1323+950	Izqu.	74	50	126

Figura 13

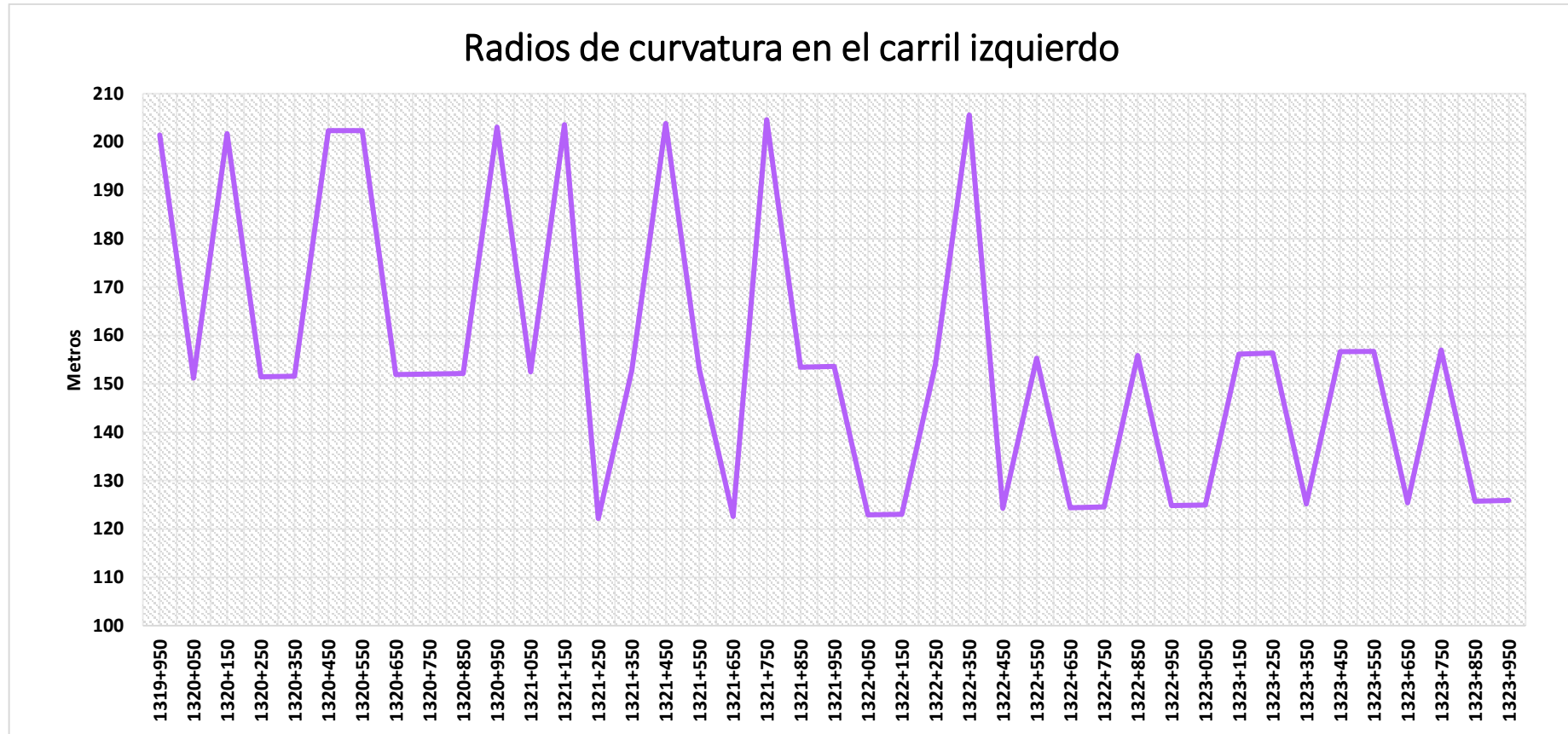
Deflexiones en el tramo 1319+950 a 1323+950 (izquierdo)



Se muestran las deflexiones del carril izquierdo, destacándose algunas que superan la deflexión admisible (Dadm), con valores que varían entre $74 \cdot 10^{-2}$ mm y $87 \cdot 10^{-2}$ mm.

Figura 14

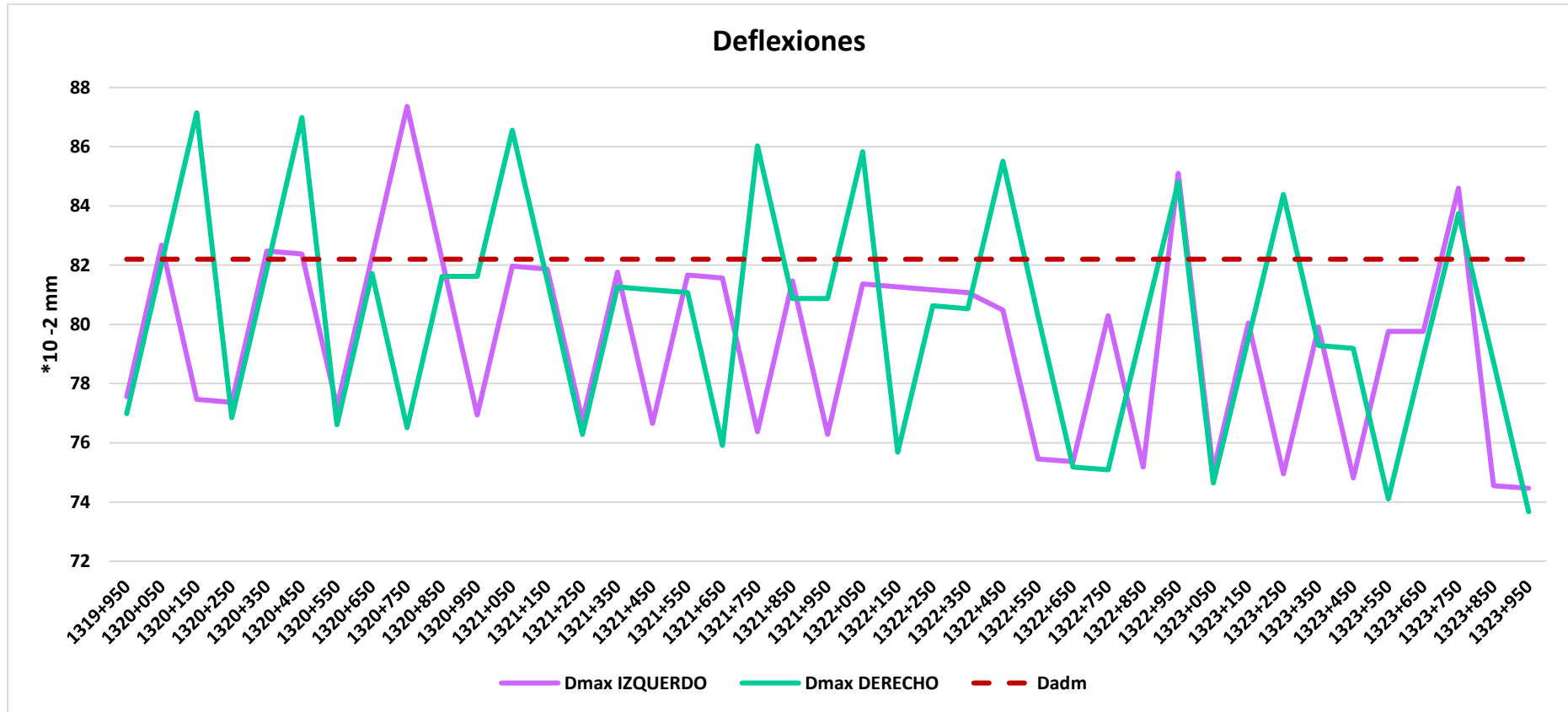
Radios en el tramo 1319+950 a 1323+950 (izquierdo)



Se muestran los radios de curvatura en el carril izquierdo, con valores que oscilan entre 123 m y 206 m, evidenciando una variabilidad en la geometría del tramo.

Figura 15

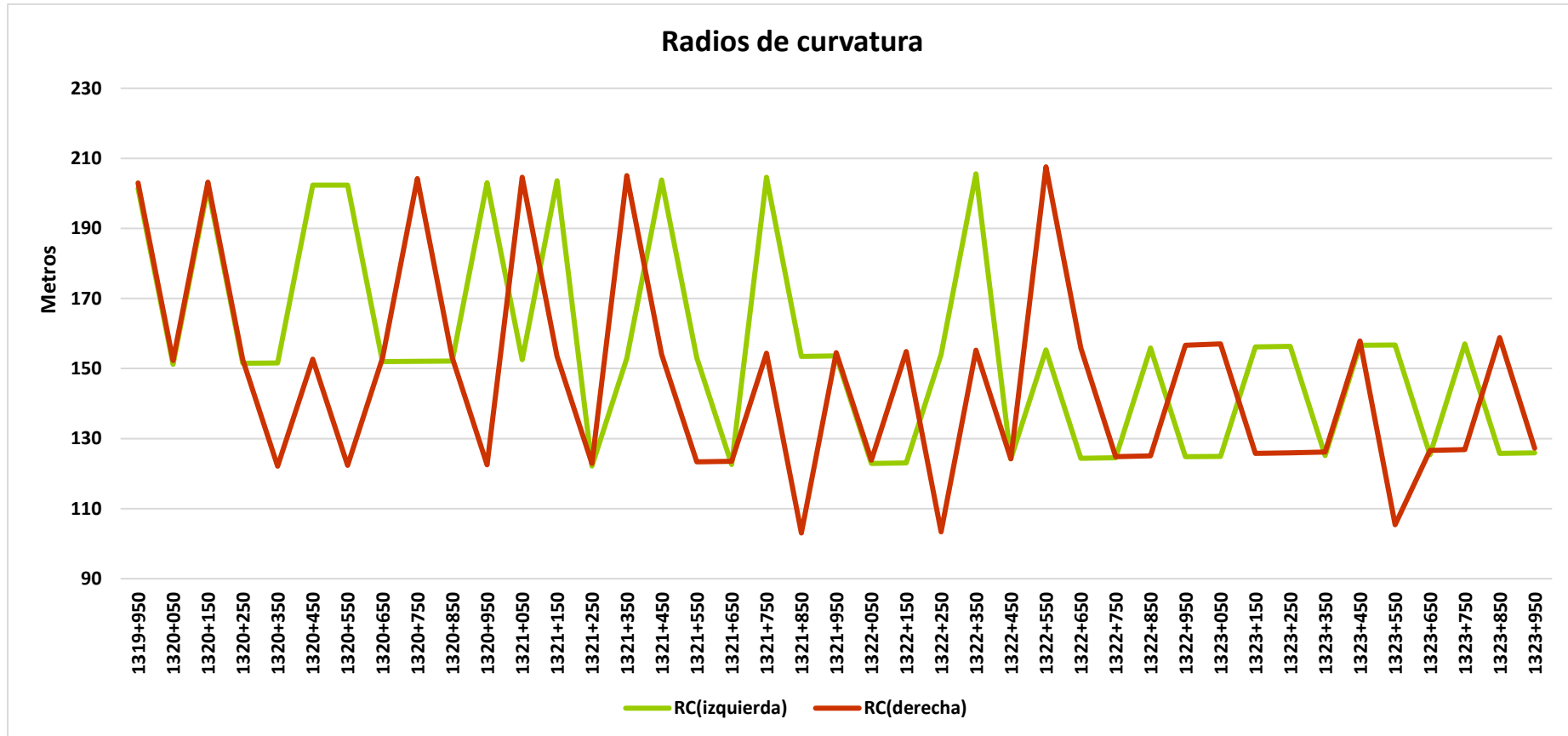
Comparativa de las deflexiones máximas



Se comparan las deflexiones máximas del carril izquierdo (Dmax IZQUIERDO) y del carril derecho (Dmax DERECHO) a lo largo del tramo. Se observa que ambas superan la deflexión admisible (Dadm) en varios puntos del tramo, indicando áreas con posibles problemas estructurales

Figura 16

Comparativa de los radios de curvatura



Se comparan los radios de curvatura del carril izquierdo (RC izquierdo) y del carril derecho (RC derecho) a lo largo del tramo, observándose variaciones significativas entre ambos.

Tabla 8

Comportamiento del pavimento de la vía Juliaca - Caracoto

Resultados sobre la vía Juliaca - Caracoto		
Características	Carril derecho	Carril izquierdo
DCaract(*10 ⁻² mm)	86.5	84.8
Dadm(*10 ⁻² mm)	82.2	82.2
RC promedio (m)	147	155
Cumplimiento de DCaract>Dadm	NO	NO
RC>100	SI	SI

Se comparan a continuación los principales indicadores de comportamiento estructural del pavimento en el carril derecho e izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto. En primer lugar, se registraron las deflexiones características (DC), con valores de 86,5 *10⁻² mm en el carril derecho y 84,8 *10⁻² mm en el izquierdo. Frente a estas, la deflexión promedio admisible (Dadm) medida bajo carga real fue de 82,2 *10⁻² mm en ambos carriles; este parámetro permite cuantificar qué tan próximo está el pavimento en servicio al límite máximo previsto en el diseño estructural.

Por otro lado, el radio de curvatura promedio (RC), expresada en metros, alcanzó 147m en el carril derecho y 155m en el izquierdo. Para evaluar el cumplimiento de la norma se aplicaron dos criterios: primero, que la deflexión admisible sea inferior a la característica (DC > Dadm). En ambos carriles no se cumple el primer criterio (DC > Dadm: NO); sin embargo, sí se cumple el segundo (RC > 100m: Sí), lo cual evidencia que el pavimento conserva la rigidez y capacidad portante requeridas para soportar las cargas previstas.

