



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO
DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA
DE EL COLLAO REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

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

JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO
DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA
DE EL COLLAO REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

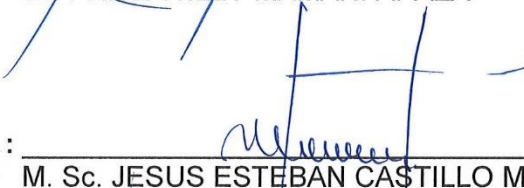
PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

: 
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1385-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 28 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 10484 presentado por el (la) Bachiller: **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA** 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. **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

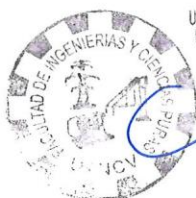
ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 05 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (e)



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 485-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 2257 por el señor (a): **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 201- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 040- 2025 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Cesar Guillermo Camargo Najara** 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° 040- 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO**, 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): **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO** 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 CIENCIAS PURAS

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Félix Iván Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 061-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 19617, presentado el señor (a) **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 012-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 418-2024 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): **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO**, 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° 418-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO**.

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): **MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO** 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. MATHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PR...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:591407378

Fecha de entrega

15 may 2026, 23:29 GMT-5

Fecha de descarga

16 may 2026, 0:05 GMT-5

Nombre del archivo

T036_77469048_T.docx

Tamaño del archivo

20.1 MB

100 páginas

12.002 palabras

64.366 caracteres



15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

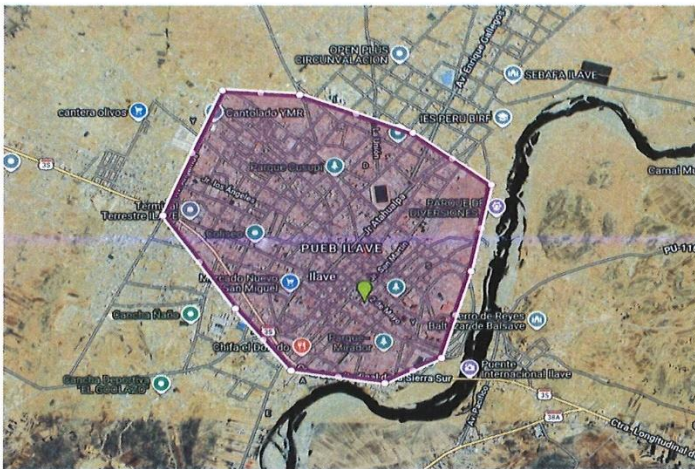


Metadatos Complementarios UANCV



Título de la tesis	
ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77469048
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-1082-5127
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	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: El Collao Distrito: Ilave - Latitud: S 16° 05' 01" - Longitud: O 69 °38' 18"  https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1CZRipGf3uAqc850-VBzr0ywLBBaLiGY&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2025 – Octubre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTOR CACRES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA, identificado con DNI
Nro. 77469048, en mi condición de egresado de:

☒ Escuela Profesional

☐ Programa de Segunda Especialidad,

☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL
DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

Asesorado por: M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

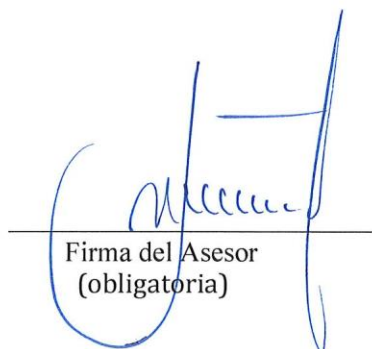
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, 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 09 de Abril del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi pareja Flor Callata por su apoyo constante, amor incondicional y paciencia durante todo este proceso a mi hija Ariana por ser mi mayor fuente de motivación e inspiración.

A mis padres porque son la razón de sentirme tan orgulloso de cumplir mi meta gracias a ellos por confiar siempre en mí.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme esta oportunidad, a mis padres por el apoyo durante este recorrido de mi formación académica, a mis hermanos por alentarme en los momentos que más lo necesitaba.



ÍNDICE

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

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática.....	13
1.2. Planteamiento de la problemática	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problemas específicos.....	14
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Hipótesis.....	15
1.4.1. Hipótesis general	15
1.4.2. Hipótesis específica	15
1.5. Justificación del estudio	15
1.5.1. Justificación teórica	15



1.5.2. Justificación práctica	16
1.5.3. Justificación metodológica	16
1.6. Variables de la investigación	16
1.6.1. Variable independiente	16
1.6.2. Variable dependiente.....	16
1.6.3. Operacionalización de variables	17

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	20
2.1.3. Antecedentes regionales	21
2.2. Base teórica	21
2.2.1. Fundamento de la conservación y mantenimiento vial	21
2.2.2. Regularidad superficial.....	22
2.2.3. Estado de la condición del IRI.....	23
2.2.4. Particularidades en el dimensionamiento y determinación del IRI	25
2.2.5. Efecto de la condición del diseño geométrico en la medición del IRI	25
2.2.6. Aspectos internacionales del efecto de la condición por diseño geométrico ..	26
2.2.7. Influencia de la condición de la curva horizontal y vertical.....	29
2.2.8. Modos para la determinación del IRI	30
2.2.9. Modos de Medición del IRI.....	31
2.2.10. Detalles de modos para la operación del IRI.....	33



2.2.11. Histograma de organización de frecuencias	34
2.2.12. Condición de aplicación del FC	35
2.2.13. Formulas aplicadas para cálculo del IRI.....	35
2.2.14. Normativa del IRI.....	36
2.2.15. Desenvolvimiento del IRI en la sección geometría en una curva.....	38
2.2.16. Aparatos empleados en la metodología de la determinación del IRI	38
2.2.17. Sistemas de solución para vías pavimentadas	40
2.3. Marco conceptual.....	41
2.3.1. Fisuras por fatiga	41
2.3.2. Condición IRI	41
2.3.3. Textura del pavimento	42
2.3.4. Desgaste superficial.....	42
2.3.5. Lapso de modelo.....	42
2.3.6. PSI	42
2.3.7. Superficie de rodadura.....	42
2.3.8. Serviciabilidad del pavimento	42

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación	43
3.2. Diseño de la investigación	43
3.3. Enfoque de investigación:	44
3.4. Ubicación y localización	44
3.4.1. Ubicación política.....	44



3.5. Población y muestra	45
3.5.1. Población	45
3.5.2. Muestra	45
3.6. Instrumentos y técnicas de obtención de datos:	46
3.6.1. Técnica:	46
3.7. Equipo de obtención de datos	46
3.8. Procedimientos	46

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados	49
4.1.1. Productos de regularidad para la sección de la calzada 1 de la vía	49
4.1.2. Resultados de la regularidad para la sección de la calzada 2 de la vía	50
4.1.3. Productos del nivel de PSI	52
4.2. Discusión	55
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	65



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del perfil longitudinal y transversal del camino	23
Figura 2 Ilustración de contraste, coste de rehabilitación vs. edad del pavimento.....	24
Figura 3 Disposiciones del manual de carreteras de Chile.....	28
Figura 4 Disposición del Manual de Carretera de Colombia	28
Figura 5 Geometría de la sección de bombeo a peralte	29
Figura 6 Representación del modelo Q_c	30
Figura 7 Método de nivel y mira midiendo las elevaciones	32
Figura 8 Grados de uso conforme a la clase de vía	33
Figura 9 Contraste para las dos huellas entre el IRI	34
Figura 10 Histograma de distribución de frecuencias	35
Figura 11 Escala de regularidad del IRI (m/km)	37
Figura 12 Longitudinal Esquema de la bicicleta MERLIN.....	39
Figura 13 Transversal esquema del equipo de rugosímetro de Merlín.....	39
Figura 14 Diferencias entre dos secciones de vía con y sin tratamiento	40
Figura 15 Imagen de la ubicación de la vía en estudio.....	45
Figura 16 Equipo Merlín para la obtención de datos de campo.	46
Figura 17 Registro de datos de campo con el equipo Merlín.	47
Figura 18 Diagrama del procedimiento de cálculo del IRI –Bicicleta Merlín	48
Figura 19 Productos IRI – %	51
Figura 20 Resultados del IRI – %, para sus condiciones establecidas	52
Figura 21 Resultados del nivel de PSI, para ambas calzadas	54
Figura 22 Resultados del PSI en % para ambas calzadas.....	54



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	17
Tabla 2 Internacionales normativas de control de IRI	27
Tabla 3 Reglamentos Uruguayas para el Estado del Pavimento, Fundados en el IRI	36
Tabla 4 Colombianas Especificaciones al Estado del Pavimento.....	36
Tabla 5 Canadienses Especificaciones para el Valor Límite del IRI	37
Tabla 6 Grados de uso para calzada asfáltica nueva.....	38
Tabla 7 Grados de uso para asfáltica calzada en servicio.....	38
Tabla 8 Resultados para la sección de la calzada 1	49
Tabla 9 Resultados para la sección de la calzada 2	50
Tabla 10 Comparación del promedio de resultados de las dos calzadas	50
Tabla 11 Resultados para la condición del pavimento – Resumen.....	51
Tabla 12 Nivel de PSI para la sección de la calzada 1	52
Tabla 13 Nivel de PSI para la sección de la calzada 2	53
Tabla 14 Valores para estado del pavimento – Resumen.....	53



