



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO
MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA
CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. RENE ARTURO COILA ROSA

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

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO
MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA
CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. RENE ARTURO COILA ROSA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:


PRESIDENTE


: _____
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO


: _____
Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO


: _____
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS


: _____
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1873-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 24 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 19327 presentado por el (la) Bachiller: **RENE ARTURO COILA ROSA** 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. **RENE ARTURO COILA ROSA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, 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. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. 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 el (la) bachiller: **RENE ARTURO COILA ROSA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Lunes 30 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 09:00 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 Cs. PURAS.....
DR. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790cc.
Archivo
interesado (a)VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1738-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 18067 por el señor (a): **RENE ARTURO COILA ROSA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1478- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 331 - 2024 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): **RENE ARTURO COILA ROSA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, 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° 331 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, 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): **RENE ARTURO COILA ROSA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. Efraim Pajillo Rosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1366-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 15381, presentado el señor (a) **RENE ARTURO COILA ROSA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – N° 1243 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 353 -2024 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): **RENE ARTURO COILA ROSA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, 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° 353 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **RENE ARTURO COILA ROSA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. MILTON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Efraín Castillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

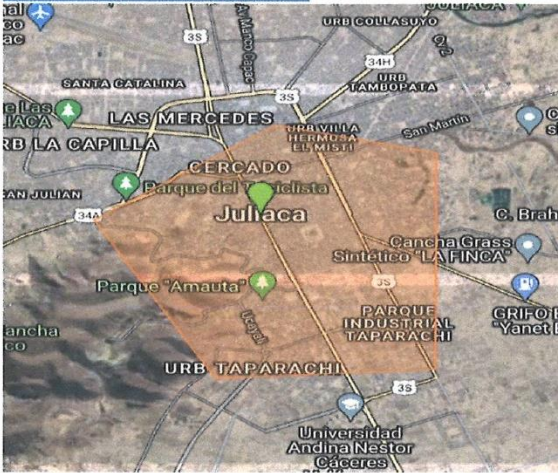
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1%
6	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.urp.edu.pe	



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	RENE ARTURO COILA ROSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46570835
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-6580-2980
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESUS 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	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
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 - P 17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: -15.508880° - Longitud: -70.129223° - https://www.google.com/maps/d/edit?hl=es&mid=1B9EaUIJW5y-sc9CEB0mIJxFuKiRmBwQ&ll=-15.500920749479539%2C-70.15085662840366&z=13 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RENE ARTURO COILA ROSA, identificado con DNI Nro. 46570835, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA CIVIL

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

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: M.sc. JESUS 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 06 de ENERO del 2025

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres, Angelino Coila Maita y Jesusa Rosa de Coila, pilares fundamentales de mi vida, cuyo esfuerzo incansable, sacrificio y amor incondicional hicieron posible este logro. Gracias, papá, por ser ejemplo de perseverancia y trabajo arduo; gracias, mamá, por tu infinito amor, guía y apoyo en los momentos más difíciles. Cada paso que di en este camino estuvo impulsado por su dedicación y el tiempo que invirtieron para que alcanzara mis metas.

A mis hermanos, quienes con su compañía y palabras de aliento me motivaron a no rendirme y a seguir adelante. Su apoyo constante y la unión familiar han sido mi fuerza para superar los desafíos.

Esta tesis es el reflejo de su esfuerzo y confianza en mí. A ustedes, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud eterna. ¡Gracias por ser mi mayor inspiración!



AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, institución que me brindó la oportunidad de formarme como profesional en la carrera de Ingeniería Civil. Su compromiso con la excelencia académica y su constante apoyo al desarrollo de sus estudiantes han sido fundamentales en mi camino hacia este logro.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, cuyo conocimiento, dedicación y paciencia fueron clave para mi formación. Cada enseñanza, consejo y orientación que me brindaron no solo me ayudaron a adquirir competencias técnicas, sino también valores esenciales para ejercer mi profesión con responsabilidad y ética.

A mis amigos y compañeros, quienes con su compañerismo y apoyo compartieron conmigo momentos de aprendizaje, esfuerzo y alegría durante estos años de estudio. Juntos enfrentamos desafíos y creamos recuerdos que llevaré siempre conmigo.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron a mi formación, ya sea con un consejo, una palabra de aliento o su apoyo incondicional. A todos ustedes, mi más sincera gratitud. Este logro es también parte de su esfuerzo y confianza en mí. ¡Gracias!



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE DE CONTENIDO iii

ÍNDICE DE FIGURAS x

ÍNDICE DE TABLAS xii

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

INTRODUCCIÓN xv

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Exposición de la situación problemática 1

1.2. Planteamiento del problema 2

 1.2.1. Interrogante General 2

 1.2.2. Interrogantes específicos 2

1.3. Justificación de la investigación 2

 1.3.1. Justificación técnica 2

 1.3.2. Justificación económica 3

 1.3.3. Justificación Social 4

 1.3.4. Justificación ambiental 4

1.4. Objetivos de la investigación 5



1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis general	6
1.5.2. Hipótesis específicas	6
1.6. Variables e indicadores	6
1.7. Operacionalización de las variables	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	9
2.1.3. Antecedentes Locales	10
2.2. Marco Teórico	11
2.2.1. Pavimento	11
2.2.2. Vida útil de los pavimentos.....	12
2.2.3. Funciones de un pavimento	13
2.2.4. Pavimento Flexible.....	15
2.2.5. Capa de rodadura en pavimentos	16
2.2.6. Ciclo de vida de un pavimento.....	18
2.2.7. Ciclo de vida deseable del pavimento	20
2.2.8. Elementos que integran un pavimento flexible	21



2.2.9. Comportamiento estructural de los pavimentos	25
2.2.10. Fallas en los pavimentos.....	26
2.2.11. Tipos de fallas en pavimentos flexibles	26
2.2.12. Evaluación de pavimentos	29
2.2.13. Evaluación Funcional de Pavimentos.....	32
2.2.14. Regularidad superficial del pavimento.....	33
2.2.15. Condición de serviciabilidad de pavimento.....	33
2.2.16. Causas de degradación del pavimento	34
2.2.17. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	35
2.2.18. Regularidad superficial de un pavimento	40
2.2.19. Bondades de un Pavimento Sin Irregularidades	41
2.2.20. Rugosímetro MERLIN	41
2.3. Marco conceptual.....	45

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación	46
3.1.1. Enfoque cuantitativo.....	46
3.1.2. Nivel.....	47
3.1.3. Tipo de investigación	47
3.2. Población y muestra.....	47
3.2.1. Población	47
3.2.2. Muestra.....	47



3.3. Técnicas E Instrumentos De La Investigación.....	47
3.3.1. Técnicas.....	47
3.3.2. Instrumentos	48
3.3.3. Índice de condición del pavimento	54
3.4. Procedimiento de Investigación mediante el Método de PCI.....	56
3.4.1. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación	58
3.4.2. Índice de Condición del Pavimento jirón los naranjos	60
3.5. Procedimiento de Investigación mediante el método índice de regularidad internacional - Rugosímetro Merlín.....	61
3.5.1. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	61
3.5.2. Cálculo del Índice de Serviciabilidad del Pavimento.....	62

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen derecho PROG 0+000 A LA PROG 0+200	63
4.1.1. Conteo de ensayos	63
4.1.2. Conteo de intervalos	64
4.1.3. Histograma de frecuencias.....	65
4.1.4. Nivel de servicio	65
4.1.5. Evaluación de pavimento	66
4.2. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen derecho PROG 0+200 AL 0+400	66



4.2.1. Conteo de ensayos	66
4.2.2. Conteo de intervalos	67
4.2.3. Histograma de frecuencias.....	68
4.2.4. Nivel de servicio.....	68
4.2.5. Evaluación del pavimento	68
4.3. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen derecho PROG 0+400 AL 0+600	69
4.3.1. Conteo de ensayos	69
4.3.2. Conteo de intervalos	70
4.3.3. Histograma de frecuencia	71
4.3.4. Nivel de servicio.....	71
4.3.5. Evaluación del pavimento	71
4.4. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen izquierdo PROG 0+600 AL 0+800.....	72
4.4.1. Conteo de ensayos	72
4.4.2. Conteo de intervalos	73
4.4.3. Histograma de frecuencias.....	74
4.4.4. Nivel de servicio.....	74
4.4.5. Evaluación del pavimento	74
4.5. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen izquierdo PROG 0+800 AL 1+000.....	75
4.5.1. Conteo de ensayos	75



4.5.2. Conteo de intervalos	76
4.5.3. Histograma de frecuencias.....	77
4.5.4. Nivel de servicio	77
4.5.5. Evaluación de pavimento	77
4.6. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen izquierdo PROG 0+800 AL 1+000	78
4.6.1. Conteo de datos.....	78
4.6.2. Conteo de intervalos	79
4.6.3. Histograma de frecuencias.....	80
4.6.4. Nivel de servicio.....	80
4.6.5. Evaluación del pavimento	80
4.7. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen izquierdo PROG 1+000 AL 1+200	81
4.7.1. Conteo de datos.....	81
4.7.2. Conteo de intervalos	82
4.7.3. Histograma de frecuencias.....	83
4.7.4. Nivel de servicio.....	83
4.7.5. Evaluación del pavimento	83
4.8. Análisis de resultados para iri, psi y nivel de calificación del pavimento del jirón los naranjos	84
4.9. Descripción para el mantenimiento de la vía del jirón los naranjos	85
CONCLUSIONES.....	86



RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	99
Anexo 1: Matriz de consistencia	99
Anexo 2: Ensayos de laboratorio.....	100
Anexo 3: Panel fotográfico	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un pavimento.....	12
Figura 2 Propiedades generales de los pavimentos	14
Figura 3 partes de un pavimento flexible	16
Figura 4 Requerimiento de información para la evaluación de un pavimento	30
Figura 5 Situaciones de degradación del pavimento	34
Figura 6 IRI en pavimentos.....	36
Figura 7 medida del IRI	38
Figura 8 Perfilómetro laser.	39
Figura 9 Perfil de una carretera	40
Figura 10 Esquema de merlín.....	42
Figura 11 Medición rugosímetro merlín.....	43
Figura 12 desplazamientos promedio	44
Figura 13 Histograma de distribución de frecuencias	44
Figura 14 formato de trabajo rugosímetro Merlin	51
Figura 15 Nivelación de Merlin	53
Figura 16 Evaluación del índice de condición del pavimento – superficie asfáltica.....	58
Figura 17 Inicio de trabajos prog 0+000 al 0+200.....	62
Figura 18 Histograma de frecuencias	68
Figura 19 Nivel de servicio	68
Figura 20 Histograma de frecuencias	71



Figura 21 Histograma de frecuencias	74
Figura 22 Histograma de frecuencias	77
Figura 23 Histograma de frecuencias	80
Figura 24 Histograma de frecuencias	83



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables	7
Tabla 2 Causas de falla de un pavimento	35
Tabla 3 valores de PSI.....	45
Tabla 4 Clasificación cualitativa del PCI.....	57
Tabla 5 Resultado de PCI jirón los naranjos	60
Tabla 6 Conteo de ensayos	63
Tabla 7 Nivel de servicio	65
Tabla 8 Evaluación del pavimento	66
Tabla 9 Conteo de intervalos	67
Tabla 10 Nivel de servicio	71
Tabla 11 Conteo de intervalos	73
Tabla 12 Conteo de intervalos	76
Tabla 13 Conteo de intervalos	79
Tabla 14 Conteo de intervalos	82



RESUMEN

La investigación evaluó la condición superficial del pavimento flexible del Jirón Los Naranjos, en Juliaca, utilizando el rugosímetro MERLIN para medir la rugosidad y analizar el nivel de servicio. Se plantearon tres objetivos específicos: medir la rugosidad del pavimento, analizar su nivel de servicio y proponer un plan de mantenimiento y mejora. Los resultados mostraron que el pavimento presenta un estado de "regular" a "malo", con valores de rugosidad que afectan la comodidad y seguridad de los usuarios, evidenciando la necesidad de mantenimiento correctivo y preventivo.

La metodología empleó un enfoque cuantitativo con mediciones sistemáticas de rugosidad y evaluación del nivel de servicio a través de índices como el IRI (Índice de Regularidad Internacional) y PSI (Índice de Serviciabilidad Presente). En general, se identificaron tramos críticos que requieren atención inmediata, como el segmento 0+000 a 0+200, clasificado como "malo" debido a su alta rugosidad y bajo nivel de serviciabilidad.

En base a los hallazgos, se propuso un plan de mantenimiento que incluye bacheo profundo, sellado de grietas y microrrevestimientos, con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento, mejorar la calidad del tránsito y reducir los riesgos asociados al deterioro vial. Este trabajo subraya la importancia de diagnósticos técnicos precisos para optimizar recursos y garantizar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura vial en Juliaca.

Palabras claves: índice de regularidad internacional, evaluación de pavimento flexible



ABSTRACT

The research evaluated the surface condition of the flexible pavement on Jirón Los Naranjos, in Juliaca, using the MERLIN profilometer to measure roughness and analyze the level of service. Three specific objectives were established: to measure pavement roughness, analyze its service level, and propose a maintenance and improvement plan. The results showed that the pavement ranges from **"fair"** to **"poor"** condition, with roughness levels affecting user comfort and safety, highlighting the need for corrective and preventive maintenance.

The methodology employed a quantitative approach with systematic roughness measurements and service level evaluation using indices such as the IRI (International Roughness Index) and PSI (Present Serviceability Index). Critical sections requiring immediate attention were identified, such as the 0+000 to 0+200 segment, classified as **"poor"** due to its high roughness and low serviceability level.

Based on the findings, a maintenance plan was proposed, including deep patching, crack sealing, and micro-surfacing, aimed at extending the pavement's lifespan, improving traffic quality, and reducing risks associated with road deterioration. This study emphasizes the importance of precise technical diagnostics to optimize resources and ensure the functionality and safety of the road infrastructure in Juliaca.

Keywords: international regularity index, circle of sand, evaluation of flexible pavement



INTRODUCCIÓN

Dado que el comportamiento del pavimento flexible incide directamente en la seguridad, la comodidad y la eficacia del tráfico rodado, se considera uno de los elementos esenciales de las infraestructuras viarias. En el contexto de las zonas urbanas, la evaluación del comportamiento funcional del pavimento adquiere gran importancia para garantizar la longevidad de las carreteras y la calidad de los servicios que se prestan a los usuarios. El jirón Los Naranjos es una arteria vial de gran importancia en la ciudad de Juliaca, ya que conecta diversos lugares críticos de la ciudad, lo que facilita la fluidez del tránsito y el acceso a sectores residenciales y comerciales.

El paso del tiempo y el constante flujo vehicular han provocado un progresivo deterioro en el pavimento de la carretera generando efectos negativos tanto en la calidad de los desplazamientos como en la seguridad vial. La rugosidad superficial se constituye en un indicador fundamental que determina el nivel de confort y riesgo para los usuarios ya que las irregularidades en el pavimento incrementan la probabilidad de eventos no deseados. El aumento de las imperfecciones no solo genera incomodidad para los conductores sino que también eleva significativamente los riesgos de accidentes y los costos asociados al mantenimiento y reparación de la infraestructura vial. La degradación progresiva de la superficie de rodadura compromete la integridad del sistema de transporte exigiendo intervenciones técnicas oportunas para mitigar los potenciales impactos negativos en la movilidad y seguridad de los usuarios.



CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Exposición de la situación problemática

El Jirón Los Naranjos, una de las principales vías de Juliaca, ha experimentado un notable aumento en el tráfico vehicular debido a la expansión comercial y el crecimiento poblacional de la zona lo que ha ocasionado un uso intensivo del pavimento flexible de la carretera y un progresivo deterioro de su superficie, manifestándose en defectos que afectan la calidad de los desplazamientos y la seguridad de los usuarios de la vía uno de los problemas más significativos derivados de esta degradación es el aumento de la rugosidad del pavimento, ya que las irregularidades extremas no solo incrementan el riesgo de accidentes y dañan los vehículos, sino que también afectan el confort de los automovilistas, aumentan el consumo de combustible y aceleran el desgaste de los neumáticos, lo que genera mayores costos tanto para los conductores como para las autoridades responsables de la infraestructura sin embargo, no se ha realizado un diagnóstico técnico reciente que permita evaluar con precisión la cantidad de rugosidad del pavimento ni su impacto en la operación del Jirón Los Naranjos por lo que es crucial realizar una evaluación del rendimiento funcional de los pavimentos flexibles utilizando el rugosímetro Merlin que proporcionará mediciones exactas y objetivas de la rugosidad permitiendo conocer el grado de deterioro del pavimento y su impacto en la seguridad y comodidad de los usuarios. Con los datos adquiridos será posible elaborar planes de mantenimiento adecuados en la ciudad de Juliaca. Estos planes mejorarán la calidad de la



carretera, prolongarán su durabilidad y optimizarán tanto la fluidez del tráfico como la seguridad de la vía.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Interrogante general

¿Cuál será la condición superficial del pavimento flexible mediante rugosidad y nivel de servicio en el jirón los naranjos de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Interrogantes específicos

1. ¿Cuál es el nivel de rugosidad actual del pavimento del Jirón Los Naranjos, y cómo afectan las irregularidades superficiales a la comodidad y seguridad de los usuarios?
2. ¿Cuál es el nivel de servicio que actualmente ofrece el pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos, y qué áreas presentan deficiencias que afectan la capacidad, velocidad de operación y comodidad de los usuarios?
3. ¿Qué plan de mantenimiento en la rugosidad y el nivel de servicio del pavimento en el Jirón Los Naranjos de la ciudad de Juliaca?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación técnica

Es fundamental utilizar el Medidor de Rugosidad Merlin para realizar una evaluación del comportamiento funcional del pavimento flexible del Jirón Los Naranjos con el fin de conocer el estado real de la calzada, especialmente en lo que se refiere a su rugosidad. La rugosidad del firme influye directamente en el nivel de confort experimentado por los conductores, lo que conlleva un mayor desgaste del vehículo, consumo de combustible y probabilidad de accidentes. Es esencial garantizar la precisión de este diagnóstico técnico para identificar las regiones que han sufrido una degradación más significativa. Esto permitirá priorizar las actividades de mantenimiento y rehabilitación, es posible recoger mediciones objetivas que ofrezcan datos cuantitativos sobre la calidad del pavimento



mediante la utilización de equipos especializados como el rugosímetro Merlin con esto permite tomar decisiones a tiempo, con conocimiento de causa y capaces de mejorar las condiciones de transitabilidad y seguridad de la carretera.

Además, la realización de esta evaluación técnica tiene un efecto beneficioso en la gestión eficaz de los recursos que se destinan al mantenimiento de las infraestructuras viarias. Con una información precisa de la rugosidad del firme, será posible optimizar las operaciones correctivas, como el sellado de grietas o la restauración de las zonas más afectadas con esto, se evitarán gastos innecesarios y se prolongará la vida útil del pavimento. Este método preventivo no sólo mejora el estado del pavimento, sino que también mejora la seguridad vial al disminuir la probabilidad de accidentes que son causados por el deterioro de la carretera y mejorar toda la experiencia que tienen los usuarios del Jirón Los Naranjos.

1.3.2. Justificación económica

La utilización del Medidor de Rugosidad Merlin para la evaluación del pavimento flexible del Jirón Los Naranjos tiene importantes razones económicas. Los resultados de este examen permiten gestionar de forma más eficaz los recursos destinados a la reparación de carreteras. Cuando se priorizan las intervenciones correctivas en las regiones más afectadas por la degradación del pavimento, es posible evitar hacer reparaciones dispendiosas en lugares que no requieren atención inmediata. Esto es posible gracias a un conocimiento preciso de la rugosidad y el grado de deterioro del firme. Esta estrategia de mantenimiento de las infraestructuras viarias, basada en datos, ayuda a reducir los costes operativos y maximizar el uso de los recursos asignados al mantenimiento de las carreteras.

Además, es posible prevenir daños importantes en el pavimento que podrían dar lugar a costosas reparaciones en el futuro si el pavimento se evalúa correctamente y se mantiene en el momento adecuado. Cuando los defectos superficiales se tratan en una



fase temprana, puede evitarse una rápida degradación de la carretera, lo que a su vez prolonga la vida útil del firme y reduce la frecuencia con la que se requieren intervenciones sustanciales, aumenta la fluidez del tráfico y se reducen los gastos asociados a accidentes y atascos. Este método preventivo no sólo reduce los gastos directos relacionados con la restauración, sino que también mejora la eficacia del tráfico y la seguridad de las carreteras, lo que a su vez tiene un buen efecto en la economía del municipio circundante.

1.3.3. Justificación Social

La evaluación de la calidad superficial del pavimento flexible del Jirón Los Naranjos, que incluye mediciones de rugosidad y nivel de servicio, es de suma importancia para la comunidad. Esta calle es esencial para el transporte urbano, y el hecho de que se encuentre en buen estado garantiza la seguridad y comodidad de miles de personas que la utilizan habitualmente. Gracias a un pavimento de calidad, se reducen los tiempos de viaje, disminuyen los gastos asociados al mantenimiento del automóvil y aumenta la accesibilidad. Esto es especialmente beneficioso para las personas que dependen del transporte público. Además, mejora la calidad de vida de los habitantes locales y contribuye al crecimiento de la economía local al reducir la probabilidad de accidentes y mejorar la eficiencia del tráfico y el transporte. Por todo ello, garantizar que el pavimento se mantiene en el mejor estado posible no sólo satisface los requisitos de la parte técnica, sino que también demuestra una dedicación al bienestar y el progreso social de los habitantes de Juliaca.

1.3.4. Justificación ambiental

Por su contribución a una gestión más sostenible de los recursos viales y a la reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente, la evaluación del comportamiento funcional del pavimento flexible del Jirón Los Naranjos mediante el Medidor de Rugosidad Merlin tiene al mismo tiempo una importante justificación medioambiental. Al identificar con precisión las partes del pavimento que requieren



mantenimiento, es posible realizar a tiempo intervenciones menos intrusivas. Esto elimina la necesidad de reparaciones costosas, que podrían implicar un uso excesivo de materiales y recursos naturales. Esto contribuye a la reducción de la huella ecológica asociada con la construcción y el mantenimiento de infraestructuras viales.

Además, el mantenimiento preventivo y la rehabilitación de pavimentos mediante un enfoque basado en la medición de la rugosidad pueden prolongar la vida útil de las vías, reduciendo la necesidad de nuevas obras de gran envergadura que impliquen la extracción de materiales, la generación de residuos y la alteración de ecosistemas cercanos. De esta manera, la utilización de tecnologías como el Rugosímetro Merlín no solo mejora las condiciones de tránsito, sino que también promueve un enfoque más responsable con el medio ambiente, favoreciendo la eficiencia en el uso de los recursos y minimizando el impacto ambiental de las intervenciones viales.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la condición superficial del pavimento flexible del jirón los naranjos en la ciudad de Juliaca mediante la medición de la rugosidad y el análisis del nivel de servicio

1.4.2. Objetivos específicos

1. Medir la rugosidad del pavimento del Jirón Los Naranjos utilizando métodos y equipos estandarizados, para cuantificar las irregularidades superficiales y su impacto en la comodidad y seguridad de los usuarios.
2. Analizar el nivel de servicio del pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos, evaluando parámetros como la capacidad, velocidad de operación y comodidad del usuario, para identificar áreas críticas que requieran intervención.
3. Proponer un plan de mantenimiento y mejora basado en los resultados de la medición de rugosidad y el análisis del nivel de servicio, con recomendaciones



específicas para prolongar la vida útil del pavimento y mejorar las condiciones de tránsito en el Jirón Los Naranjos.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La condición superficial del pavimento flexible del jirón los naranjos en la ciudad de Juliaca, evaluada mediante rugosidad y nivel de servicio, revela que las deficiencias actuales en el pavimento afectan significativamente la calidad del tránsito y la seguridad vial

1.5.2. Hipótesis específicas

1. La rugosidad del pavimento del Jirón Los Naranjos es significativamente alta en varias secciones, lo que afecta negativamente la comodidad de los usuarios y aumenta los tiempos de viaje y los costos de mantenimiento vehicular.
2. El nivel de servicio del pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos está por debajo de los estándares óptimos, debido a la alta rugosidad y al deterioro de la superficie, lo que reduce la capacidad de la vía y la velocidad de operación segura.
3. La implementación de un plan de mantenimiento y mejora basado en la evaluación de la rugosidad y el nivel de servicio del pavimento resultará en una reducción significativa de las irregularidades superficiales y una mejora sustancial en el nivel de servicio, optimizando así la seguridad y eficiencia del tránsito en el Jirón Los Naranjos.