4.1.2 Análisis del grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca

– Caracoto 2025, utilizando el (IRI)

❖ Carril derecho (IRI)

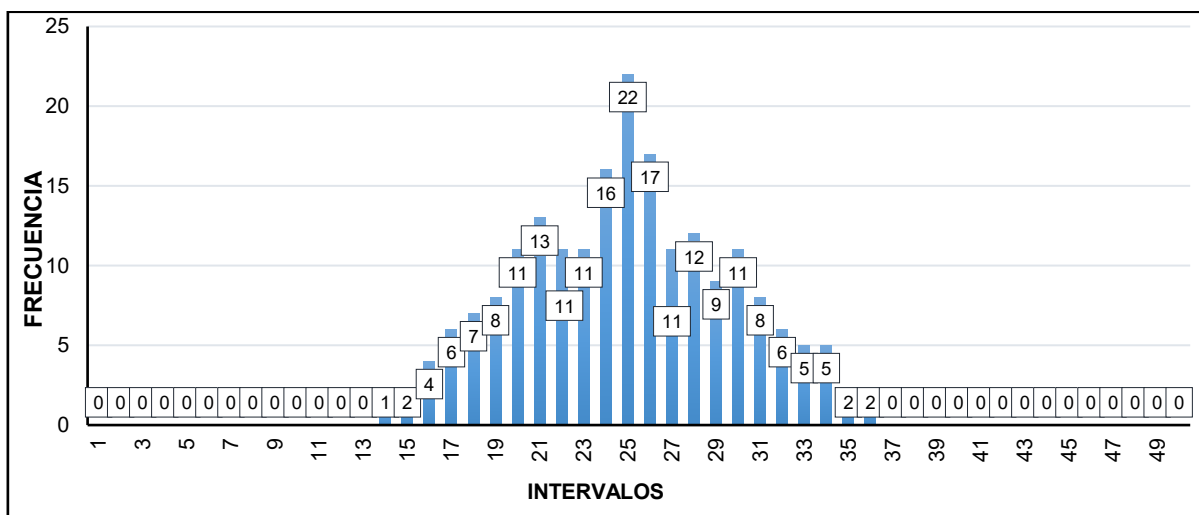
Tabla 9

Lecturas realizadas con el equipo (1319+950 a 1320+150)

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

Figura 17

Intervalos y frecuencias (1319+950 a 1320+150)



Se muestra el histograma de frecuencias de las deflexiones medidas en el carril derecho de la vía Juliaca–Caracoto (1319+950 a 1320+150 km), organizadas en intervalos de 1. Se aprecia una distribución aproximadamente normal, con la mayor concentración de lecturas

entre 22 y 26, donde el intervalo de 25 alcanza su frecuencia máxima (22 valores). Este patrón indica una variabilidad moderada y una respuesta estructural homogénea a lo largo del tramo estudiado.

Tabla 10*IRI(1319+950 a 1320+150)*

IRI en el tramo (1319+950 a 1320+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	81.50
IRI(m/km)	3.95

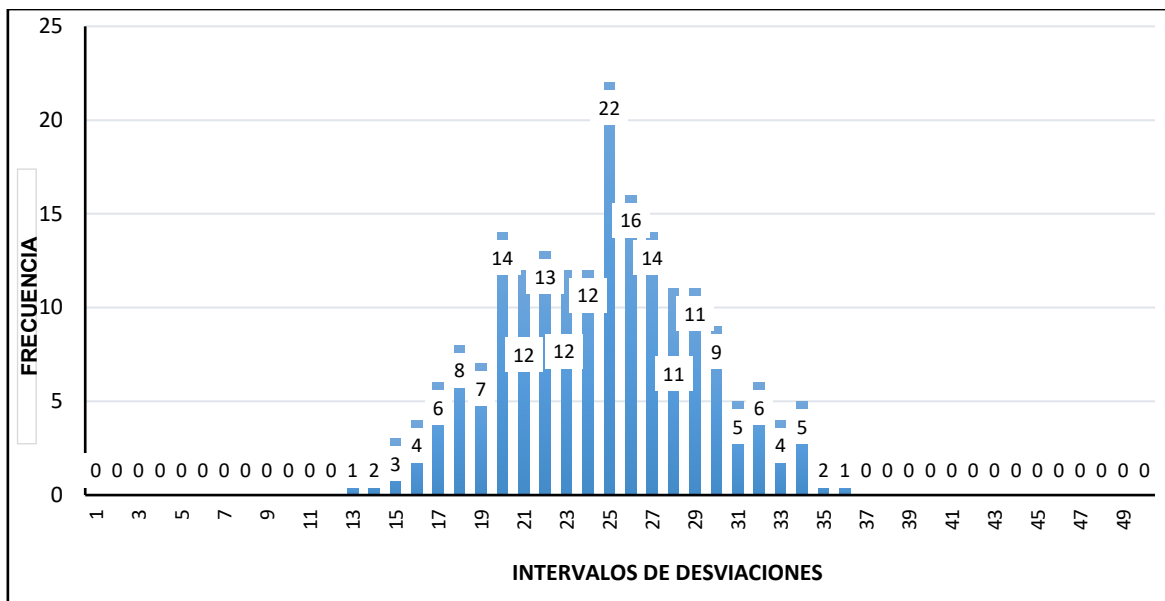
Se resume el (IRI) para el tramo 1319+950 a 1320+150 km de la vía Juliaca–Caracoto, mostrando que, tras aplicar un factor de corrección de 1,0 (sin ajuste), lo que se traduce en un IRI de 3,95 m/km; este valor indica un nivel de rugosidad moderado (regular), lo que indica una rugosidad moderada que probablemente afecta ligeramente la comodidad de los usuarios, pero no compromete gravemente la transitabilidad.

Tabla 11*Lecturas realizadas con el equipo (132+950 a 1321+150)*

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

Figura 18

Intervalos y frecuencias (1320+950 a 1321+150)



Se presenta el histograma de frecuencias medidas en el carril derecho de la vía Juliaca–Caracoto, para el tramo comprendido entre el kilómetro 1320+950 a 1321+150. Se observa una distribución simétrica, donde el intervalo con mayor frecuencia se sitúa alrededor de los 25, con un pico de 22 lecturas, indicando que la mayoría de las deflexiones se concentran en un rango estrecho cercano a ese valor. La frecuencia disminuye progresivamente hacia los extremos.

Tabla 12

IRI(1320+950 a 1321+150)

IRI en el tramo (1320+950 a 1321+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	83.00
IRI(m/km)	4.03

Se muestra los resultados del (IRI) para el tramo comprendido entre 1320+950 a 1321+150 km en el carril derecho de la vía Juliaca–Caracoto. Con un factor de corrección de 1.00, lo que se traduce en un IRI de 4.03 m/km. Según los parámetros establecidos, este valor indica una condición de transitabilidad “Malo”.

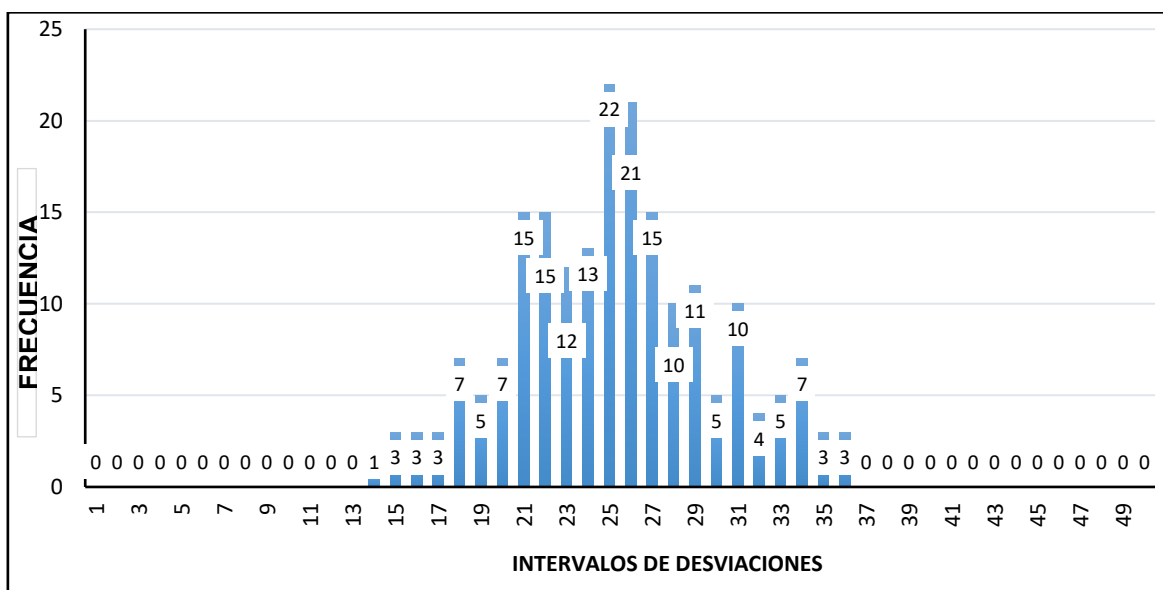
Tabla 13

Lecturas realizadas con el equipo (1321+950 a 1322+150)

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

Figura 19

Intervalos y frecuencias (1321+950 a 1322+150)



Se presenta el histograma de frecuencias medidas en el carril derecho de la vía Juliaca–Caracoto, para el tramo comprendido entre los kilómetros 1321+950 a 1322+150. La distribución es aproximadamente simétrica con el pico máximo ubicado en el intervalo de 25, donde se registraron 22 lecturas. La mayoría de las deflexiones se concentran en un

rango estrecho alrededor de este valor central, con una disminución progresiva de frecuencias hacia los extremos, lo que indica una variabilidad moderada.

Tabla 14

IRI(1321+950 a 1322+150)

IRI en el tramo (1321+950 a 1322+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	82.14
IRI(m/km)	3.98

Se presenta los resultados del (IRI) para el tramo de la vía Juliaca–Caracoto comprendido entre los kilómetros 1321+950 a 1322+150. Con un factor de corrección de 1.00, lo que se traduce en un IRI de 3.98 m/km. Este valor indica que la superficie del pavimento mantiene una condición de transitabilidad clasificada como “Regular”, reflejando una rugosidad moderada que puede afectar levemente la comodidad de los usuarios.

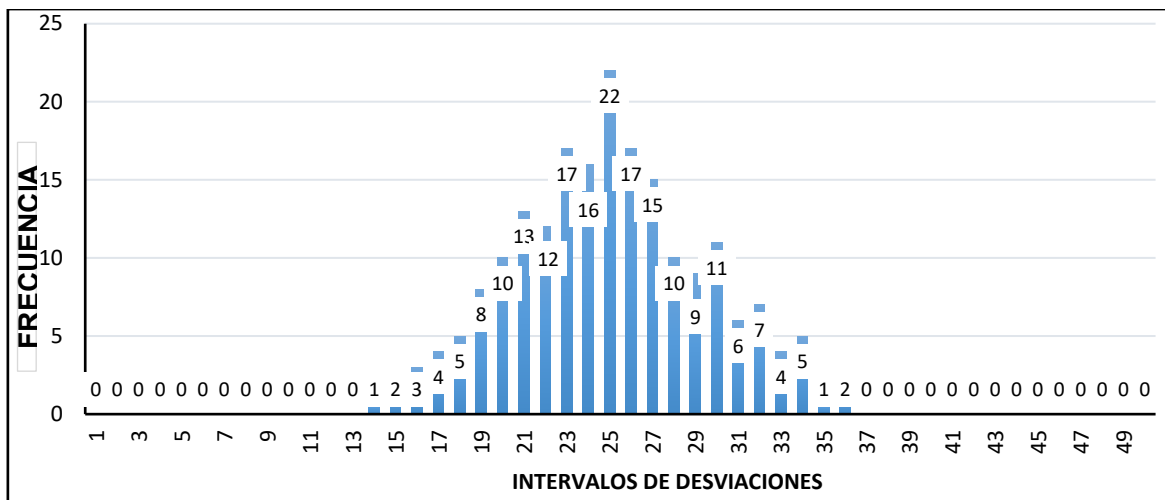
Tabla 15

Lecturas realizadas con el equipo (1322+950 a 1323+150)

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

Figura 20

Intervalos y frecuencias (1322+950 a 1323+150)



Se muestra el histograma de frecuencias medidas en el carril derecho de la vía Juliaca–Caracoto, en el tramo comprendido entre los kilómetros 1322+950 a 1323+150. El intervalo más frecuente se sitúa en torno a los 25, con un máximo de 22 lecturas, indicando que la mayoría de las lecturas se concentran en un rango estrecho alrededor de este valor. La frecuencia disminuye gradualmente hacia ambos extremos.

Tabla 16

IRI(1322+950 a 1323+150)

IRI en el tramo (1322+950 a 1323+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	78.00
IRI(m/km)	3.78

Se presenta los resultados del (IRI) para el tramo entre los kilómetros 1322+950 a 1323+150 de la vía Juliaca–Caracoto. Con un factor de corrección de 1.00, resultando en un IRI de 3.78 m/km. Este valor indica que la condición del pavimento en este tramo es “Regular”, mostrando una rugosidad moderada que puede afectar levemente la comodidad de los usuarios pero que aún es aceptable para la transitabilidad vehicular.