RESUMEN

En la investigación presente se emplea la bicicleta Merlín para examinar la degradación de la parte superficial de la vía. El propósito es ilustrar cómo el análisis funcional influye en la capacidad de los vehículos para transitar. Se adopta una técnica de investigación descriptiva y un diseño transversal sin métodos experimentales, lo que presenta un enfoque realista. La población típica de la muestra de estudio de la Avenida Puno es la propia Avenida Puno, que se extiende a lo largo de cuatro kilómetros y veintisiete metros de ancho en todo su recorrido. Los resultados del estudio muestran que la carretera presenta una gran cantidad de baches. El IRI, que mide el grado de irregularidad, es de 6,08 m/km, lo que señala que la carretera presenta un desnivel significativo. La capacidad de la carretera para transitar se ve afectada negativamente por un cierto nivel de rugosidad. Se calcula el PSI y el resultado es 1,66. Esto indica que el pavimento flexible se clasifica como de baja transitabilidad. Con base en los descubrimientos de este estudio, se diseña un modelo de pavimento flexible para garantizar que las carreteras se mantengan homogéneas, duraderas y resistentes. Además, el diseño busca mejorar la fluidez del tráfico. Donde se quiere inicialmente el nivel de servicio que tiene la vía en estudio, para de esta manera tener un diagnóstico más real, con el que se podrá proponer la alternativa para su rehabilitación mejorando así su nivel de servicio.

Palabras clave: Transitabilidad, pavimento, tráfico, funcional, rehabilitación.



ABSTRACT

In this study, the Merlin bicycle is used to examine the degradation of the road surface. The purpose is to illustrate how functional analysis influences the ability of vehicles to travel. A descriptive research technique and a cross-sectional design without experimental methods are adopted, which presents a realistic approach. The typical population of the study sample on Puno Avenue is Puno Avenue itself, which is four kilometers long and twenty-seven meters wide throughout its entire length. The results of the study show that the road has a large number of potholes. The IRI, which measures the degree of irregularity, is 6.08 m/km, indicating that the road has significant unevenness. The road's traffic capacity is negatively affected by a certain level of roughness. The PSI is calculated and the result is 1.66. This indicates that the flexible pavement is classified as having low trafficability. Based on the findings of this study, a flexible pavement model is designed to ensure that roads remain uniform, durable, and resistant. In addition, the design seeks to improve traffic flow. The initial goal is to determine the level of service of the road under study in order to obtain a more realistic diagnosis, which will enable the proposal of alternatives for its rehabilitation, thereby improving its level of service.

Keywords: Transitability, pavement, traffic, functional, rehabilitation.



INTRODUCCIÓN

El estado de la infraestructura vial suele ser deficiente, especialmente en Latinoamérica, y la falta de un mantenimiento adecuado solo acelera el deterioro del pavimento. Esto genera un gasto considerable y tiene una directa influencia en el desarrollo del país. Estas actividades tienen consecuencias económicas, culturales y sociales.

La avenida Puno del distrito de Ilave, con una extensión aproximada de 470 metros, está comenzando a deteriorarse. En esta calzada se observan reflexiones en las juntas, grietas en los bloques, fisuras longitudinales que indican fallas estructurales y fracturas tipo "piel de cocodrilo" causadas por la degeneración del ligante. La degradación del pavimento se evidencia por la presencia de baches, un mal funcionamiento y la erosión de partículas diminutas. Esta acera, una de las menos adaptables de la ciudad, se distingue por su superficie irregular y su poco uso. Dado que une el centro de la ciudad, el mercado de Las Américas, instituciones educativas y la Plaza de Armas, es imperativo reparar la vía. La insuficiencia de las cimentaciones estructurales es un factor crucial que contribuye a su degradación, agravada por el tráfico vehicular. La necesidad de tomar medidas inmediatas se subraya al contrastar la estructura actual con el concepto básico.

Como parte de este estudio, se evaluaron la rugosidad y la transitabilidad de la Avenida Puno de Ilave. Los capítulos que componen esta revisión se enumeran a continuación. El primer capítulo de este análisis define el tema que se abordará, establece los objetivos que se esperan alcanzar, explica la justificación para realizar dicho análisis, describe la importancia del análisis y enumera las restricciones que enfrenta. A continuación, desarrolla hipótesis y alternativas. El modelo teórico se utiliza en la Sección 2 para contextualizar la evaluación de los valores, situándolos en el marco de los niveles local, nacional y global. La demografía, la muestra, el grado, la clase y el modelo del estudio se abordan en la Sección III. Se describen en detalle las empleadas técnicas para la recopilación de valores sobre el valor in situ y la medición del IRI/PSI. En el cuarto



capítulo, se examinan los productos, así como la validez interna y externa de nuestra investigación. Estos varían en función del IRI, el PSI y sus resultados correlacionales, que concuerdan con los objetivos del proyecto.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática

Las superficies de los pavimentos en Perú se han degradado como resultado del aumento del tráfico vehicular, según Porras (2020). La preparación insuficiente antes de las reparaciones rutinarias o periódicas es evidente en las superficies de los pavimentos en todo el país. Para comprender mejor las causas de este fenómeno, es fundamental evaluar la calidad de las tareas que tienen lugar en la ejecución de un vial proyecto. Esta evaluación determinará si se cumplieron o no los estándares fundamentales de diseño e identificará cualquier defecto en los componentes. La necesidad de analizar las superficies de las carreteras de Puno para elegir la mejor opción de mantenimiento o reparación se evidencia en el deterioro de las principales avenidas y calles de Ilave, como lo señaló Paucar en 2019. Zelada (2019) afirma que las vías son el medio principal de transporte en la zona, lo que requiere un estudio y diseño completos para mejorar la longevidad del pavimento. Es por ello que en el distrito de Ilave, se tiene una vía principal que es la avenida Puno, el cual no se encuentra en un nivel de servicio que garantice la serviciabilidad del pavimento existente, es por ello que se pretende evaluar el nivel de servicio que brinda la vía.



1.2. Planteamiento de la problemática

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el nivel de servicio del pavimento flexible empleando el método de rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno?

1.2.2. Problemas específicos

PE 1. ¿Cuál será el índice internacional de rugosidad (IRI) empleando el rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno?

PE 2. ¿Cuál será la eficiencia del uso del para la medición del IRI del pavimento flexible en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao?

PE 3. ¿Cómo será el nivel de serviciabilidad presente en el pavimento flexible (PSI) de la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el pavimento flexible mediante método de rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

OE1. Determinar el índice internacional de rugosidad (IRI) mediante el rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno.

OE2. Analizar el nivel de serviciabilidad mediante la medición del IRI del pavimento flexible en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao.



OE3. Determinar el nivel de serviciabilidad presente en el pavimento flexible (PSI) de la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao.

1.4. Hipótesis

1.4.1. *Hipótesis general*

La evaluación de pavimento flexible por el método de rugosímetro de Merlín permitirá la determinación de la condición funcional y el estado del pavimento flexible de la avenida Puno del distrito de Ilave.

1.4.2. *Hipótesis específica*

HE 1. El IRI que tendrá el pavimento de la avenida Puno de la localidad de Ilave mediante el rugosímetro Merlín es inferior a 10.

HE 2. El Método de rugosímetro de Merlín nos da un IRI confiable que el aplicativo IRI-Calc-Free en la avenida Puno de la localidad de Ilave.

HE 3. El nivel de serviciabilidad del pavimento flexible de la avenida Puno del distrito de Ilave, provincia de El Collao es de clasificación Regular.

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. *Justificación teórica*

Este estudio calcula, evalúa y examina el IRI empleando la bicicleta Merlín estándar. En el eje comercial de Ilave, la avenida Puno es utilizada principalmente por vehículos ligeros, tanto públicos como privados. La vía central de doble sentido, desde Jr. Manco Cápac hasta Jr. Sandia, tiene 7,20 m de ancho. La normativa vial varía, con carriles de 3,60 m.

1.5.2. Justificación práctica

El IRI es necesario para el mantenimiento vial. Por lo tanto, la evaluación de la red vial de Ilave es crucial. El Rugosímetro Merlín, adaptable y asequible, recopila estos datos en terreno. La difusión de los productos de esta investigación beneficiará al público y contribuirá a futuras investigaciones y referencias. Esta investigación ayudará a los ingenieros civiles a analizar mejor las carreteras y calles, mejorando la comodidad del conductor.

1.5.3. Justificación metodológica

El pavimento se degrada con el tiempo, como cualquier tratamiento superficial. Los factores ambientales, el tráfico y las curvas horizontales lo deterioran. La degradación afecta al tráfico. En terrenos irregulares, los taxis y otros vehículos sufren graves daños en los neumáticos, según Lima News. Para evitar estos problemas, arriesgan su seguridad.