1.6. Variables e indicadores

VARIABLE DEPENDIENTE:

NIVEL DE SERVICIO DEL PAVIMENTO JIRON LOS NARANJOS



Indicadores:

- REGULARIDAD DEL PAVIMENTO
- ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

VARIABLE INDEPENDIENTE:

RUGOSIDAD E ÍNDICE DE CALIDAD DEL PAVIMENTO

Indicadores:

- Relación confort
- Seguridad del pavimento
- Análisis situacional y actual de la superficie del pavimento
- Capacidad de rozamiento superficial como medida de seguridad vial

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de las variables

VARIABLES	ÍNDICES / INDICADORES	METODOLOGÍA
VARIABLE DEPENDIENTE:	Rugosímetro Índice Regularidad Internacional IRI Tipos de fallas	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Explicativo. Tipo: Analítico
PAVIMENTO		
VARIABLE INDEPENDIENTE:	Análisis situacional y actual de la superficie del pavimento Capacidad de rozamiento superficial como medida de seguridad vial	INSTRUMENTOS Índice de Rugosidad Internacional IRI. Medidor de Rugosidad Circulo de Arena

Nota: elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Según Garnica Anguas (2018), el transporte por carretera constituye el motor principal de la actividad nacional en nuestro país, destacando la importancia crítica de su eficiencia. La red vial facilita el movimiento del 80% de las cargas y el 98% de los pasajeros, promoviendo el desarrollo comercial, social e industrial. Mantener esta infraestructura requiere un programa de mantenimiento ajustado a las necesidades y recursos disponibles, además de un proceso continuo de filtrado de información relevante para las decisiones en materia de mantenimiento de la red.

Mauricio Pradena (2016) investiga la rugosidad como uno de los factores más críticos en caminos sin pavimentar, dado su impacto en los costos operativos y la percepción de los usuarios. Se realizaron levantamientos topográficos en varios caminos para establecer correlaciones entre la rugosidad y sus características. Se utilizó el rugosímetro MIS II para medir objetivamente la rugosidad, proporcionando así una base empírica para proponer un nuevo enfoque en la contratación de la conservación basado en mediciones de rugosidad.



González Muñoz (2019) explica que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), propuesto por el Banco Mundial en 1982, se ha convertido en un estándar para medir la calidad de las carreteras. Aunque inicialmente utilizado en carreteras, su aplicación se ha extendido a vías urbanas, que presentan características particulares como intersecciones, accesos y variaciones en el tránsito. En Bogotá, la medición del IRI en la red vial principal enfrenta problemas debido a la falta de tramos homogéneos y continuos, complicando el cumplimiento de los umbrales exigidos por las autoridades viales.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Lluncor Gallo y Salcedo Barrios (2018), en su investigación, proponen una alternativa de gestión para asegurar que los niveles de servicio del pavimento se mantengan durante el estado de conservación de la carretera, reduciendo así los costos futuros. Utilizando datos de 2010 a 2015, destacan que la falta de un plan adecuado de conservación conduce al deterioro prematuro del pavimento, resultando en un ciclo vicioso de construcción, abandono, destrucción y reconstrucción de las redes viales concesionadas.

Varas Navas (2021) investiga el estado superficial del pavimento flexible en las cuadras 5, 6 y 7 de la calle Pablo Rossell en Iquitos, utilizando el rugosímetro de Merlín como herramienta principal. El estudio, de naturaleza descriptiva-aplicativa y diseño no experimental con enfoque cualitativo, reveló que el pavimento en estas cuadras exhibe niveles de rugosidad que superan los límites aceptables. Según el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), los valores oscilan entre 7.24 y 8.75 metros por kilómetro, indicando un deterioro significativo del pavimento, especialmente notable en la cuadra 5 según el método PCI.

Sangay Cusquisibán (2019) busca determinar el Nivel de Servicio en la Avenida Hoyos Rubio, Cajamarca, utilizando el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) medido con el equipo Merlín. La vía, parte de la Red Nacional (Ruta 3N) y con un IMD de 7218 vehículos, fue estudiada mediante inspección visual, levantamiento topográfico y medición



de irregularidades cada 2 metros en muestras de 400 metros. También se midió el tráfico conforme a las normas del MTC. Finalmente, se calculó el IRI para los cuatro carriles.

Carhuapoma Carlos (2019) describe que a pesar de que los pasajeros han expresado su insatisfacción con la calidad del viaje, parece que no está claro el grado de servicio que presta la ruta entre Cerro de Pasco y Yanahuanca. Debido a que esta carretera es esencial para el crecimiento de la región, es vital realizar una evaluación de su estado actual. En este estudio se utilizará el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y el Índice de Servicio Actual (ISP) para determinar el grado de servicio que posee el pavimento flexible de esta carretera en el año 2019. Para la obtención de los valores de IRI y PSI, los datos fueron obtenidos utilizando el rugosímetro MERLIN, y posteriormente fueron procesados mediante procedimientos matemáticos y estadísticos.

2.1.3. Antecedentes locales

Rivera Huayhua (2023) estudió la avenida Héroes de la Guerra del Pacífico en Juliaca, utilizando el rugosímetro Merlin para medir el índice de serviciabilidad del asfalto. El objetivo principal fue comprender el funcionamiento del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Se realizaron mediciones en cuatro muestras a lo largo de la vía: la muestra 01 tuvo un IRI de 6.34 m/km, la muestra 02 un IRI de 4.32 m/km, la muestra 03 un IRI de 3.78 m/km y la muestra 04 un IRI de 3.61 m/km. Además, el estudio de tráfico reveló un ESAL de 2.12E+07, indicando un alto volumen de tránsito.

Capia Mamani (2020) menciona que según los resultados de su investigación, la construcción de carreteras asfaltadas está orientada principalmente a acomodar un nivel de tráfico de vehículos pesados superior a la media. La carretera asfaltada que une Puno, Tiquillaca y Vilque se construyó pensando en un bajo flujo de vehículos. Sin embargo, debido a su ventajosa ubicación, ha estado sometida a un considerable tráfico de vehículos, lo que ha provocado su rápido deterioro. Estos vehículos de gran tamaño transportan mercancías desde la zona sur de Puno hasta Arequipa. Esta investigación se centra en un análisis exhaustivo de las razones que han contribuido a este deterioro en el



año 2018. Definir las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la base de la carretera, así como evaluar las características del tránsito vehicular en la vía, son los objetivos específicos que se cumplirán.

Según Paricahua Chaiña (2023), Su investigación indaga sobre la relación entre el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y el Índice de Estado del Pavimento (ICP) en los pavimentos primarios del recinto amurallado de San Miguel, ubicado en la provincia de San Román. El propósito de este trabajo es compilar una base de datos sobre el estado del pavimento. empleando un enfoque cuantitativo y analítico, manteniendo un nivel descriptivo, y empleando un diseño que no es experimental., se emplearon técnicas como "Tablas Cruzadas" y "Alfa de Cronbach" para evaluar la fiabilidad del proyecto.

Paricahua Chaiña (2023) reveló que las avenidas 3 de Octubre y Manco Cápac, con índices de PCI de 64.92 y 62.70 respectivamente, se clasificaron como 'buenas'. En contraste, las avenidas Infancia y Triunfo, con índices de PCI de 54.88 y 54.85, se consideraron 'regulares'. En total, se evaluaron 4.1 kilómetros de pavimento flexible en 63 unidades de muestra en San Miguel. Los resultados indicaron un estado 'regular' del pavimento. El análisis del IRI mostró que la avenida 3 de octubre obtuvo un IRI de 3.20 (bueno), Manco Cápac de 3.20 (bueno) y 2.94 (muy bueno), e Infancia de 4.73 (malo).

2.2. Marco teórico

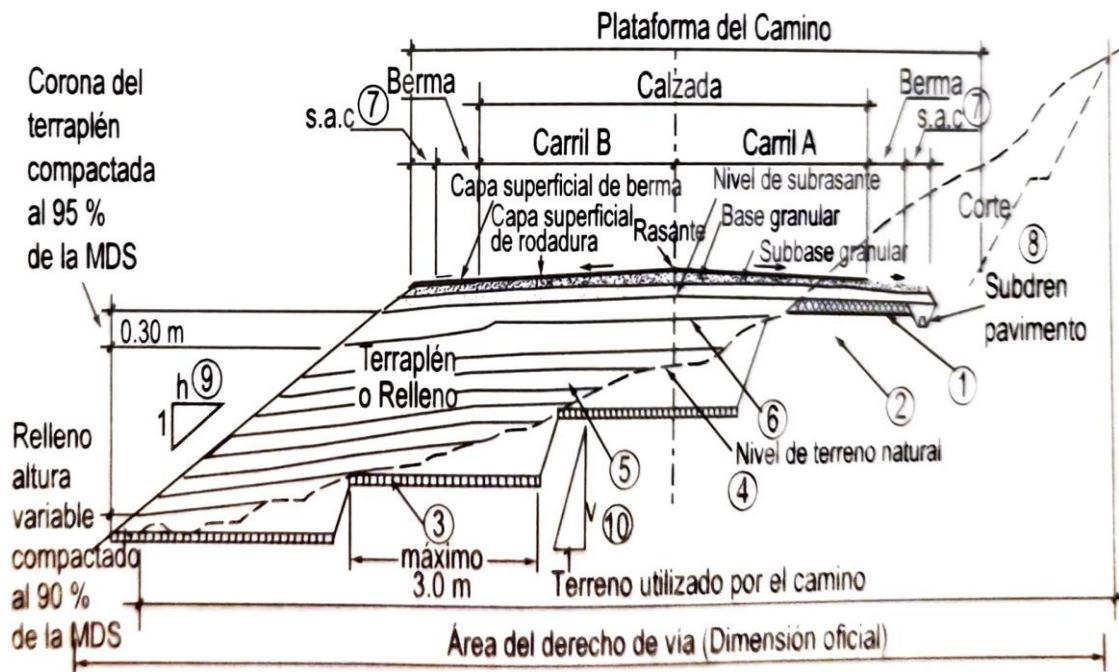
2.2.1. Pavimento

Montejo (2022) describe que un pavimento está compuesto por varias capas apiladas uniformemente, hechas de materiales adecuados y compactadas para transmitir eficientemente las cargas del tráfico vehicular. Su propósito es mantener y optimizar la superficie mediante la adición de una capa de material, protegiendo la base de los efectos climáticos y ambientales, y proporcionando una superficie duradera y resistente. Los pavimentos, que se utilizan en zonas como carreteras, aparcamientos, aeropuertos y patios, pueden constar de capas como una base de grava, una subbase de piedra triturada,

una base de asfalto y una capa superior de asfalto u otro material, independientemente de la finalidad para la que se utilicen.

Figura 1

Partes de un pavimento



Nota: manual de la construcción ICG

Según el MTC (2014), describe Al cabo de diez años, las rutas con menos tráfico y superficies más rugosas podrán gestionar hasta 300.000 EE. Estas carreteras pueden desglosarse en numerosos tipos, como caminos de tierra mejorados con grava, caminos de grava pavimentados con materiales naturales generados a partir del petróleo, caminos sin pavimentar pavimentados con materiales derivados de canteras y caminos tratados con materiales industriales.

2.2.2. Vida útil de los pavimentos

Dependiendo del tipo de pavimento, las condiciones meteorológicas, la cantidad de tráfico y el mantenimiento que se realice, la vida útil de los pavimentos puede variar. Los pavimentos flexibles, como los de asfalto, suelen tener una vida útil de entre 15 y 30 años; sin embargo, si se mantienen adecuadamente, los pavimentos de hormigón duro pueden

tener una vida útil superior a 30 años. Hay una serie de factores que influyen directamente en su durabilidad, como el volumen de tráfico, especialmente de camiones grandes, las duras condiciones meteorológicas y la calidad de los materiales utilizados. Al prolongar la vida útil del pavimento y reducir la necesidad de intervenciones costosas, un mantenimiento preventivo adecuado, que incluya la reparación de grietas y la corrección de la rugosidad, puede mejorar eficazmente tanto la seguridad del tráfico como la eficiencia del sistema de transporte.

2.2.3. Funciones de un pavimento

El pavimento cumple una función fundamental en las infraestructuras de transporte, constituyéndose como un elemento estructural clave para la movilidad. Su diseño técnico busca proporcionar una superficie continua, resistente y segura para la circulación vehicular, la capa base del pavimento desempeña un papel primordial en la estabilidad estructural, ejecutando dos acciones críticas: la distribución uniforme de las cargas provocadas por el tránsito y la protección de la subrasante frente a la penetración de agua. Mediante la dispersión estratégica de los esfuerzos mecánicos, este componente estructural logra prevenir potenciales deformaciones y mitigar el riesgo de colapsos estructurales, garantizando la integridad y funcionalidad de la infraestructura vial., mientras que su capacidad de barrera hídrica impide la penetración de agua, mitigando riesgos de asentamiento y deterioro de la resistencia del suelo subyacente.

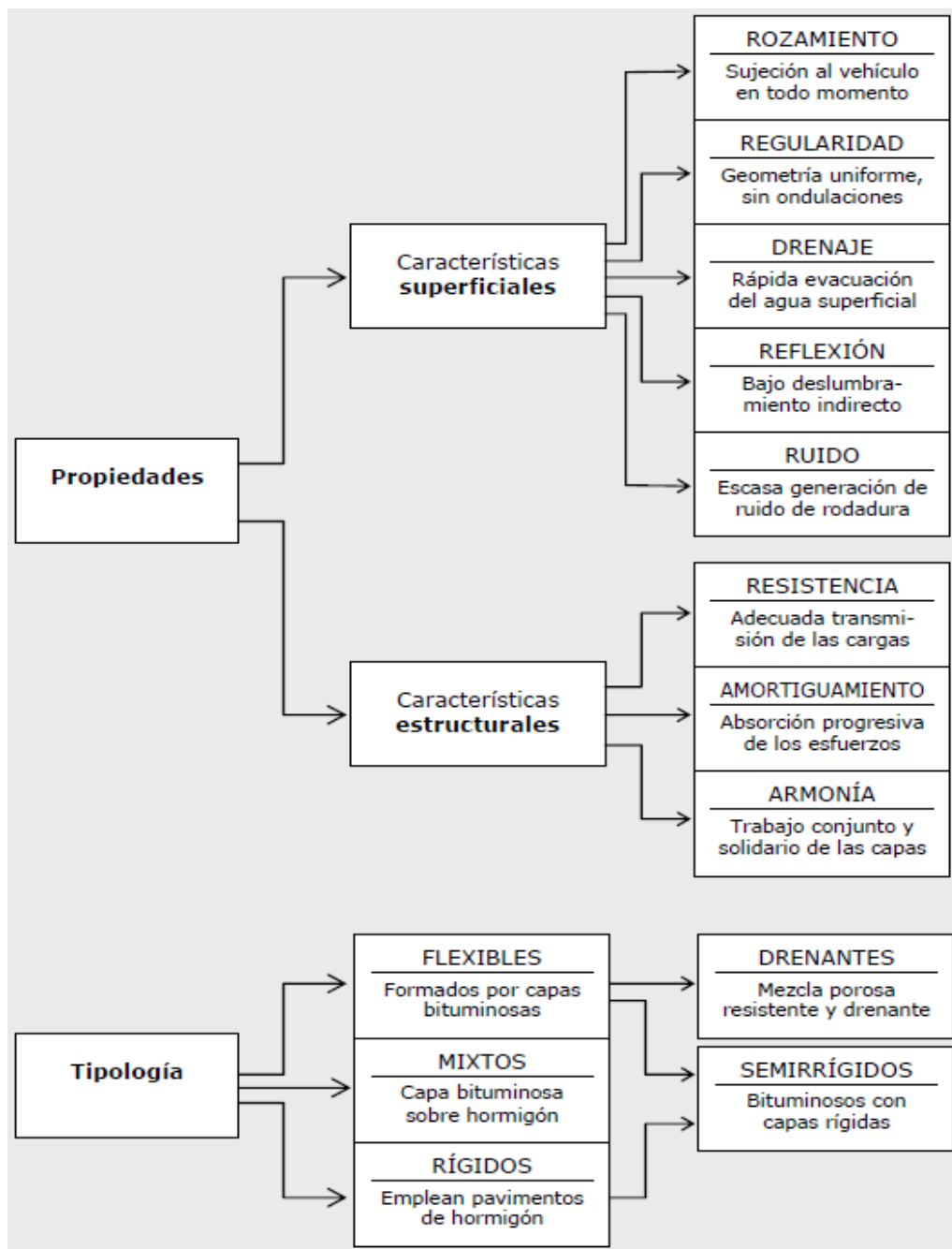
En consecuencia, esto no sólo reduce los gastos asociados al mantenimiento de las carreteras, sino que también garantiza la eficacia y longevidad de la red viaria. Al garantizar que las carreteras sean seguras, fiables y capaces de hacer frente a las exigencias del tráfico moderno, estas tareas suponen en conjunto una contribución sustancial al crecimiento tanto de la economía como de la sociedad.

Montejo (2022) Con el fin de proporcionar a los usuarios una conducción segura y agradable y satisfacer sus requisitos de consistencia y protección contra impactos, lo que redujo los costes de explotación de los vehículos, el tiempo de viaje y los accidentes,

además de reducir los costes de mantenimiento, y también mejoró el entorno de los transportes y eventos al proporcionar una superficie ideal para mover, almacenar o transportar objetos de forma eficiente y eficaz, se consiguió un buen pavimento. Se tuvo en cuenta que había sido esencial garantizar que el pavimento fuera apto para el uso de vehículos en todas las condiciones meteorológicas.

Figura 2

Propiedades generales de los pavimentos



Nota: (Bañon Blazquez, 2018)

2.2.4. Pavimento flexible

Para (Montejo Fonseca, 2002), Una forma de pavimento se conoce como pavimento flexible, y se compone de muchas capas de materiales granulares con ligantes asfálticos dentro de cada capa. Debido a su flexibilidad, estas capas están destinadas a dispersar las cargas provocadas por el tráfico de automóviles hacia el subsuelo, absorbiendo y aliviando así las tensiones que allí existen. La capacidad de los pavimentos flexibles para ajustarse a las deformaciones sin romperse es una de sus características definitorias. Esta característica les permite tener la capacidad de resistir el tráfico repetido y las fluctuaciones climáticas.

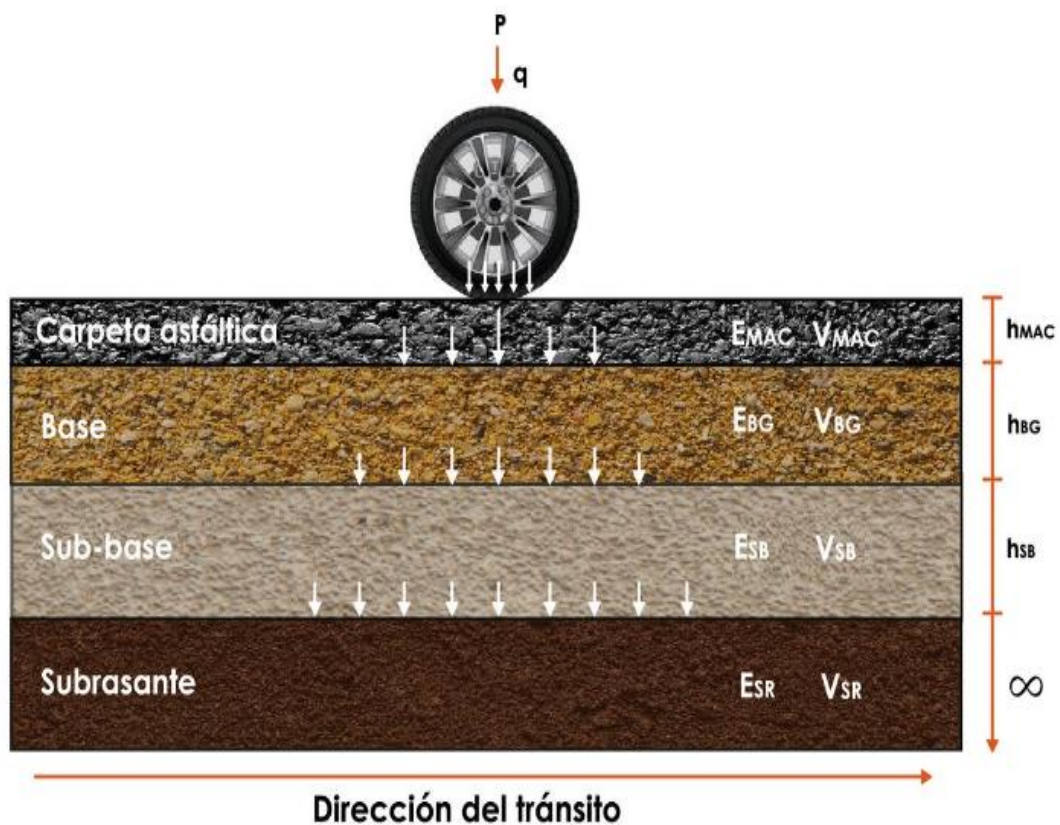
Lo que distingue a un pavimento flexible de otros tipos de calzadas es una estructura formada por numerosas capas que colaboran para repartir las cargas del tráfico. La sub-base, la base, y una o más capas de asfalto son las que se incluyen en estas capas. Dado que cada una de estas capas está destinada a soportar y dispersar las presiones, ayuda a evitar la acumulación de tensiones en un único punto, lo que a su vez contribuye a que el pavimento pueda durar más tiempo. Gracias a la flexibilidad de estas capas, el pavimento es capaz de adaptarse incluso a deformaciones mínimas del terreno, lo que se traduce en un aumento tanto de su resistencia como de su longevidad.. (Montejo Fonseca, 2002)

Desde un punto de vista teórico, los pavimentos flexibles son ventajosos para las carreteras que soportan un tráfico muy variado, por su capacidad para absorber y dispersar el peso de los vehículos sin causar grandes daños. En comparación con otras variedades de pavimento, como los pavimentos rígidos, este tipo de pavimento también es más sencillo de reparar y mantener a lo largo de su vida útil, sin embargo, en general, se emplean materiales como áridos y mezclas asfálticas, ya que proporcionan una gran resistencia y durabilidad. La composición de las capas puede variar en función de los requisitos específicos de la carretera, pero en general se utilizan este tipo de sustancias. Además, por su capacidad para ajustarse a diversas circunstancias climatológicas y de tráfico, es

una alternativa versátil que suele utilizarse en la construcción de infraestructuras automovilísticas. (Montejo Fonseca, 2002)

Figura 3

partes de un pavimento flexible



Nota: Soria Salazar 2019

2.2.5. Capa de rodadura en pavimentos

Cuando un pavimento está directamente en contacto con el tráfico de automóviles, la superficie superior del pavimento se denomina capa de rodadura. Su objetivo principal es ofrecer una superficie que no sólo sea lisa, sino también segura y duradera para que los coches circulen sobre ella. Esta capa también debe ser capaz de soportar los impactos de las cargas de tráfico, el clima y el desgaste por fricción. En la mayoría de los casos, se compone de mezclas asfálticas; pero, dependiendo del diseño del pavimento y de las condiciones en que se utilice, también puede contener hormigón u otros materiales.