❖ Carril Izquierdo (IRI)

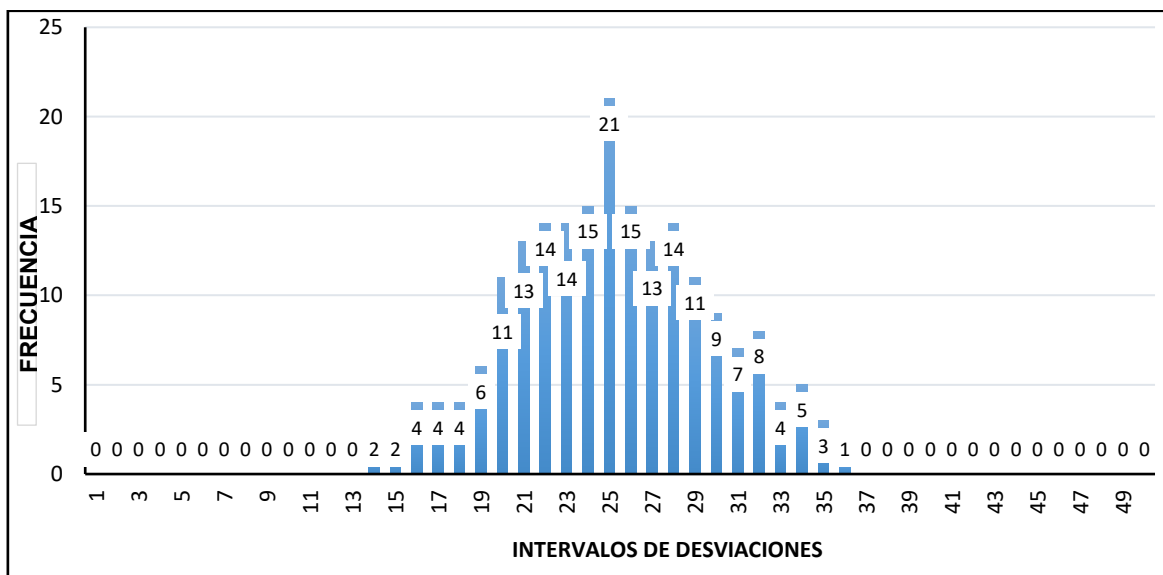
Tabla 17

Lecturas realizadas con el equipo (1319+950 a 1320+150)

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

Figura 21

Intervalos y frecuencias (1319+950 a 1320+150)



Se muestra el histograma de frecuencias de las deflexiones medidas en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto, para el tramo comprendido entre 1319+950 a 1320+150 km. La distribución tiene forma de campana simétrica, con un pico máximo en el intervalo de 25, que registra 21 lecturas, lo que indica que la mayoría de las lecturas se concentran

alrededor de este valor. Las frecuencias disminuyen progresivamente hacia los extremos, reflejando una variabilidad moderada.

Tabla 18*IRI(1319+950 a 1320+150)*

IRI en el tramo (1319+950 a 1320+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	81.50
IRI(m/km)	3.95

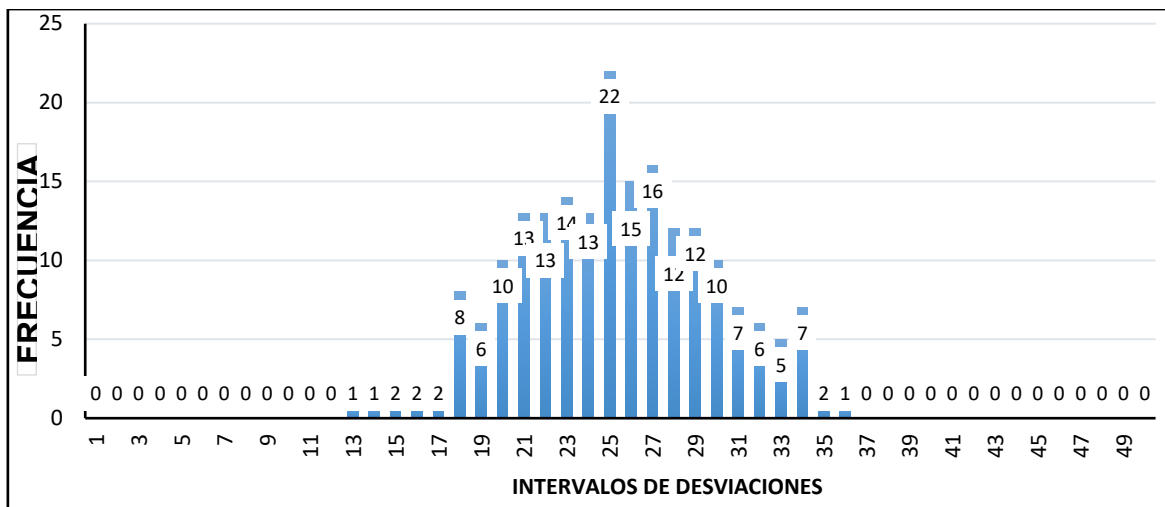
Se presenta el (IRI) para el tramo comprendido entre 1319+950 a 1320+150 km en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto. Con un factor de corrección de 1.00, lo que resultó en un IRI de 3.95 m/km. Este valor indica una condición de transitabilidad clasificada como “Regular”, reflejando una rugosidad moderada que puede afectar ligeramente la comodidad de los usuarios, pero que se mantiene dentro de parámetros aceptables para la circulación vehicular en el tramo evaluado.

Tabla 19*Lecturas realizadas con el equipo (1320+950 a 1321+150)*

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

Figura 22

Intervalos y frecuencias (1320+950 a 1321+150)



Se muestra el histograma de frecuencias de las deflexiones medidas en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto, en el tramo comprendido entre los kilómetros 1320+950 a 1321+150. El intervalo con mayor frecuencia se encuentra alrededor de los 25, alcanzando un pico máximo de 22 lecturas. La frecuencia disminuye gradualmente hacia ambos extremos, reflejando una variabilidad moderada y una respuesta homogénea del pavimento en este tramo.

Tabla 20

IRI(1320+950 a 1321+150)

IRI en el tramo (1320+950 a 1321+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	78.75
IRI(m/km)	3.82

Se presenta los resultados del (IRI) para el tramo entre los kilómetros 1320+950 a 1321+150 en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto. Con un factor de corrección de 1.00, lo que se traduce en un IRI de 3.82 m/km. Este valor indica que la condición del pavimento es “Regular”, reflejando una rugosidad moderada que puede influir levemente en la comodidad de los usuarios pero que se mantiene dentro de parámetros aceptables para la circulación vehicular.

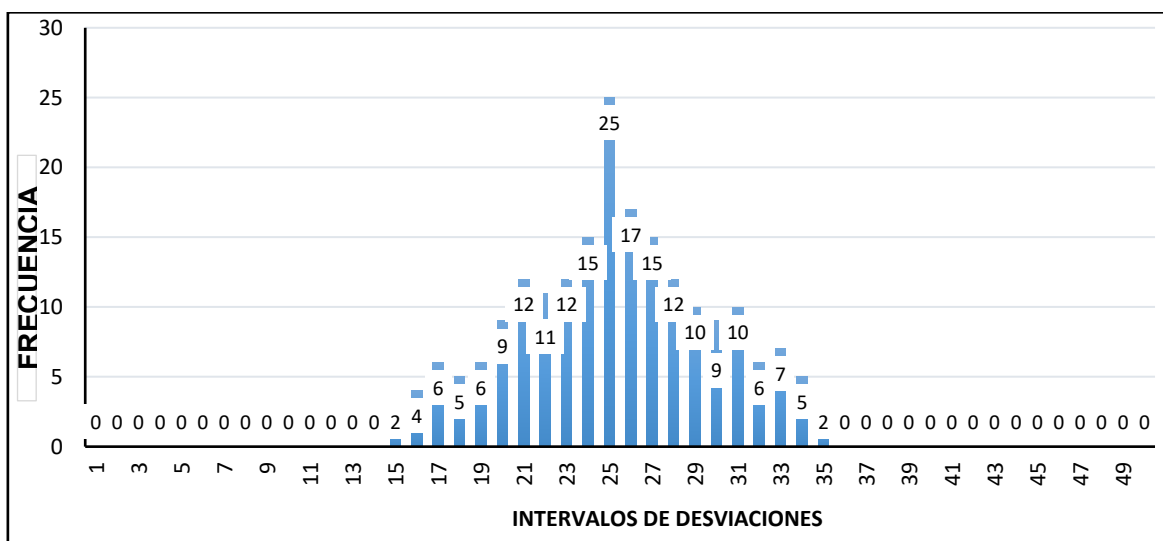
Tabla 21

Lecturas realizadas con el equipo (1321+950 a 1322+150)

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

Figura 23

Intervalos y frecuencias (1321+950 a 1322+150)



Se presenta el histograma de frecuencias medidas en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto, para el tramo comprendido entre los kilómetros 1321+950 a 1322+150. La distribución es aproximadamente simétrica y con forma de campana, con el pico más alto en el intervalo de 25, que registra 25 lecturas. La frecuencia disminuye gradualmente hacia

ambos extremos, reflejando una variabilidad moderada y una respuesta homogénea del pavimento en este tramo.

Tabla 22*IRI(1321+950 a 1322+150)*

IRI en el tramo (1321+950 a 1322+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	79.52
IRI(m/km)	3.86

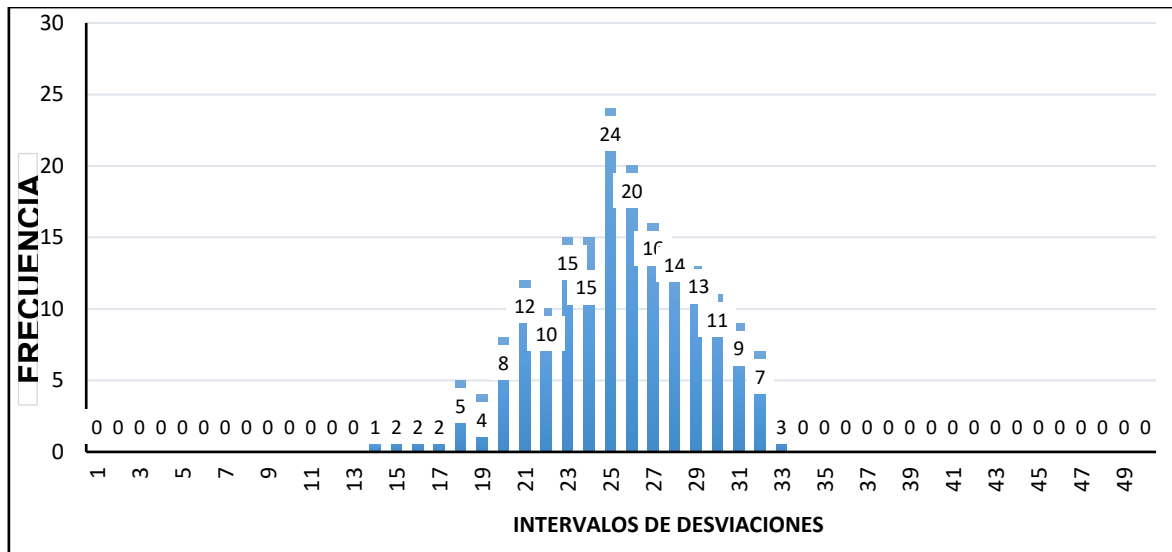
Se presenta el (IRI) para el tramo comprendido entre los kilómetros 1321+950 a 1322+150 en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto. Con un factor de corrección de 1.00, resultando en un IRI de 3.86 m/km. Este valor indica una condición de rugosidad moderada, clasificada como “Regular”, que puede afectar ligeramente la comodidad de los usuarios, aunque el pavimento sigue siendo aceptable para la transitabilidad vehicular en el tramo evaluado.

Tabla 23*Lecturas realizadas con el equipo (1322+950 a 1323+150)*

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

Figura 24

Intervalos y frecuencias (1322+950 a 1323+150)



Se muestra el histograma de frecuencias medidas en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto, para el tramo entre los kilómetros 1322+950 a 1323+150. Se observa una distribución con forma de campana, aproximadamente simétrica, con un pico máximo en el intervalo de 25, que alcanzó 24 lecturas. La frecuencia disminuye hacia ambos extremos, indicando una variabilidad moderada y una respuesta homogénea del pavimento a lo largo de este tramo.

Tabla 24

IRI(1322+950 a 1323+150)

IRI en el tramo (1322+950 a 1323+150)	
Factor de correctivo	1.00
D(mm)	78.43
IRI(m/km)	3.80

Se muestra el (IRI) para el tramo entre los kilómetros 1322+950 a 1323+150 en el carril izquierdo de la vía Juliaca–Caracoto. Con un factor de corrección de 1.00, se registró un IRI de 3.80 m/km. Este valor indica que el pavimento presenta una rugosidad moderada, clasificada como “Regular”, lo que sugiere que el estado del pavimento es aceptable para la circulación vehicular, aunque puede afectar levemente la comodidad de los usuarios.

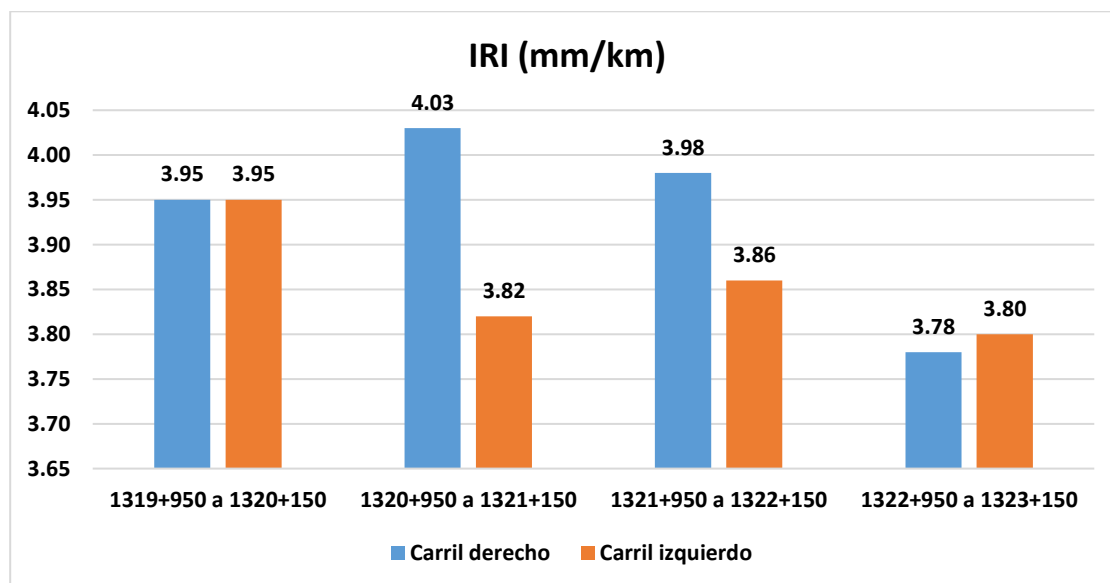
Tabla 25

IRI

Tramo	IRI (m/km)	
	Carril derecho	Carril izquierdo
1319+950 a 1320+150	3.95	3.95
1320+950 a 1321+150	4.03	3.82
1321+950 a 1322+150	3.98	3.86
1322+950 a 1323+150	3.78	3.80
Promedio	3.94	3.86
Condición	Regular	Regular

Figura 25

IRI



Se presenta los valores del Índice de (IRI) para ambos carriles de la vía Juliaca–Caracoto en cuatro tramos evaluados: desde 1319+950 a 1320+150, 1320+950 a 1321+150, 1321+950 a 1322+150 y 1322+950 a 1323+150. En el carril derecho, los IRI oscilan entre 3.78 y 4.03 m/km, con un promedio general de 3.94 m/km. Por su parte, en el carril izquierdo, los valores varían entre 3.80 y 3.82 m/km, con un promedio de 3.86 m/km. Estos resultados indican una rugosidad moderada en ambos carriles, clasificándose generalmente en la categoría “Regular” según los parámetros de transitabilidad.