1.6. Variables de la investigación

1.6.1. Variable independiente

Estado de la condición del pavimento flexible. El rugosímetro de Merlín evaluará la rugosidad. Considerando los siguientes indicadores:

- ✓ Estado de conservación del pavimento.
- ✓ Desintegración o desgaste de la superficie.
- ✓ Fallas presentes.
- ✓ Deformaciones presentes.

1.6.2. Variable dependiente

Nivel de servicio del pavimento flexible, tras calcular el IRI de la avenida.

La variable dependiente muestra estos indicadores:

- ✓ Condición de la superficie del pavimento.
- ✓ Comodidad y seguridad del usuario.
- ✓ Grado de desintegración.
- ✓ Nivel de confort de rodadura.

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADORES	INSTRUMENTO	DIMENSIONES
Independiente: Estado de la condición del pavimento flexible	- Estado de conservación del pavimento. - Desintegración o desgaste de la superficie.	Observación	Cálculo de la transitabilidad
	- Fallas presentes. - Deformaciones presentes.		Determinación de la serviciabilidad
Dependiente: Nivel de servicio del pavimento flexible	- Condición de la superficie del pavimento. - Comodidad y seguridad del usuario. - Grado de desintegración. - Nivel de confort de rodadura.	Rugosímetro de Merlín	IRI Pavimento flexible

Nota. Desarrollo propio del autor.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Tesis de Mohammed Junaid Uddin de 2015, "Mediciones del Rendimiento del Pavimento con una Aplicación para Smartphone Android", de la Universidad de Osmania, India. Este estudio utilizó tecnología de smartphones Android para evaluar la regularidad del pavimento en Hyderabad, India, y concluyó que la regularidad es una señal clave de la calidad del pavimento y requiere una evaluación cuidadosa de los pavimentos nuevos. Los datos recopilados a velocidades inferiores a 20 km/h son inexactos. Se planeó calcular el IRI promedio a intervalos de 100 metros a 50 km/h.

En la presentación de "Niveles de Servicio Basados en el Índice Internacional de Rugosidad (IRI)" en el Congreso Iberoamericano de Medellín, Colombia, Chang (2017) se propuso: El trazado de la carretera, una variable importante en las carreteras, ha sido la variable del IRI menos estudiada a pesar de su impacto en los resultados de las mediciones. Se analiza la geometría de la carretera en perfil y planta para



determinar los principales factores que afectan los resultados del IRI. Depresiones, fallas, surcos, buzamientos, ondulaciones, curvas verticales y otras características pueden afectar drásticamente los datos del IRI para olas de 1,20 a 30 m. El IRI evalúa muchas características de configuración del Perfil Longitudinal. Por lo tanto, los tramos donde las características geométricas del diseño de la carretera afectan considerablemente al IRI deben considerarse singularidades y examinarse con más detalle. Las normas internacionales impiden el análisis estadístico detallado de las singularidades, lo que permite que los niveles de servicio sean buenos o malos.

Hernández (2018) elaboró una guía para el equipo Merlín y calculó el IRI para su tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil. El objetivo era reescribir la guía del rugosímetro Merlín y explicar el IRI del pavimento. La conservación de la tierra del pavimento debe seguir un procedimiento no experimental. La topografía y Merlín se utilizan para estimar el IRI en carreteras de pequeño y mediano tamaño. Los perfiladores inerciales son tecnologías de alto rendimiento que se utilizan en carreteras anchas.

Rashid generó mediciones comparables del pavimento utilizando el IRI, la Severidad de Grietas (CS) y el PSI en su tesis de maestría desarrollado en el periodo del año 2016 sobre la red de pavimentos de Texas. Este estudio no experimental, descriptivo, fue aplicativo. Los productos del estudio se presentan a continuación: Desempeño del pavimento en zonas urbanas y rurales. Las carreteras urbanas han tenido un IRI más elevado que las rurales vías durante nueve años. Los valores de DS y CS contradicen la idea de que el desgaste de la carretera (DS), o una combinación de desgaste y rugosidad, es el único elemento que afecta el comportamiento del pavimento rural y urbano.



2.1.2. *Antecedentes nacionales*

Según las directrices de pavimentos urbanos CE.010, utilizar un software para smartphones como "Roadroid" para gestionar las carreteras y evaluar la rugosidad es rentable y eficiente, según Almenara Cueto (2015). Puede ahorrar un 82,3 % en comparación con el perfilado láser, excluyendo los costes energéticos y los imprevistos. Tras el estudio, el tesista descubrió que los datos de IRI calculados y estimados se hallan dentro del 2 %.

En su estudio de 2021 sobre una carretera pavimentada, Arce Salazar instaló el software "Abakal IRI" en un smartphone instalado en un vehículo. Tras la recopilación de datos, se creó un gráfico con los valores de elevación en milímetros (mm) de trece observaciones a 100 metros. La avenida presenta una transitabilidad deficiente, con un IRI medio de 15,72 metros por kilómetro. Gonzalo y Beingolea (2021) evaluaron la usabilidad del pavimento de la Avenida Internacional empleando IRI. La bicicleta MERLÍN arrojó resultados equivalentes a los de la aplicación para smartphones ABAKAL IRI para el tramo investigado. Encontraron el pavimento de ambos carriles como "No Aceptable", según la clasificación IRI del MTC de Perú.

Se está evaluando la homogeneidad del asfalto en las carreteras pavimentadas de Tacna. Flores Calderón (2022) comparó la Av. Los Ángeles utilizando la bicicleta MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI. La investigación encontró valores de IRI de 5,52 y 5,89 m/km. Ambos métodos resultaron confiables debido a su proximidad, lo que indica que la superficie se ha degradado. Ese mismo día, Osco y Atencio (2022) evaluaron el IRI empleado el aplicativo móvil "Abakal IRI" y la bicicleta Merlín. Se probó un tramo de pavimento flexible de la ruta costera Tacna-Ilo. Se consideraron múltiples variables que podrían afectar el resultado. La mezcla 01, un dispositivo



móvil de lujo de 300 kg, utilizó la camioneta 4x4 modelo 2021 con neumáticos de 35 PSI. Su porcentaje de similitud del 99,39 % fue el más confiable al comparar ambos modos. Los resultados de 16 combinaciones lo demostraron.

2.1.3. Antecedentes regionales

De La Cruz (2022) analizó el uso y la disposición de carga del pavimento flexible en Azángaro-Salinas. Merlín asignó al componente un PSI de 3.41, lo que indica su capacidad de servicio. Los datos de laboratorio determinaron la disposición de carga en la parte estructural del pavimento como son la subrasante, la subbase y la base. Se creó un sistema estructural que cumplió con los estándares de diseño utilizando las Relaciones de Carga de California (CBR) para cada capa de pavimento y espesor de campo.

2.2. Base teórica

2.2.1. Fundamento de la conservación y mantenimiento vial

El Manual de Carreteras para el Mantenimiento y la Preservación de Carreteras (2018) define la preservación de carreteras como el mantenimiento de carreteras y caminos rurales. Los organismos estatales deben mantener algunas carreteras en buen estado, según el tipo de ruta.

El MTC gestiona la Red Nacional Vial, los Regionales Gobiernos la Red Vial Departamental o Regional, y los Municipales Gobiernos, Provinciales y Distritales la Red Rural Vial o Vecinal.

Según el SINAC, las vías residenciales sin pavimentar predominan en la red vial. Las municipalidades distritales generalmente carecen de una buena estrategia y el desarrollo de un plan de acción para la gestión de la infraestructura vial en todo

ámbito, por lo que deben priorizar estas cuestiones. La siguiente tabla muestra las carreteras del Perú.

Según Salazar Cayotopa y Sánchez Muñoz (2020), las municipalidades distritales pueden tener dificultades para costear el mantenimiento de las carreteras locales. El programa descentralizado PROVIAS (Programa Nacional de Caminos y Desarrollo Urbano) financia el mantenimiento de las carreteras municipales y la rehabilitación de la infraestructura.

Los agricultores rurales dependen de las carreteras locales para su sustento. La Yarada Los Palos exporta una gran cantidad de productos agrícolas a nivel local y nacional. Sin embargo, el desarrollo vial carece de una evaluación integral del nivel de servicio. Por lo tanto, una evaluación superficial debería revelar problemas significativos y ayudar a los usuarios a reducir las acciones innecesarias y garantizar la asignación óptima de recursos de la pública administración.

2.2.2. Regularidad superficial

Fallas como grietas de cocodrilo, depresiones y parches pueden aumentar significativamente la irregularidad de la carretera y los valores del IRI, mostrando así el estado de la regularidad de los pavimentos flexibles. El contacto de los neumáticos de un vehículo con el sustrato superficial del pavimento se cuantifica mediante filtros y aproximaciones sinuosas para obtener un espectro de valores del IRI que varían según el país.