Desde una perspectiva teórica, la capa de rodadura debía cumplir con diversas características técnicas para ser eficaz. En primer lugar, debía presentar una alta resistencia al deslizamiento, proporcionando la fricción necesaria para la seguridad de los vehículos, especialmente en condiciones húmedas. Esta rugosidad de la superficie se desarrolló con la intención de mejorar el contacto entre el neumático y la carretera, disminuyendo así la probabilidad de que se produjeran accidentes. Otra función importante era la impermeabilización, que impedía que el agua penetrara en las capas más profundas del pavimento, así se protegía la estructura de la carretera de daños causados por baches y hundimientos. La durabilidad de la capa de rodadura también era un componente esencial, ya que debía ser capaz de soportar el desgaste causado por la fricción continua. Para ello era necesario utilizar materiales de alta calidad y técnicas de construcción adecuadas.

Era necesario examinar la capa de rodadura desde un punto de vista económico, además de analizar sus aspectos técnicos. El objetivo era establecer un equilibrio entre el coste original y los gastos de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Un diseño adecuado permite minimizar la frecuencia de las reparaciones indispensables, así como el coste de las mismas, lo que a su vez aumenta la rentabilidad del firme. La capa de rodadura también contribuyó a reducir el ruido del tráfico al utilizar texturas superficiales destinadas a minimizar el ruido generado por el contacto entre los neumáticos y el pavimento. El resultado fue una mejora de la calidad de vida tanto en las zonas urbanas como en las residenciales. Era vital mantener el control de calidad durante todo el proceso de construcción para garantizar su rendimiento. Esto incluía la supervisión de la mezcla asfáltica, la temperatura de aplicación y el proceso de compactación. Además, la capa de rodadura debía poder ajustarse a diversas circunstancias climáticas, y era necesario elegir materiales que le permitieran mantener su funcionamiento e integridad original incluso en zonas donde se registrarán temperaturas extremadamente altas. Requería inspecciones rutinarias y reparaciones oportunas, como el sellado de grietas, el reasfaltado de las partes



desgastadas y la aplicación de tratamientos superficiales para restaurar la fricción y la impermeabilidad, lo que podría aumentar considerablemente la vida útil del pavimento. En términos de mantenimiento, era necesario realizar estas tareas.

2.2.6. Ciclo de vida de un pavimento

Menéndez (2003) El ciclo de vida de un pavimento comprende varias etapas desde su planificación hasta su eventual rehabilitación o reemplazo. A continuación, se describen estas etapas teóricamente:

1. Planificación y Diseño

El ciclo de vida de un pavimento comienza con la fase de planificación y diseño, que es el paso inicial. En esta fase se llevan a cabo estudios de tráfico, investigaciones sobre el suelo y evaluaciones medioambientales para establecer el tipo de pavimento más adecuado en general. Al diseñar las capas del pavimento, se tienen en cuenta la capacidad de carga, la durabilidad y el coste. Para garantizar que el pavimento siga funcionando al máximo nivel durante toda su vida útil, los materiales utilizados se seleccionan de forma que cumplan los criterios técnicos exigidos.

2. Construcción

Tanto la preparación del terreno como la colocación de las numerosas capas que componen el pavimento son actividades que tienen lugar durante la fase de construcción del pavimento. En esta fase se incluye la excavación, la instalación de la subbase y la base y, finalmente, la colocación de la capa de rodadura. Se utilizan maquinaria y métodos específicamente diseñados para garantizar que cada capa se compacta de forma adecuada y que el pavimento satisface los criterios de calidad y durabilidad.

3. Operación y Uso

Una vez instalado, el pavimento entrará en la fase de explotación y uso, durante la cual deberá soportar el tráfico diario de vehículos. Esta fase, que puede



prolongarse varios años, sirve para evaluar el comportamiento del pavimento mediante el control continuo de características como la resistencia al deslizamiento, la deformación y el desgaste. El objetivo de esta evaluación es decidir si es necesaria o no una reparación. La duración de esta fase dependerá en gran medida de las características de la estructura y de los materiales utilizados.

4. Mantenimiento Preventivo

Para prolongar la vida útil del pavimento, el mantenimiento preventivo es muy necesario, el sellado de grietas, la impermeabilización y las reparaciones menores son algunas de las acciones más importantes que requiere este procedimiento el uso de estos tratamientos ayuda a evitar que pequeños desperfectos se conviertan en problemas graves en el futuro. Esto puede lograrse realizando un mantenimiento rutinario del pavimento, que lo mantendrá en buen estado y evitará la necesidad de reparaciones más costosas.

5. Mantenimiento Correctivo

Este paso implica reparaciones más extensas, como la repavimentación de zonas dañadas o la reparación de deformaciones sustanciales, pueden incluirse reparaciones adicionales y debe restablecerse el rendimiento del pavimento mediante la aplicación de mantenimiento correctivo para garantizar la seguridad de quienes utilizan la carretera, este paso se inicia a medida que el pavimento envejece y experimenta daños estructurales cada vez mayores. En general, este tipo de mantenimiento es más caro y perturbador que el que se realiza para evitar que se produzcan problemas.

6. Rehabilitación

La rehabilitación de pavimentos se lleva a cabo cuando el pavimento ha sufrido una degradación severa y el mantenimiento correctivo ya no es capaz de restaurar su estado anterior en situaciones como ésta, la rehabilitación puede implicar el fresado y la sustitución de la capa superficial del pavimento, o incluso la



reconstrucción de varias capas del pavimento, con el objetivo de prolongar considerablemente el tiempo durante el cual el pavimento puede utilizarse para el fin previsto. Es posible que el rendimiento global del pavimento mejore con la utilización de este método.

7. Reemplazo

Es inevitable que llegue un momento en que la restauración ya no sea posible y, en ese momento, el pavimento deberá ser sustituido por completo. Durante el proceso de sustitución, se retira el pavimento actual y se construye uno completamente nuevo desde cero. A pesar de que se trata de la fase más costosa y perturbadora del ciclo de vida del pavimento, es muy necesaria para garantizar que la red de carreteras se mantiene en la mejor forma posible. El procedimiento de sustitución del pavimento supone el inicio de un nuevo ciclo de vida para el producto pavimentado.

8. Evaluación y Retroalimentación

La evaluación y la retroalimentación del firme se incluyen en la última fase del ciclo de vida de un firme. Con el fin de evaluar el comportamiento del firme y mejorar los futuros diseños y procedimientos de mantenimiento, se analizan los datos adquiridos a lo largo de todas las fases anteriores. La retroalimentación permite realizar ajustes en las técnicas de construcción y mantenimiento, lo que a su vez optimiza la longevidad y el rendimiento de los futuros pavimentos.

2.2.7. Ciclo de vida deseable del pavimento

Para (Menéndez, 2003) Para que un pavimento tenga un ciclo de vida deseable, primero debe someterse a una planificación y un diseño minuciosos, y después debe construirse con una alta calidad. El mantenimiento preventivo debe realizarse con regularidad mientras el sistema esté en funcionamiento para evitar una degradación prematura. Es necesario realizar un mantenimiento correctivo del pavimento a medida que



envejece para remediar daños más importantes. En algún momento en el futuro, podría ser necesaria una rehabilitación significativa para restablecer su funcionamiento. Por último, cuando el pavimento ha llegado al final de su vida útil, se sustituye totalmente. Esto se hace para repetir el ciclo y garantizar que la infraestructura vial sea duradera y eficaz. (p.46).

2.2.8. Elementos que integran un pavimento flexible

Para (Coronado, 2002) Para construir un pavimento flexible se utilizan varias capas de materiales. Estas capas deben colaborar entre sí para dispersar adecuadamente las cargas de tráfico a la subrasante. Además, tanto la utilidad como la longevidad del pavimento se ven reforzadas por las funciones únicas que desempeña cada capa. A continuación, se ofrece una explicación detallada de los componentes de un pavimento flexible, así como de las funciones que desempeñan.

1. Capa de Rodadura

Descripción: La capa de rodadura es la capa superficial del pavimento, en contacto directo con el tráfico vehicular.

Materiales: Generalmente está compuesta de una mezcla asfáltica que incluye agregados y un ligante bituminoso.

Funciones:

Proveer una superficie de rodadura suave y segura.

Resistir el desgaste por el tráfico y las condiciones climáticas.

Proteger las capas subyacentes de la infiltración de agua y agentes atmosféricos.

Mejorar la tracción y reducir el ruido generado por los vehículos.

2. Capa Intermedia (Binder)

Descripción: La capa intermedia se encuentra entre la capa de rodadura y la base, proporcionando soporte estructural adicional.



Materiales: Compuesta por una mezcla asfáltica con agregados de tamaño medio y un ligante bituminoso.

Funciones:

Distribuir las cargas del tráfico hacia las capas inferiores.

Aumentar la durabilidad del pavimento reduciendo el riesgo de formación de grietas.

Actuar como una barrera adicional contra la infiltración de agua.

3. Capa Base

Descripción: La capa base es crucial para el soporte estructural del pavimento, proporcionando la mayor parte de la resistencia necesaria.

Materiales: Se compone de agregados granulares o estabilizados con cemento o asfalto.

Funciones:

Distribuir las cargas del tráfico de manera uniforme hacia la subbase.

Mejorar la capacidad de soporte del pavimento.

Facilitar el drenaje interno del pavimento, evitando la acumulación de agua que puede debilitar la estructura.

4. Capa Subbase

Descripción: La capa subbase se coloca debajo de la base, proporcionando soporte adicional y mejorando las condiciones de drenaje.

Materiales: Generalmente está hecha de agregados de menor calidad en comparación con la base.

Funciones:

Distribuir las cargas hacia la subrasante de manera efectiva.



Actuar como una capa de drenaje para prevenir la acumulación de agua en la subrasante.

Proveer soporte estructural adicional para las capas superiores.

5. Subrasante

Descripción: La subrasante es el suelo natural sobre el cual se construyen las demás capas del pavimento.

Materiales: Suelo natural, generalmente compactado para mejorar su capacidad de soporte.

Funciones:

Proporcionar el soporte fundamental para todas las capas superiores del pavimento.

Distribuir las cargas de tráfico hacia el terreno natural.

Prevenir la deformación y el asentamiento del pavimento mediante una adecuada preparación y compactación.

2.2.8.1. Sub-rasante:

La capa de suelo natural que se utiliza como base sobre la que se construye un pavimento se denomina subrasante. Además de proporcionar al pavimento un soporte estructural, esta capa es responsable de distribuir las cargas de tráfico a las capas situadas por debajo de ella debido a que tiene un impacto directo en la longevidad y el rendimiento del pavimento, es de suma importancia que la subrasante tenga suficiente capacidad portante y estabilidad, a menudo se llevan a cabo tratamientos de compactación y estabilización para mejorar sus cualidades que aseguran que las capas superiores del pavimento tengan una base fuerte y consistente sobre la que construir. (Coronado, 2002, pág. 77).



2.2.8.2. Subbase:

Para Coronado (2002) explica que es una capa intermedia que se sitúa entre la subrasante, que es el suelo natural, y la base del pavimento se denomina subbase del pavimento y es la principal responsable de proporcionar un soporte adicional y mejorar la capacidad de carga del pavimento mediante la distribución de las cargas de tráfico a la subrasante de una manera más nivelada. Los materiales granulares, como la grava o la piedra triturada, se utilizan normalmente para constituir la subbase, estos materiales se compactan para crear una base sólida y resistente. Oayudan a mejorar el drenaje del agua, lo que a su vez preserva las capas superiores del pavimento y prolonga la vida útil de la infraestructura. (p. 77).

2.2.8.3. Base granular:

Coronado (2002) Es la capa situada entre la subbase y la capa de rodadura que constituye la base de un pavimento. Proporcionar soporte estructural y distribuir las cargas de tráfico a la subbase y a la capa de rodadura es la finalidad principal de este componente estructural. Los materiales granulares compactados, como la grava triturada, o los elementos estabilizados con cemento o asfalto son los componentes que forman esta sustancia. Esta capa es esencial para la estabilidad y durabilidad del pavimento, ya que debe ser lo suficientemente robusta y uniforme como para soportar las cargas que se le aplican y evitar deformaciones que puedan repercutir en el comportamiento y la vida útil del pavimento.. (p. 78).

2.2.8.4. Superficie de rodadura o carpeta asfáltica:

(Coronado, 2002) La capa superior de un pavimento flexible se denomina superficie de rodadura, que a veces recibe el nombre de ligante asfáltico. Esta capa está destinada a estar en contacto directo con el tráfico que contienen los vehículos. Esta capa, que se compone de una combinación de agregados minerales y un ligante asfáltico, ofrece una superficie que es robusta, duradera y suave. Es capaz de soportar

el desgaste provocado por el tráfico continuo y las inclemencias meteorológicas. Además de preservar las capas subyacentes del pavimento de la penetración del agua y de los daños causados por los agentes atmosféricos, su principal objetivo es garantizar que los automóviles disfruten de una conducción segura y agradable. Para garantizar la durabilidad y el funcionamiento eficaz de la infraestructura de mantenimiento de carreteras, es fundamental que la capa asfáltica se aplique de la forma adecuada. (p.78).

2.2.9. Comportamiento estructural de los pavimentos.

Para (Leguía y Pacheco, 2016) explica que cuando hablamos del comportamiento estructural de los firmes, nos referimos a cómo responden a las cargas provocadas por el tráfico rodado y las condiciones ambientales a lo largo de su vida útil. Los siguientes elementos clave son los responsables de determinar este comportamiento:

Distribución de Cargas:

Los pavimentos se construyen de forma que puedan transferir las cargas del tráfico uniformemente a través de sus distintos niveles y hasta la subrasante. Esta distribución es esencial para evitar deformaciones excesivas y fallos estructurales; las capas superiores, como el ligante asfáltico, son las que absorben el impacto directo del tráfico y luego lo distribuyen a las capas inferiores. Esto ayuda a reducir la tensión superficial y a prolongar la vida útil del pavimento.

Resistencia y Durabilidad:

La capacidad de un pavimento para soportar las cargas del tráfico y los impactos del medio ambiente dependía de la calidad de las capas que lo componían y de la correcta construcción de esas capas. Mientras que el ligante asfáltico debía ser resistente al desgaste y a la deformación plástica, las capas inferiores debían ser capaces de ofrecer un soporte suficiente y garantizar la conservación de la integridad estructural del pavimento. La capacidad del pavimento para resistir los daños causados por las heladas y el agua de penetración era otro factor que contribuía a su resistencia.

Deformación y Fatiga:



Los pavimentos están expuestos a repetidos ciclos de carga y descarga como consecuencia del paso frecuente de vehículos. Estos ciclos tienen el potencial de crear deformaciones permanentes (formación de surcos) y fatiga en el material, lo que en última instancia puede dar lugar a la aparición de fracturas y otros defectos. La degradación acumulativa que tiene lugar en el material del pavimento como consecuencia de las cargas repetitivas se denomina fatiga. Si la fatiga no se trata adecuadamente, puede provocar la rotura de la estructura.

2.2.10. Fallas en los pavimentos

Las fallas en pavimentos son variadas e incluyen fisuras longitudinales y transversales originadas por contracciones o expansiones del material ante cambios de temperatura o pérdida de humedad. Otras fallas contemplan fisuras en bloque características de pavimentos envejecidos y fisuras por fatiga que presentan patrones semejantes a piel de cocodrilo debido a cargas repetitivas.

Los ahuellamientos son surcos generados por deformación plástica del pavimento bajo tráfico repetido y el desgaste superficial reduce la fricción incrementando el riesgo de accidentes. La desintegración que implica formación de baches y agujeros por tráfico pesado e infiltración de agua representa un peligro significativo para la seguridad vehicular.

Adicionalmente los hundimientos y deformaciones plásticas pueden surgir por una subrasante inestable y la exudación o sangrado de asfalto en la superficie genera condiciones resbaladizas. Finalmente las ondulaciones y baches producidos por compactación deficiente o materiales de baja calidad deterioran el pavimento comprometiendo la seguridad y comodidad del tráfico.

2.2.11. Tipos de fallas en pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles pueden experimentar varios tipos de fallas debido a diversas causas. Las fisuras por fatiga, también conocidas como "piel de cocodrilo", son causadas por cargas repetidas. Las deformaciones plásticas, como los ahuellamientos, resultan del paso constante de vehículos pesados. Los baches, originados por la pérdida



de material, generalmente son consecuencia de la acción del agua y el tráfico. Las grietas por temperatura se producen debido a las variaciones térmicas, mientras que el deslizamiento superficial ocurre cuando la capa de rodadura pierde adherencia. Estas fallas afectan la seguridad y el confort de los usuarios, así como la vida útil del pavimento.

2.2.11.1. Agrietamiento por fatiga

Entre los diversos tipos de fallo que pueden producirse en los pavimentos flexibles, las grietas por fatiga son la forma más común. Este tipo de fallo se produce cuando las capas de pavimento que se encuentran bajo la superficie se deforman como consecuencia de la presión y el peso que ejercen sobre ellas los coches durante la conducción. Como resultado de esta deformación continua, la capa superficial del pavimento comienza a agrietarse con el paso del tiempo, lo que finalmente provoca que la capa se resquebraje por su propio peso. La estructura del pavimento se rinde ante las presiones recurrentes del tráfico de automóviles, lo que se indica por la presencia de grietas de fatiga, que con frecuencia muestran patrones distintivos como formas de «escamas de pez» o «pliegues». Debido a este fallo, no sólo se pone en riesgo la integridad del pavimento, sino que también tiene el potencial de amenazar la seguridad y la comodidad de quienes utilizan la carretera.

2.2.11.2. Agrietamiento por retracción

El agrietamiento por retracción en pavimentos es un tipo de falla estructural caracterizado por la formación de fisuras causadas por la contracción volumétrica del material durante su proceso de curado y endurecimiento. Este fenómeno se origina principalmente por la pérdida de humedad y los cambios dimensionales internos que experimentan los materiales de pavimentación, generando tensiones que provocan la aparición de fracturas.

Características principales:

Origen

Pérdida de humedad durante el fraguado



Cambios volumétricos internos

Reducción del volumen del material

2.2.11.3. Agrietamiento por deformación

El agrietamiento por deformación en pavimentos es un deterioro estructural caracterizado por fisuras interconectadas en forma de "piel de cocodrilo", originado por la acumulación de esfuerzos repetitivos que superan la resistencia del pavimento. Este fenómeno se produce principalmente por cargas de tráfico pesado, deficiencias en el diseño estructural, materiales de baja calidad o compactación insuficiente, generando un patrón de fisuras que se expande desde la superficie hacia las capas inferiores. La falla se inicia con fisuras longitudinales que posteriormente se entrelazan transversalmente, formando bloques irregulares que reducen la capacidad estructural del pavimento, facilitan la infiltración de agua y aumentan el riesgo de formación de baches.

2.2.11.4. Deslaminación

La deslaminación del pavimento es un fenómeno de deterioro estructural caracterizado por la separación o desprendimiento de capas superpuestas en la estructura del pavimento, generalmente entre la capa de rodadura y la capa base o entre capas asfálticas. Este proceso de degradación se produce por múltiples factores que debilitan la adherencia entre las diferentes capas, provocando la pérdida de cohesión y generando espacios o planos de separación que comprometen la integridad del sistema.

Características principales:

Causas

Deficiente proceso constructivo

Mala adherencia entre capas

Envejecimiento del ligante asfáltico

Variaciones térmicas

Cargas repetitivas de tráfico

Infiltración de agua

La resistencia del pavimento a las cargas de tráfico y a las condiciones meteorológicas disminuye considerablemente cuando las capas del pavimento no están adecuadamente adheridas. Esto puede provocar una degradación más rápida del pavimento cuando no está bien adherido. El problema puede agravarse por la infiltración de agua en los lugares delaminados. Esto se debe a que el agua puede penetrar más profundamente en la estructura del pavimento, causando más daños y acelerando el proceso de degradación. También es posible que los coches que circulan por la carretera se vean en peligro por la existencia de puntos sueltos y hundimientos, lo que puede aumentar la probabilidad de accidentes y la frecuencia con la que se requieren reparaciones, que pueden resultar caras.

2.2.11.5. Hundimientos

El hundimiento en pavimentos es un deterioro estructural caracterizado por el hundimiento o descenso localizado de una zona del pavimento por debajo de su nivel original, generalmente causado por problemas en las capas inferiores de la estructura vial. Este fenómeno se produce principalmente por fallas en la capacidad de soporte de la subrasante, deficiencias en la compactación de las capas granulares, pérdida de material por erosión o lavado de finos, saturación del terreno, inadecuada construcción de la base o subbase, o por deformaciones plásticas generadas por cargas repetitivas de tráfico. Los hundimientos pueden presentarse como depresiones aisladas o continuadas, con profundidades variables, y representan un riesgo significativo para la seguridad vial, provocando inestabilidad en la circulación de vehículos, incremento de esfuerzos dinámicos, potencial daño a la suspensión de los vehículos y aceleración del deterioro general del pavimento si no son intervenidos oportunamente.

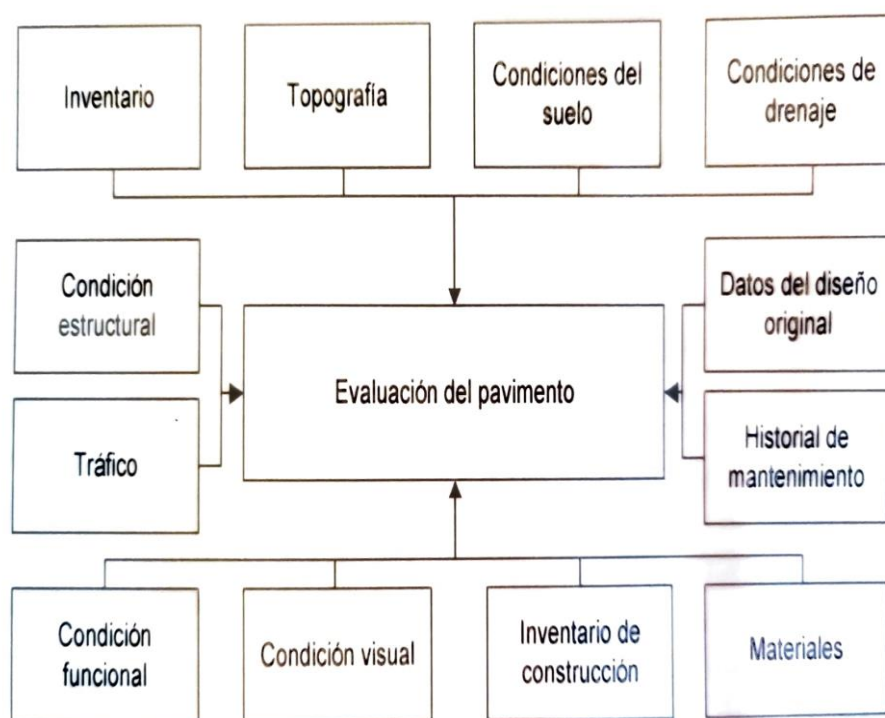
2.2.12. Evaluación de pavimentos

Menendez (2016) explica que La evaluación de pavimentos es un proceso sistemático y técnico de inspección, medición y análisis del estado estructural y funcional

de las superficies de rodadura, que busca determinar su condición actual, nivel de deterioro y capacidad de servicio. Este proceso implica la identificación y cuantificación de daños mediante inspecciones visuales detalladas, mediciones de regularidad superficial, evaluaciones estructurales con equipos especializados como deflectómetros, análisis de textura, medición de fricción y registros fotográficos georreferenciados. La evaluación de pavimentos permite generar diagnósticos precisos sobre el estado de la infraestructura vial, establecer índices de condición como el PCI (Índice de Condición del Pavimento), determinar las causas de los deterioros, estimar la vida útil remanente, priorizar intervenciones, planificar actividades de mantenimiento preventivo o correctivo y optimizar la inversión en infraestructura vial, constituyéndose en una herramienta fundamental para la gestión eficiente de las redes de transporte.