4.1.3 Propuesta de alternativas de intervención en función de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad de la vía Juliaca – Caracoto 2025

Tabla 26

Resultados finales

Resultados de las deflexiones		RESULTADOS	
		Resultados del IRI(Rugosímetro de merlin)	
Datos Deflectométricos Obtenidos	Capacidad Estructural	IRI	Estado de transitabilidad
Dc > Da Rc > 100	Regular	3-4	Regular

Se muestra los resultados finales de la evaluación estructural y de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca–Caracoto, basados en las mediciones de deflexiones y en el Índice de Regularidad Internacional (IRI) obtenido con el rugosímetro de Merlin. En cuanto a la capacidad estructural, los datos obtenidos con el deflectómetro de viga Benkelman indican que el pavimento presenta una capacidad regular, ya que la deflexión característica (DC) es mayor que la admisible (Da) y el radio de curvatura es superior a 100. Por otro lado, el análisis del IRI, que clasifica la superficie según niveles de rugosidad, arrojó valores entre 3 y 4, lo que corresponde a un estado “Regular” de transitabilidad.

Con la viga de Benkelman, el pavimento muestra una capacidad estructural entre regular y mala, mientras que con el rugosímetro de Merlin el estado de la superficie fue calificado como regular, evidenciando la necesidad de considerar intervenciones para mejorar la durabilidad y comodidad en la vía.

❖ Evaluación de la capacidad estructural

Los resultados obtenidos mediante la medición de deflexiones muestran que el valor de la deflexión en los tramos analizados supera los límites recomendados, específicamente con un **Dc > Da** en varias secciones de la vía, lo que indica que el pavimento no tiene la suficiente rigidez para soportar el tráfico vehicular pesado de manera adecuada. En

algunos tramos, el valor de **RC > 100** se ha registrado, lo cual también sugiere un deterioro significativo en la base estructural de la vía.

Alternativas de intervención:

- **Refuerzo de la estructura de pavimento:** Para los tramos donde las deflexiones son altas, se recomienda realizar un refuerzo estructural mediante el uso de una capa adicional de asfalto o la instalación de una base de mayor resistencia que permita reducir la deflexión y mejorar la capacidad de carga del pavimento.
- **Rehabilitación de la capa base:** En los tramos con un **RC > 100**, se propone la rehabilitación de la capa base del pavimento, utilizando materiales más resistentes o la aplicación de estabilizadores, para evitar un mayor daño estructural y garantizar la estabilidad de la vía.
- **Monitoreo y mantenimiento preventivo:** Se debe implementar un programa de monitoreo periódico de la deflexión, con mediciones continuas, para identificar las zonas que requieran atención urgente y asegurar la durabilidad del pavimento a largo plazo.

❖ **Medidas de intervención según capacidad estructural (Regular a Mala)**

- **Rehabilitación estructural con mezcla asfáltica en caliente (overlay):** Aplicar una carpeta asfáltica de espesor adecuado para aumentar la resistencia y disminuir las deflexiones.
- **Reciclaje en frío o en caliente:** Rehabilitar la capa existente mediante reciclado, mezclando el pavimento deteriorado con nuevos agregados y ligantes, mejorando la rigidez y uniformidad estructural.
- **Remoción y reposición parcial:** En zonas con daños severos, realizar la remoción de la capa deteriorada y reconstrucción con nuevas capas de base y carpeta asfáltica.
- **Refuerzo con geosintéticos:** Incorporar geotextiles o geomallas en la estructura para mejorar la distribución de cargas y retardar la aparición de grietas.

- Mejoras en la base y subbase: Si se detectan deficiencias en las capas inferiores, estabilizar o reforzar la base y subbase con materiales estabilizantes (cemento, cal o emulsiones).

❖ **Medidas de intervención según grado de transitabilidad (IRI Regular)**

- Tratamientos superficiales: Microaglomerados, sellado de fisuras o aplicaciones de slurry seal para mejorar la textura y reducir la rugosidad superficial.
- Fresado y recarpeteo: Retirar la capa superficial irregular y colocar una nueva carpeta asfáltica para mejorar el confort y la seguridad vial.
- Corrección puntual de deformaciones: Reparar baches, grietas y deformaciones localizadas antes de aplicar tratamientos superficiales.
- Mantenimiento preventivo programado: Inspección y corrección periódica para evitar el deterioro progresivo y mantener el pavimento en estado aceptable.

Tabla 27

Medidas de intervención

Aspecto Evaluado	Medida de Intervención	Descripción
Capacidad estructural	Rehabilitación con carpeta asfáltica (overlay)	Aplicar capa adicional para aumentar rigidez y reducir deflexiones
	Reciclaje en frío o caliente	Mezclar pavimento deteriorado con nuevos materiales para reforzar estructura
	Remoción y reposición parcial	Sustituir zonas muy deterioradas con nuevas capas
	Refuerzo con geosintéticos	Incorporar geomallas o geotextiles para mejorar distribución de cargas
Grado de transitabilidad (IRI)	Mejoras en base y subbase	Estabilizar capas inferiores con cemento, cal u otros materiales
	Tratamientos superficiales	Microaglomerados, sellado de fisuras o slurry seal para mejorar textura y reducir rugosidad
	Fresado y recarpeteo	Retirar capa irregular y colocar nueva carpeta asfáltica
	Reparación puntual	Corregir baches, grietas y deformaciones localizadas
	Mantenimiento preventivo	Inspecciones y correcciones periódicas para evitar deterioros progresivos

Se muestra la propuesta de medidas de intervención de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.2 Discusión de Resultados

Los antecedentes revisados presentan diversos estudios sobre la evaluación estructural y funcional de pavimentos flexibles en vías peruanas, utilizando técnicas similares a las empleadas en la vía Juliaca–Caracoto, como la deflectometría con viga Benkelman o deflectómetro de impacto y la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante rugosímetros como Merlin.

En el estudio de Flores & Upiachihua (2021) sobre la ruta EMP.PE-5N en San Martín, se identificaron daños superficiales significativos que afectan la transitabilidad, reflejados en valores de IRI entre 3.98 y 4.16 y un estado funcional clasificado como regular según el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI). Estos resultados coinciden con la problemática detectada en la vía Juliaca–Caracoto, donde la rugosidad también indica condiciones regulares y la capacidad estructural muestra deficiencias que limitan la durabilidad del pavimento. Además, las deficiencias en la mezcla asfáltica reportadas por Flores & Upiachihua alertan sobre la importancia de una adecuada dosificación y control de materiales para garantizar la resistencia y estabilidad del pavimento, un aspecto que podría ser relevante para la vía estudiada.

El trabajo de Chininin (2024) sobre el corredor vial PE-02B aporta evidencia sobre la gravedad de la insuficiencia estructural en tramos largos de carretera, donde el 75 % del área evaluada presentó condiciones estructurales deficientes. La recomendación de realizar una rehabilitación integral con base estabilizada y micropavimento resalta la necesidad de intervenciones profundas en pavimentos con capacidad estructural comprometida, lo que refuerza la importancia de un diagnóstico riguroso y una intervención adecuada en la vía Juliaca–Caracoto, donde también se evidencia una capacidad estructural entre regular y mala.

Por otro lado, los estudios locales de Mamani (2021) y De La Cruz et al. (2022) aportan perspectivas complementarias. Mamani reporta IRI superiores a 4.5, indicando rugosidad que no cumple con los límites del Manual de Carreteras, aunque desde el punto



de vista deflectométrico el pavimento mantiene una buena capacidad estructural. Esto sugiere que la rugosidad puede ser un indicador temprano de deterioro funcional, incluso antes de que la capacidad estructural se vea comprometida, un fenómeno que puede observarse también en la vía Juliaca–Caracoto. De La Cruz et al. presentan un escenario más favorable con IRI promedio de 2.15 y PSI de 3.41, que reflejan buen estado funcional y adecuada resistencia estructural, lo que sirve como referencia de una condición óptima frente a la cual comparar la vía estudiada.

En síntesis, los antecedentes evidencian que la evaluación combinada del IRI y las deflexiones estructurales es fundamental para un diagnóstico integral del pavimento. Los valores de IRI entre 3 y 4, junto con la capacidad estructural entre regular y mala reportados en la vía Juliaca–Caracoto, reflejan una situación de deterioro funcional y estructural que requiere atención para evitar un agravamiento del daño y costos mayores de reparación futura. Las experiencias revisadas confirman la eficacia de métodos no destructivos y la necesidad de intervenciones específicas, desde tratamientos superficiales para mejorar la transitabilidad hasta rehabilitaciones estructurales profundas cuando la capacidad está comprometida.

CONCLUSIONES

General, la evaluación de la capacidad estructural y transitabilidad del pavimento flexible en el tramo km 2+000 a 3+500 de la vía Juliaca–Caracoto, mediante la viga Benkelman y rugosímetro Merlin, indica una capacidad estructural entre regular y mala, ya que la deflexión característica ($86.5 \cdot 10^{-2}$ mm derecho y $84.8 \cdot 10^{-2}$ mm izquierdo) supera la deflexión admisible ($82.2 \cdot 10^{-2}$ mm), junto con un radio de curvatura superior a 100 m que señala rigidez limitada; asimismo, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) entre 3.78 y 4.03 m/km refleja un estado “Regular” de transitabilidad, con rugosidad moderada que afecta levemente la comodidad sin impedir la circulación, evidenciando la necesidad de rehabilitaciones para mejorar la estructura y el confort vial.

Primero, la capacidad estructural estimada del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, evaluada mediante la deflectometría con la viga Benkelman, mostró que la deflexión característica promedio es de $86.5 \cdot 10^{-2}$ mm en el carril derecho y $84.8 \cdot 10^{-2}$ mm en el izquierdo, superando la deflexión admisible de $82.2 \cdot 10^{-2}$ mm. Aunque el radio de curvatura promedio es favorable (147 m en derecho y 155 m en izquierdo), el incumplimiento del criterio $DC > D_{adm}$ indica que la estructura del pavimento está próxima a su límite funcional y requiere atención para evitar un mayor deterioro. Estos resultados sugieren que, desde el punto de vista estructural, el pavimento presenta un comportamiento “regular”.

Segundo, el análisis del grado de transitabilidad mediante la prueba del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) reveló valores promedio de 3.94 m/km en el carril derecho y 3.86 m/km en el izquierdo para los tramos evaluados. Estos valores ubican al pavimento dentro de una condición “Regular”, con una rugosidad moderada que puede ocasionar una ligera incomodidad a los usuarios pero que mantiene aceptable la transitabilidad.



Tercero, en función de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad evaluados, se propone una alternativa de intervención que combina rehabilitación estructural y tratamientos superficiales. Entre las medidas recomendadas destacan la aplicación de carpeta asfáltica en caliente (overlay) para mejorar la rigidez, y el reciclaje en frío o caliente para reforzar la estructura en zonas deterioradas. Adicionalmente, se sugiere la aplicación de tratamientos superficiales como microaglomerados o fresado y recarpeteo para mejorar la textura y disminuir la rugosidad, complementados con un plan de mantenimiento preventivo y mejora del sistema de drenaje. Estas acciones están orientadas a optimizar la durabilidad y confort de tránsito en la vía Juliaca – Caracoto, garantizando un desempeño funcional sostenible en el tiempo.



RECOMENDACIONES

Primero, se recomienda revisar las normativas nacionales e internacionales relacionadas con el diseño y evaluación de pavimentos flexibles. Esto te permitirá comparar los resultados obtenidos con estándares actualizados.

Segundo, se recomienda considera cómo las condiciones climáticas (como las lluvias intensas o las temperaturas extremas) afectan el comportamiento de la vía, ya que esto puede influir en la durabilidad y la capacidad estructural del pavimento.

Tercero, se recomienda incluir un análisis económico sobre los costos asociados a la rehabilitación o mantenimiento de pavimentos, lo que podría ser útil para la toma de decisiones a nivel de planificación vial.