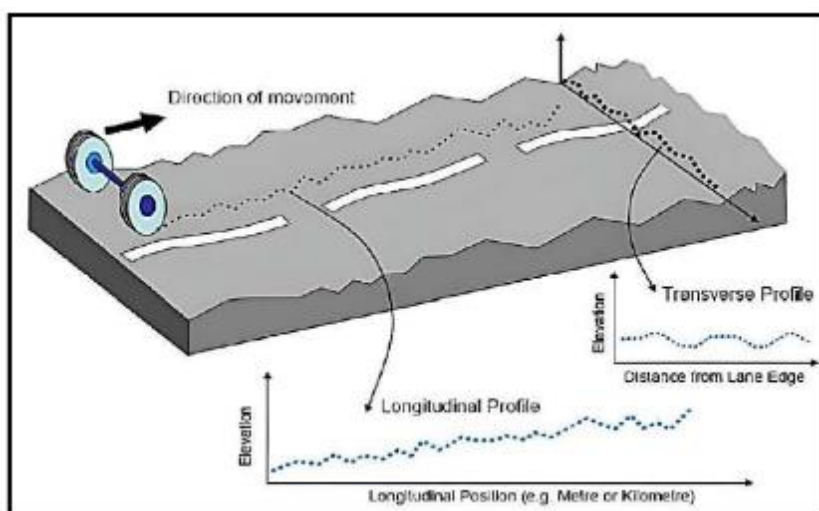
El deterioro del asfalto y las fallas previstas, como grietas longitudinales, ahuellamientos, delaminación y baches, afectan los costos de mantenimiento. Este tipo de fallas en muchas vías se hace muy recurrente puesto que es necesario realizar una evaluación de las fallas que presentan los pavimentos flexibles y las posibles causas que generan el deterioro.

2.2.3. Estado de la condición del IRI

La regularidad es la desviación del suelo del pavimento con relación a una disposición nivelada, según Barriga Zhindón y Chaca Guamán (2019) y la norma ASTM 867-06: Terminología estándar relacionada con los sistemas de pavimento vehicular. Junto con los perfiles longitudinales y transversales, la rugosidad mide las cargas dinámicas, el drenaje, la calidad de la conducción y la dinámica del vehículo. Evalúa el coronamiento, como se explica a continuación:

Figura 1

Esquema del perfil longitudinal y transversal del camino



Nota. La ilustración nos muestra la diferencia del coste y la edad del pavimento.

El longitudinal perfil previsto ($IRI = 0$) y el longitudinal perfil real se comparan para hallar la irregularidad del suelo del pavimento.

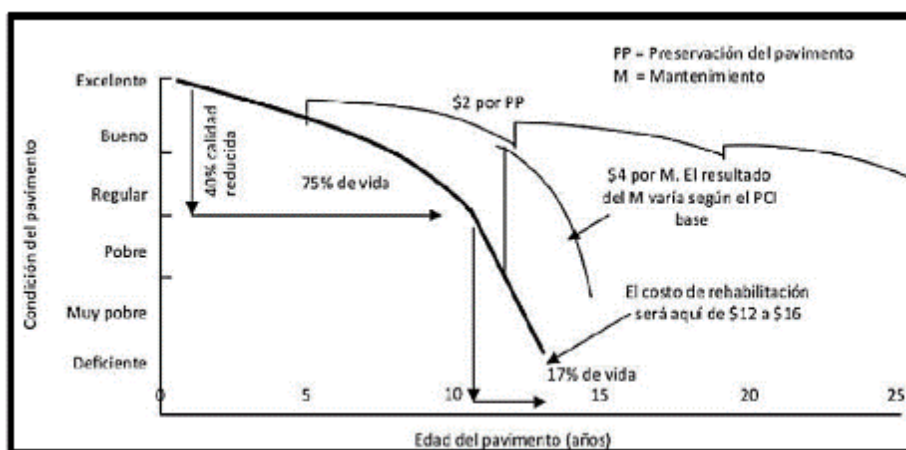
La AASHTO acuñó el término "serviciabilidad" en la década de 1960 para mejorar la conducción. Se utilizaron el Índice y el PSR. Un equipo de expertos calificó el confort de los usuarios de la vía de 0 (poco práctico) a 5 (excelente).

Múltiples estudios del Banco Mundial demuestran que el parámetro IRI mide la degradación del pavimento. Por lo tanto, es ampliamente aceptado y utilizado, brindando comodidad a las personas.

Según Díaz Saavedra (2022), el estudio de Lavoud sobre la gestión de la rugosidad enfatiza la necesidad de mantener la rugosidad del terreno para alargar la vida útil del pavimento y bajar los costes de mantenimiento. Los pavimentos con un IRI primario de 1,5 m/km son más económicos de mantener, más cómodos y más lisos. Consumo de combustible. Una reducción real del IRI del 50 % puede aumentar la útil vida del pavimento en un veintisiete%. El mantenimiento rutinario puede costar entre 6 y 8 veces más que la sustitución del pavimento. El rendimiento del pavimento depende del mantenimiento de la vía. En el gráfico a continuación, se comparan los costos de restauración con los de los conservados pavimentos.

Figura 2

Ilustración de contraste, coste de rehabilitación vs. edad del pavimento



Nota. La ilustración nos muestra la diferencia del coste y la edad del pavimento.

El Manual del MTC (2014) establece que el IRI se desarrolló inicialmente para analizar las características físicas del desgaste del pavimento y posteriormente se convirtió en una medida de la uniformidad del suelo de la vía, lo cual es importante para la seguridad, el desgaste de los neumáticos, la comodidad de los pasajeros y las fluctuaciones de velocidad. Llegando así tener un nivel de servicio más efectivo hacia los usuarios.

Tras la instalación de una nueva superficie de asfalto, la norma EC 010 exige una inspección final de calidad para determinar la rugosidad y la comodidad del usuario. La anomalía no puede superar los 2,5 m/km.

2.2.4. Particularidades en el dimensionamiento y determinación del IRI

Una singularidad es cualquier cambio longitudinal en el perfil del pavimento que eleva el valor del IRI sin que existan defectos de construcción, según la norma LNV 107-2000. Los obstáculos viales incluyen reductores de velocidad, pozos de registro, baches, puentes y otros. El MTC (2013) exige que el Supervisor especifique el carril y las abscisas de las singularidades, modificaciones longitudinales en el perfil que aumentan el IRI y no constituyen defectos de construcción. Antes de la inspección del IRI existían cruces, puentes, fosos de inspección y similar infraestructura. Las singularidades afectan los intervalos de medición de carreteras y segmentos, así como los resultados del cálculo del índice de regularidad.

2.2.5. Efecto de la condición del diseño geométrico en la medición del IRI

La legislación vigente define las carreteras según los criterios, características y componentes necesarios para su correcto funcionamiento, asegurando el cumplimiento de las especificaciones y los parámetros de calidad y bienestar público.

El MTC define el geométrico diseño como la representación de los componentes de la vía en un plano de sección perpendicular vertical a la alineación horizontal para mostrar sus proporciones, disposición e integración con el paisaje en cada ubicación. La transversal sección de la vía incluye pendientes, calzada, carriles, cunetas, arcenes y componentes auxiliares, que son las partes de la geometría de la sección de la carretera, donde se ejecuta las labores de la evaluación para la determinación del IRI.



El IRI se calcula a partir de la elevación del pavimento. El IRI no debe verse afectado por la curvatura vertical u horizontal. Las curvas modifican el plano horizontal de la superficie, lo cual la técnica de cálculo del IRI ignora.

Por lo tanto, los métodos de pavimentación empleados a nivel nacional, en cumplimiento con la legislación de tránsito, revelan que ciertos trazados de carreteras sinuosas tienen valores de IRI que difieren considerablemente de los diseños de carreteras planas o sinuosas. Muchas concesiones nacionales de carreteras incumplen las normas contractuales de transitabilidad.

2.2.6. Aspectos internacionales del efecto de la condición por diseño geométrico

Las leyes de tránsito locales suelen ignorar la evidencia internacional sobre este tema. Este problema debe abordarse para regular la rugosidad del pavimento y evitar problemas en la ejecución, la conservación y la administración de la vial infraestructura. En la siguiente tabla, se comparan las regulaciones de rugosidad y su aceptación con las de otros países.