Figura 4

Requerimiento de información para la evaluación de un pavimento



Nota: (Menendez Acurio, 2016)

Tananta (2016) Se hace hincapié en la importancia de mantener la imparcialidad a la hora de evaluar las carreteras y se insiste en que la persona que realice la evaluación



debe tener la formación adecuada. La utilización de muestras de evaluación categorizadas es muy necesaria para proporcionar una evaluación totalmente objetiva. Esto indica que la persona encargada de la evaluación debe utilizar criterios establecidos y procesos metódicos, eliminando así cualquier posibilidad de sesgo personal. Para garantizar que los resultados representen correctamente el estado de la carretera, es crucial que el evaluador tenga la formación adecuada y utilice técnicas categorizadas. Esto es necesario para emitir juicios fundados sobre el mantenimiento y la reparación de la carretera.

2.2.12.1. Curva de comportamiento de los pavimentos

Tananta (2016) Se menciona que la curva de rendimiento de un pavimento es una representación de la progresión del estado estructural y funcional de una superficie pavimentada a lo largo del tiempo, en la que influyen las circunstancias del entorno y el comportamiento del tráfico. Al principio, los pavimentos presentan un rendimiento aceptable con un número limitado de defectos; pero, a medida que aumenta la cantidad de cargas de tráfico y los impactos del clima, su estado empieza a degradarse. En general, la curva tiene forma sigmoideal, lo que indica que hay un período inicial de estabilidad, luego hay una fase de aumento de la degradación y, por último, hay una fase en la que la tasa de deterioro se estabiliza, lo que refleja la necesidad de mantenimiento y rehabilitación para prolongar su vida útil. Existe la posibilidad de que estas reparaciones sean esenciales para evitar la necesidad de reconstrucciones más frecuentes y costosas, lo que contribuirá a la seguridad y longevidad de la infraestructura vial.

2.2.12.2. Evaluación superficial

Montejo (2002) describe el hecho de que el estado de la superficie de una carretera y el entorno que la rodea en relación con el pavimento pueden repercutir en la comodidad y la seguridad de conductores y peatones. La inspección visual con dispositivos como cámaras, drones o equipos de medición se utiliza para llevar a cabo la evaluación del pavimento, necesaria a efectos de mantenimiento, reparación o rehabilitación. Fracturas,



perforaciones y deformaciones son algunos de los defectos que se encuentran a lo largo del proceso de inspección. Gracias a la información adquirida, es posible establecer el grado de las dificultades y organizar los pasos que se darán para el mantenimiento. Métodos como el Método de Evaluación Visual de Pavimentos (MEVP) y técnicas más contemporáneas como la evaluación láser pueden utilizarse para adquirir evaluaciones completas de la superficie del pavimento.

2.2.12.3. Evaluación estructural

En el proceso de diseño de un pavimento es necesario identificar la combinación más rentable de materiales, espesores y colocaciones de las capas componentes de entre todas las posibilidades posibles que sean capaces de satisfacer los criterios funcionales necesarios. Se trata de una actividad que incluye todos los pasos habituales de un proyecto de cualquier tipo de estructura, donde el producto elaborado incluye las especificaciones que se seguirán durante la construcción, como se muestra en la Figura I.2. Para demostrar que no existe una secuencia cronológica directa entre las tres primeras fases del proceso, se han asignado al mismo bloque en esta ilustración concreta. La concepción de soluciones técnicamente viables ha dado lugar a la necesidad de nuevos datos, cuya necesidad no se había previsto en el pasado.

2.2.13. Evaluación Funcional de Pavimentos

Corros B. (2017) subraya que la relación directa entre seguridad, confort y economía es una de las características más significativas de un firme que contribuye a su rendimiento óptimo. Es uno de los aspectos más esenciales de un pavimento. Estas características incluyen la capacidad del pavimento para ofrecer una superficie de rodadura segura, reduciendo así la probabilidad de accidentes; el confort del usuario, que asegura una conducción suave y silenciosa; y la eficiencia económica, que garantiza que los gastos de mantenimiento y explotación se mantienen al mínimo durante la vida útil del pavimento. (p.123).



- Resistencia al deslizamiento (seguridad)
- Regularidad superficial (comodidad)
- Costo usuario (economía)
- Impacto

2.2.14. Regularidad superficial del pavimento

Para Vivar (1998) La palabra «uniformidad» de un pavimento es un criterio que no está relacionado con la textura, el aspecto o el acabado superficial de la carretera. Se describe en el artículo. Es el parámetro que establece una conexión entre la capacidad portante de la carretera y la medición del tamaño y la frecuencia de los baches. Las deformaciones que afectan al perfil topográfico, como las ondulaciones, los baches y las roderas, se incluyen en esta noción con sus características asociadas. Las grietas, en cambio, tienen una influencia relativamente menor en la regularidad. Es posible describir la regularidad del pavimento como el grado en que la superficie de una carretera se desvía de una superficie perfectamente plana. Esta desviación se mide evaluando los perfiles longitudinales y transversales, que repercuten en la dinámica del vehículo, el confort de conducción, la carga dinámica y el rendimiento del drenaje.

Montejo Fonseca (2002) menciona que la uniformidad del pavimento se describe como una aproximación más o menos cercana al perfil teórico del mundo real que experimenta un vehículo en movimiento, como se explica en la frase anterior. (p. 532).

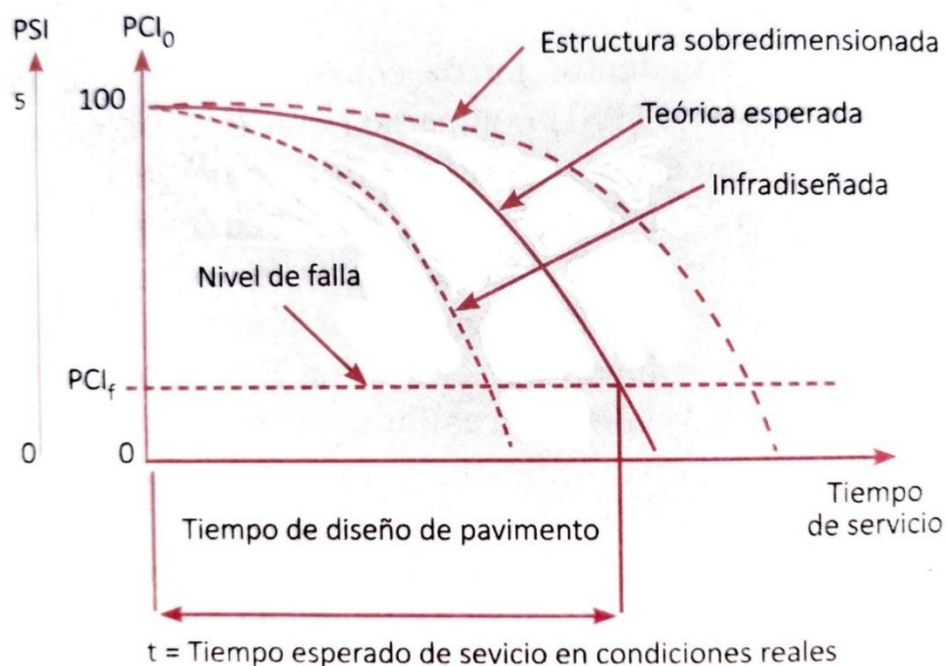
2.2.15. Condición de serviciabilidad de pavimento

Gutierrez (2018) m Este parámetro se determina mediante índices como el Índice de Serviabilidad Presente (PSI), que considera aspectos como la regularidad superficial, la comodidad del viaje, la capacidad de rodadura, el estado de las juntas y fisuras, la textura superficial y la fricción. La serviciabilidad refleja la percepción del usuario respecto al confort y seguridad al transitar por el pavimento, evaluando factores como la suavidad,

estabilidad, ausencia de vibraciones, capacidad de drenaje y resistencia al deslizamiento. Un pavimento con buena serviciabilidad minimiza el desgaste vehicular, reduce el consumo de combustible, disminuye los tiempos de viaje, aumenta la seguridad vial y proporciona una experiencia de conducción óptima, siendo un indicador fundamental para determinar cuándo un pavimento requiere mantenimiento o rehabilitación.

Figura 5

Situaciones de degradación del pavimento



Nota: (Gutierrez Lázares, 2018)

2.2.16. Causas de degradación del pavimento

Gutierrez (2018) indica que existen diversos factores que contribuyen al deterioro de los firmes, pero se centra especialmente en aquellos que influyen directamente en la estructura desde el momento en que se construye hasta que llega al final de su vida útil. Es posible atribuir esta degradación a una serie de causas diferentes, como se demuestra en la tabla que se adjunta a este artículo. Esta tabla ilustra cómo varios efectos contribuyen al deterioro del material del firme. La tabla evidencia que algunas de las razones por las cuales un pavimento inadecuadamente diseñado no alcanza su vida útil prevista incluyen

factores como la calidad del diseño inicial, la selección de materiales, las condiciones climáticas, el volumen y el tipo de tráfico, así como la ejecución del mantenimiento. Estos factores, si no se gestionan adecuadamente, pueden acelerar el proceso de deterioro, impidiendo que el pavimento cumpla con el tiempo de diseño proyectado y reduciendo significativamente su vida útil y funcionalidad.

Tabla 2*Causas de falla de un pavimento*

CAUSA	EFEECTO	COMENTARIO
TRAFICO	INFRADISEÑO	Cargas reales diferentes a las previstas en el diseño
PROCESO CONSTRUCTIVO	ESTRUCTURA DEBIL	Inadecuados: espesores, mezclas y estabilización, deficiencia en distribución y compactación
DEFICIENCIAS DE PROYECTO	ANTIECONOMIA	Diseños inadecuados: mala valoración de la subrasante, inadecuada dosificación de la mezcla y no consideración del factor ambiental.
FACTORES AMBIENTALES	MENOR VISA UTIL	Elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, insuficiencia en drenaje superficial, o profundo, variación térmica, congelamiento, sales nocivas
DEFICIENTE MANTENIMIENTO	PRONTA REHABILITACION	Técnicas inadecuadas, falta de conservación

Nota: (Gutierrez Lázares, 2018, pág. 47)

2.2.17. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

(Corros B., 2017) señala que es posible medir la rugosidad o irregularidad del firme de una carretera mediante una herramienta denominada "Índice Internacional de Rugosidad de los Firmes" (IRI). La evaluación del estado de los firmes, la determinación de la necesidad o no de mantenimiento o reparación y la comparación de la calidad de las superficies en diversos países se realizan mediante el uso de este método, que goza de un amplio reconocimiento. Este índice se obtiene mediante la utilización de aparatos especializados que registran las fluctuaciones en la altura de la superficie del pavimento a

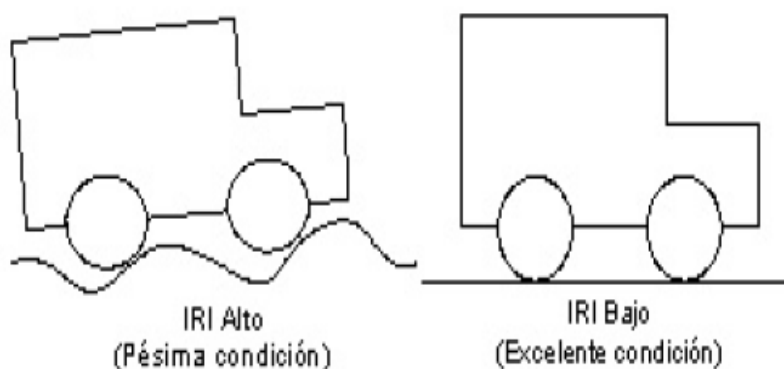
lo largo de una distancia predeterminada. Los datos que se obtienen de este proceso se utilizan después para calcular un valor global de rugosidad.

Según Bañón Blazquez (2018), describe que a una velocidad de 80 kilómetros por hora, el Índice Internacional de Rugosidad de los Pavimentos (IRI) se define como la congestión vertical que genera la suspensión de las ruedas. Esta congestión equivale a la cuarta parte de un automóvil entero. Parafraseando el texto:

La metodología IRI permite identificar las variaciones en el perfil longitudinal de la carretera, transformando las vibraciones e irregularidades en un valor numérico que refleja objetivamente las condiciones de confort y seguridad de la carretera. Mediante este sistema de medición, los especialistas pueden evaluar de forma precisa y sistemática el estado del pavimento, proporcionando información crucial para determinar la necesidad de mantenimiento o rehabilitación de la infraestructura viaria.

Figura 6

IRI en pavimentos



Nota: (Corros B., 2017)

Características del Índice de Regularidad Internacional (IRI):

Unidad de Medida:



Se expresa en metros por kilómetro (m/km). Un IRI de 2 m/km indica que, en promedio, hay 2 metros de irregularidades verticales acumuladas por cada kilómetro de carretera.

Base de Cálculo:

El IRI se calcula a partir de mediciones de las variaciones verticales de la superficie del pavimento, generalmente utilizando vehículos instrumentados o equipos especializados como profilómetros láser.

Rango de Valores:

Los valores típicos del IRI varían desde 0 (una superficie perfectamente lisa) hasta valores mayores que indican superficies más rugosas. En términos prácticos:

0 - 2 m/km: Muy buena condición.

2 - 4 m/km: Buena condición.

4 - 6 m/km: Condición regular.

Más de 6 m/km: Mala condición.

Aplicaciones:

Evaluación de Carreteras: Utilizado por autoridades de transporte y mantenimiento para evaluar la calidad de las carreteras y priorizar intervenciones.

Investigación: Empleado en estudios sobre la relación entre la rugosidad del pavimento y factores como el desgaste de los vehículos, el consumo de combustible y la seguridad vial.

Metodología de Medición:

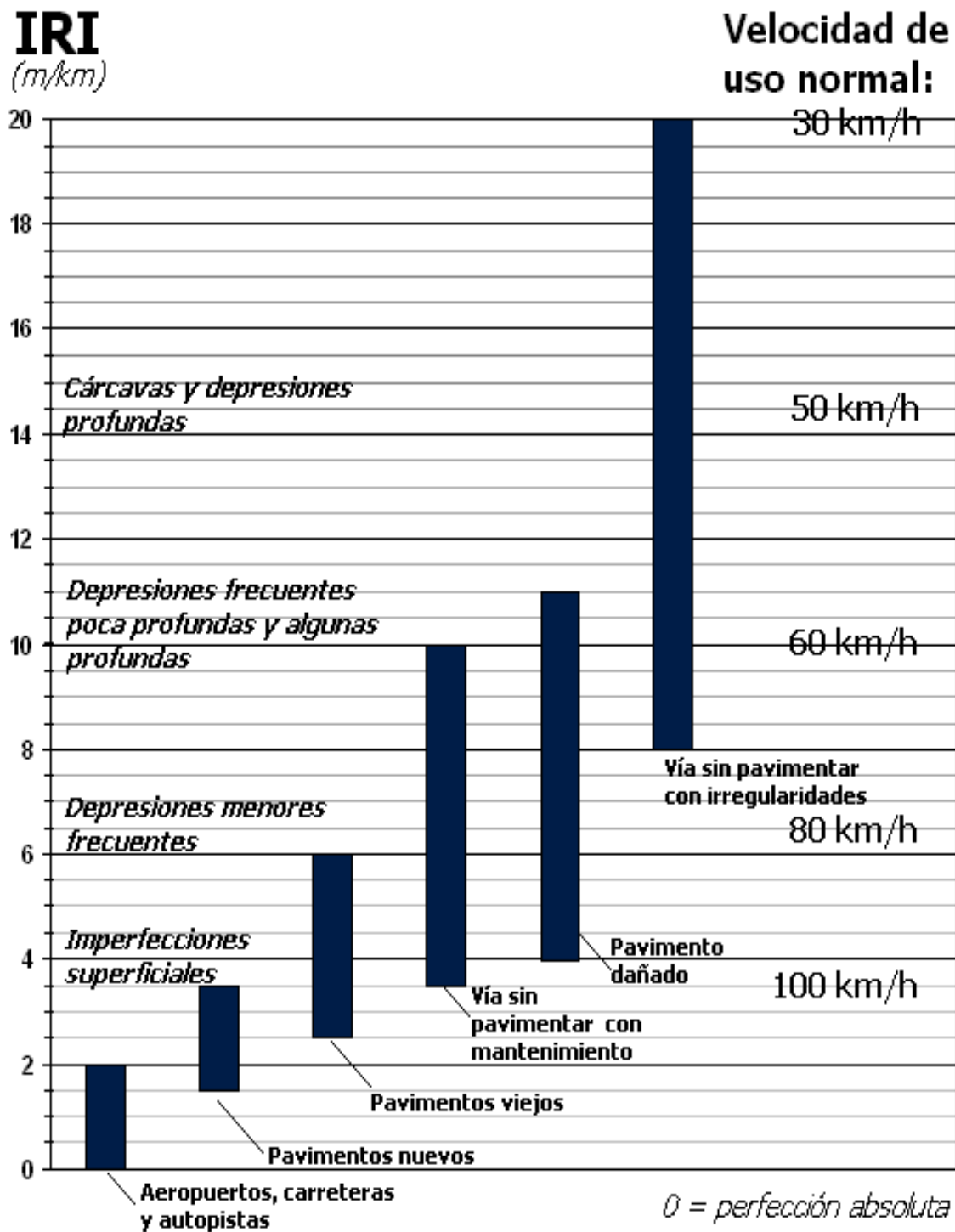
Las mediciones pueden realizarse con diferentes tipos de equipos:

Vehículos Instrumentados: Equipados con sensores que registran las variaciones verticales de la carretera mientras el vehículo se desplaza a una velocidad constante.

Profilómetros Láser: Dispositivos que escanean la superficie de la carretera para obtener un perfil detallado de las irregularidades.

Figura 7

medida del IRI



Nota. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías.

2.2.17.1. Perfilómetro láser

Según Bañon Blazquez (2018), Un perfilómetro láser de pavimento es un equipo especializado que se utiliza para medir de forma precisa y exhaustiva las imperfecciones verticales de la superficie de las carreteras y otras construcciones pavimentadas. A medida que el aparato se desplaza por la carretera a un ritmo constante, emite rayos láser que escanean continuamente el pavimento. Esto le permite realizar su función. Mediante estos rayos láser, se registran las fluctuaciones en la altura del pavimento a intervalos extremadamente diminutos. El resultado es la generación de un perfil tridimensional que representa con precisión las elevaciones y depresiones del pavimento. La información contenida en este perfil es esencial para determinar la rugosidad del pavimento, localizar los lugares que requieren atención y planificar modificaciones para mejorar tanto la seguridad de la carretera como la comodidad de sus viajeros.

Figura 8

Perfilómetro láser.



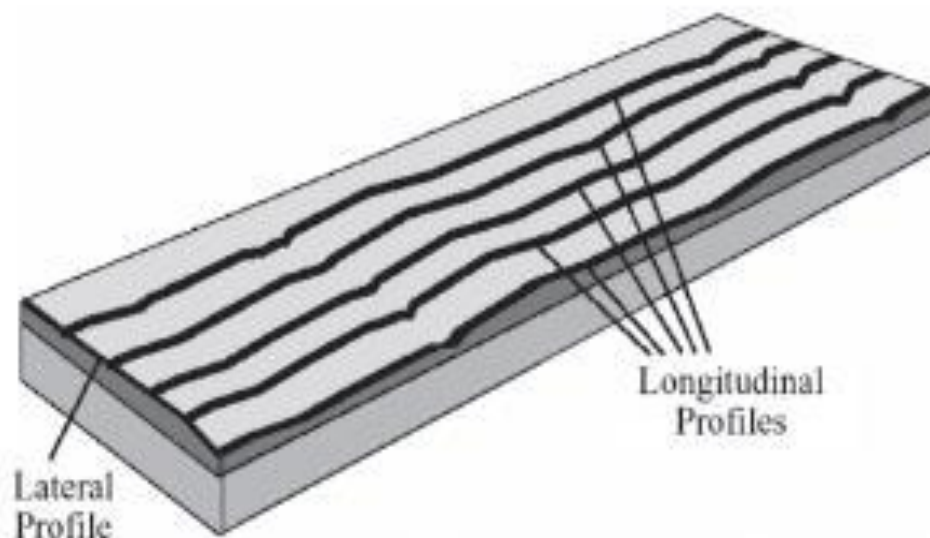
2.2.18. Regularidad superficial de un pavimento

Vivar (1998) La regularidad de la superficie del pavimento se define como la uniformidad y suavidad de la superficie de un pavimento, que viene determinada principalmente por las fluctuaciones de elevación a lo largo de la calzada. Debido al hecho de que una superficie regular disminuye el desgaste de los coches, aumenta el ahorro de combustible y proporciona a los usuarios una experiencia de conducción más segura y agradable, esta característica es esencial para la calidad de la infraestructura vial. Para evaluar la regularidad de la superficie se utilizan medidas como el Índice Internacional de Regularidad (IRI). Este índice sirve para cuantificar las anomalías verticales que se producen en una determinada longitud de carretera. Proporciona datos objetivos que pueden utilizarse para gestionar y reparar eficazmente las infraestructuras viarias.

Por último, Vivar (1998) menciona que se evalúan diferencias en el pavimento a lo largo de aproximadamente un kilómetro para analizar factores como la calidad. El perfil real de la carretera y las deformaciones mostradas representan la rugosidad de la superficie vial.

Figura 9

Perfil de una carretera



Nota: elaboración propia



Bañon Blazquez (2018) indica que para evaluar la regularidad de la superficie de una vía, se analiza un tramo completo de 1 km, que muestra el perfil real del pavimento. Las irregularidades observadas en esta evaluación son representativas de la rugosidad que puede presentar la superficie del pavimento.

Según Ramos Vilca (2017), los efectos dinámicos, que se reflejan en cambios de tensión y deformación de las estructuras del pavimento, pueden aumentar los costos asociados con medidas de conservación como el mantenimiento, la restauración o la rehabilitación del pavimento.

2.2.19. Bondades de un Pavimento Sin Irregularidades

(Montejo Fonseca, 2002) Un pavimento sin irregularidades tiene multitud de ventajas clave, una de las cuales es una mayor comodidad y seguridad para los automovilistas. se debe al hecho de que ofrece una superficie lisa y nivelada para la conducción, lo que a su vez minimiza la probabilidad de accidentes y la cantidad de desgaste que sufren los automóviles. Un pavimento regular requiere menos mantenimiento y reparaciones, lo que se traduce en costes más baratos a largo plazo, así como en una infraestructura vial más eficiente y sostenible. Además, mejora la eficiencia del tráfico al reducir los niveles de vibración y ruido, lo que a su vez crea un entorno menos ruidoso y más silencioso. Un pavimento regular también ayuda a prevenir acumulaciones que podrían causar daños a la estructura del pavimento, y ayuda a prolongar la vida del pavimento.