Cuarto, se recomienda diseñar e implementar un plan de intervención basado en los resultados obtenidos, combinando rehabilitación estructural (como overlays, reciclajes o reposiciones parciales) con tratamientos superficiales (microaglomerados, sellado de fisuras, fresado y recarpeteo) para mejorar tanto la capacidad estructural como el confort de tránsito. Este plan debe incluir además un sistema de mantenimiento preventivo y control del drenaje para asegurar la durabilidad y funcionalidad sostenida del pavimento en el tiempo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alfonso, B. M., Eusebio, M. O., Carlos, & Flavio, M. O., Juan. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas*. Grupo Editorial Patria.
- Arteaga Pazmiño, H. A. (2025). *Evaluación de la estructura de la capa de rodadura de la vía La Merced en el tramo km 0+000 al km 4+200 del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/44078>
- Asitimbay Mullo, J. M. (2024). *Evaluación visual y estructural del pavimento de la vía que va desde la intersección con La Troncal de la sierra (E35) a la comunidad Galte Chine Pungo, en el tramo km 4+000 hasta km 8+000, de la parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40629>
- Baque Solis, B. S. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 203-228.
- Cajo Gomez, D. S. (2021). *Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la carretera comprendida entre los distritos de Ferreñafe y Mesones Muro, 2020*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3760>
- Callupe Navarro, B. C., & Gago Morales, J. L. (2023). *Evaluación del CBR y la deflexión del terreno natural usando redes neuronales en el mejoramiento de la carretera Oyónambo Tramo II, provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco*. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/1bc24766-7877-4ff4-82fa-e369e165bd4d>
- Cárdenas, J. (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>



- Chambilla Velásquez, E. D. (2021). *Evaluación de pavimento flexible mediante método del rugosímetro de Merlín y el aplicativo Iri-Calc Free en la avenida Simón Bolívar, Puno.*
- Chiliquinga Sánchez, J. C. (2024). *Diagnóstico visual y estructural del pavimento de la vía comprendida desde el barrio Dos Acequias hasta el ingreso del centro de la parroquia San José de Poaló, longitud de intervención 4+220km, perteneciente a la parroquia San José de Poaló, del cantón Santiago de Pillaro.*
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42540>
- Chininin Lozano, N. W. (2024). Evaluación de la condición estructural del corredor vial PE-02B (km 42+500—Km 63+480), aplicando la deflectometría. *Universidad Nacional de Jaén* | *Repositorio Institucional* - *UNJ.*
<http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/729>
- Chino Pacohuanaco, C. J., & Alvarado Castillo, E. R. (2024). Propuesta de mejora para la transitabilidad vehicular en la carretera Costanera Sur analizando valores IRI obtenidos mediante rugosímetro de Merlín y aplicativo Abakal IRI - Tacna 2024. *Repositorio Institucional* - *UPT.*
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3903>
- Cuayla Flores, K. G. (2021). Pavimentos low cost de base estabilizada con emulsión css-1h en las carreteras vecinales de Los Palos—La Yarada—Tacna—2020. *Universidad José Carlos Mariátegui.*
<https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1296>
- De La Cruz Vega, S. A., Ibañez Ccoapaza, C. E., Coaquira Cueva, D. Y., De La Cruz Vega, S. A., Ibañez Ccoapaza, C. E., & Coaquira Cueva, D. Y. (2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: Pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 94-102.
<https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.48563>



- Farfan Buendia, R. R. (2022). *Deflectómetro de impacto liviano y viga Benkelman para el análisis de deflexiones en pavimentos básicos con Slurry Seal, Carretera Pische—Pacaycasa 2022*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9153>
- Figueroa Malpartida, A. V. (2023). Análisis estructural mediante el ensayo de viga benkelman aplicada en la sub base granular de la carretera dv. Cerro de Pasco – dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000, Pasco-2023.
- Flores Cazorla, L. J. (2023). Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca—Caracoto, Puno 2021.
- Flores Sangama, M. M., & Upiachihua Ojanama, G. L. (2021). *Determinación del índice de rugosidad internacional (IRI) y las propiedades físicas y mecánicas del Km 00 + 000 hasta el Km 09 + 000 de capa asfáltica de la ruta EMP.PE-5N (DV. Lamas), provincia Lamas, departamento San Martín*.
<https://repositorio.unsm.edu.pe/item/f7d14a5b-3b48-4c0e-bbf7-7b6dc7109a80>
- Hermoza Sánchez, A. E. (2024). *Evaluación superficial, funcional y estructural del pavimento flexible, mediante PCI, IRI y deflectometría, en la vía Platería—Acora*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/23037>
- Laos Cuellar, C. A., & Méndez Castillo, C. V. (2023). *Evaluación por métodos no destructivos, de la estructura del pavimento en la carretera iquitos nauta km. 20+ 500 – km 22+500, distrito San Juan Bautista, provincia maynas, Perú, 2023*.
<http://hdl.handle.net/20.500.14503/2715>
- Libandro, R., & Rodrigo, R. (2021). Evaluación estructural y superficial del pavimento de la av. Lambramani con fines de diagnóstico y rehabilitación. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*.
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4864278>
- Mamani Nina, J. R. (2021). *Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno—Mañazo 2021*.



- Manzano Yanza, J. F. (2022). *Propuesta de rehabilitación del pavimento de la vía Salasaka centro km 0+000 hasta Huasalata km 4+000 del cantón Pelileo provincia de Tungurahua*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36499>
- Mochica Mamani, E. (2016). *Evaluación de pavimento flexible mediante métodos no destructivos entre Juliaca a Lampa, tramo km 7+000 al 12+000*. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/965>
- Mora Guarnizo, J. P., & Serrano Palma, J. S. (2020). *Evaluación funcional de un pavimento flexible en la vía Espinal – Suárez mediante la aplicación del método PCI - 2020* [Thesis]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9342>
- Pimienta, J., Orden, A. de la, & Estrada, R. (2018). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
- Pino, R. (2019). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
- Salgado Huillca, E., & Sotomayor Quispe, J. (2024). *Evaluación del estado estructural y funcional del pavimento flexible en la avenida Del Ejército y Collasuyo, Cusco 2024*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9298>
- Serrano Meneses, H. S. (2022). *Automatización de Rugosímetro Merlin aplicado en pavimentos flexibles y obtención de coeficiente IRI de la avenida de Las Américas, tramo Mariscal Lamar—Circunvalación Sur*. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/14189>
- Smith, T. (2024). Modeling Pavement Deterioration and Pavement Maintenance Management Optimization | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.PVENG-1408>
- Sojo Caycho, C. F. (2022). Análisis de deformación tridimensional de pavimentos con Geocelda—Tipo diamante en la Carretera Binacional Km 1000+250 A Km 1000+255, Sector Huaytire – Moquegua. *Universidad José Carlos Mariátegui*. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1763>
- Tibán Mashapuncho, E. P. (2021). *Plan de conservación para la estructura del pavimento de la vía Panzaleo—Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500*



hasta 7+500 de la provincia de Cotopaxi.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32602>

Toaquiza Licta, J. P. (2024). *Evaluación superficial y de la estructura del pavimento de la vía Quero – Mocha abscisa 4+300—8+600, ubicada entre los cantones Quero y Mocha de la provincia de Tungurahua.*

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40976>

Vega Martínez, F. A. (2023). *Diseño de un plan de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Picaihua – Chiquicha de la ABS 4+700 hasta 9+400 de la provincia de Tungurahua.* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39326>

Viteri Izurieta, D. A. (2024). *Diagnóstico visual y estructural del pavimento de la vía comprendida desde el barrio Cruzpamba – hasta la cancha del barrio Santa Rita, longitud de intervención 4+200 km, perteneciente a la parroquia Píllaro, del cantón Santiago de Píllaro.* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42566>

Zavaleta Larico, J. C. (2024). *Aplicación del rugosímetro MERLIN, rugosímetro ARRB-R3, smartphone para determinar el IRI del tratamiento otta seal, Chapapampa Jonsani 2023.*

Zevallos Mondragon, D. P. (2022). *Propuesta de carpeta asfáltica de refuerzo para incrementar la capacidad estructural de un pavimento flexible intervenido por trabajos en instalaciones subterráneas de servicios urbanos en la av. Raúl Ferrero – distrito de La Molina. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).* <https://doi.org/10.19083/tesis/667122>



ANEXOS



Anexo. Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA – CARACOTO 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la capacidad estructural y el grado de transitabilidad mediante la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la capacidad estructural y el grado de transitabilidad mediante la aplicación de cargas de tránsito en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La capacidad estructural y el nivel de transitabilidad del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025 se encuentran clasificados como regulares, reflejando condiciones moderadas en ambos aspectos.</p>	<p>Variable de caracterización</p> <p>- Capacidad estructural del pavimento.</p> <p>- Nivel de transitabilidad.</p> <p>Dimensiones: Viga de benkelman</p> <p>IRI.</p> <p>Variable de interés</p> <p>Evaluación del pavimento.</p> <p>Dimensiones: - Condición del pavimento.</p>	<p>Viga de benkelman</p> <p>Rugosímetro de merlín</p> <p>Cinta métrica</p> <p>Manuales del MTC y hojas de registros</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>1. ¿Cuál es la capacidad estructural estimada del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, evaluada mediante la aplicación de cargas de tránsito a través de la deflectometría?</p> <p>2. ¿Cuál es el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, utilizando la prueba del Índice Internacional de Rugosidad (IRI)?</p> <p>3. ¿Qué alternativas de intervención se pueden proponer en función de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>1. Evaluar la capacidad estructural estimada del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, evaluada mediante la aplicación de cargas de tránsito a través de la deflectometría.</p> <p>2. Analizar el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025, utilizando la prueba del Índice Internacional de Rugosidad (IRI).</p> <p>3. Proponer alternativas de intervención en función de la capacidad estructural y el grado de transitabilidad del pavimento flexible de la vía Juliaca – Caracoto 2025.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>1. La capacidad estructural del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025, evaluada mediante deflectometría bajo cargas de tránsito, se clasifica como regular debido a que las deflexiones registradas.</p> <p>2. El grado de transitabilidad del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025, determinado por el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), se considera regular, dado que las deficiencias identificadas corresponden únicamente a daños superficiales.</p> <p>3. La recomendación de intervención basada en la capacidad estructural y el grado de transitabilidad del pavimento flexible en la vía Juliaca – Caracoto 2025 es realizar un mantenimiento preventivo que incluya reparaciones localizadas mediante parcheo y la aplicación de selladores asfálticos.</p>		

Anexo 3. Fotografías



Fotografía 1. Conteo vehicular



Fotografía 2. Evaluación con la Viga Benkelman



Fotografía 3. Evaluación con la Viga Benkelman en el 1323+050



Fotografía 4. Evaluación con el rugosímetro de Merlín en el carril derecho



Fotografía 5. Evaluación con el rugosímetro de Merlín en el carril derecho



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

EVALUACIÓN DEFLECTOMETRICA VIGA BENKELMAN

MTC E 1002

Código: FIM_019_FIM_002
Versión: N°1
Aprobado: 06_05
Página: 1 de 2

SOLICITANTE: Sr. EDWIN BATALLAN LLANOS 07020600079	FICHA MUESTREO: 06/04/2025
PROYECTO: TESIS: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRAFICO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VIA JAJAMA - CAJACOTO 2023	MUESTREO POR: E.B.L.C.
UBICACION: VÍA JAJAMA - CAJACOTO	EMBATIDO POR: J.C.I.C.
PROGRESIVA: 1321+800 - 1322+800	CARTEL: DERECHO
	CAPA: ASPHALTICA
	FECHA EMPEDOR: 11/04/2025

1.- DATOS DEL ENSAYO

CARGA EJE: 8,200 Kg	PRESIÓN DE INFLADO: 80 psi	INCREMENTO: 25 cm	EAL: 2.62E-08	RELACION BRAZO: 4	F. ESTACNL
MODALIDAD: TRESBOLILLO	CAPA: Carpeta Asfáltica	ESPESOR (E): 8.00cm	D _{max} : 82.2 mm/100	Nº BRAZOS VIGA: 1	1.3