Tabla 2

Internacionales normativas de control de IRI

Organización	Metodología	Requerimiento de IRI acorde a la clase de superficie		
		Carpeta Asfáltica	Concreto Hidráulico	Tratamiento Superficial
Ministerio de Obras Públicas – Chile	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 m. de sección homogénea	Promedio de 5 secciones < 2 m/km Promedio Individual < 2.8 m/km		Promedio de 5 secciones < 3 m/km Promedio individual < 4 m/km
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos de 100 m.	IRI < 1.5 m/km en cincuenta% de las secciones del plan IRI < 2 m/km, en ochenta% de las secciones del plan IRI < 2.5 m/km en cien% de las secciones del plan		
Estados Unidos, WisDOT	IRI obtenido en tramos de 1.609 km. (1 milla)	<1.1 m/km / Pavimento nuevo <1.17 m/km / 1 año <1.29 m/km / 2 años <1.33 m/km / 3 años <1.37 m/km / 4 años <1.45 m/km / 5 años		
Canadá	IRI obtenido en tramos de 100m.	IRI < 1.2 m/km en 70% de datos IRI < 1.4 m/km en 100% de datos		
Suecia	IRI en tramos de 200m.	IRI < 1.4 m/km IRI < 2.4 m/km		
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Para caminos rurales: IRI obtenido en tramos de 100m.	IRI < a 3.00 m/km		
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Para interestatales: IRI obtenido en tramos de 100m.	IRI < a 2.00 m/km	IRI no mayor a 2.50 m/km	
Perú (EG-2013)	IRI obtenido en tramos de 100m.	2 m/km	3 m/km	≤ 2.5 m/km

Nota. Especificaciones y control de IRI, Montoya (2019)

Las variables geográficas y geológicas hacen que la gestión de la rugosidad bajo la normativa peruana sea inadecuada, lo que provoca la aparición de vías serpenteantes. Debido a los contratos de concesión de carreteras y a la guía de carreteras EG-2013, es imposible establecer un límite de 2 m/km en vías de segunda y primera clase, especialmente en rutas serpenteantes con numerosas curvas horizontales y verticales. El gráfico muestra cómo las influencias globales impactan el diseño geométrico de Colombia y Chile:

Figura 3

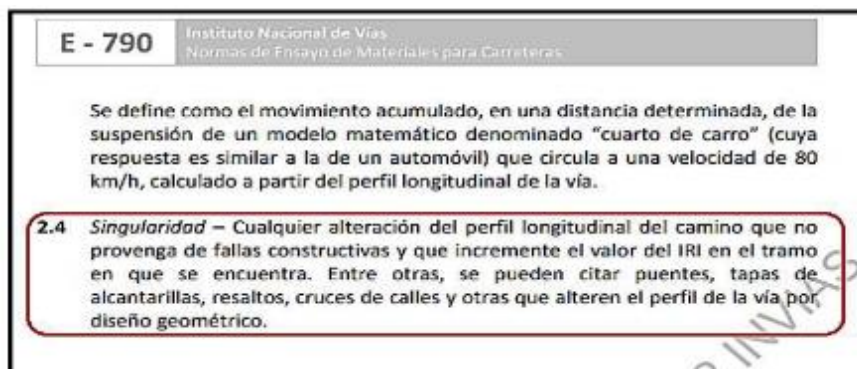
Disposiciones del manual de carreteras de Chile



Nota. La figura muestra el manual de carreteras de Chile.

Figura 4

Disposición del Manual de Carretera de Colombia



Nota. La ilustración muestra el manual de carreteras de Colombia.

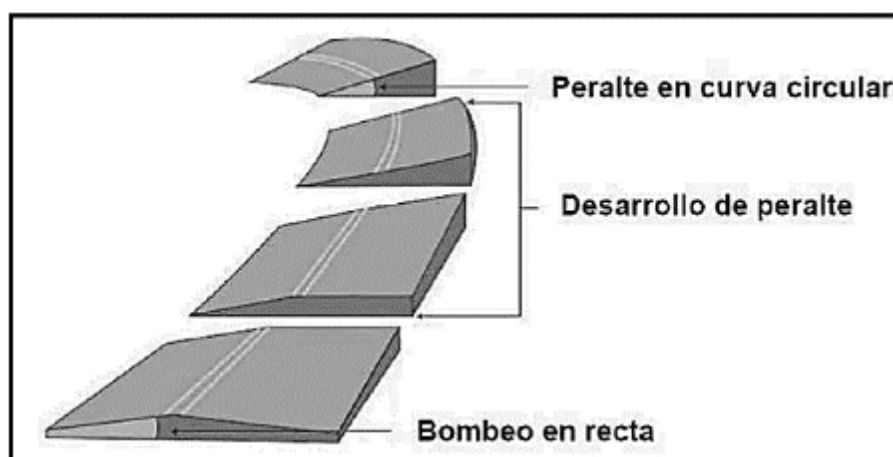
Todas las normas investigadas coinciden en eliminar la singularidad vial de la evaluación del IRI. La técnica de diseño geométrico se desvía de las normas peruanas sin explicación. Sin embargo, las normas chilenas y colombianas definen zonas de diseño geométrico que aumentan el IRI. Las normas chilenas se vuelven más estrictas cuando el IRI teórico supera los 0,5 m/km.

2.2.7. *Influencia de la condición de la curva horizontal y vertical*

La Configuración Geométrica de Curvas Horizontales y Verticales, DG-2018 (2018), permite transiciones suaves entre alineaciones rectas, arcos circulares y curvas con curvatura variable. Finalmente, los componentes geométricos de la alineación vial deben dimensionarse según las velocidades de diseño. La rugosidad del IRI se calcula a partir de la elevación del terreno. La figura a continuación muestra cómo la elevación afecta la curvatura de la autopista.

Figura 5

Geometría de la sección de bombeo a peralte



Nota. J., Chagua. (2019).

La exclusión de las curvas horizontales y verticales afecta el procedimiento de medición de la regularidad del pavimento del longitudinal perfil.

2.2.8. Modos para la determinación del IRI

2.2.8.1. Antecedentes para el procedimiento del cálculo de IRI

El Banco Mundial apoyó los estándares globales del IRI. La falta de estandarización nacional en los modos de medición condujo a resultados inexactos. La investigación comenzó en el país de Brasil en 1982.

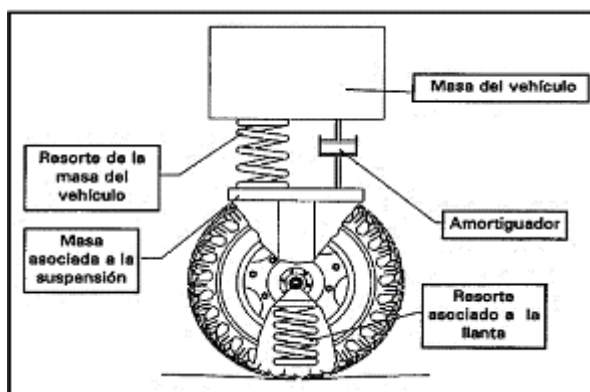
El valor del índice 1 de perfil ampliamente utilizado, el IRI, ha actualizado su procedimiento analítico para funcionar con diversos dispositivos de medición de rugosidad. Los perfiles longitudinales de la alineación vial eran rugosos. El Modelo Quarter Car calcula el IRI. Este método mide la deflexión del sistema mecánico o de la suspensión del vehículo. El desplazamiento separado por la distancia proporciona el valor del IRI en metros por km o pulg por milla.

2.2.8.2. Modelo (Quarter – Car)

El modelo matemático "Quarter Car" representa un cuarto de vehículo y calcula el IRI. En este método de cálculo, la rueda actúa como resorte junto con el neumático, el amortiguador, el resorte de la suspensión y el peso del vehículo.

Figura 6

Representación del modelo Qc



Nota. L. A., Cordero. (2019).



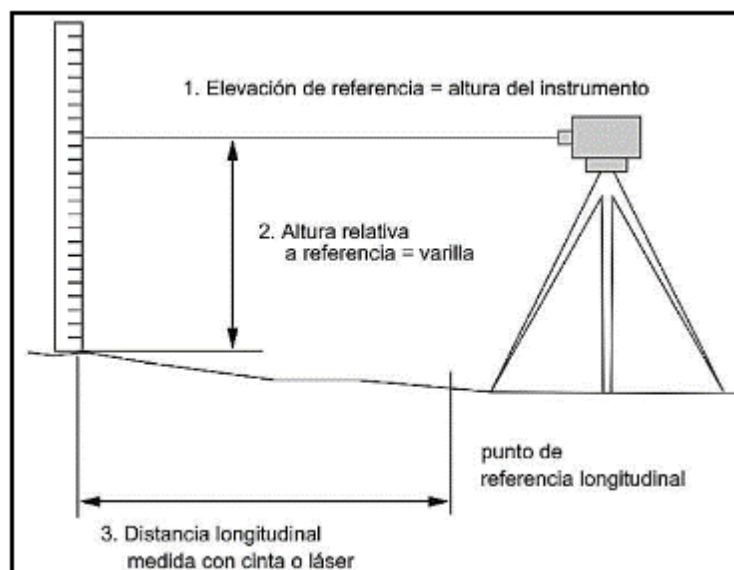
Se añadieron sensores de rugosidad de tipo respuesta al modelo Quarter Car. El Banco Mundial recomendó medir un tramo de carretera con un nivel y una cuadrilla para crear un perfil longitudinal que simule la dinámica de desplazamiento de un cuarto de vehículo sobre la superficie de la carretera para el IRI.

2.2.9. Modos de Medición del IRI

El Banco Mundial creó el IRI para estandarizar las clasificaciones de rugosidad y cuantificar la calidad y el confort del pavimento a nivel mundial. Debido a las anomalías, la seguridad vial y el rendimiento son importantes. Para garantizar la precisión, las mediciones de rugosidad se agrupan por método. El Banco Mundial afirma que esta categoría evolucionó gradualmente. Según Sayers y Karamihas (1998), las modalidades del IRI tienen cuatro niveles de precisión.

Clase 1: Perfiles de precisión.