2.2.20. Rugosímetro MERLIN

Montejo Fonseca (2002) a regularidad superficial de una carretera hace referencia al grado de aproximación del perfil real al teórico, es decir, aquel que no genera aceleraciones verticales en un vehículo en marcha. Su medición puede llevarse a cabo a través de diferentes parámetros, como las desnivelaciones verticales, los cambios en la energía del movimiento del vehículo y las aceleraciones experimentadas en su interior, evaluando tanto el sentido longitudinal como el transversal de la vía. Actualmente, se

reconoce que ciertas ondulaciones del perfil están directamente relacionadas con el deterioro estructural, mientras que otras, con diferentes longitudes de onda, impactan la seguridad y comodidad del usuario. Por ejemplo, las deformaciones transversales pueden causar acumulación de agua superficial y provocar hidroplaneo, mientras que las ondulaciones longitudinales de onda corta (0 a 3 m) representan un riesgo a altas velocidades debido a la pérdida de adherencia neumático-pavimento

- Machine for
- Evaluating
- Roughness using
- Low cost
- INstrumentation

Figura 10

Esquema de merlín

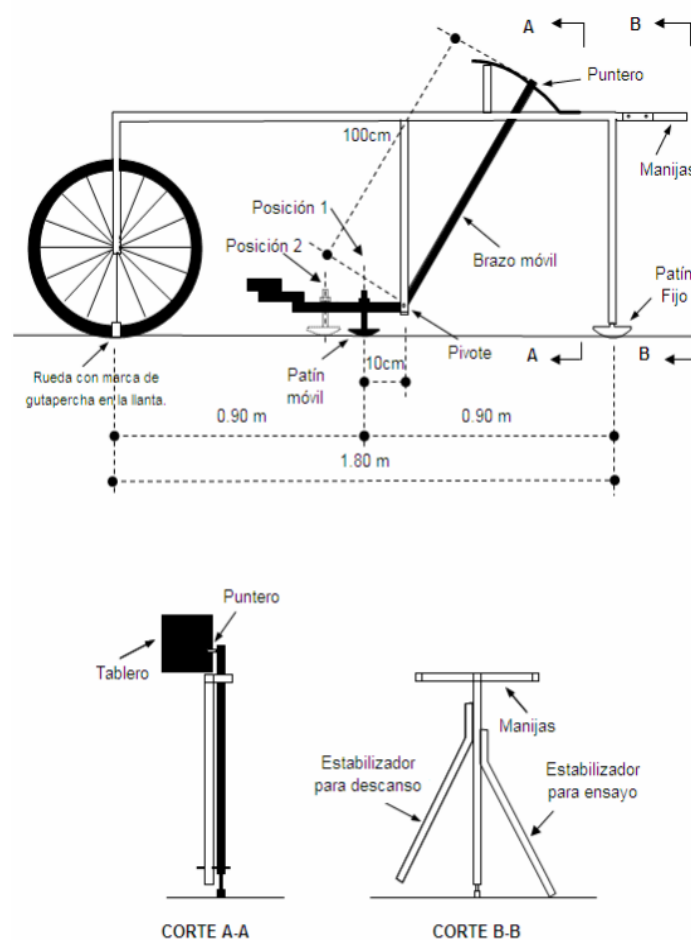


Figura 11

Medición rugosímetro merlin

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

2.2.20.1. Rugosímetro equipo merlin

Bañon Blazquez (2018) Una superficie de rodadura deslizante es uno de los principales factores que incrementan el riesgo de accidentes de tráfico en una carretera. Aunque una textura deficiente del pavimento no afecta directamente la integridad estructural de la vía, tiene un impacto significativo en la seguridad de los usuarios. Para evaluar la resistencia al deslizamiento, se utilizan diferentes equipos, destacando principalmente dos tipos: los ensayos puntuales y los dispositivos de medición continua.

Figura 12

desplazamientos promedio

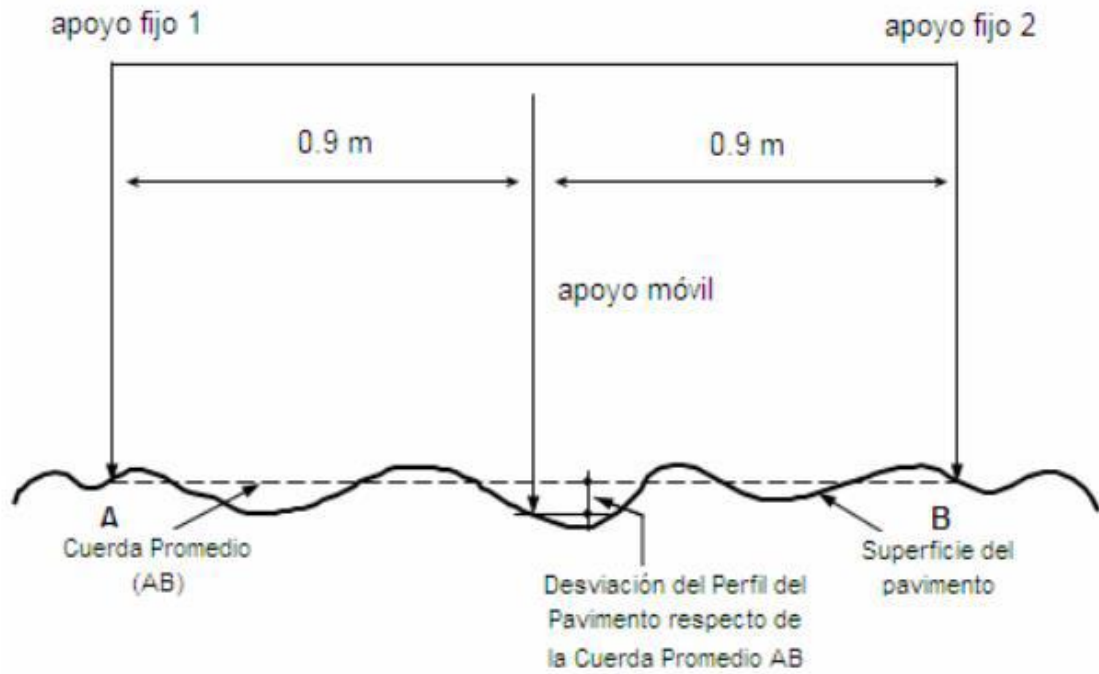
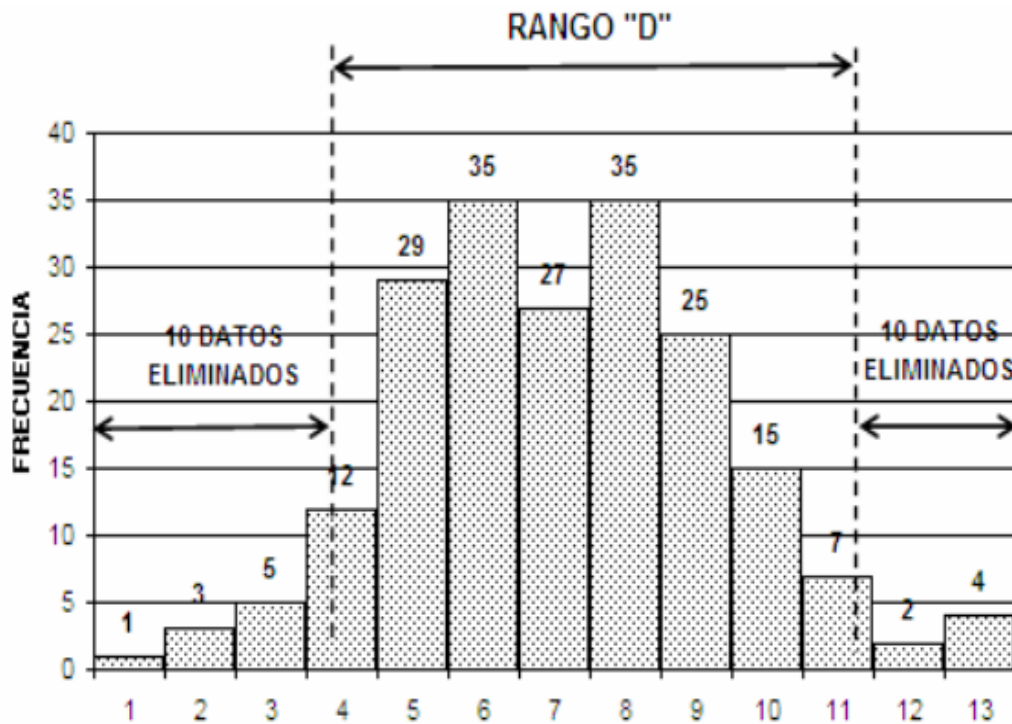


Figura 13

Histograma de distribución de frecuencias



Nota. manual de rugosímetro

$$R=5.5\text{Ln} (5.0/\text{PSI}) \pm 25\%, \text{ para } R < 12$$

Donde:

R = Rugosidad (IRI) PSI = Índice de Serviciabilidad Presente

Tabla 3

valores de PSI

PSI	Transitabilidad
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy Buena

Nota: PSI=Índice de Serviciabilidad Presente

2.3. Marco conceptual

Pavimento Flexible: la estructura de carreteras compuestas por capas de asfalto sobre una base granular, diseñadas para soportar cargas y proporcionar una superficie de rodadura duradera y segura.

Rugosidad del Pavimento: Medida de las irregularidades verticales que afectan la suavidad y confort del viaje, influenciando el desgaste vehicular y la seguridad vial.

Nivel de Servicio (LOS): Indica la calidad percibida por los usuarios al usar la vía, considerando aspectos como la comodidad de conducción, seguridad, capacidad de flujo vehicular y condiciones ambientales.

Metodología de Evaluación: Incluirá el uso de equipos especializados para medir la rugosidad del pavimento y herramientas para calcular el IRI.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

corresponde a un enfoque cuantitativo, no experimental y transversal, dado que se obtendrán datos de campo sin manipular de ninguna manera las variables. El estudio se realizará en el Jirón Los Naranjos, ubicado en la ciudad de Juliaca. El instrumento principal que se utilizará para esta investigación es el rugosímetro Merlin, el cual se utilizará para evaluar el comportamiento funcional del pavimento flexible. Se incorporará al enfoque una medición de la rugosidad superficial del pavimento. Esto permitirá recoger datos precisos y objetivos sobre el estado actual de la carretera. Con el fin de analizar la regularidad de la superficie y su influencia en la seguridad y comodidad de los usuarios, las mediciones se obtendrán en lugares cruciales, siguiendo un muestreo sistemático a lo largo de la ruta. Al final, los resultados se procesarán y analizarán para determinar los grados de deterioro. Esto proporcionará una base científica para la formulación de sugerencias sobre mantenimiento y rehabilitación, con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento y aumentar su funcionamiento.

3.1.1. Enfoque cuantitativo

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que su objetivo principal es obtener una evaluación objetiva de la rugosidad del pavimento flexible del jirón Los Naranjos, ubicado en la ciudad de Juliaca. El rugosímetro Merlin es el instrumento

tecnológico que se utiliza para este fin. Se realizará una evaluación del comportamiento funcional del pavimento mediante la recolección y análisis de datos numéricos. Esta evaluación determinará el nivel de degradación que experimenta el pavimento. A través de los resultados obtenidos, será posible recopilar información fiable que permita formular sugerencias técnicas que optimicen el mantenimiento y prolonguen la vida útil de la carretera.

3.1.2. Nivel

Descriptivo

3.1.3. Tipo de investigación

Para el tipo de investigación será el de descriptivo para hallar las diferencias en el tipo de fallas en el pavimento flexible del

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Pavimentos flexibles de la ciudad de Juliaca

3.2.2. Muestra

- Pavimento flexible del Jr. Los naranjos de la ciudad de Juliaca

3.3. Técnicas e instrumentos de la investigación

3.3.1. Técnicas

Las técnicas de investigación aplicadas se basan en el análisis del IRI, el PCI y la normativa ASTM D6433, y se llevarán a cabo en tres fases:

Recolección de información bibliográfica: En esta etapa, se recopiló información de diversas fuentes escritas relacionadas con la evaluación del nivel de servicio en carreteras, los procedimientos de prueba, el procesamiento de datos y las normativas vigentes aplicables al tema.

Reconocimiento de las vías en estudio: Se llevó a cabo un recorrido exhaustivo de la vía seleccionada con el fin de obtener un conocimiento detallado de sus características y condiciones, lo cual permitió identificar los factores más relevantes para la investigación.



Toma de datos de campo: Se realizó una inspección de las vías en estudio para seleccionar las muestras más representativas. Posteriormente, se procedió con los cálculos en gabinete, obteniendo así los valores correspondientes al PCI (Pavement Condition Index) y IRI (International Roughness Index).

3.3.2. Instrumentos

El Rugosímetro MERLIN: Evaluación de la Rugosidad del Pavimento

Descripción General

Componentes del Rugosímetro MERLIN

1. Rugosímetro MERLIN

Descripción: Dispositivo manual de bajo costo que mide la rugosidad del pavimento.

Uso: Evaluar la irregularidad de la superficie del pavimento midiendo el desplazamiento vertical en diversos puntos a lo largo de la vía.

2. Estructura Metálica

Descripción: Marco hecho de metal resistente y duradero.

Uso: Proporciona estabilidad y soporte al dispositivo, asegurando que las mediciones sean precisas y repetibles.

3. Brazo Pivotante

Descripción: Brazo que se mueve sobre un pivote, conectado a un medidor de desplazamiento.

Uso: Permite medir las variaciones en la superficie del pavimento desplazándose verticalmente cuando se coloca sobre la vía.

4. Medidor de Desplazamiento**

Descripción: Dispositivo que registra el desplazamiento vertical del brazo pivotante.

Uso: Captura las variaciones en la superficie del pavimento, proporcionando datos sobre la rugosidad.

5. Nivel de Burbuja

Descripción: Pequeño nivel de burbuja incorporado en el dispositivo.



Uso: Ayuda a nivelar el MERLIN correctamente sobre la superficie del pavimento antes de tomar las mediciones.

6. Regla Graduada

Descripción: Regla incorporada o separada para medir distancias específicas a lo largo del pavimento.

- Uso: Determina la distancia entre los puntos de medición de rugosidad.

7. Sistema de Registro de Datos

- Descripción: Puede ser un cuaderno de notas o un dispositivo electrónico como una tableta o computadora portátil.

- Uso: Registra las lecturas de desplazamiento tomadas por el medidor de desplazamiento en cada punto de medición.

8. Cinta de Medir

- Descripción: Cinta de medir flexible y precisa.

- Uso: Marca las distancias y los puntos de medición a lo largo del tramo del pavimento evaluado.

Procedimiento de Evaluación del Pavimento con MERLIN

1. Preparación del Pavimento**

Marcar los puntos de medición a intervalos regulares a lo largo del tramo del pavimento que se va a evaluar.

2. Nivelación del Dispositivo

Colocar el rugosímetro MERLIN sobre el pavimento y asegurarse de que esté nivelado utilizando el nivel de burbuja.

3. Medición de la Rugosidad

- Ajustar el brazo pivotante en cada punto de medición y registrar el desplazamiento vertical mostrado por el medidor de desplazamiento.

- Repetir este proceso en todos los puntos de medición a lo largo del tramo del pavimento.

4. **Registro de Datos**

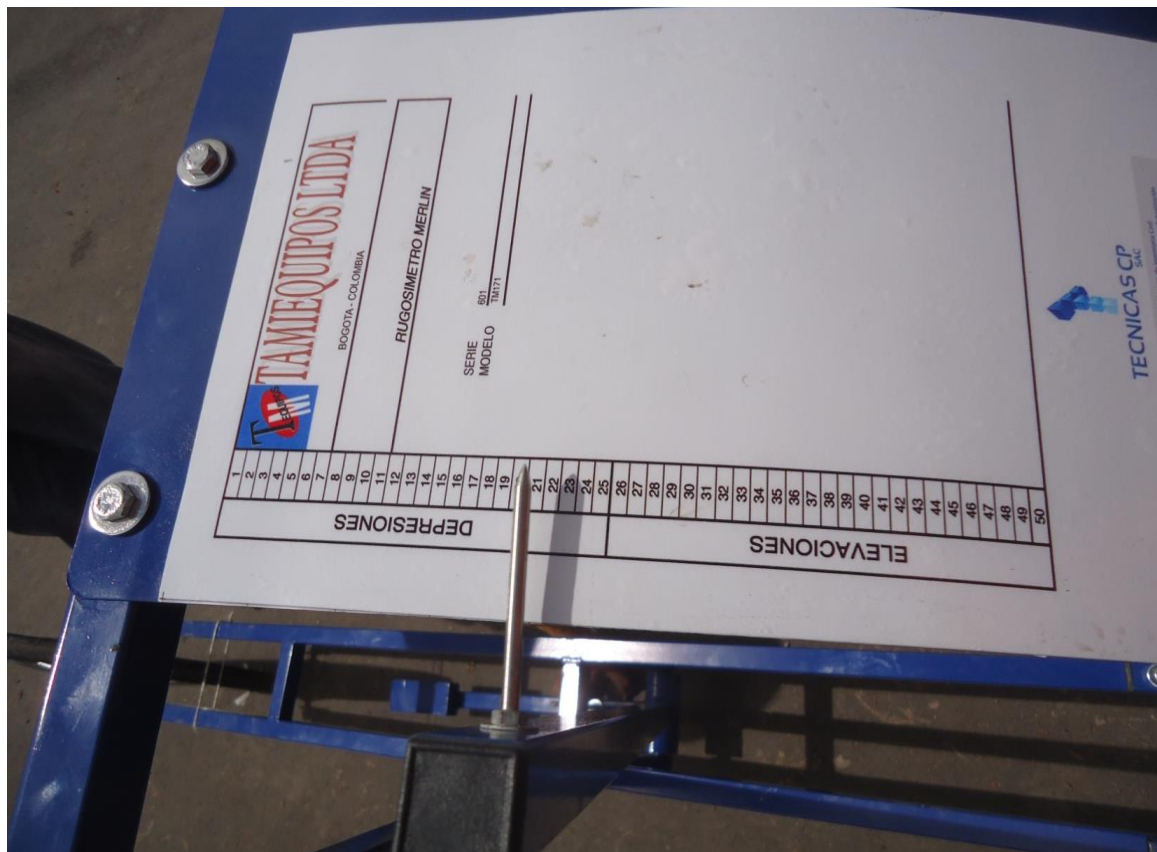
- Anotar todas las lecturas de desplazamiento en el sistema de registro de datos, asegurándose de correlacionar cada lectura con su respectivo punto de medición.

5. **Análisis de Datos**

- Analizar los datos recopilados para evaluar la rugosidad y determinar el estado del pavimento, facilitando así la planificación de mantenimiento o reparaciones necesarias.

El uso del rugosímetro MERLIN permite obtener una evaluación detallada y precisa de la rugosidad del pavimento, lo que es crucial para el mantenimiento y la rehabilitación efectiva de las vías.

Analizar los datos recolectados para determinar el nivel de rugosidad del pavimento. Comparar los resultados con los estándares establecidos para evaluar la calidad del pavimento.



Nota: elaboración propia



plantilla de trabajo en campo para rugosímetro Merlin

Figura 14

formato de trabajo rugosímetro Merlin

CARRETERA:	
SECTOR:	
FECHA:	

ENSAYO N°	
CARRIL	D I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

PROGRESIVA	
INICIO KM:	
FIN KM:	

Observaciones: _____

Para la recolección de datos se posiciona en el Jr Jose Antonio Zela – tramo inicio av Tacna lado derecho

3.3.2.1. Equipo de trabajo

Personal técnico de laboratorio

Rugosímetro merlín



Vehículo de transporte

Cuaderno de apunte

3.3.2.2. Procedimiento técnico

Calibración del equipo para la medición

La instalación del aparato en la superficie del pavimento que se va a analizar es el primer paso del método técnico de utilización del rugosímetro Merlin. Es responsabilidad del operador verificar que el instrumento esté calibrado y nivelado adecuadamente, así como cambiar el marco de referencia para garantizar mediciones precisas. Durante el proceso de registro de las variaciones de altura, el brazo que contiene el sensor de medición se despliega y se desplaza por la superficie del pavimento. Esta información se recoge a intervalos predeterminados a lo largo del segmento de carretera objeto del estudio. Una vez recogidos los datos, se analizan para determinar la rugosidad del pavimento. Esto proporciona información útil sobre el estado de la superficie, así como sobre la necesidad de realizar tareas de mantenimiento o reparación. El uso de esta tecnología es excelente para realizar evaluaciones de forma oportuna y precisa, lo que facilita la planificación de medidas correctoras para mejorar el estado del pavimento.

Figura 15*Nivelación de Merlin*

3.3.2.3. Procedimiento de campo

Para llevar a cabo el ensayo, se requiere de un equipo de trabajo compuesto por dos personas que operan el equipo y una tercera persona encargada de garantizar la seguridad. El operador maneja el equipo y realiza las lecturas, mientras que un asistente se encarga de anotar y verificar las lecturas obtenidas.

Es necesario registrar una sección de aproximadamente 400 metros de longitud en un carril específico de la carretera, tomando las mediciones después del carril exterior de tráfico.

Menendez Acurio (2016) Se ha dicho que para conocer el valor de la rugosidad es necesario advertir doscientas desviaciones en las que el pavimento se aparta algo de la cuerda media. Los patines móviles del MERLIN se encargan de detectar cada desviación, y las posiciones que se indican a continuación sirven para identificar cada una de ellas: La



escala del cuadrante del tablero encargado de proporcionar las lecturas está ocupada por el puntero.

La circunferencia de la rueda del MERLIN debe utilizarse como guía al colocar el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2 metros. Cada prueba debe completarse con una vuelta de la rueda.

3.3.3. Índice de condición del pavimento

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un método ampliamente utilizado para evaluar el nivel de servicio de los pavimentos. A continuación, se describen los instrumentos necesarios para llevar a cabo una evaluación del PCI:

Formulario de Inspección PCI:

Descripción: Formulario estandarizado para registrar los diferentes tipos y severidades de deterioro del pavimento.

Uso: Para documentar las observaciones de campo sobre las condiciones del pavimento.

Cinta de Medir:

Descripción: Una cinta de medir flexible y precisa, generalmente de 30 metros o más.

Uso: Para medir y marcar las áreas de inspección y registrar las dimensiones de los deterioros observados.

Rueda de Medición (Odómetro):

Descripción: Una rueda equipada con un odómetro para medir distancias.

Uso: Para medir longitudes y áreas grandes de pavimento de manera rápida y precisa.

Pintura en Aerosol o Tiza para Marcado:

Descripción: Pintura en aerosol de colores brillantes o tiza de construcción.

Uso: Para marcar los puntos de inicio y fin de las secciones de pavimento evaluadas y delinear áreas específicas de deterioro.



Cámara Fotográfica o Dispositivo Móvil con Cámara:

Descripción: Cámara digital de alta resolución o un dispositivo móvil con buena capacidad fotográfica.

Uso: Para documentar visualmente los tipos de deterioro y su severidad.

Pala y Cepillo de Mano:

Descripción: Herramientas manuales para limpiar áreas específicas del pavimento.