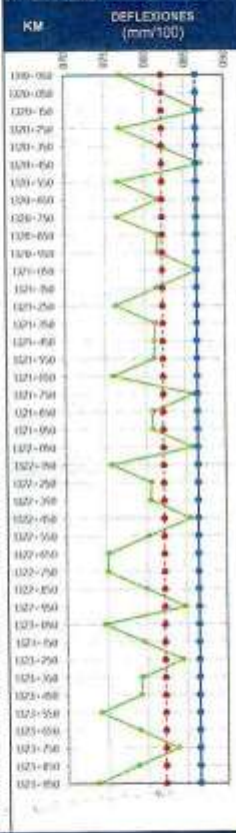
2.- LECTURAS DE CAMPO

KM	CARRIL	DIST. AL BORDE EXTER.	LECTURA DE DIAL (mm/100)										TEMPERATURA			HORA	CORREC.
			DIAL 1					DIAL 2					AMB.	CAPA	CORREC.		
			0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm					
1319+950	Der.	0.60 m	0	3	5	9	13	15						09:30	8.9	55.7	1.020
1320+050	Der.	0.60 m	0	4	6	10	14	16						09:34	8.9	55.8	1.020
1320+150	Der.	0.60 m	0	3	7	9	14	17						09:38	9.0	55.9	1.020
1320+250	Der.	0.60 m	0	4	6	10	13	15						09:42	9.0	56.0	1.020
1320+350	Der.	0.60 m	0	5	7	9	14	16						09:46	9.0	56.2	1.023
1320+450	Der.	0.60 m	0	4	6	10	12	17						09:50	9.2	56.2	1.023
1320+550	Der.	0.60 m	0	5	7	11	13	15						09:54	9.2	56.5	1.021
1320+650	Der.	0.60 m	0	4	6	11	14	16						09:58	9.5	56.5	1.021
1320+750	Der.	0.60 m	0	3	7	10	13	15						09:02	9.5	56.7	1.020
1320+850	Der.	0.60 m	0	4	7	11	14	16						09:06	9.5	56.7	1.020
1320+950	Der.	0.60 m	0	5	8	9	13	16						09:10	9.8	56.7	1.020
1321+050	Der.	0.60 m	0	3	6	11	14	17						09:14	9.8	57.0	1.018
1321+150	Der.	0.60 m	0	4	7	9	12	18						09:18	10.0	57.0	1.018
1321+250	Der.	0.60 m	0	5	8	10	13	19						09:22	10.1	57.2	1.017
1321+350	Der.	0.60 m	0	3	7	11	12	19						09:26	10.1	57.4	1.018
1321+450	Der.	0.60 m	0	4	6	10	14	18						09:30	10.4	57.6	1.015
1321+550	Der.	0.60 m	0	5	8	11	13	18						09:34	10.4	57.8	1.013
1321+650	Der.	0.60 m	0	5	7	10	14	18						09:38	10.8	58.0	1.012
1321+750	Der.	0.60 m	0	4	6	9	12	17						09:42	10.8	58.0	1.012
1321+850	Der.	0.60 m	0	6	7	11	13	16						09:46	10.8	58.2	1.011
1321+950	Der.	0.60 m	0	4	8	10	14	16						09:50	11.0	58.2	1.011
1322+050	Der.	0.60 m	0	5	6	11	13	17						09:54	11.0	58.4	1.010
1322+150	Der.	0.60 m	0	4	7	10	12	15						09:58	11.4	58.5	1.008
1322+250	Der.	0.60 m	0	6	8	11	14	16						10:02	11.4	58.7	1.008
1322+350	Der.	0.60 m	0	4	7	9	13	16						10:06	11.8	58.9	1.007
1322+450	Der.	0.60 m	0	5	8	11	14	17						10:10	11.8	59.0	1.006
1322+550	Der.	0.60 m	0	3	6	10	13	16						10:14	12.3	59.4	1.004
1322+650	Der.	0.60 m	0	4	7	9	12	15						10:18	12.5	59.6	1.002
1322+750	Der.	0.60 m	0	5	6	11	13	15						10:22	12.7	59.8	1.001
1322+850	Der.	0.60 m	0	5	8	9	14	16						10:26	12.9	20.1	0.999
1322+950	Der.	0.60 m	0	4	7	11	12	17						10:30	13.0	20.4	0.998
1323+050	Der.	0.60 m	0	4	8	10	13	15						10:34	13.2	20.8	0.996
1323+150	Der.	0.60 m	0	5	6	11	12	18						10:38	13.4	21.0	0.994
1323+250	Der.	0.60 m	0	5	7	10	14	17						10:42	13.6	21.2	0.993
1323+350	Der.	0.60 m	0	6	8	11	13	16						10:46	13.8	21.5	0.991
1323+450	Der.	0.60 m	0	4	6	10	12	16						10:50	14.0	21.7	0.990
1323+550	Der.	0.60 m	0	6	7	11	14	15						10:54	14.2	22.0	0.988
1323+650	Der.	0.60 m	0	5	7	11	12	16						10:58	14.2	22.2	0.987
1323+750	Der.	0.60 m	0	6	8	9	13	17						11:02	14.4	22.5	0.985
1323+850	Der.	0.60 m	0	4	7	10	14	16						11:06	14.8	22.7	0.984
1323+950	Der.	0.60 m	0	5	6	11	12	15						11:10	15.0	23.0	0.982

3.- RESULTADOS

D0	D25	Rc
82	62	152
87	72	203
77	56	153
82	56	122
87	67	153
77	51	122
82	61	153
77	61	204
82	61	153
82	56	123
87	71	208
81	61	153
76	51	123
81	60	209
81	61	154
81	56	123
76	51	124
80	60	154
81	51	103
81	61	155
86	61	124
76	55	155
81	50	103
81	60	155
86	60	124
80	65	208
75	55	156
76	52	125
85	55	125
85	65	157
75	55	157
80	55	126
84	60	129
79	55	126
79	59	158
74	44	109
79	54	127
84	59	127
79	59	159
74	49	127

4.- GRÁFICO



NOTA: Corrección temperatura: $D_{20} = 110.001 \cdot (T_{capa} - 20)^{0.75} + 13$, T_{capa} en $^{\circ}C$

6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ.	VIGA BENK.	DIAL
10	VIBE	

7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

ELABORADO POR: Jonathan Carlos Inocenci Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR:
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS		EVALUACIÓN DEFLECTOMETRICA VIGA BENKELMAN		MTC E 1002	
Carge	8,200 Kg	FRECUENCIA	100 Hz	Verión	Ver 1
Modo	TRESBOLLIDO	Capa	Carpetas Asfálticas	Aprobado	00_CR
				Página	2 de 2

ELABORANTE	Dr. Jhonatan Carlos Incauri Coaguira	FECHA RECEPCION	20/04/2023
PROYECTO	TRABO: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRANSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CAJACOTO 2023	REGISTRADO POR	E.B.L.C.
DIRECCION	VIA JULIACA - CAJACOTO	REVISADO POR	J.G.I.C.
PROGRESO	1218+800 - 1223+800	CARRIL	IZQUIERDO
		CAPA	ASFALTICA
		MODA EXPOSICION	135°/45°/225°

1.- DATOS DEL ENSAYO										
CARGA EJE	8,200 Kg	PRESION DE INFLADO	80 psi	INCREMENTO	2 mm	EAL	2,62E+06	RELACION BRAZO	4	F. ESTACNL
MODALIDAD	TRESBOLLIDO	CAPA	Carpetas Asfálticas	ESPESOR (m)	0.05cm	D _{max}	82.2 mm/100	Nº BRAZOS VIGA	3	1.3

KM	CARRIL	DST. AL BORDE EXTER.	LECTURA DE DIAL (mm/100)										TEMPERATURA			DEFLEXIONES			RADIO (m) CURVATURA	
			DIAL 1					DIAL 2					HORA	AMB.	CAPA	CORREC	D0	D25		Rc
			0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm								
1219+950	izqui.	0.05 m	0	3	8	9	12	15	08:30	8.0	14.5	1.034	78	62	201					
1220+050	izqui.	0.05 m	0	4	7	10	13	16	08:34	8.0	14.0	1.033	83	62	151					
1220+150	izqui.	0.05 m	0	3	8	11	14	15	08:38	8.2	14.7	1.033	77	62	202					
1220+250	izqui.	0.05 m	0	4	7	11	14	16	08:42	8.4	14.5	1.032	77	57	151					
1220+350	izqui.	0.05 m	0	4	8	10	13	16	08:46	8.6	15.2	1.031	82	62	152					
1220+450	izqui.	0.05 m	0	3	7	11	14	16	08:50	9.0	15.2	1.030	82	67	202					
1220+550	izqui.	0.05 m	0	3	8	10	13	16	08:54	8.6	15.2	1.030	77	62	202					
1220+650	izqui.	0.05 m	0	4	8	9	12	16	08:58	8.8	15.4	1.028	82	62	152					
1220+750	izqui.	0.05 m	0	4	7	10	13	17	09:02	8.8	15.5	1.028	87	67	152					
1220+850	izqui.	0.05 m	0	4	8	9	14	16	09:06	9.0	15.8	1.027	82	62	152					
1220+950	izqui.	0.05 m	0	3	7	11	13	15	09:10	9.0	15.8	1.026	77	62	203					
1221+050	izqui.	0.05 m	0	4	8	9	14	16	09:14	9.1	16.0	1.025	82	61	153					
1221+150	izqui.	0.05 m	0	3	8	10	12	16	09:18	8.2	16.2	1.025	82	67	204					
1221+250	izqui.	0.05 m	0	5	7	11	14	15	09:22	9.3	16.2	1.023	77	51	122					
1221+350	izqui.	0.05 m	0	4	8	10	13	16	09:26	9.4	16.4	1.022	82	61	153					
1221+450	izqui.	0.05 m	0	3	7	9	13	15	09:30	9.5	16.4	1.022	77	61	204					
1221+550	izqui.	0.05 m	0	4	8	11	14	16	09:34	9.7	16.6	1.021	82	61	153					
1221+650	izqui.	0.05 m	0	5	8	10	12	16	09:38	9.7	16.8	1.020	82	56	123					
1221+750	izqui.	0.05 m	0	3	7	11	13	15	09:42	10.0	17.0	1.018	76	61	206					
1221+850	izqui.	0.05 m	0	4	8	10	14	16	09:46	10.0	17.0	1.018	81	61	153					
1221+950	izqui.	0.05 m	0	4	7	9	13	15	09:50	10.2	17.2	1.017	76	56	154					
1222+050	izqui.	0.05 m	0	5	8	10	14	16	09:54	10.2	17.2	1.017	81	56	123					
1222+150	izqui.	0.05 m	0	5	8	9	12	16	09:58	10.4	17.4	1.016	81	56	123					
1222+250	izqui.	0.05 m	0	4	7	11	13	16	10:02	10.6	17.6	1.015	81	61	154					
1222+350	izqui.	0.05 m	0	3	8	10	14	16	10:06	10.8	17.8	1.013	81	66	206					
1222+450	izqui.	0.05 m	0	3	8	10	12	16	10:10	11.0	18.0	1.008	80	55	124					
1222+550	izqui.	0.05 m	0	4	7	11	13	15	10:14	11.2	18.0	1.006	75	55	155					
1222+650	izqui.	0.05 m	0	5	8	11	14	15	10:18	11.5	18.2	1.005	75	50	124					
1222+750	izqui.	0.05 m	0	5	8	9	13	16	10:22	11.7	18.4	1.004	80	55	125					
1222+850	izqui.	0.05 m	0	4	7	10	12	15	10:26	12.0	18.6	1.002	75	55	156					
1222+950	izqui.	0.05 m	0	5	7	9	13	17	10:30	12.0	19.0	1.001	85	60	125					
1223+050	izqui.	0.05 m	0	5	8	10	14	15	10:34	12.4	19.9	1.001	75	50	125					
1223+150	izqui.	0.05 m	0	4	7	10	13	16	10:38	12.6	19.9	1.001	80	60	126					
1223+250	izqui.	0.05 m	0	4	8	11	13	15	10:42	12.8	20.1	0.999	75	55	156					
1223+350	izqui.	0.05 m	0	5	7	9	12	16	10:46	13.0	20.2	0.998	80	55	125					
1223+450	izqui.	0.05 m	0	4	8	11	13	15	10:50	13.4	20.4	0.998	75	55	157					
1223+550	izqui.	0.05 m	0	4	8	11	14	16	10:54	13.7	20.5	0.997	80	60	157					
1223+650	izqui.	0.05 m	0	5	7	9	13	16	10:58	14.0	20.5	0.997	80	55	125					
1223+750	izqui.	0.05 m	0	4	8	10	14	17	11:02	14.3	20.8	0.996	85	65	157					
1223+850	izqui.	0.05 m	0	5	8	11	13	15	11:06	14.6	21.0	0.994	75	50	126					
1223+950	izqui.	0.05 m	0	5	7	9	13	15	11:10	14.8	21.2	0.993	74	50	126					

NOTA: Corrección temperatura: $D_{20} = 110.031(T_{capa}-20)^2 + 11$, T_{capa} en °C

DATOS: 41 NO PASA

84.8 Ben155

6.- EQUIPOS DE MEDICION

E.Q.	VIGA BENK.	DIAL

7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incauri Coaguira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL



GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	CG_GR
		Página	1 de 8

SOLICITANTE	Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	03/04/2025
PROYECTO	TESIS: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	E.B.L.C.
UBICACIÓN	VÍA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	J. C. I. C.
PROGRESIVA	0+000 - 0+200	CARRE	DERECHO
LONGITUD	200 Metros	CAPA	ASFALTICA
		FECHA EXPEDICIÓN	11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

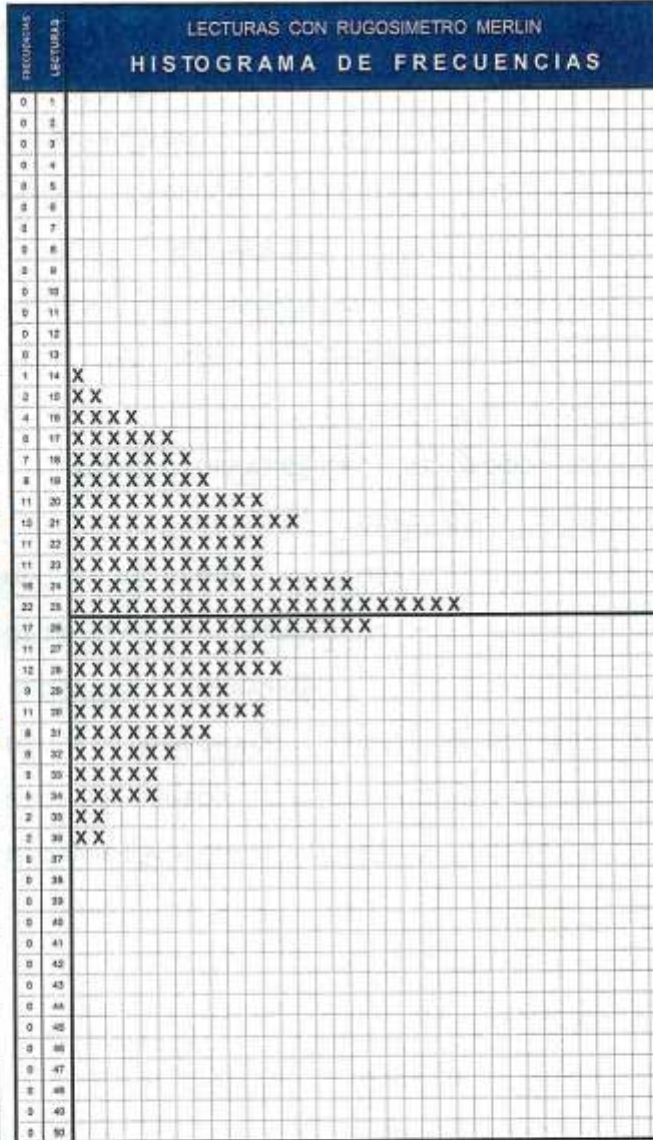
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DESCARTANDO 16 VALORES CADA DISPERSION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA (IZQ. + LEVANTAMIENTO CE + CENTRO DER + HUNDIMIENTO)

CALCULO DE "R" (IRI)

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

	LEVANTA_MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIEN_TO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	6	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	4
FRACIONES RESULTANTES	0.50	15	0.80
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)		16.30	
Rango "D"		81.50	
IRI		3.95	



Observaciones: -

ELABORADO POR: Jhanatan Carlos Incaicari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR:
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	G.G. GR
		Página	1 de 8

SOLICITANTE	Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	03/04/2025
PROYECTO	TESIS: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRANSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	E.B.I.C.
UBICACIÓN	VIA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	J. C. I. C.
PROGRESIVA	: 1319+950 - 1320+150	CARRIL	: DERECHO
LONGITUD	: 200 Metros	CAPA	: ASFALTICA
		FECHA EXPEDICIÓN	: 11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