A pesar de su bajo rendimiento, esta clase mejora las mediciones del IRI. Los perfiles topográficos deben tomarse a intervalos de 0,25 m con una precisión de 0,5 mm para valores de IRI de 1 a 3 m/km y de 1 mm para pavimentos de 3 a 5 m/km. Las mediciones de los perfiles longitudinales deben realizarse dentro del pavimento. La ilustración muestra un equipo de topógrafos y un nivel, donde la ejecución con estos equipos permite la determinación del perfil longitudinal de la vía considerado como la rasante en una vía, para este tipo de estudios lo que se quiere determinar es las elevaciones que presenta la superficie de un pavimento flexible, lo que hará que se revele la rugosidad de la superficie dando a conocer las fallas que estas puedan presentar en determinadas condiciones, para ello en la siguiente imagen se presenta el método utilizado para la determinación de las elevaciones en el perfil del terreno para una carretera:

Figura 7*Método de nivel y mira midiendo las elevaciones*

Nota. J., Chagua. (2019).

Clase 2: Otros modos de perfilómetro

Esta categoría incluye todos los modos directos de medición de perfiles longitudinales y cálculo del IRI para carreteras de larga distancia.

Clase 3: Evaluación del IRI del tipo respuesta

Evaluación del tipo de respuesta IRI. Esta categoría comprende herramientas que miden la rugosidad permitida por el IRI. La regresión permite calcular los valores IRI a partir de los datos. Los métodos principales son el medidor Mays, el integrador de relieve y el medidor NAASRA.

Métodos subjetivos no estandarizados

Esta categoría puede requerir pruebas visuales o de usuario. La rugosidad puede estimarse utilizando dispositivos no calibrados. Según EG-2013 (2013), los criterios de servicio se adaptan a cada ruta para medir la transitabilidad. El uso flexible de pavimento a lo largo de la ruta se muestra en el gráfico a continuación.

Figura 8

Grados de uso conforme a la clase de vía

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio				
		Tipo de Vía				
		Autopista 1ª clase	Autopista 2ª clase	Carretera 1ª clase	Segunda Clase	Tercera Clase
		ME > 800	400 < ME < 800	200 < ME < 400	100 < ME < 200	ME < 100
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	3%	3%	3%	5%	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	0%	0%	0%	0%	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahueamiento mayor que 12 mm.	0%	0%	0%	0%	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	0%	0%	0%	0%	0%
Peladuras y Desprendimientos	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	0%	0%	0%	5%	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	0%	0%	0%	0%	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	2%	2%	2%	5%	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	0%	0%	0%	0%	5%
Rugosidad Otro Nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo)	2.0 $R_{10}(1)$	2.0 $R_{10}(1)$	2.2 $R_{10}(2)$	2.4 $R_{10}(3)$	2.8 $R_{10}(5)$
Rugosidad Otro con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (con Recapa Asfáltica)	2.5 $R_{10}(1)$	2.5 $R_{10}(1)$	2.7 $R_{10}(2)$	2.9 $R_{10}(3)$	3.3 $R_{10}(5)$
Rugosidad Período de Servicio	Rugosidad característica del tramo (Período de Servicio)	3.1 $R_{10}(1)$	3.3 $R_{10}(1)$	3.5 $R_{10}(2)$	3.7 $R_{10}(3)$	4.1 $R_{10}(5)$
Fricción Superficial	Coefficiente de Fricción medido en pavimento mejorado	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.50	No menor de 0.50

(1) IRI característico (R_{10}) a la confiabilidad de 95% $IRI_s = IRIP + 1.645 \times ds$
 (2) IRI característico (R_{10}) a la confiabilidad de 90% $IRI_s = IRIP + 1.282 \times ds$
 (3) IRI característico (R_{10}) a la confiabilidad de 85% $IRI_s = IRIP + 1.036 \times ds$
 (4) IRI característico (R_{10}) a la confiabilidad de 80% $IRI_s = IRIP + 0.842 \times ds$
 (5) IRI característico (R_{10}) a la confiabilidad de 75% $IRI_s = IRIP + 0.674 \times ds$
 $IRIP$ = IRI promedio
 ds = desviación estándar

Nota. L. A., Cordero. (2019).

2.2.10. Detalles de modos para la operación del IRI

La tecnología rentable que produce los resultados más precisos del IRI puede utilizarse para analizar la calidad del suelo del pavimento de diversas maneras, algunas mejores que otras. Rodríguez et al. (2019) descubrieron que el rugosímetro MERLIN mide con precisión el IRI del suelo de las vías, superando a los métodos anteriores.

Los expertos en fotogrametría pueden calcular el IRI y el longitudinal perfil mediante vehículos aéreos no tripulados (UAV) y GPS. Estas versiones se limitan a carreteras elevadas con poco tráfico para ahorrar tiempo y recursos. Sin embargo, otros métodos miden la rugosidad con mayor precisión. Esto se refiere a los métodos automatizados, que utilizan equipos por medio aplicaciones para determinar la rugosidad en superficies de pavimentos.

2.2.11. Histograma de organización de frecuencias

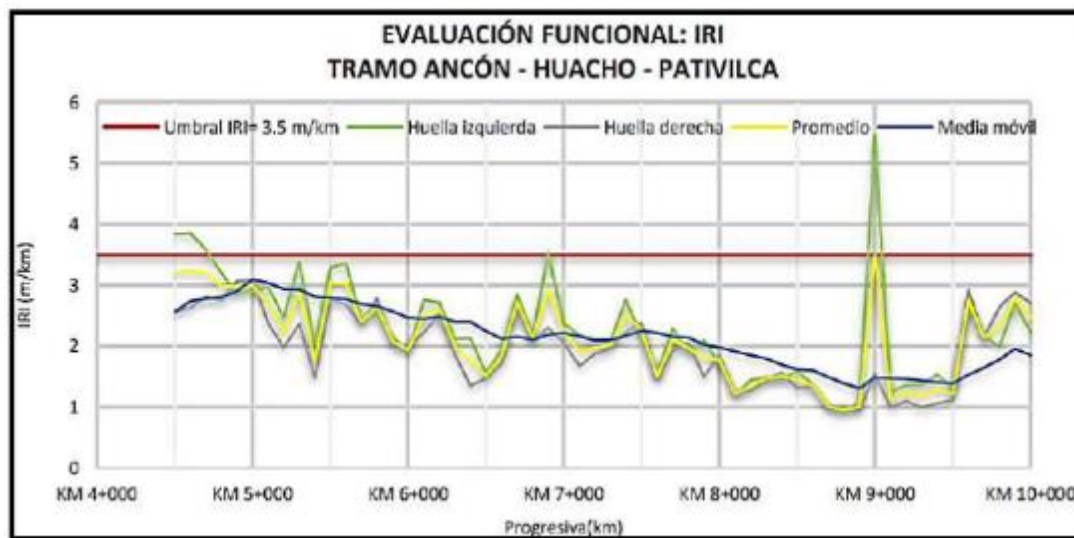
Esto mejora la investigación y tiene diversas aplicaciones. Cuantifica y analiza la frecuencia de compactación en las pruebas. Las curvas de ajuste muestran estos experimentos. Este modelo puede crearse empleando la bicicleta MERLIN y datos de campo. El IRI se calculará cada 400 metros, ya que el ciclo MERLIN crea un punto de datos de histograma cada 2 metros. El histograma de frecuencia requiere 200 mediciones. Se suprime el cinco% de los puntos de datos de ambos extremos después de construir el histograma de frecuencia para obtener un rango D: 10 desde la derecha y 10 desde la izquierda.

$$D = (Dato_{izq.} + Centro + Dato_{der.}) * 5mm$$

Para el IRI, multiplíquelo por 5 mm. Observe las variaciones del IRI en numerosos tramos de carreteras peruanas en el gráfico a continuación. Calcule diagramas de perfil de suelo longitudinales utilizando métodos similares.

Figura 9

Contraste para las dos huellas entre el IRI

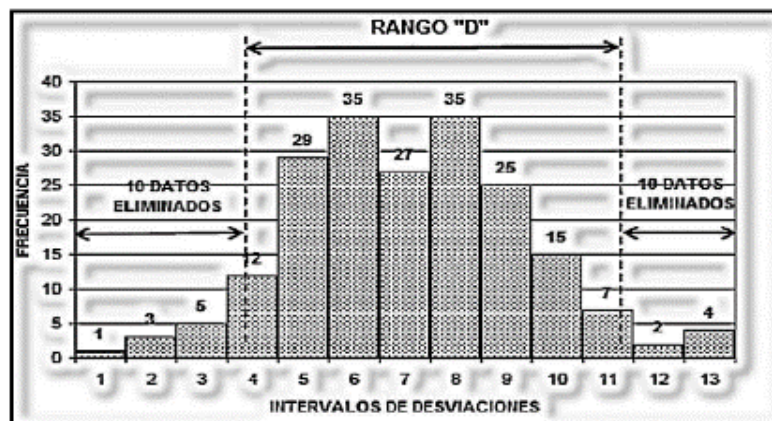


Nota. W. V., Mozo. (2019).