Uso: Para remover escombros y obtener una visión clara de los deterioros.

Cono de Tráfico o Señalización de Seguridad:

Descripción: Conos de tráfico, barreras portátiles o señales de advertencia.

Uso: Para asegurar el área de inspección y garantizar la seguridad de los inspectores y usuarios de la vía.

Computadora Portátil o Tableta con Software PCI:

Descripción: Dispositivo electrónico con software especializado para el cálculo del PCI.

Uso: Para ingresar los datos recopilados en el campo y calcular el Índice de Condición del Pavimento de manera eficiente.

GPS Portátil:

Descripción: Dispositivo de posicionamiento global (GPS).

Uso: Para registrar la ubicación exacta de las secciones inspeccionadas.

Procedimiento de Evaluación del PCI

Selección de Secciones de Inspección:

Dividir el pavimento en secciones manejables (generalmente de 100 metros de longitud) para realizar una evaluación detallada.

Medición y Marcado:

Usar la cinta de medir o la rueda de medición para definir las áreas de inspección. Marcar los puntos de inicio y fin de cada sección con pintura en aerosol o tiza.

Inspección Visual y Documentación:



Realizar una inspección visual detallada de cada sección, documentando los tipos y severidades de deterioro en el formulario de inspección PCI. Usar la cámara para fotografiar los deterioros relevantes.

Limpieza de Áreas Críticas:

Utilizar la pala y el cepillo de mano para limpiar áreas críticas donde los deterioros no sean claramente visibles debido a escombros o suciedad.

Registro y Análisis de Datos:

Ingresar los datos recopilados en el software PCI utilizando la computadora portátil o tableta. El software calcula el PCI basado en los deterioros observados y su severidad.

Evaluación del PCI:

El PCI se calcula en una escala de 0 a 100, donde 0 representa un pavimento en muy malas condiciones y 100 representa un pavimento en condiciones excelentes.

Interpretación de Resultados:

Analizar los resultados del PCI para identificar las áreas que requieren mantenimiento o rehabilitación urgente y planificar las intervenciones necesarias.

3.4. Procedimiento de investigación mediante el método de pci

Mediante la inspección visual y el uso de formatos, se aplicó el método del PCI, identificando los diferentes tipos de fallas presentes en el pavimento. Para el análisis posterior, según el examen del PCI, se dividió la vía en tres tramos, cada uno subdividido en intervalos de 50 metros, con una abscisa inicial de 00+000 y una abscisa final de 00+050, abarcando un área total de 360 m² por tramo.

- 1.-Piel de Cocodrilo (m2)
- 2.-Exudacion (m2)
- 3.-Agrietamiento en bloque (m2)
- 4.-Abultamientos y hundimientos (m2)
- 5.-Corrugacion (m2)
- 6.-Depresion (m2)



- 7.-Grieta de Borde (m)
- 8.-Grieta de Reflexión(m)
- 9.-Desnivel de carril o berma(m)
- 10.- Grietas Long. Y Trans. (m)
- 11.-Parcheo (m2)
- 12.-Pulimiento de Agregados (m2)
- 13.-Huecos (und)
- 14.-Cruce de Vía Férrea (m2)
- 15.- Ahuellamiento (m2)
- 16.-Desplazamiento (m2)
- 17.-Grieta Parabólica (m2)
- 18.-Hinchamiento (m2)
- 19.-Desprendimiento de Agregados (m2)

El PCI incluye todos los tipos de daños originales, aunque se señala que algunas patologías, ajenas a las condiciones locales, no deben considerarse. Los usuarios de esta guía podrán identificar fácilmente estos casos (2019). El PCI es una escala numérica que va de 0, lo que indica un pavimento en condiciones deficientes, a 100, representando un pavimento en excelente estado, con rangos específicos que describen la condición cualitativa del pavimento (2019).

Tabla 4

Clasificación cualitativa del PCI

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	- 85	EXCELENTE
85	- 70	MUY BUENO
70	- 55	BUENO
55	- 40	REGULAR
40	- 25	MALO
25	- 10	MUY MALO
10	- 0	FALLADO

Nota: Extraído de manual PCI

Los resultados de un inventario visual del pavimento, donde se determinan la CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada tipo de deterioro, son la base para calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

La documentación generada constituye un insumo fundamental para comprender el estado real de la infraestructura vial, proporcionando un panorama objetivo de sus condiciones y potenciales necesidades de intervención.

Figura 16

Evaluación del índice de condición del pavimento – superficie asfáltica

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR			FECHA			
<input type="text"/>			<input type="text"/>			
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Nota: Manual del PCI

3.4.1. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

Para el rugosímetro Merlin en pavimentos flexibles, las unidades de muestreo se definen de la siguiente manera:

1. Longitud de la unidad de muestreo



- Generalmente 100 metros de longitud
- Representa un tramo homogéneo de pavimento
- Permite una evaluación representativa de la superficie

2. Criterios de selección

- Tramos con características similares de construcción
- Zonas con condiciones geométricas uniformes
- Ausencia de cambios significativos en la superficie

3. Numero de mediciones

- Mínimo 3 mediciones por unidad de muestreo
- Distribuidas longitudinalmente en el tramo
- Separadas aproximadamente 10-20 metros entre sí

4. Requisitos técnicos

- Mediciones realizadas en el carril principal
- Evitar zonas con reparaciones recientes
- Excluir zonas con daños puntuales extremos
- Considerar carriles de mayor uso

5. Procedimiento de medición

- Utilizar regla de 3 metros
- Registrar desviaciones verticales
- Calcular promedio de las mediciones
- Determinar Índice de Regularidad Internacional (IRI)

6. Consideraciones adicionales

- Representatividad estadística
- Minimizar variabilidad de resultados
- Garantizar consistencia en la evaluación

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

En la inspección inicial, se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimentos asfálticos (con un rango PCI de 25) y de 15 para pavimentos de concreto (con un rango PCI de 35). Para las inspecciones futuras, se utilizará la desviación estándar real, o el rango PCI, obtenido en la inspección previa para calcular la cantidad mínima de unidades que deberán evaluarse.

3.4.2. Índice de Condición del Pavimento jirón los naranjos

Reemplazando formula PCI de la sección del pavimento:

N : 15 A : 0
 PCI r : 62.70 PCI a : 0.00
 PCI s = 62.70

Tabla 5

Resultado de PCI jirón los naranjos

PCI s = 62.70	Clasificación: Bueno
jirón los naranjos	

Nota: Resultado de PCI y su clasificación.



3.5. Procedimiento de investigación mediante el método índice de regularidad internacional - rugosímetro merlín

La metodología para evaluar un pavimento flexible con rugosímetro merlín es la siguiente:

- Seleccionar el tramo de pavimento a evaluar, teniendo en cuenta las características del pavimento, el tráfico y el estado de conservación.
- Calibrar el rugosímetro merlín siguiendo las instrucciones del fabricante y del manual de uso¹.
- Colocar el rugosímetro merlín sobre el pavimento, asegurándose de que el patín móvil esté en contacto con la superficie y el puntero esté en cero.
- Desplazar el rugosímetro merlín a lo largo del pavimento, manteniendo una velocidad constante y una distancia de 20 m entre cada observación.
- Registrar las lecturas del puntero en cada observación, que corresponden a las irregularidades del pavimento.
- Calcular el índice de rugosidad internacional (IRI)

Si se empleó una técnica de muestreo, se debe seguir un procedimiento diferente. Cuando las unidades de muestreo se seleccionan de manera aleatoria sistemática o según la representatividad de la sección, el PCI se calcula promediando los valores de las unidades inspeccionadas. Si hay unidades adicionales, se utiliza un promedio ponderado.

3.5.1. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Las ecuaciones empleadas para calcular el PSI incluyen, según el tipo de pavimento, mediciones de ahuellamiento, agrietamiento, baches e irregularidades. Entre estos factores, las irregularidades del pavimento son las que más influyen en los valores estimados de serviciabilidad, afectando de manera más notable la percepción de la calidad del rodado por parte de los usuarios. El comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo puede reflejarse mediante los valores del Índice de Serviciabilidad, aunque en la práctica también es posible representarlo a través de la rugosidad.

Los factores que afectan la disminución de la serviciabilidad de un pavimento incluyen el volumen de tráfico, las condiciones ambientales y la edad del pavimento. La transitabilidad de la vía se evalúa basándose en los valores de PSI calculados, según los siguientes rangos:

3.5.2. Cálculo del Índice de Serviabilidad del Pavimento

Para el desarrollo del PSI se tiene las siguientes formulas

ECUACIÓN SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68 (IRI)^2$$

ECUACIÓN SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455 (IRI)$$

ECUACIÓN SEGÚN D. DUJISON Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}}$$

Figura 17

Inicio de trabajos prog 0+000 al 0+200



Nota: elaboración propia



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la evaluación del pavimento flexible en el Jr. Los naranjos se presenta los resultados de la rugosidad mediante el método rugosímetro merlín, para hallar la funcionalidad del pavimento con los resultados obtenidos haciendo el análisis para el índice de condición de pavimento y su metodología de mantenimiento de la vía

4.1. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen derecho prog 0+000 a la prog 0+200

4.1.1. Conteo de ensayos

Tabla 6

Conteo de ensayos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	33	32	38	35	32	36	36	36	34		1
33	34	32	33	31	35	31	36	35	35		2
35	33	34	35	37	38	36	34	40	41		3
33	37	32	29	36	36	33	37	40	29		4
33	39	30	31	36	37	38	38	36	36		5
34	35	37	33	34	35	38	32	36	38		6
38	38	39	38	35	33	36	36	35	38		7
33	37	34	35	31	36	30	37	36	34		8
35	38	28	36	38	36	37	35	35	36		9
30	32	29	37	36	33	38	35	36	35		10
33	35	35	36	38	34	41	36	36	36		11
37	35	37	30	37	34	38	36	41	37		12
34	38	32	30	37	34	31	37	39	33		13
36	34	29	35	35	37	32	35	36	37		14
34	31	37	38	29	37	36	29	37	41		15
29	36	39	30	34	37	32	33	35	37		16



33	37	32	34	35	36	37	38	39	33	17
36	35	35	37	38	33	34	37	35	37	18
35	39	37	40	32	36	28	38	31	36	19
37	37	38	35	30	37	36	37	39	39	20

Nota: resultados de campo

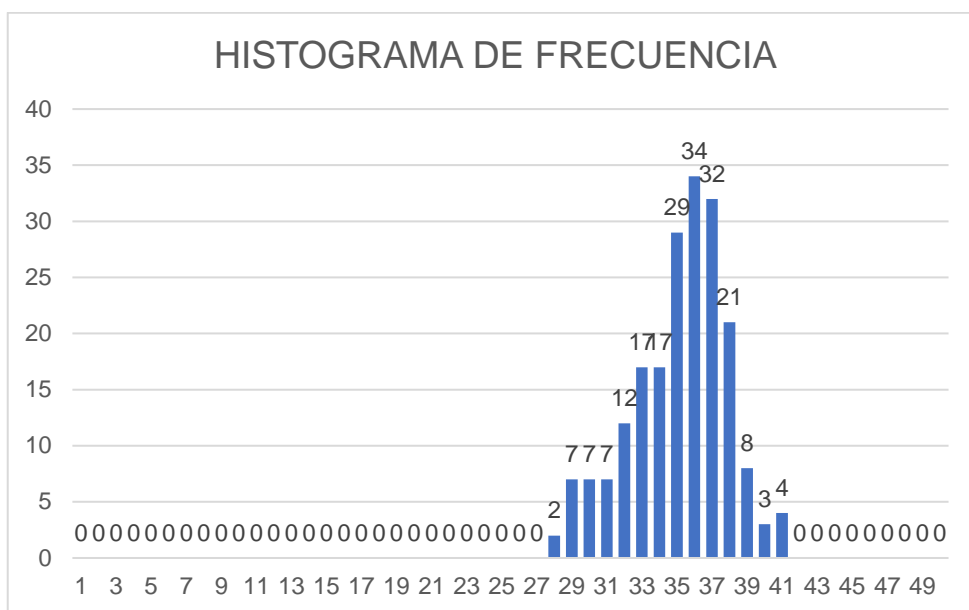
4.1.2. Conteo de intervalos

Conteo de intervalos

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

El análisis del conteo de intervalos para el IRI en la progresiva 0+200 del jirón Los Naranjos muestra que las desviaciones están concentradas principalmente en los intervalos de 31 a 37, con frecuencias máximas en los valores de 36 (34 observaciones) y 35 (29 observaciones), lo que indica que la rugosidad superficial en este tramo se encuentra dentro de un rango bajo. Los valores de desviaciones más altos, como 38 (21 observaciones), y los más bajos, como 30 (7 observaciones), tienen menor frecuencia, lo que confirma que la superficie presenta una distribución de irregularidades mínimas, caracterizándose por una buena condición en términos de rugosidad.

4.1.3. Histograma de frecuencias



Nota: elaboración propia

4.1.4. Nivel de servicio

Tabla 7

Nivel de servicio

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
JR LOS NARANJOS					
CARRIL DERECHO	2.55	2.79	2.84	2.73	1.75

Rango de calificación pci

	RANGO	CLASIFICACION
RANGO DE CALIFICACIÓN DEL PCI	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO

4.1.5. Evaluación de pavimento

Tabla 8

Evaluación del pavimento

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
CARRIL DERECHO	1.75	Jr. Los Naranjos 35	MALO

Nota: resultados de campo

El análisis del pavimento del carril derecho del jirón Los Naranjos, basado en los índices de servicialidad y condición, muestra que el pavimento se encuentra en una condición mala, con un PSI de 1.75 y un PCI de 35, lo que refleja un deterioro significativo tanto en su estructura como en su funcionalidad. Estos valores indican una superficie con irregularidades notables que afectan la comodidad y seguridad de los usuarios, así como una disminución en la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tráfico. Este tramo requiere intervenciones inmediatas de mantenimiento correctivo

4.2. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen derecho PROG 0+200 AL 0+400

4.2.1. Conteo de ensayos

LECTURAS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
33	36	38	35	33	33	32	29	29	33	1
32	31	37	39	35	34	32	36	34	31	2
34	32	31	36	31	32	30	33	31	39	3
33	34	32	37	36	37	32	35	30	33	4
33	37	34	37	33	32	33	30	40	35	5
33	32	33	35	33	27	34	31	34	31	6
36	35	33	32	33	35	35	35	30	31	7
34	32	33	33	30	35	31	29	34	32	8
34	32	30	35	31	30	29	32	33	30	9
35	32	34	33	32	32	34	36	35	31	10
34	30	35	33	30	31	30	27	30	29	11
36	28	34	31	29	27	32	37	32	34	12



31	34	32	37	36	37	32	35	30	33	13
31	37	34	37	33	32	33	27	28	35	14
31	32	33	28	33	28	34	31	34	31	15
34	35	33	32	33	35	35	35	30	31	16
31	32	33	33	30	35	31	29	34	32	17
31	32	28	35	31	30	29	32	33	30	18
33	32	34	33	32	32	28	36	35	31	19
31	30	35	33	30	31	30	34	30	29	20

Nota:

4.2.2. Conteo de intervalos

Tabla 9

Conteo de intervalos

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

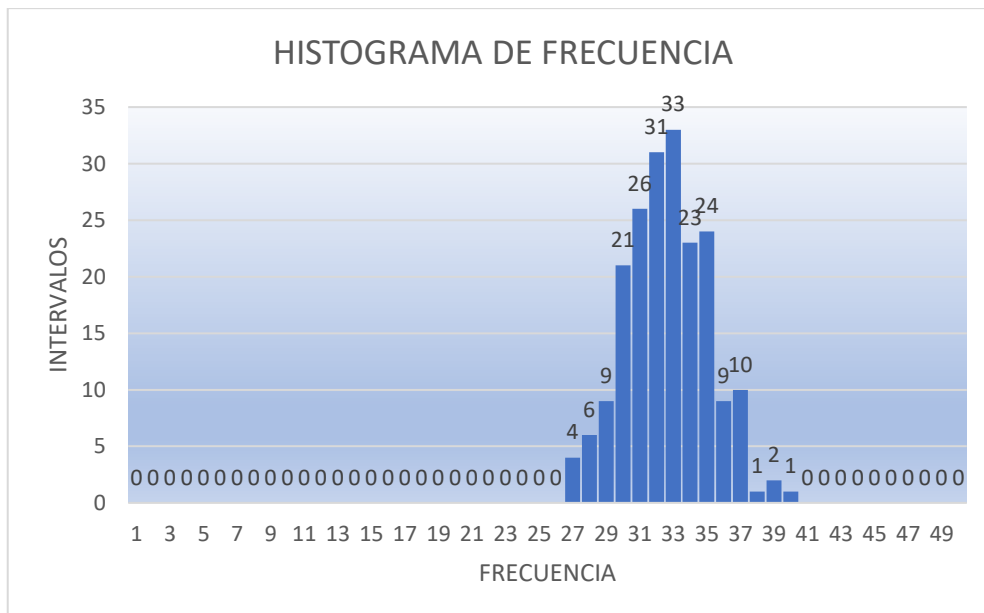
Nota: elaboración propia

El análisis del conteo de intervalos del IRI para la progresiva 0+200 al 0+400 del jirón Los Naranjos muestra que las desviaciones están principalmente concentradas en los intervalos de 31 a 35, con frecuencias máximas en 33 (33 observaciones), 32 (31 observaciones) y 31 (26 observaciones), lo que indica una rugosidad superficial predominante en un rango moderado. Los valores más altos, como 37 (10 observaciones) y 38 (1 observación), son menos frecuentes, al igual que los valores más bajos, como 30 (21 observaciones). Este patrón sugiere que el pavimento presenta condiciones aceptables en la mayoría de los tramos, pero con ciertas áreas puntuales que podrían generar incomodidad

4.2.3. Histograma de frecuencias

Figura 18

Histograma de frecuencias



Nota elaboración propia

4.2.4. Nivel de servicio

Figura 19

Nivel de servicio

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
JR LOS NARANJOS					
CARRIL IZQUIERDO	3.17	2.81	2.86	2.74	2.8

4.2.5. Evaluación del pavimento

	RANGO	CLASIFICACION
RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO



25 - 10	MUY MALO
10 - 0	FALLADO

Evaluación del pavimento

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
JR LOS NARANJOS			
CARRIL DERECHO	2.8	56	REGULAR

El análisis del pavimento en la progresiva 0+200 al 0+400 del jirón Los Naranjos para el carril derecho, basado en un PSI de 2.8 y un PCI de 56, clasifica el pavimento en una condición regular. Estos valores indican que, si bien el pavimento aún es funcional, presenta irregularidades que afectan moderadamente la comodidad y seguridad de los usuarios, así como la eficiencia del tránsito. La clasificación "regular" sugiere que el pavimento se encuentra en un estado intermedio entre aceptable y deteriorado, requiriendo mantenimiento preventivo como microrrevestimiento y corrección de pequeñas fisuras o desniveles

4.3. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL JIRÓN LOS NARANJOS MARGEN DERECHO PROG 0+400 AL 0+600

4.3.1. Conteo de ensayos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	36	38	35	33	33	32	29	29	33	1
31	31	37	39	35	34	32	36	34	31	2
31	32	31	36	31	32	30	33	31	39	3
30	32	29	32	32	33	33	32	32	35	4
37	34	33	33	34	34	31	32	38	35	5
30	37	36	32	31	35	38	34	36	33	6
36	34	33	34	35	32	31	31	33	28	7
34	31	36	32	32	33	34	36	33	29	8
34	37	35	37	38	35	32	36	37	33	9
35	34	33	33	38	32	35	35	33	35	10
34	32	36	32	32	37	31	31	30	30	11
36	28	34	31	29	36	32	37	32	34	12
31	34	32	37	36	37	32	35	30	33	13



31	37	34	37	33	32	33	30	40	35	14
31	32	33	35	33	33	34	31	34	31	15
34	35	33	32	33	35	35	35	30	31	16
31	32	33	33	30	35	31	29	34	32	17
31	32	30	35	31	30	29	32	33	30	18
33	32	34	33	32	32	34	36	35	31	19
31	30	35	33	30	31	30	34	30	29	20

4.3.2. Conteo de intervalos

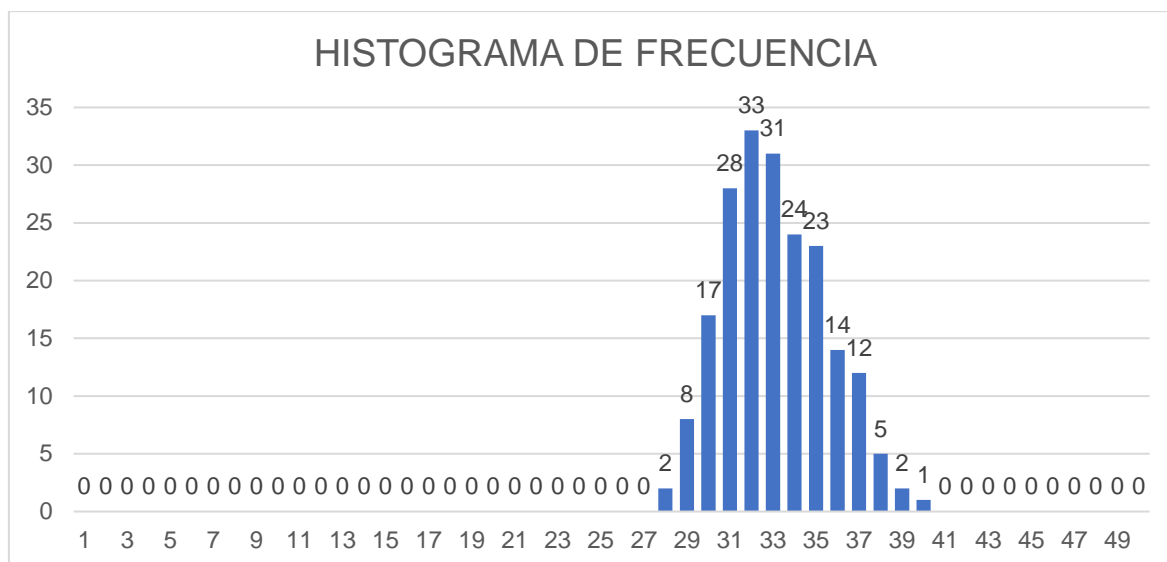
intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	0	31	28	41	0
2	0	12	0	22	0	32	33	42	0
3	0	13	0	23	0	33	31	43	0
4	0	14	0	24	0	34	24	44	0
5	0	15	0	25	0	35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

El análisis del conteo de intervalos del IRI para la progresiva 0+400 al 0+600 del jirón Los Naranjos muestra que las desviaciones están principalmente concentradas en los intervalos de 31 a 35, con frecuencias máximas en 32 (33 observaciones) y 33 (31 observaciones), indicando que la rugosidad superficial del pavimento se encuentra predominantemente en un rango moderado. Los valores más altos, como 36 (14 observaciones) y 37 (12 observaciones), así como los más bajos, como 30 (17 observaciones), son menos frecuentes pero relevantes, sugiriendo variaciones puntuales en la calidad del pavimento.