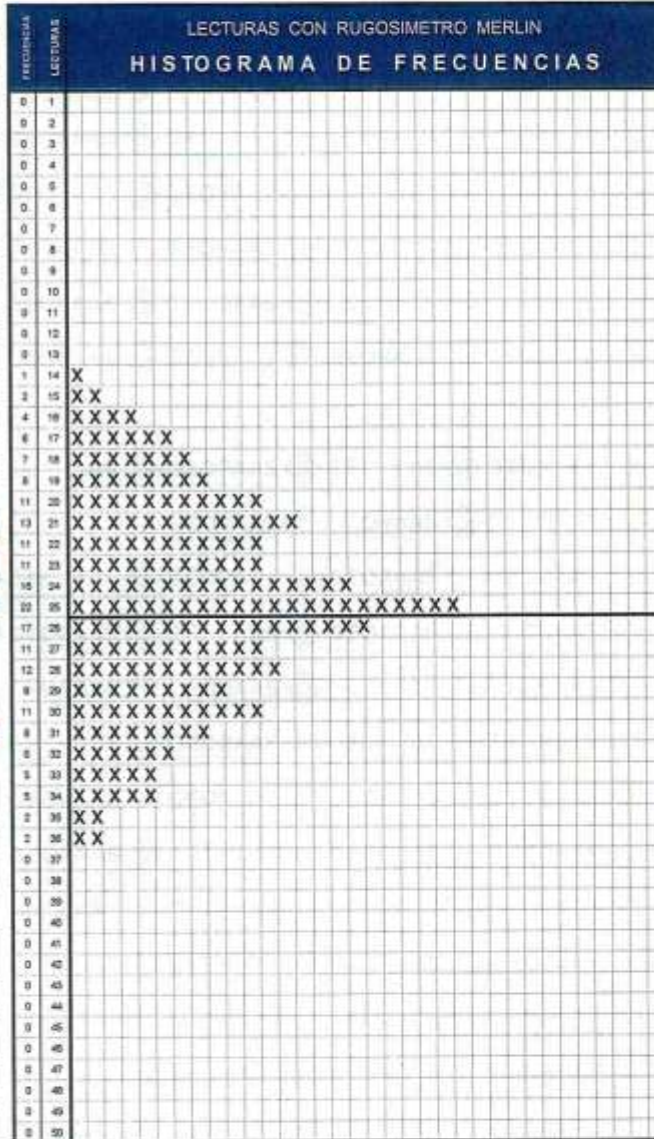
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DEDICARTANDO 10 VALORES CADA DISPERSION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA (IZQ. = LEVANTAMIENTO CE = CENTRO DER. = HUNDIMIENTO)

CALCULO DE "R" (IRI)

$$R = 0,0485 \times D \text{ Cuando } IRI < 2.4$$

	LEVANTA_MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIEN_TO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	6	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	4
FRACCIONES RESULTANTES	0.50	15	0.80
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		16.30	
Rango "D"		81.50	
IRI		3.95	



Observaciones: -

ELABORADO POR: Jhegatan Carlos Inocenti Coaquira Técnico de Laboratorio GEORRAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORRAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR: GEORRAS CONTRATISTAS GENERALES SAC Vº Bº CONTROL
--	--	--



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 8

SOLICITANTE	: Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	: 03/04/2025
PROYECTO	: TESIS: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRANSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	: E.B.L.C.
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
PROGRESIVA	: 1320+950 - 1321+100	CARRIL	: DERECHO
LONGITUD	: 200 Metros	CAPA	: ASFALTICA
		FECHA EXPEDICIÓN	: 11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARGAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

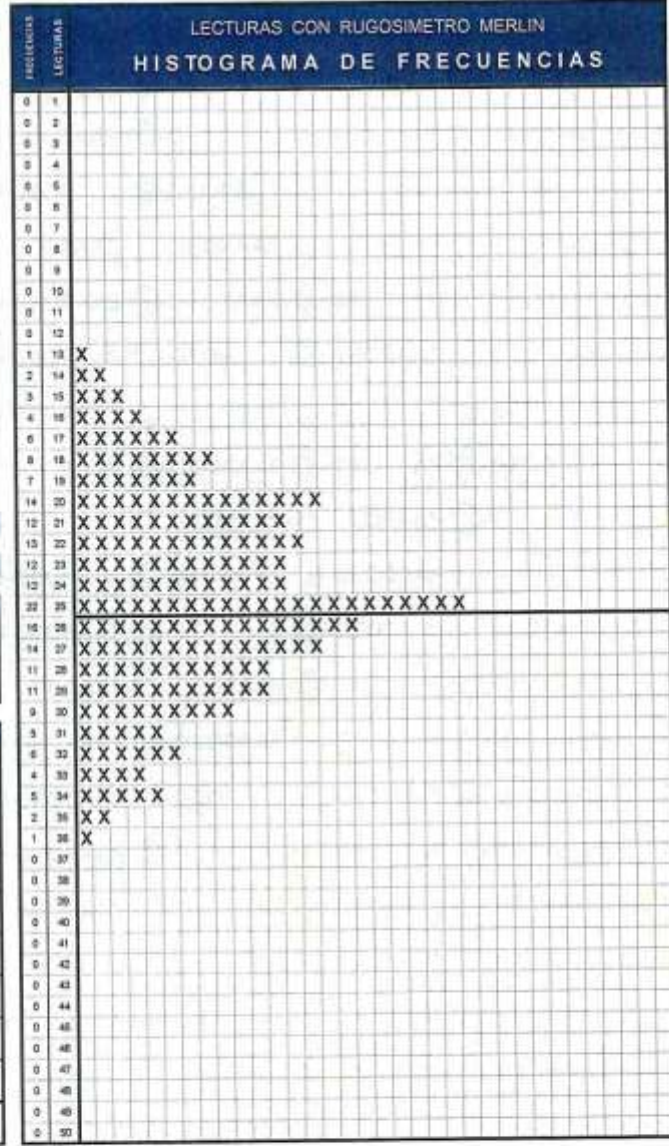
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA DISPERSION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: IZQ = LEVANTAMIENTO CE = CENTRO DER = HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (IRI)

$$R = 0,0485 \times D \text{ Cuando } IRI < 2.4$$

	LEVANTA- MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIEN- TO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	6	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	6	-	3
FRACCIONES RESULTANTES	1.00	15	0.60
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		16.60	
Rango "D"		83.00	
IRI		4.03	



Observaciones: -

ELABORADO POR: Carlos Incaerari Coaguina Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR: GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC CONTROL
--	--	---



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código: FRM_GR_EM_401
		Versión: V.01
		Aprobado: GG_GR
		Página: 3 de 8

SOLICITANTE	: Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	: 03/04/2025
PROYECTO	: TESIS: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRANSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VIA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	: E.B.L.C.
UBICACION	: VIA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	: J.C.L.C.
PROGRESIVA	: 1321+950 - 1322+150	CARRIL	: DERECHO
LONGITUD	: 209 Metros	CAPA	: ASFALTICA
		FECHA EXPEDICION	: 11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

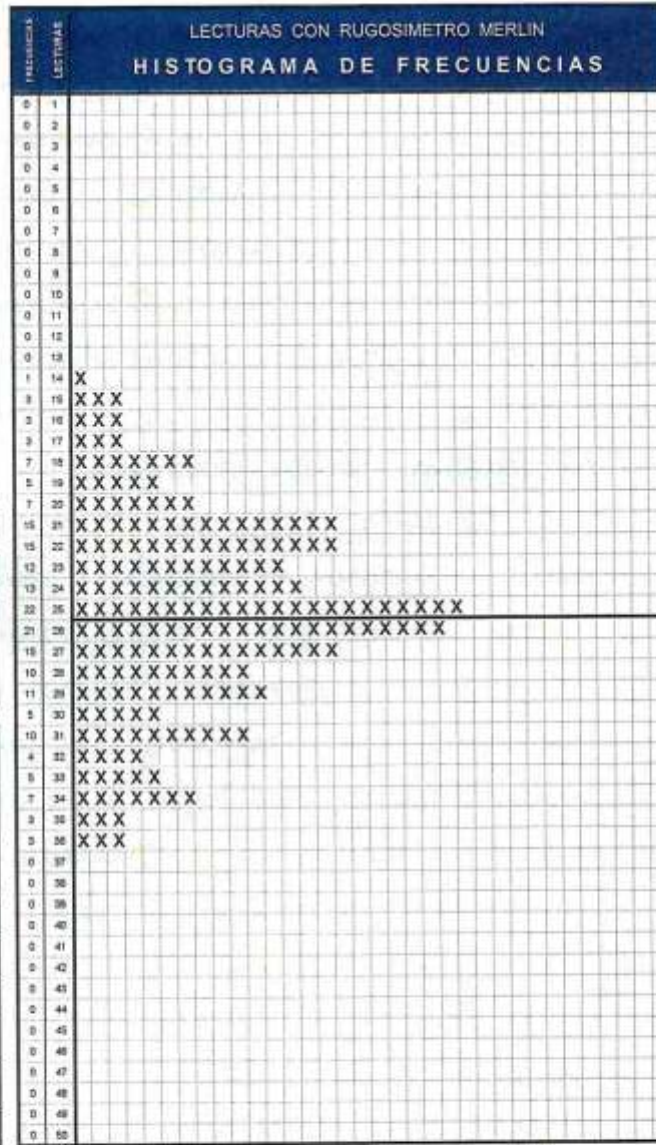
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA DISPERSION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: IZQ. = LEVANTAMIENTO; CE = CENTRO; DER. = HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (IRI)

$$R = 0,0485 \times D \text{ Cuando } IRI < 2,4$$

	LEVANTA_MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIEN_TO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	7	-	7
LECTURAS CONSIDERADAS	7	-	3
FRACCIONES RESULTANTES	1.00	15	0.43
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		16.43	
Rango "D"		82.14	
IRI		3.98	



Observaciones: -

ELABORADO POR: Jonathan Carlos Inocenti Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Mario Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil IP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR:
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL



GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	4 de 8

SOLICITANTE	: Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	03/04/2025
PROYECTO	: TESIS: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNGITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	E.B.L.C.
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	J. C. I. C.
PROGRESIVA	: 1322+950 - 1323+150	CARREL	DERECHO
LONGITUD	: 200 Metros	CAPA	ASFALTICA
		FECHA EXPEDICIÓN	11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

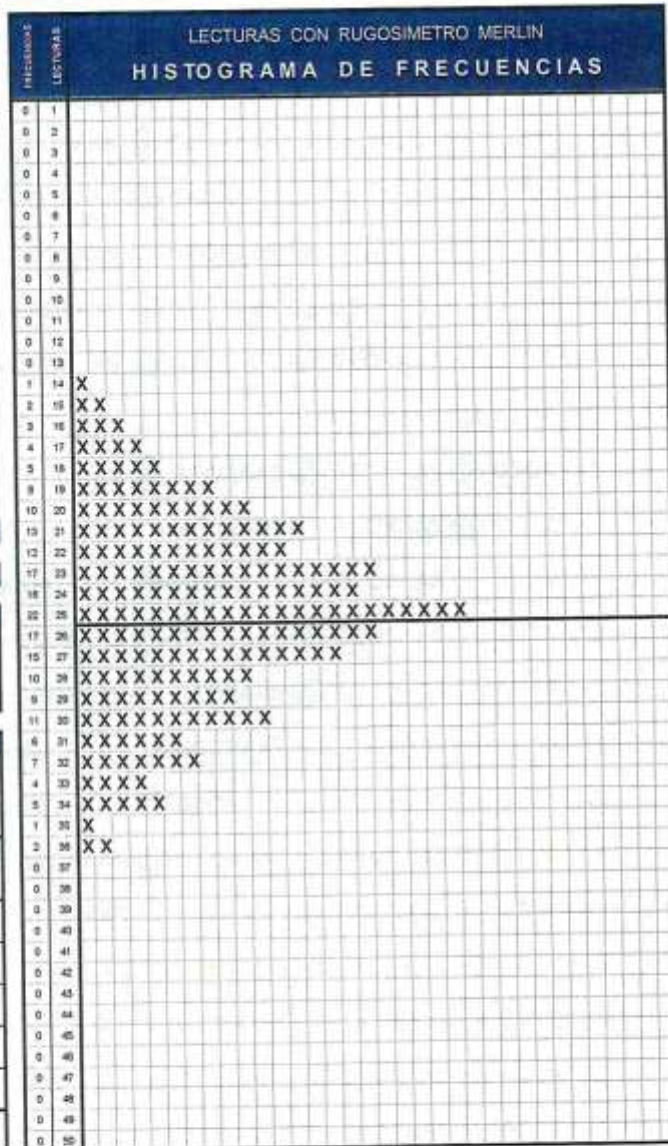
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA DIFERENCIA DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: IZQ. = LEVANTAMIENTO CE = CENTRO DER. = HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (IRI)

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

	LEVANTA- MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMEN- TO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	5	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	5	-	3
FRACCIONES RESULTANTES	1.00	14	0.60
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		15.60	
Rango "D"		78.00	
IRI		3.78	



Observaciones: -

ELABORADO POR: Jonathan Carlos Inescari Coaguana Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marcos Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR:
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	GO_GR
		Página	5 de 8

SOLICITANTE	: Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	: 03/04/2025
PROYECTO	: TESIS: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRANSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VIA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	: E.B.L.C.
UBICACION	: VIA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	: J.C.I.C.
PROGRESIVA	: 1319+950 - 1320+150	GARRIL	: IZQUIERDO
LONGITUD	: 200 Metros	CAPA	: ASFALTICA
		FECHA EXPEDICION	: 11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