Seguidamente se visualiza un histograma de distribución de frecuencia con segmentos rectangulares verticales que representan la frecuencia y el rango D, el límite del IRI de Merlín. El IRI proporcionado debe vincularse con el IRI mediante fórmulas.

Figura 10

Histograma de distribución de frecuencias



Nota. J., Chagua. (2019).

2.2.12. Condición de aplicación del FC

El factor de correlación (FC) es crucial, ya que muchas variables son interdependientes (Sayers y Karamihas, 1998). Al identificar el inicio y el final del puntero en un disco circular o una almohadilla metálica de 6 mm de espesor, se obtiene la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{EP \cdot 10}{(L_i - L_f) * 5}$$

El rango D modificado es igual a la ecuación (2) multiplicada por el FC:

$$D_{\text{corregido}} = D * FC$$

2.2.13. Formulas aplicadas para cálculo del IRI

El IRI se calcula a base de la longitudinal medición de un cuarto de vehículo a 80 km/h (50 mph) en metros por kilómetro, según la norma ASTM E867-06. En 1999, Del Águila Rodríguez utilizó el método TRRL en el rugosímetro Merlín en Perú.

Calculó el IRI a partir del límite D utilizando las ecuaciones mostradas en la literatura de la bibliografía en mención.

Dado que las ecuaciones 01 y 02 se utilizaban en pavimentos nuevos para garantizar los criterios de rugosidad, el autor explica que se diseñó una ecuación N°3 del IRI para cuantificar la regularidad en suelos asfálticos con particulares deformaciones. Esta ecuación también puede calcular el IRI de la ruta.

$$IRI = 1.913 + 0.0490$$

2.2.14. Normativa del IRI

Normas y Regulaciones Internacionales

Goenaga et al. (2017) afirman que el IRI mide la rugosidad del pavimento. Existen diferencias nacionales. El valor esperado guiará las mejoras en la superficie de la carretera. Las siguientes tablas muestran los niveles y mediciones del IRI en todo el continente de América.

Tabla 3

Reglamentos Uruguayas para el Estado del Pavimento, Fundados en el IRI

Grado de Comodidad	IRI en Pavimentos Rígidos/Hidráulicos (m/km)	IRI en Pavimentos Asfálticos/Flexibles (m/km)
Malo	> 4,6	> 4,3
Regular	4,0 - 4,6	3,5 - 4,3
Bueno	3,2 - 3,9	2,8 - 3,5
Muy bueno	< 3,2	< 2,8

Nota. Datos tomados de Goenaga et al. (2017).

Tabla 4

Colombianas Especificaciones al Estado del Pavimento

Grado de Confort	de IRI (m/km)
Malo	> 6,5
Regular	4,5 - 6,5
Bueno	3,5 - 4,5
Muy bueno	2,0 - 3,5

Nota. Datos tomados de Goenaga et al. (2017).

Tabla 5

Canadienses Especificaciones para el Valor Límite del IRI

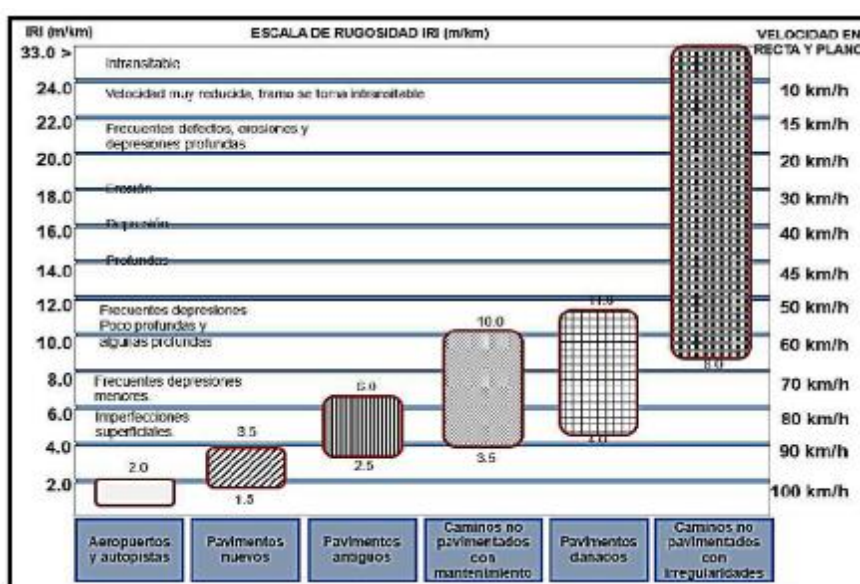
% con IRI límite para Secciones de IRI (m/km) 100 m.	
70%	1,2
90%	1,4
100%	1,8

Nota. Datos sacados de Goenaga et al., (2017).

La siguiente normativa peruana define los valores del IRI para las clases de pavimento, con el cual se puede determinar el valor de la rugosidad de la superficie de un pavimento.

Figura 11

Escala de regularidad del IRI (m/km)



Nota. La ilustración señala los datos del IRI según la condición y clase de la vía. MTC (2014).

En su manual de conservación y mantenimiento vial, el MTC afirma que el IRI promedio y la estándar desviación pueden afectar la condición de la rugosidad de la carretera de concreto durante su etapa de construcción y el periodo de servicio proyectado para dicha vía.

Tabla 6*Grados de uso para calzada asfáltica nueva*

NIVELES DE SERVICIO		
TIPO DE VIA	IMD	Determinación de la regularidad
Vía (1° clase)	$IMD > 6000$	$2.0 IRI_c$
Vía (2° clase)	$6000 > IMD > 4001$	$2.0 IRI_c$
Vía (1° clase)	$4000 > IMD > 2001$	$2.2 IRI_c$
Vía (2° clase)	$2000 > IMD \geq 400$	$2.4 IRI_c$
Vía (3° clase)	$400 > IMD$	$2.8 IRI_c$

Nota. Datos extraídos del MTC (2018).**Tabla 7***Grados de uso para asfáltica calzada en servicio*

NIVELES DE SERVICIO		
TIPO DE VIA	IMD	Determinación de la regularidad
Vía (1° tipo)	$IMD > 6000 < IMD$	$2.0 IRI_c$
Vía (2° tipo)	$4001 < IMD < 6000$	$2.0 IRI_c$
Vía (1° tipo)	$4000 > IMD > 2001$	$2.2 IRI_c$
Vía (2° tipo)	$2000 > IMD \geq 400$	$2.4 IRI_c$
Vía (3° tipo)	$IMD < 400$	$2.8 IRI_c$

Nota. Se muestran en la tabla, donde $IRIC$ es el característico IRI que varía conforme a la clase de carretera. Información procedente del MTC (2018).

2.2.15. *Desenvolvimiento del IRI en la sección geometría en una curva*

Un perfilómetro láser montado en un vehículo arrojó resultados similares para las huellas izquierda y derecha. Sin embargo, las huellas en tramos curvos arrojaron resultados diferentes. El tráfico vehicular constante en el sector podría contribuir en la condición del uso y los resultados que podría mostrar.

2.2.16. *Aparatos empleados en la metodología de la determinación del IRI*

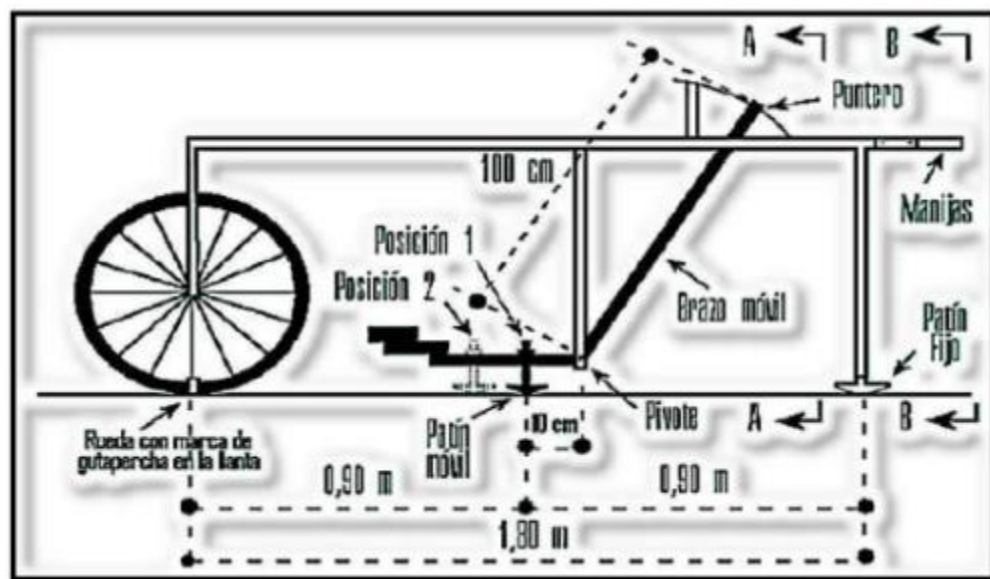
2.2.16.1. *Bicicleta Merlín*

Muchas publicaciones afirman que este equipo es preciso. Mide con precisión la rugosidad del pavimento en todas las superficies, a diferencia de

los métodos anteriores. La imagen muestra los componentes y las dimensiones del medidor de rugosidad estática Merlin utilizado de manera convencional.