4.3.3. Histograma de frecuencia

Figura 20

Histograma de frecuencias



4.3.4. Nivel de servicio

Tabla 10

Nivel de servicio

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
JR LOS NARANJOS					
CARRIL IZQUIERDO	2.94	2.93	2.97	2.84	2.91

4.3.5. Evaluación del pavimento

	RANGO	CLASIFICACION
RANGO DE CALIFICACIÓN DEL PCI	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



Evaluación del pavimento

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS				
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
VIA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN	
	jr. Los naranjos			
CARRIL IZQUIERDO	2.91	58.2	REGULAR	

El análisis del pavimento en la progresiva 0+400 al 0+600 del carril izquierdo del jirón Los Naranjos, con un PSI de 2.91 y un PCI de 58.2, clasifica el estado del pavimento como regular. Estos valores indican que el pavimento aún es funcional, pero presenta señales de desgaste que afectan moderadamente su capacidad de proporcionar un tránsito cómodo y seguro. La condición "regular" sugiere la necesidad de mantenimiento preventivo, como el sellado de fisuras y la aplicación de microrrevestimientos

4.4. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL JIRÓN LOS NARANJOS MARGEN IZQUIERDO PROG 0+600 AL 0+800

4.4.1. Conteo de ensayos

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

4.4.2. Conteo de intervalos

Tabla 11

Conteo de intervalos

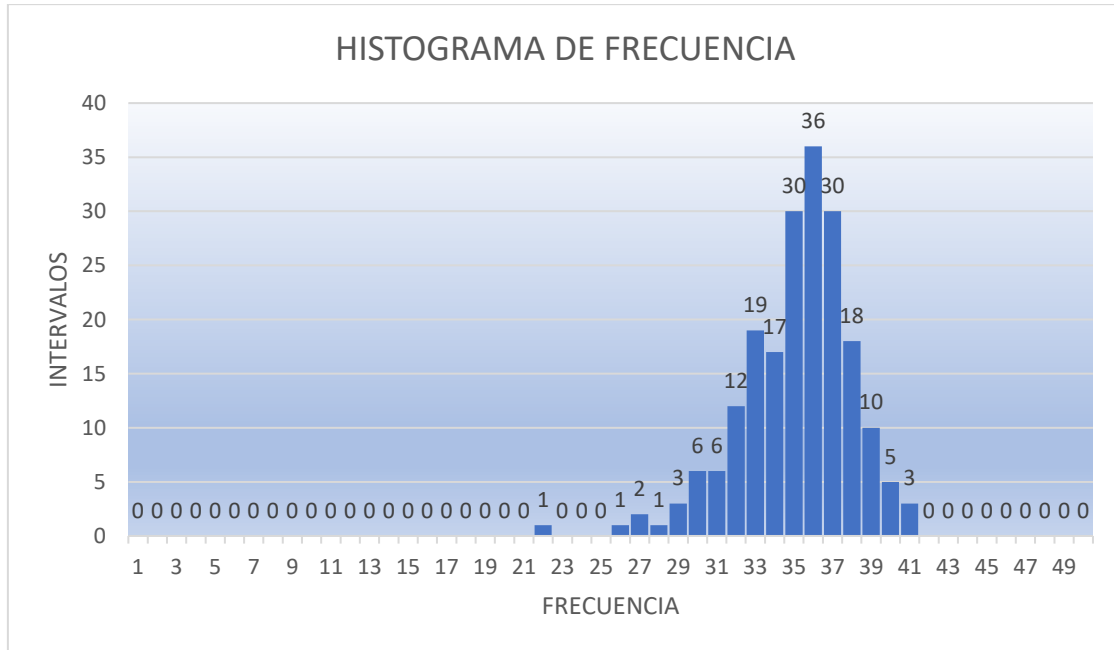
intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	0	31	6	41	3
2	0	12	0	22	1	32	12	42	0
3	0	13	0	23	0	33	19	43	0
4	0	14	0	24	0	34	17	44	0
5	0	15	0	25	0	35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

El análisis del conteo de intervalos para la progresiva **0+600 al 0+800** del jirón Los Naranjos muestra que las desviaciones están principalmente concentradas en los intervalos de **33 a 37**, con frecuencias máximas en **36 (36 observaciones)** y **35 (30 observaciones)**, indicando que la rugosidad superficial del pavimento en este tramo se encuentra dentro de un rango moderado. Los valores más bajos, como **31 (6 observaciones)**, y los más altos, como **38 (18 observaciones)** y **39 (10 observaciones)**, son menos frecuentes, pero reflejan variaciones puntuales que podrían generar incomodidad al tránsito.

4.4.3. Histograma de frecuencias

Figura 21

Histograma de frecuencias



4.4.4. Nivel de servicio

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
jr. Los naranjos					
CARRIL IZQUIERDO	4.14	2.35	2.43	2.3	2.36

4.4.5. Evaluación del pavimento

	RANGO	CLASIFICACION
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
JR LOS NARANJOS			
CARRIL IZQUIERDO	2.36	47.2	REGULAR

El análisis del pavimento en la progresiva 0+600 al 0+800 del jirón Los Naranjos, para el carril izquierdo, basado en un PSI de 2.36 y un PCI de 47.2, clasifica el estado del pavimento como regular. Estos valores reflejan un pavimento funcional pero con signos evidentes de desgaste que pueden afectar la comodidad y seguridad del tránsito. La clasificación "regular" indica la necesidad de mantenimiento preventivo inmediato

4.5. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen izquierdo PROG 0+800 AL 1+000

4.5.1. Conteo de ensayos

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

4.5.2. Conteo de intervalos

Tabla 12

Conteo de intervalos

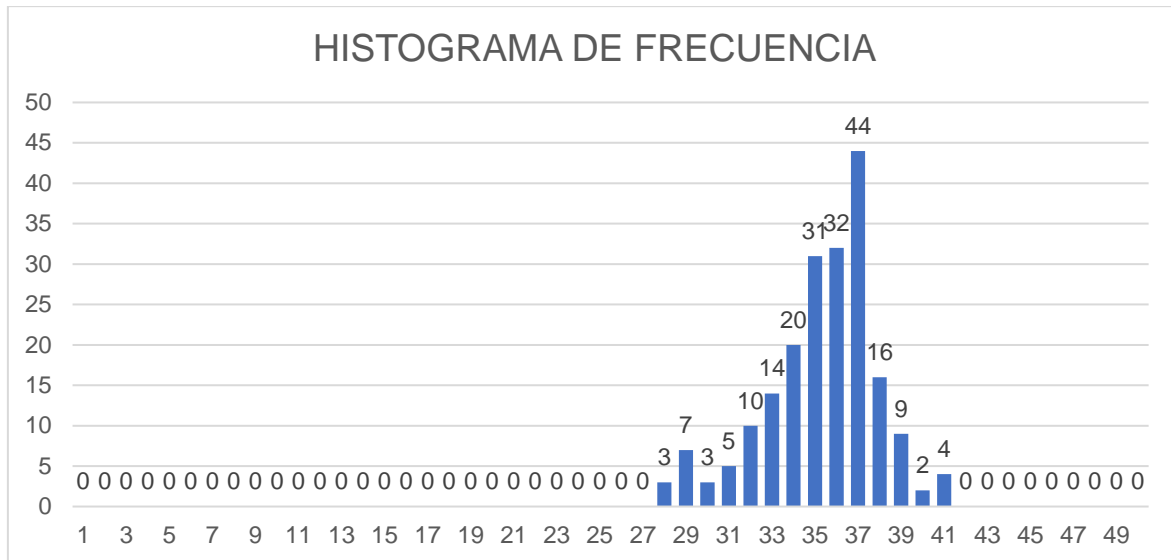
intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	0	31	5	41	4
2	0	12	0	22	0	32	10	42	0
3	0	13	0	23	0	33	14	43	0
4	0	14	0	24	0	34	20	44	0
5	0	15	0	25	0	35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

El análisis del conteo de intervalos del IRI para la progresiva 0+800 al 1+000 del jirón Los Naranjos revela que las desviaciones están mayormente concentradas en los intervalos de 35 a 37, con frecuencias máximas en 37 (44 observaciones), 36 (32 observaciones) y 35 (31 observaciones), indicando que la rugosidad superficial es moderada en este tramo. Los valores más bajos, como 31 (5 observaciones) y 32 (10 observaciones), son menos frecuentes, al igual que los valores más altos, como 38 (16 observaciones) y 39 (9 observaciones). Este patrón refleja un pavimento con condiciones aceptables en general

4.5.3. Histograma de frecuencias

Figura 22

Histograma de frecuencias



4.5.4. Nivel de servicio

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
JR LOS NARANJOS					
CARRIL DERECHO	3.55	2.62	2.68	2.57	2.62

4.5.5. Evaluación de pavimento

	RANGO	CLASIFICACION
RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS



CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
JR. LOS NARANJOS			
CARRIL DERECHO	2.62	52.4	REGULAR

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
Jr los naranjos			
CARRIL DERECHO	2.62	52.4	REGULAR

El análisis del pavimento en la progresiva 0+800 al 1+000 del carril derecho del jirón Los Naranjos, con un PSI de 2.62 y un PCI de 52.4, clasifica el estado del pavimento como regular. Esto refleja un pavimento que, aunque funcional, muestra desgaste evidente que puede afectar la comodidad y seguridad de los usuarios si no se toman medidas oportunas. La calificación "regular" sugiere la necesidad de implementar mantenimiento preventivo

4.6. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen izquierdo PROG 0+800 AL 1+000

4.6.1. Conteo de datos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
31	35	33	34	36	37	35	34	36	34	1
36	34	29	35	35	37	32	35	36	37	2
34	31	37	38	29	37	36	29	37	41	3
29	36	39	30	34	37	32	33	35	37	4
33	37	32	34	35	36	37	38	39	33	5
36	35	35	37	38	33	34	37	35	37	6
35	39	37	36	32	36	28	38	34	36	7
37	37	38	35	30	37	36	37	39	39	8
34	38	28	36	38	36	37	35	35	36	9
36	32	29	37	36	33	38	35	36	35	10
33	35	35	37	38	34	41	36	36	36	11
37	35	37	31	37	34	38	36	41	37	12
34	38	32	33	37	34	31	37	39	33	13
36	34	40	35	35	37	32	35	36	37	14



34	31	37	29	35	33	36	34	37	41	15
29	36	39	36	34	37	32	33	35	37	16
33	37	32	34	35	36	37	38	39	33	17
36	35	35	37	38	33	34	37	35	37	18
35	39	37	40	32	36	28	38	35	36	19
37	37	38	35	30	37	36	37	37	38	20

4.6.2. Conteo de intervalos

Tabla 13

Conteo de intervalos

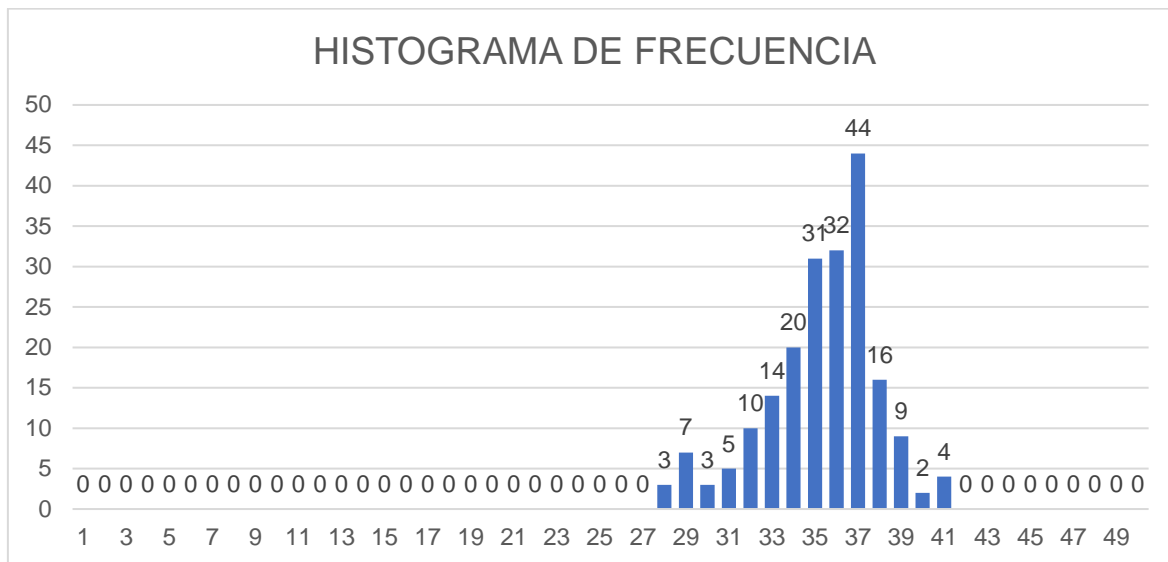
intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	0	31	5	41	4
2	0	12	0	22	0	32	10	42	0
3	0	13	0	23	0	33	14	43	0
4	0	14	0	24	0	34	20	44	0
5	0	15	0	25	0	35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

El análisis del conteo de intervalos del IRI para el tramo prog 0+800 al 1+000 del jirón Los Naranjos muestra que las desviaciones están concentradas principalmente en los intervalos de 35 a 37, con frecuencias máximas en 37 (44 observaciones), 36 (32 observaciones) y 35 (31 observaciones). Esto indica que la rugosidad superficial en este tramo es moderada, con una distribución que sugiere ciertas irregularidades. Los valores más bajos, como 31 (5 observaciones) y 32 (10 observaciones), y los más altos, como 38 (16 observaciones) y 39 (9 observaciones), son menos frecuentes, pero reflejan áreas puntuales con mayores variaciones

4.6.3. Histograma de frecuencias

Figura 23

Histograma de frecuencias



4.6.4. Nivel de servicio

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
jr los naranjos					
CARRIL DERECHO	3.55	2.62	2.68	2.57	2.62

4.6.5. Evaluación del pavimento

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACION
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO

SERVICABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS
--



CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
JR LOS NARANJOS			
CARRIL DERECHO	2.62	52.4	REGULAR

El análisis del pavimento en la progresiva prog 0+800 al 1+000 del carril derecho del jirón Los Naranjos, con un PSI de 2.62 y un PCI de 52.4, clasifica el estado del pavimento como regular. Esto indica que el pavimento es funcional, pero presenta desgaste que puede impactar gradualmente la comodidad y seguridad del tránsito vehicular si no se interviene oportunamente. La calificación "regular" destaca la necesidad de mantenimiento preventivo, como microrrevestimientos para mejorar la superficie y sellado de fisuras para evitar la infiltración de agua que podría acelerar el deterioro.

4.7. Resultados del índice de rugosidad internacional del jirón los naranjos margen izquierdo PROG 1+000 AL 1+200

4.7.1. Conteo de datos

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

4.7.2. Conteo de intervalos

Tabla 14

Conteo de intervalos

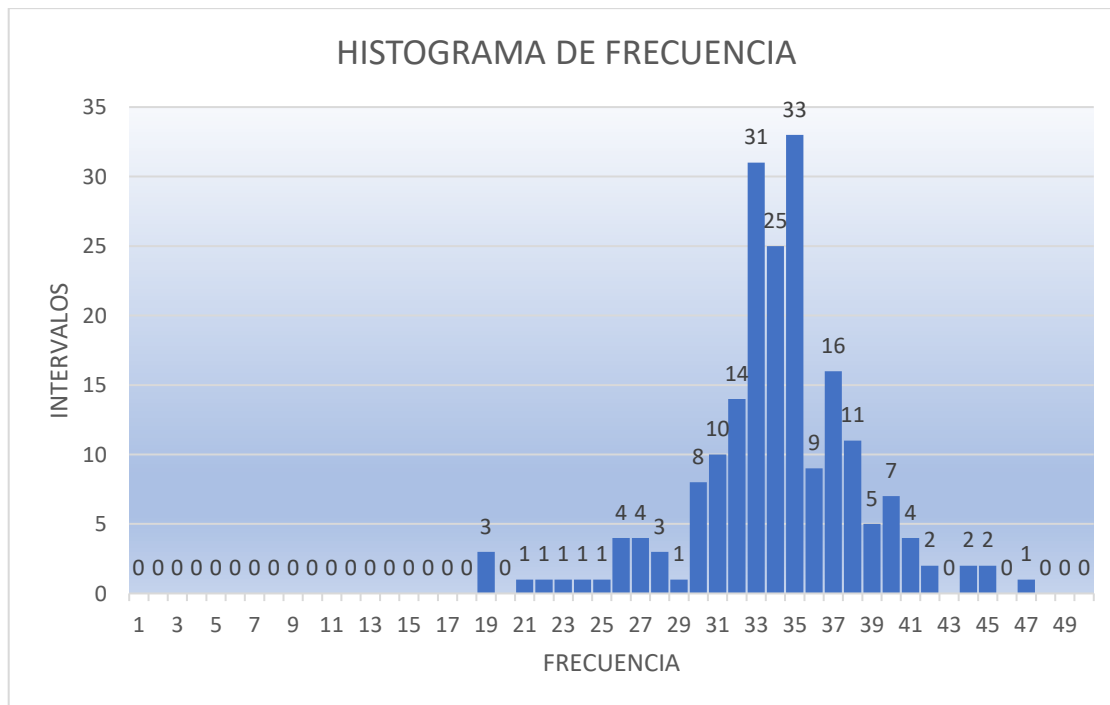
intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	1	31	10	41	4
2	0	12	0	22	1	32	14	42	2
3	0	13	0	23	1	33	31	43	0
4	0	14	0	24	1	34	25	44	2
5	0	15	0	25	1	35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

El análisis del conteo de intervalos del IRI para la progresiva 1+000 al 1+200 del jirón Los Naranjos muestra que las desviaciones están predominantemente concentradas en los intervalos de 33 a 35, con frecuencias máximas en 35 (33 observaciones) y 33 (31 observaciones), lo que indica que la rugosidad superficial en este tramo es moderada. También se observan frecuencias relevantes en 34 (25 observaciones) y 37 (16 observaciones), mientras que los valores más bajos, como 31 (10 observaciones), y los más altos, como 38 (11 observaciones), son menos frecuentes pero representan variaciones puntuales en la calidad del pavimento

4.7.3. Histograma de frecuencias

Figura 24

Histograma de frecuencias



4.7.4. Nivel de servicio

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
		jr los naranjos			
CARRIL IZQUIERDO	4.29	2.29	2.37	2.23	2.3

4.7.5. Evaluación del pavimento

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACION
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
	Jr. Los naranjos		
CARRIL IZQUIERDO	2.3	46	REGULAR

El análisis del pavimento en la progresiva 1+000 al 1+200 del carril izquierdo del jirón Los Naranjos, con un PSI de 2.3 y un PCI de 46, clasifica su estado como regular. Estos valores reflejan un pavimento funcional, pero con signos evidentes de desgaste que afectan moderadamente la comodidad y seguridad del tránsito vehicular. La clasificación "regular" destaca la necesidad de implementar mantenimiento preventivo, como el sellado de fisuras y la aplicación de microrrevestimientos

4.8. Análisis de resultados para iri, psi y nivel de calificación del pavimento del jirón los naranjos

MARGEN	PROGRESIVA		IRI M/KM	PSI	CALIFICACIÓN PCI.
DERECHO	0+000	0+200	2.82	1.75	MALO
DERECHO	0+200	0+400	2.57	2.8	REGULAR
DERECHO	0+400	0+600	2.42	2.91	REGULAR
IZQUIERDO	0+600	0+800	2.82	2.36	REGULAR
IZQUIERDO	0+800	1+000	2.84	2.62	REGULAR
IZQUIERDO	1+000	1+200	4.06	2.4	REGULAR

El análisis de la evaluación del pavimento en el jirón Los Naranjos, mediante el rugosímetro MERLIN, indica que el Índice de Regularidad Internacional (IRI) varía entre 2.42 m/km y 4.06 m/km, clasificando la mayoría de los tramos como regular, excepto en el primer segmento del margen derecho (0+000 a 0+200) que presenta un IRI de 2.82 m/km y una calificación de malo según el Pavement Condition Index (PCI). El Perfil de Serviciabilidad Presente (PSI) fluctúa entre 1.75 y 2.91, reflejando condiciones de servicio moderadas a bajas. En general, el pavimento requiere mantenimiento correctivo en los tramos con calificación malo, así como rehabilitación preventiva en los tramos regulares para evitar un mayor deterioro



4.9. Descripción para el mantenimiento de la vía del jirón los naranjos

Dados los resultados del índice de regularidad internacional, se detalla el nivel de mantenimiento de la vía

Mantenimiento Correctivo (Tramos con Calificación de Malo)

Tramo 0+000 a 0+200 (IRI: 2.82, PSI: 1.75):

Este tramo presenta el peor estado, por lo que se recomienda realizar:

Bacheo profundo: Remoción de las capas dañadas y reposición con mezclas asfálticas de alta calidad.

Sellado de grietas: Para evitar la infiltración de agua que podría agravar el deterioro estructural.

Compactación adecuada para mejorar la regularidad superficial y reducir el IRI.

2. Mantenimiento Preventivo (Tramos con Calificación Regular)

Tramos 0+200 a 1+200 (IRI entre 2.42 y 4.06, PSI entre 2.4 y 2.91):

Estos tramos presentan un estado funcional aceptable, pero requieren medidas preventivas para evitar un deterioro acelerado:

Microrrevestimiento asfáltico: Aplicación de una capa delgada para mejorar la textura superficial y extender la vida útil del pavimento.

Nivelación y compactación: Especialmente en áreas con mayor variación en el IRI, para mejorar la regularidad y reducir las vibraciones durante el tránsito.

Revisión del sistema de drenaje: Garantizar que no haya acumulación de agua que pueda generar fallas prematuras en la estructura.

3. Monitoreo y Evaluación Continua

Implementar un programa de monitoreo periódico con el rugosímetro MERLIN para:

Evaluar los efectos de las intervenciones de mantenimiento.

Identificar nuevos tramos críticos que puedan requerir atención antes de alcanzar una condición de "malo".

Actualizar los datos de IRI y PSI para planificar mejor las acciones futuras.

CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La evaluación de la condición superficial del pavimento flexible del jirón Los Naranjos en la ciudad de Juliaca, realizada mediante la medición de la rugosidad y el análisis del nivel de servicio, revela que el pavimento presenta un estado predominantemente regular con tramos puntuales clasificados como malo. Los valores de IRI oscilan entre 2.42 m/km y 4.06 m/km, indicando que algunos segmentos requieren intervenciones inmediatas para garantizar un nivel de servicio adecuado. El PSI varía entre 1.75 y 2.91, reflejando condiciones de transitabilidad que, aunque aceptables en algunos tramos, muestran deterioro significativo en otros, como el tramo 0+000 a 0+200, que tiene la peor calificación con un PSI de 1.75.
- SEGUNDA:** La medición de la rugosidad del pavimento del Jirón Los Naranjos utilizando el rugosímetro MERLIN permitió cuantificar las irregularidades superficiales, reflejadas en los valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI) que varían entre 2.42 m/km y 4.06 m/km. Estos resultados indican que el pavimento presenta un nivel de rugosidad que impacta de manera significativa en la comodidad de los usuarios, especialmente en el tramo 0+000 a 0+200, clasificado como malo con un PSI de 1.75, evidenciando condiciones inadecuadas para el tránsito vehicular.
- TERCERA:** El análisis del nivel de servicio del pavimento flexible muestra que la mayoría de los tramos tienen una clasificación de regular, según los valores de IRI y PSI. Aunque algunos segmentos, como el tramo 0+200 a 1+200, aún garantizan condiciones aceptables para la operación y comodidad de los usuarios, el tramo inicial del margen derecho presenta deficiencias críticas que afectan la transitabilidad y seguridad. Esto destaca la necesidad de



intervenciones inmediatas para mejorar la funcionalidad del pavimento en áreas críticas.