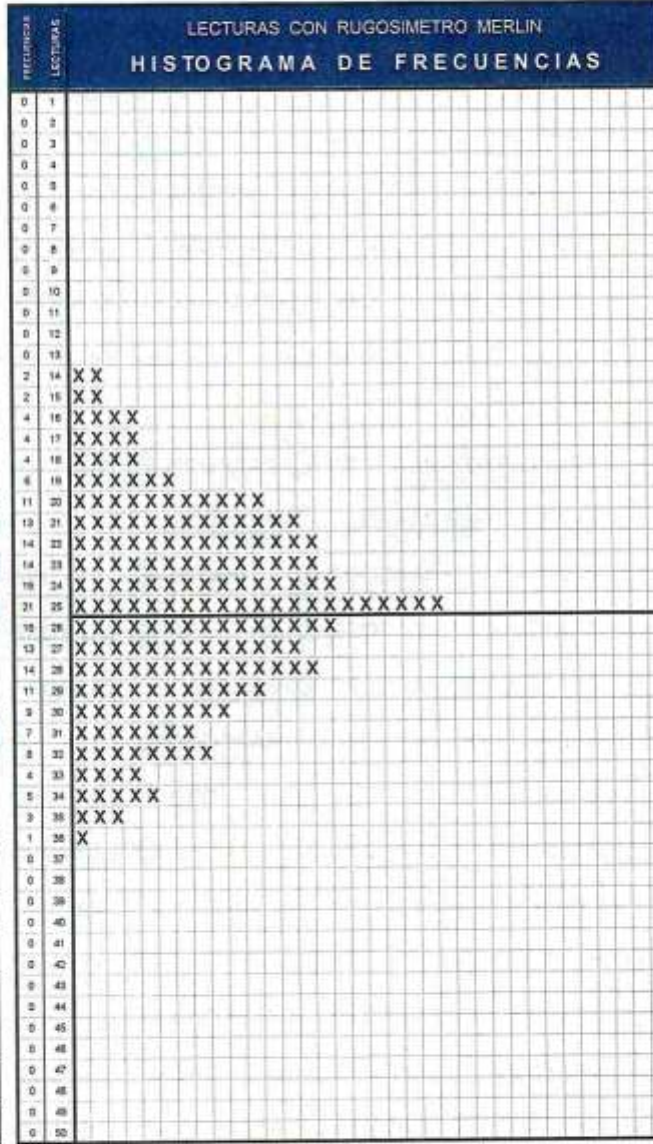
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA DESPERCION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: IZQ = LEVANTAMIENTO CE = CENTRO DER = HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (IRI)

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

	LEVANTA MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIEN TO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	4	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	2	-	4
FRACIONES RESULTANTES	0.50	15	0.80
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	16.30		
Rango "D"	81.50		
IRI	3.95		



Observaciones: -

ELABORADO POR: Jonathan Carlos Inocenti Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR:
---	---	-------------------



GEORAAS

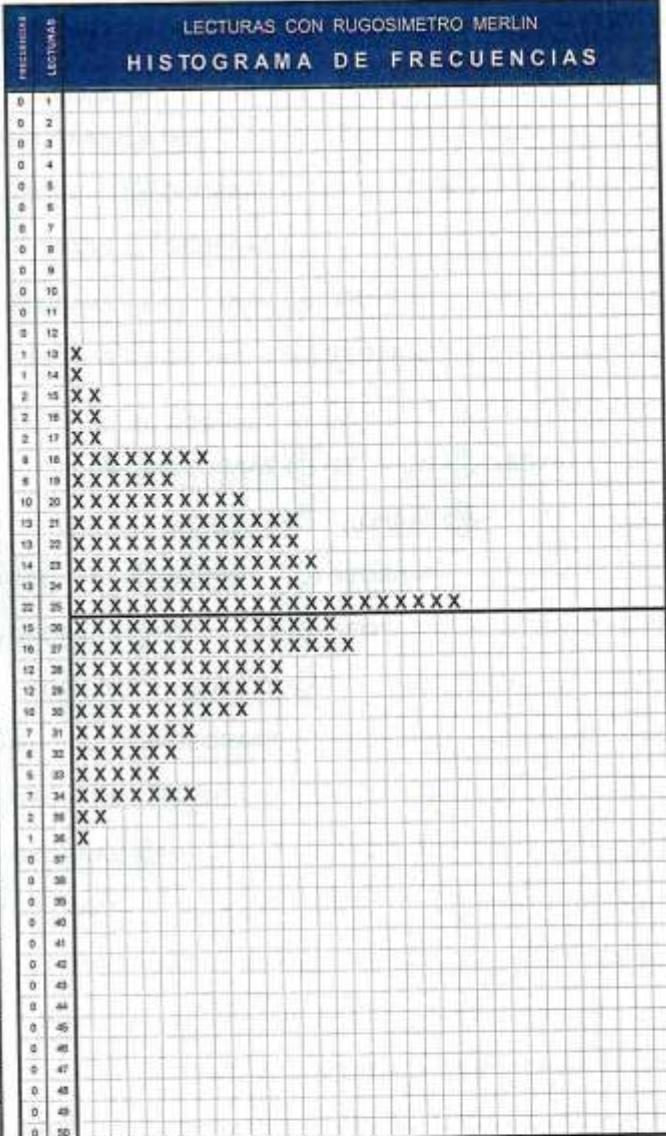
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	6 de 8

SOLICITANTE	Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	03/04/2025
PROYECTO	TESIS: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRANSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2925	MUESTREADO POR	E.B.L.C.
UBICACION	VÍA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	J. C. I. C.
PROGRESNA	1320+950 - 1321+150	CARRIL	IZQUIERDO
LONGITUD	200 Metros	CAPA	ASFALTICA
		FECHA EXPEDICIÓN	11/04/2025

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



CONTROL CANTIDADE MARGAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

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

DESCARTANDO 10 VALORES CADA DISPERSION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: IZQ = LEVANTAMIENTO CE = CENTRO DER = HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (IRI)

$$R = 0,0485 \pm D \text{ Cuando } IRI < 2.4$$

	LEVANTAMIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	8	-	7
LECTURAS CONSIDERADAS	6	-	7
FRACCIONES RESULTANTES	0.75	14	1.00
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		15.75	
Rango "D"		78.75	
IRI		3.82	

Observaciones: -

ELABORADO POR: Carlos Incauri Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR: UNIDAD DE CONTROL
---	---	--



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	7 de 8

SOLICITANTE	: Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	: 03/04/2025
PROYECTO	: TESIS: EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACION DE CARGAS DE TRANSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VIA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	: E.B.L.C.
UBICACION	: VIA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	: J.C.I.C.
PROGRESIVA	: 1321+950 - 1322+150	CARRIL	: IZQUIERDO
LONGITUD	: 200 Metros	CAPA	: ASFALTICA
		FECHA EXPEDICION	: 11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

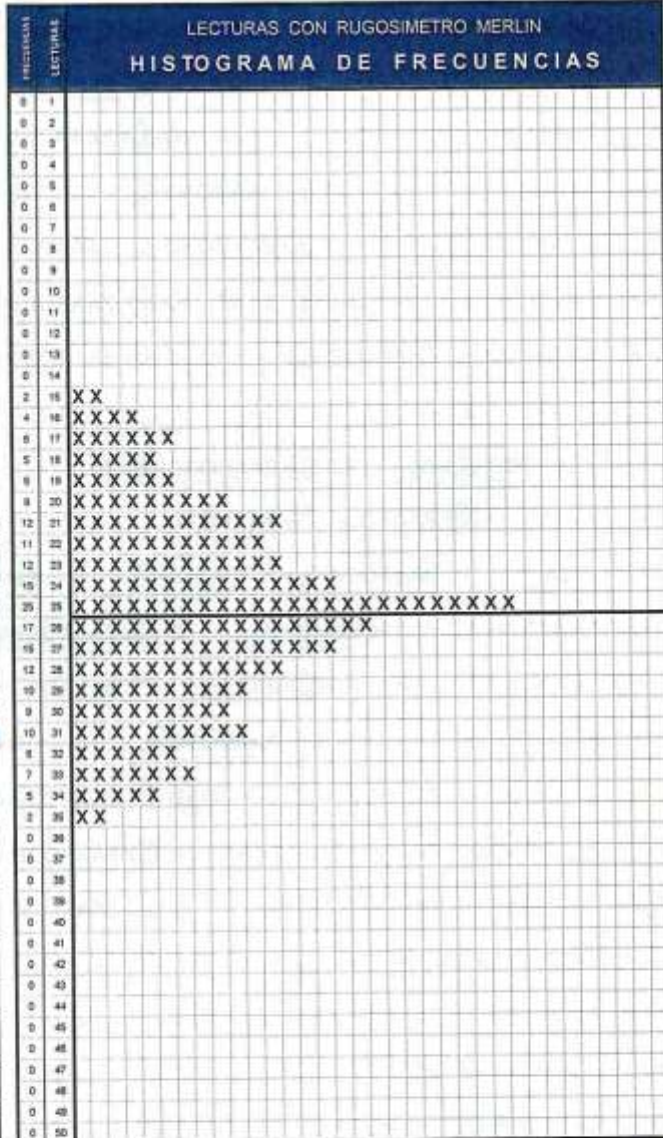
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA DISPERSION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: IZQ. = LEVANTAMIENTO CE = CENTRO DER = HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (IRI)

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

	LEVANTA_MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMEN_TO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	6	-	7
LECTURAS CONSIDERADAS	2	-	4
FRACCIONES RESULTANTES	0.33	15	0.57
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		15.90	
Rango "D"		79.52	
IRI		3.86	



Observaciones: -

ELABORADO POR: Jonathan Carlos Inocenti Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR:
---	---	-------------------



GEORAAS

CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

EVALUACION DE PAVIMENTOS	DETERMINACION DE RUGOSIDAD (EQUIPO RUGOSIMETRO MERLIN)	Código	FRM_GR_EM_501
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	8 de 8

SOLICITANTE	: Sr. ERLIN BAYLON LLANOS CHOQUECOTA	FECHA MUESTREO	: 03/04/2025
PROYECTO	: TESIS: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL GRADO DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA JULIACA - CARACOTO 2025	MUESTREADO POR	: E.B.L.C.
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - CARACOTO	ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
PROGRESIVA	: 1322+950 - 1323+150	CARRIL	: IZQUIERDO
LONGITUD	: 200 Metros	CAPA	: ASFALTICA
		FECHA EXPEDICIÓN	: 11/04/2025

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

CONTROL CANTIDADE MARCAS: 200 LECTURAS

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.000

CALCULO DE "D"

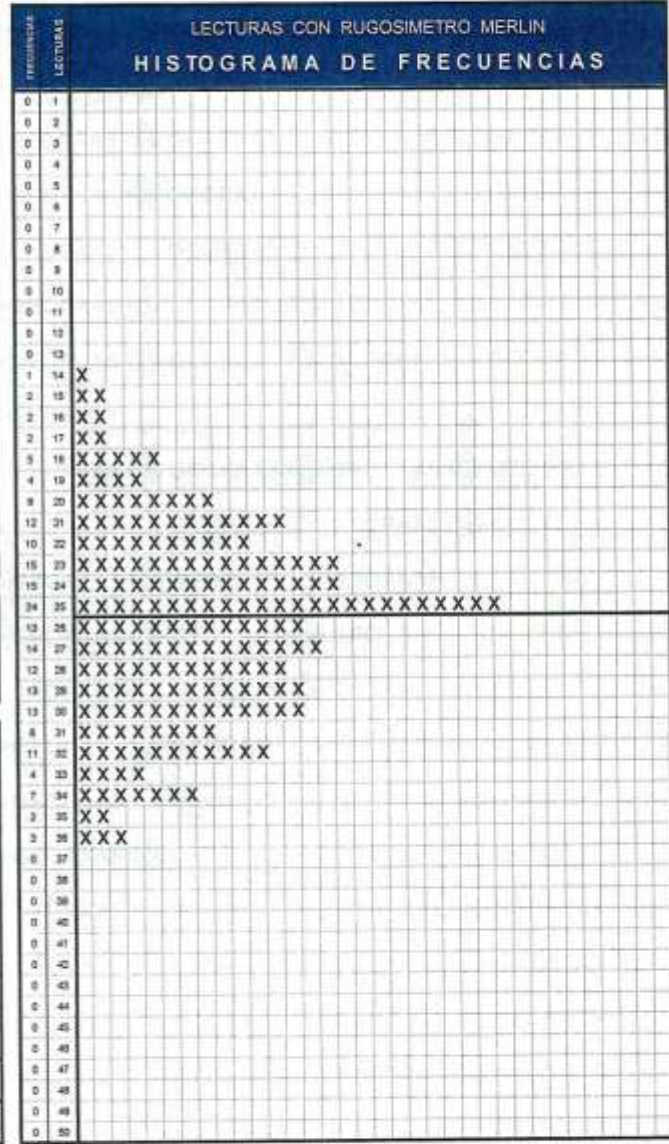
$$D = (IZQ + CE + DER) \times 5 \times F.C.$$

DESIGRANDO 10 VALORES CADA DISPERSION DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA IZQ. = LEVANTAMIENTO CE = CENTRO DER = HUNDIMIENTO

CALCULO DE "R" (IRI)

$$R = 0,0485 \times D \text{ Cuando } IRI < 2.4$$

	LEVANTA_MIENTO (IZQ.)	CENTRO (CE)	HUNDIMIENTO (DER.)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	5	-	7
LECTURAS CONSIDERADAS	2	-	2
FRACIONES RESULTANTES	0.40	15	0.29
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	15.69		
Rango "D"	78.43		
IRI	3.80		



Observaciones: -

ELABORADO POR: Jonathan Carlos Incaoari Coaguila Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	REVISADO POR: Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 30869G GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	APROBADO POR: GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 30-12-2025

I. Datos del autor (es):

Formulario with fields for author information: Nombres y Apellidos, Dirección, DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°, Teléfono, email, Facultad y/o Escuela de Posgrado, Escuela Profesional o Mención, Título o Grado Académico a optar, Asesor, Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones, Trabajo de Investigación, Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional, Trabajo Académico, Título, Palabras claves, ¿Esta obra se desarrolló en la UANCV?



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Título
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

30-12-2025

Fecha