CUARTA: Con base en los resultados de rugosidad y nivel de servicio, se propone un plan de mantenimiento que incluya acciones correctivas para los tramos con calificación de malo, como el bacheo profundo y sellado de grietas en el tramo 0+000 a 0+200, y mantenimiento preventivo en los tramos clasificados como regulares, mediante microrrevestimiento y optimización del drenaje. Estas intervenciones garantizarán una mejora sustancial en la transitabilidad, prolongando la vida útil del pavimento y mejorando la experiencia de los usuarios en el Jirón Los Naranjos.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Para mejorar la condición del pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos, se recomienda implementar un programa integral de mantenimiento vial que contemple acciones correctivas y preventivas basadas en los resultados obtenidos de rugosidad y nivel de servicio. Este programa debe priorizar los tramos críticos, como el 0+000 a 0+200, y establecer un monitoreo periódico de la rugosidad mediante equipos estandarizados para garantizar el nivel de servicio adecuado y prevenir el deterioro acelerado del pavimento.
- SEGUNDA:** Se sugiere realizar mediciones periódicas de rugosidad utilizando el rugosímetro MERLIN u otros equipos estandarizados para monitorear las irregularidades superficiales del pavimento. Estas mediciones deben realizarse al menos una vez al año, priorizando los tramos con mayor tráfico y deterioro, como el 0+000 a 0+200, para evaluar la evolución del pavimento y planificar las intervenciones necesarias con base en datos cuantitativos.
- TERCERA:** Es necesario realizar una evaluación más detallada del nivel de servicio en cada tramo, incluyendo análisis de velocidad de operación y comodidad del usuario, complementado con encuestas de percepción de los conductores. Estas evaluaciones permitirán identificar con mayor precisión las áreas que requieren intervención inmediata, como los tramos clasificados como malo y regular, para priorizar recursos en las zonas donde el impacto en la comodidad y seguridad sea más crítico.
- CUARTA:** Se debe implementar un plan de mantenimiento dividido en fases, comenzando con acciones correctivas prioritarias en el tramo 0+000 a



0+200, incluyendo bacheo profundo, sellado de grietas y reconstrucción parcial si es necesario. Paralelamente, en los tramos clasificados como regulares, se recomienda aplicar microrrevestimiento asfáltico y mejorar el drenaje, para evitar que estos segmentos evolucionen hacia un estado de mayor deterioro. Además, se debe garantizar un presupuesto anual para la rehabilitación progresiva de los tramos, asegurando la sostenibilidad del pavimento a largo plazo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bañon Blazquez, L. (2018). *Manual de Carreteras - construccion y mantenimiento*.

Capia Mamani, W. (s.f.). ESTUDIO DE LOS FACTORES DEL DETERIORO DE LA VÍA ASFALTADA – VILQUE DE LA REGIÓN PUNO. Puno, Puno, Perú.

Carhuapoma Carlos, J. H. (2019). Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca–2019. Cerro de Pasco, Perú.

Corros B., M. (2017). *MANUAL DE EVALUACION DE PAVIMENTOS*. Lima.

Garnica Anguas, P. (2018). ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED CARRETERA DE MÉXICO. Mexico, Mexico.

González Muñoz, L. G. (2019). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA MALLA VIAL DE BOGOTÁ. Bogotá, Colombia.

Gutierrez Lázares, W. (2018). *MECÁNICA DE SUELOS APLICADA A VÍAS DE TRANSPORTE*. Lima.

Lluncor Gallo , R. A., & Salcedo Barrios, R. G. (2018). PROPUESTA DE GESTIÓN PARA MANTENER LA RUGOSIDAD DENTRO DE LOS NIVELES DE SERVICIO DEL CONTRATO DE CONCESIÓN . Chincha, Ica, Perú.

Mauricio Pradena , M. (2016). AUSCULTACIÓN EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD COMO PARÁMETRO DETERMINADOR DEL RESULTADO DE LA CONSERVACIÓN. Arica, Chile.

Menendez Acurio, J. R. (2016). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS - DISEÑO DE PAVIMENTOS*. Lima: ICG.

Montejo Fonseca, A. (2002). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. Bogotá.



- MTC. (2014). MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS. Perú.
- Paricahua Chaiña, R. C. (s.f.). FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN 2023. San Miguel, San Miguel, Perú.
- Ramos Vilca, W. (2017). EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO POR DEFLECTOMETRÍA E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA CARRETERA: PUNO – VILQUE – MAÑAZO - 4KM CRÍTICOS - 2015. Puno, Perú.
- Rivera Huayhua, D. A. (2023). DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE CONDICION DEL PAVIMENTO Y SERVICIABILIDAD MEDIANTE EL ESTUDIO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN LA AV. HÉROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO DE LA CIUDAD DE JULIACA. Juliaca, San Roman, Perú.
- Sangay Cusquisibán, M. O. (2019). DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIDO CON EL EQUIPO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA Av. HOYOS RUBIO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA. Cajamarca, Perú.
- Varas Navas, M. E. (2021). Evaluación superficial del pavimento flexible en la calle Pablo Rossell cuadras 5, 6 y 7 aplicando el rugosímetro de Merlín, Iquitos - 2021. Iquitos, Loreto, Perú.



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICES / INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General			
¿Cuál será la condición superficial del pavimento flexible mediante rugosidad y nivel de servicio en el jirón los naranjos de la ciudad de Juliaca?	Evaluar la condición superficial del pavimento flexible del jirón los naranjos en la ciudad de Juliaca mediante la medición de la rugosidad y el análisis del nivel de servicio	La condición superficial del pavimento flexible del jiron los naranjos en la ciudad de Juliaca, evaluada mediante rugosidad y nivel de servicio, revela que las deficiencias actuales en el pavimento afectan significativamente la calidad del tránsito y la seguridad vial	VARIABLE DEPENDIENTE: Pavimento Flexible	Estructura de la via capa superficial superficie de rozamiento fases de vida de pavimento	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Aplicativo
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas			INSTRUMENTOS
¿Cuál es el nivel de rugosidad actual del pavimento del Jirón Los Naranjos, y cómo afectan las irregularidades superficiales a la comodidad y seguridad de los usuarios?	1. Medir la rugosidad del pavimento del Jirón Los Naranjos utilizando métodos y equipos estandarizados, para cuantificar las irregularidades superficiales y su impacto en la comodidad y seguridad de los	1. La rugosidad del pavimento del Jirón Los Naranjos es significativamente alta en varias secciones, lo que afecta negativamente la comodidad de los usuarios y aumenta los tiempos de viaje y los costos de mantenimiento vehicular.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Diagnostico e Indice de Serviciabilidad	superficie del pavimento capacidad de rozamiento superficial rugosidad de via mantenimiento	Indice de rugosidad internacional IRI. Rugosimetro Merlin
¿Cuál es el nivel de servicio que actualmente ofrece el pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos, y qué áreas presentan deficiencias que afectan la capacidad, velocidad de operación y comodidad de los usuarios?	2. Analizar el nivel de servicio del pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos, evaluando parámetros como la capacidad, velocidad de operación y comodidad del usuario, para identificar áreas críticas que requieran intervención.	2. El nivel de servicio del pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos está por debajo de los estándares óptimos, debido a la alta rugosidad y al deterioro de la superficie, lo que reduce la capacidad de la vía y la velocidad de operación segura.			
¿Cuál es el nivel de servicio que actualmente ofrece el pavimento flexible en el Jirón Los Naranjos, y qué áreas presentan deficiencias que afectan la capacidad, velocidad de operación y comodidad de los usuarios?	3. Proponer un plan de mantenimiento y mejora basado en los resultados de la medición de rugosidad y el análisis del nivel de servicio, con recomendaciones específicas para prolongar la vida útil del pavimento y mejorar las condiciones de tránsito en el Jirón Los Naranjos.	La implementación de un plan de mantenimiento y mejora basado en la evaluación de la rugosidad y el nivel de servicio del pavimento resultará en una reducción significativa de las irregularidades superficiales y una mejora sustancial en el nivel de servicio, optimizando así la seguridad y eficiencia del tránsito en el Jirón Los Naranjos.			

Anexo 2: Ensayos de laboratorio

UNIVERSIDAD ANCAHA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Bach. RENE ARTURO COILA ROSA

SECTOR: DISTRITO DE JULIACA

TRAMO: JIRÓN LOS NARANJOS

CARRIL: DERECHO EXTERNO PROGRESIVA: 0+000 AL 0+200

FECHA: 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N°: 01

HORA: 09:30

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

TIPO DE PAVIMENTO:

AFIRMADO:

BASE GRANULAR:

BASE IMPRIMIDA:

TRAT. BICAPA:

CARPETA EN FRIO:

CARR. EN CALIENTE:

RECAPEO ASFALTICO:

SELLLO:

OTROS:

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.86

COLA DERECHA: 0.63

CENTRO: 8.00

D: 9.48 und.

F: 47.41 mm

F: 1.00

CALCULO IRI

IRI = 0.593 + 0.0471 x D

IRI = 2.82 m/km

PCI = MALO

CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

PSI = 5 / [e^{IRI/5.5}]

PSI = 1.75

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
R. TORRES

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE AJAJUCA
SOLICITANTE: Bach. RENE ARTURO COLLA ROSA
SECTOR: DISTRITO DE AJAJUCA
TRAMO: JIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL: DEBENCHO
FECHA: 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

HORA 09:30

COLA IZQUIERDA: 0.86
COLA DERECHA: 0.63
CENTRO: 8



N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	2
29	7
30	7
31	7
32	12
33	17
34	17
35	29
36	34
37	32
38	21
39	8
40	3
41	4
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Rene Arturo Colla Rosa
CIP 12707

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO
 MERLÚN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
 SOLICITANTE : Bach. RENE ARTURO COILA ROSA
 SECTOR : DISTRITO DE JULIACA
 TRAMO : JIRÓN LOS NARANJOS
 CARRIL : DERECHO EXTERNO PROGRESIVA: 0+200 AL 0+400
 FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° 2

HORA 10:30

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

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00
 COLA DERECHA: 0.40
 CENTRO: 8.00
 D: 8.40 und
 D: 42.00 mm
 F: 1.00

CALCULO IRI

IRI $0.593 + 0.0471 \times D$
 IRI = 2.67 m/km
 PCI = REGULAR

CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)
 $PSI = 5 / [e^{IRI/5.5}]$
 PSI = 2.80

UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 RENE ARTURO COILA ROSA
 (Firma)

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) NORMA AASHTO PP 37-04

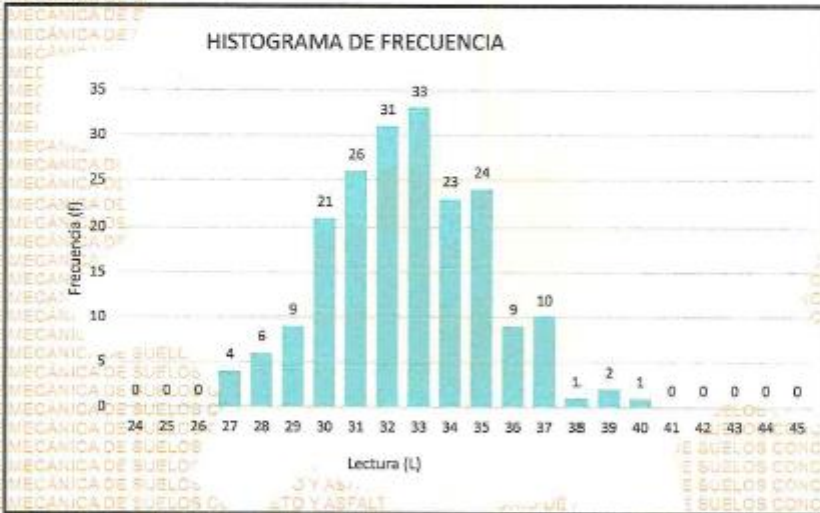
TESIS EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLIN EN EL IRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE Bch. RENE ARTURO COIRA ROSA
SECTOR DISTRITO DE JULIACA, CHETO Y ASFALTOS LABOR
TRAMO IRÓN LOS NARANJOS
CARRIL DERECHO
FECHA 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N° **2**

HORA 10:30

COLA IZQUIERDA 0.00
COLA DERECHA: 0.40
CENTRO: 8



N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	4
28	6
29	9
30	21
31	26
32	31
33	33
34	23
35	24
36	9
37	10
38	1
39	2
40	1
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

UANCV - FIC
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
DIP. [Signature]

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLIN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. RENE ARTURO COILA ROSA
SECTOR : DISTRITO DE JULIACA
TRAMO : JIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL : DERECHO EXTERNO PROGRESIVA: 0+400 AL 0+600
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° 3

HORA 11:30

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

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00
 COLA DERECHA: 0.83
 CENTRO: 7.00
 D: 7.83 und.
 D: 39.17 mm
 F: 1.00

CALCULO IRI

IRI = $0.593 + 0.0471 \times D$
 IRI = 2.42 m/km
 PCI = REGULAR

CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)
 $PSI = 5 / [e^{IRI/5.5}]$
 PSI = 2.91

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 RENE ARTURO COILA ROSA
 CIP 11207

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE: Ing. RENE ARTURO COILA ROSA
SECTOR: DISTRITO DE JULIACA
TRAMO: JIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL: DERECHO
FECHA: 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

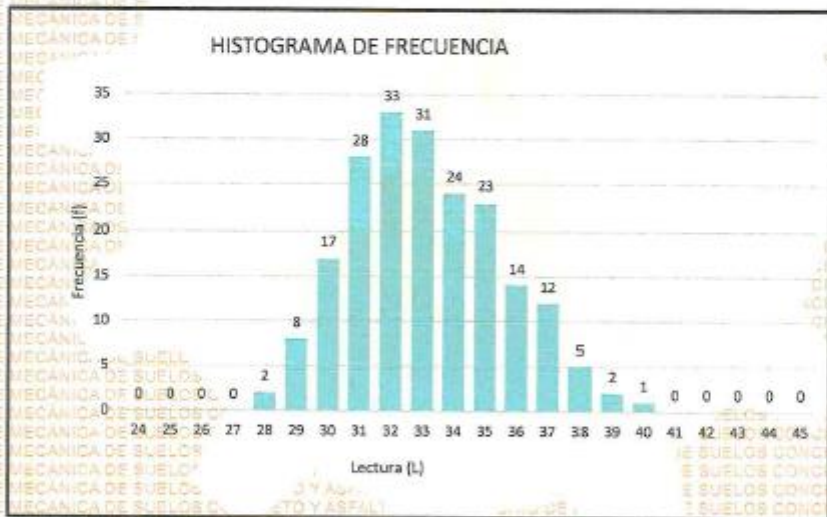
N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	2
29	8
30	17
31	28
32	33
33	31
34	24
35	23
36	14
37	12
38	5
39	2
40	1
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°: **3**

HORA: **11:30**

COLA IZQUIERDA: **0.00**
COLA DERECHA: **0.83**
CENTRO: **7**



UANCV - ECP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. JULIA YVANA TORRES
CIP 146247

B: N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA.
SOLICITANTE Bach. RENE ARTURO COILA ROSA
LUGAR DISTRITO DE JULIACA
TRAMO JIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL IZQUIERDO EXTERNO PROGRESIVA 0+600 AL 0+800
FECHA 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° 4

HORA 14:00

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

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.67
COLA DERECHA: 0.80
CENTRO: 8.00
D: 9.47 und.
D: 47.33 mm
F: 1.00

CALCULO IRI

IRI $0.593 + 0.0471 \times D$
IRI = 2.62 m/km
PCI = REGULAR

CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)
 $PSI = 5 / [e^{(IRI/5.5)}]$
PSI = 2.36



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
M. ARROYO
CID

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAYMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA.

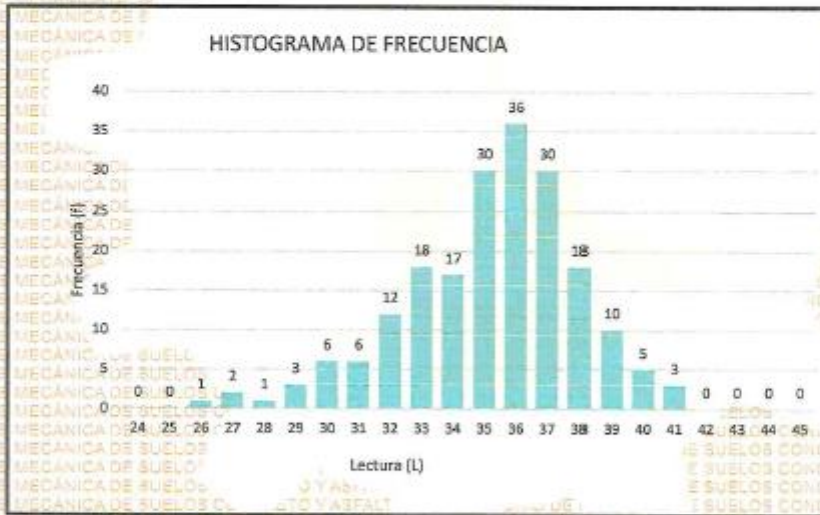
SOLICITANTE: Bach. RENE ARTURO COHA ROSA
LUGAR: DISTRITO DE JULIACA
TRAMO: JIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL: DERECHO
FECHA: 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N° 4

HORA 14:00

COLA IZQUIERDA: 0.67
COLA DERECHA: 0.80
CENTRO: 8



N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	1
23	0
24	0
25	0
26	1
27	2
28	1
29	3
30	6
31	6
32	12
33	18
34	17
35	30
36	36
37	30
38	18
39	10
40	5
41	3
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

UANCV - MCP
CAP INGENIERÍA CIVIL
M. AN. J. ENRIQUETA TORRES
CIP 114447

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA.
SOLICITANTE : Bech, RENE ARTURO COILA ROSA
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA
TRAMO : JIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL : IZQUIERDO EXTERNO PROGRESIVA: 0+800 AL 1+000
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° 5

HORA 15:00

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

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00
COLA DERECHA: 0.56
CENTRO: 9.00
D: 9.56
D: 47.78 mm
F: 1.00

CALCULO IRI

IRI = 0.593 + 0.0471 x D
IRI = 2.84 m/km
PCI = REGULAR

CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)
 $PSI = 5 / [e^{(IRI/5.5)}]$
PSI = 2.62

UANCV - EICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
MIGUEL RAMÍREZ MORALES
CIP 162-47

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLM EN EL IRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. PERE ARTURO COLA ROSA
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA
TRAMO : IRÓN LOS NARANJOS
CARRIL : DE LOS CONCRETOS
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

HORA 15:00

COLA IZQUIERDA: 0.00
COLA DERECHA: 0.56
CENTRO: 9

N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	3
29	7
30	3
31	5
32	10
33	14
34	20
35	31
36	32
37	44
38	16
39	9
40	2
41	4
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
MIRAFLORES DE LA SIERRA
CIP 1000-47

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLIN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE Bach. RENE ARTURO COILA ROSA
SECTOR DISTRITO DE JULIACA
TRAMO JIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL IZQUIERDO EXTERNO PROGRESIVA: 1+000 AL 1+200
FECHA 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° 5

HORA 16:00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35	35	33	33	36	35	29	33	33	34
2	33	35	31	34	37	30	33	34	33	34
3	30	36	41	47	35	38	41	42	36	37
4	38	40	39	40	41	37	33	35	30	34
5	36	19	32	27	26	42	24	40	33	27
6	26	25	26	22	23	28	35	39	31	34
7	33	32	35	30	37	35	32	40	32	32
8	28	32	28	32	35	33	34	34	31	35
9	34	35	33	26	34	32	33	37	35	33
10	32	38	45	35	33	37	30	33	34	35
11	34	33	31	44	41	40	39	19	35	39
12	38	38	39	33	38	33	40	32	38	38
13	31	34	44	32	45	35	37	37	35	35
14	33	35	37	36	37	30	34	34	33	35
15	35	35	35	30	34	19	33	32	35	35
16	32	21	36	32	34	33	33	34	33	36
17	38	37	33	34	31	34	27	30	35	35
18	38	33	31	34	31	34	37	33	34	36
19	35	36	34	37	38	33	31	37	27	35
20	37	33	33	31	40	37	35	35	34	35

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.50
 COLA DERECHA: 0.25
 CENTRO: 14.00
 D: 14.75 und
 D: 73.75 mm
 F: 1.00

CALCULO IRI

IRI = 0.593 + 0.0471 x D

IRI = 4.06 m/km

PCI = REGULAR

CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1985)

PSI = 5/[e^{IRI/5.5}]

PSI = 2.40



UANCV - ECP
CAP INGENIERÍA CIVIL
MIRIAM JIMÉNEZ TORRES
COP 100-47

B. N° 006-00307407



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



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

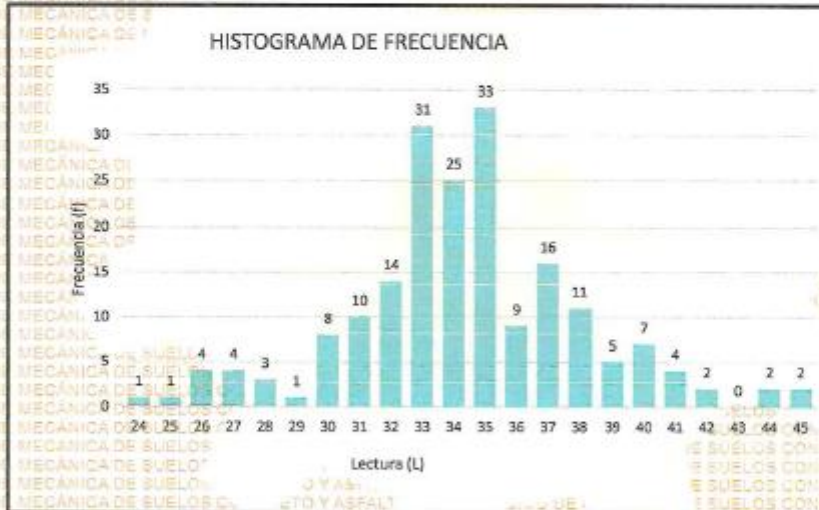
TESIS EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO
SOLICITANTE MERLÍN EN EL IRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
Rocha, RENE ARTURO COLLA ROSA
SECTOR DISTRITO DE JULIACA
TRAMO CIRÓN LOS NARANJOS
CARRIL DERECHO
FECHA 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

HORA 16:00

COLA IZQUIERDA 0.50
COLA DERECHA: 0.25
CENTRO: 14



N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	3
20	0
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	4
27	4
28	3
29	1
30	8
31	10
32	14
33	31
34	25
35	33
36	9
37	16
38	11
39	5
40	7
41	4
42	2
43	0
44	2
45	2
46	0
47	1
48	0
49	0
50	0



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Rocha, RENE ARTURO COLLA ROSA
CIP 15227

B. N° 006-00307407

Anexo 3: Panel fotográfico



Fotografía 01 – IRI PROG 0+000 AL 0+200 MARGEN DERECHO



FOTOGRAFIA 02 – CONTEO DE INTERVALOS PROG 0+200 AL 0+400



FOTOGRAFÍA 03 – REVISION DE CONTEO DE DATOS



FOTOGRAFÍA 04 – CONTEO DE IRI MARGEN IZQUIERDO PROG 0+800 AL 1+000



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 06-01-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RENE ARTURO COILA ROSA

Dirección: AV. SANTA ROSA N° 363 - PUNO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46570835

Teléfono: 925715793 email: RENEALIOC@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: M.sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSÍMETRO

MERLÍN EN EL JIRÓN LOS NARANJOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL, EVALUACIÓN DE PAVIMENTO

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



06 DE ENERO DEL 2025

Firma de Autor

huella digital

Fecha