Figura 12

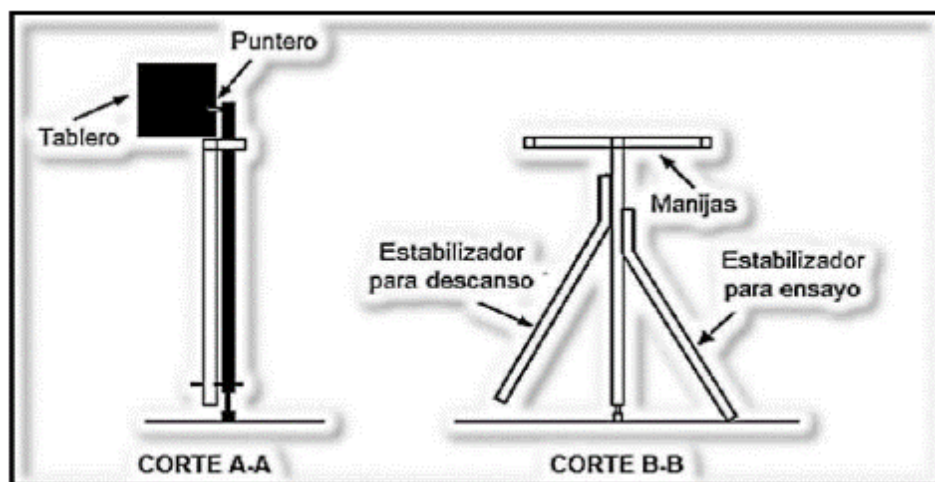
Longitudinal Esquema de la bicicleta MERLIN



Nota. La ilustración señala las características y elementos del rugosímetro. Del Águila (2009).

Figura 13

Transversal esquema del equipo de rugosímetro de Merlin



Nota. La ilustración señala los rasgos y elementos de la bicicleta en los cortes A-A y B-B. Del Águila (2009).

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



Pavimentos existentes

Existen varias maneras de optimizar la calidad antes y después de la ejecución de pavimentos asfálticos. Una caja esparcidora aplica lechada asfáltica, un tratamiento preventivo compuesto por áridos finos, emulsión asfáltica, relleno y agua, a las superficies pavimentadas para prolongar su vida útil y ahorrar costos de mantenimiento. Se están desarrollando métodos innovadores para diseñar pavimentos flexibles con fallas e irregularidades. La transitabilidad mejora mediante el uso de PLCCA y tecnologías PLCA que optimizan la eficacia de los recursos, los costes y la compatibilidad ambiental (Asres et al., 2021). La gestión eficaz del mantenimiento vial a veces carece de financiación, a pesar de los métodos de evaluación del estado de la superficie. Por ello, varias investigaciones utilizan modelos FAHD y FWA con IRI, módulo superficial, profundidad de roderas y fricción.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Fisuras por fatiga

El tráfico vehicular deforma una franja corta de asfalto, lo que provoca tensiones de tracción y fracturas por fatiga. El agrietamiento se origina en el asfalto o en el contacto asfalto-agregado y se extiende al sustrato. Comienzan como grietas longitudinales en la banda de rodadura y luego divergen en forma de piel de cocodrilo. Una falla catastrófica desconecta la entrada.

2.3.2. Condición IRI

Mide la consistencia y el confort de conducción, mediante la determinación de la rugosidad de la superficie de un pavimento, midiendo así el índice de serviciabilidad de un pavimento.



2.3.3. Textura del pavimento

La propiedad del pavimento que controla la mayoría de las interacciones entre los neumáticos y la vía.

2.3.4. Desgaste superficial

Se considera a la pérdida de manera gradual del material agregado que contiene esta o también del ligante asfáltico que está presente en la parte superficial del pavimento.

2.3.5. Lapso de modelo

El primer período del modelo evaluó las características del pavimento y examinó opciones duraderas para satisfacer las necesidades de servicio a un costo asequible.

2.3.6. PSI

El pavimento deficiente se califica como 0, mientras que el pavimento excelente se califica como 100.

2.3.7. Superficie de rodadura

Parte de la carretera que está en contacto con los neumáticos de un vehículo, donde se puede revelar los tipos e fallas que están pueden presentar.

2.3.8. Serviciabilidad del pavimento

Esta referido a la capacidad que tiene el pavimento de una vía para poder brindar seguridad, comodidad y funcionalidad a los usuarios durante el periodo de su vida útil.



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

El conocimiento teórico se utiliza para mejorar los procesos, guiar la toma de decisiones y resolver problemas reales en este esfuerzo pragmático.

El pavimento flexible se probó con Merlín y PSI. Con fundamentos en estos valores, la estructura de la plataforma del pavimento mejoró la fluidez del tránsito en la Avenida Puno. El estudio empleó cuantitativos métodos, incluyendo evaluación de valor y medición. Para lo cual se ha adoptado un tipo de investigación aplicada, donde a su vez también se ha definido el nivel de la investigación descriptiva, considerando que es una investigación de caracterización del fenómeno sobre nivel de servicio que pueden presentar las carreteras.

3.2. Diseño de la investigación

La investigación fue observacional. Conforme con Mendoza y Hernández (2018), donde indican que las variables independientes no se alteran de forma intencional para analizar sus efectos. Este estudio investiga eventos naturales y sus efectos retroactivamente. Análisis transversal.



Se utilizó la bicicleta Merlín para medir la regularidad del pavimento, anotar las fallas del suelo y el PSI. Para la adaptación de vehículos de carretera, recomendamos mejorar el modelo de capas estructurales.

$M \rightarrow O \rightarrow A \rightarrow E$

E= Evaluación

A= Análisis

O= Observación

M= Muestra

En este estudio se adoptará un modelo no considerado experimental a causa de estas limitaciones y a la premisa.

3.3. Enfoque de investigación:

Hernández (2014) afirma que la investigación cuantitativa prueba hipótesis utilizando números y estadísticas (p. 64). Estas características y el marco teórico guiarán el estudio cuantitativo.

3.4. Ubicación y localización

3.4.1. Ubicación política

La ubicación de la presente investigación se describe a continuación con el siguiente detalle:

Región : Puno

Departamento: Puno

Provincia : El Collao

Distrito : Ilave

Figura 15

Imagen de la ubicación de la vía en estudio.



3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El paso 1 para crear un espécimen válido, según Ñaupas (2014), es definir la población (N) mediante métodos estadísticos. El universo de la investigación incluye los objetos, eventos y actividades que estudiamos. La avenida Puno pavimentada albergará el tamaño de la muestra.

3.5.2. Muestra

Baena (2018) afirma que el tamaño de su espécimen refleja sus hallazgos. Para el modo de la metodología Merlín, se empleó una población de 2 km en los tramos 1 y 2, totalizando 4 kilómetros para ambos carriles. Cada segmento se dividió en cuatro partes a intervalos de 400 metros, obteniendo 32 muestras de 400 ml. El plan incluye la monitorización del exterior de los vehículos.

3.6. Instrumentos y técnicas de obtención de datos:

3.6.1. Técnica:

Instantánea Observación. Cerda (2003), afirma que la constante observación de las físicas estructuras, tareas y desempeños locales optimiza la objetividad y la claridad.

3.7. Equipo de obtención de datos

Se pueden desarrollar estudios e investigaciones importantes a partir de información bibliográfica u observacional. En este estudio se realizará el empleo de un marco de valoración y un equipo.

Figura 16

Equipo Merlin para la obtención de datos de campo.



3.8. Procedimientos

La evaluación de la superficie del pavimento con el equipo Merlin, calcula el IRI para su determinación en gabinete y cálculos en Excel midiendo 200 desviaciones consecutivas en tramos de carretera de 400 m, en la zona de investigación. Podemos utilizar los datos para crear tablas de homogeneidad confrontativa y sugerir una intervención, de acuerdo al diagnóstico del estado de la vía.

Para obtener los valores, se realizó lo siguiente:

Para la evaluar la bicicleta Merlín, se calibró, se colocó horizontalmente y se ajustaron los puntos de apoyo hasta que el indicador marcara 25.

La medición de la tableta de calibración sigue el Li. Este modo calcula el FC.

La bicicleta Merlín requiere un operador, un ayudante de registro y personal de seguridad.

La prueba de análisis comienza girando la rueda de 2 m. Estabilizado en tres puntos fijos, el instrumento registra la indicación (50-1 lecturas) en el formulario de registro de campo. Continúe hasta obtener de manera consecutivas 200 mediciones en el área de estudio, lo que permitirá delimitar la zona para el diagnóstico que presentara la vía.

La ejecución para la obtención de los datos con el equipo Merlín se ejecuta una vez calibrado el equipo, obteniéndose datos de deflexión y depresión de la superficie del pavimento, donde se medirán las desviaciones verticales que presentará este pavimento.

Figura 17

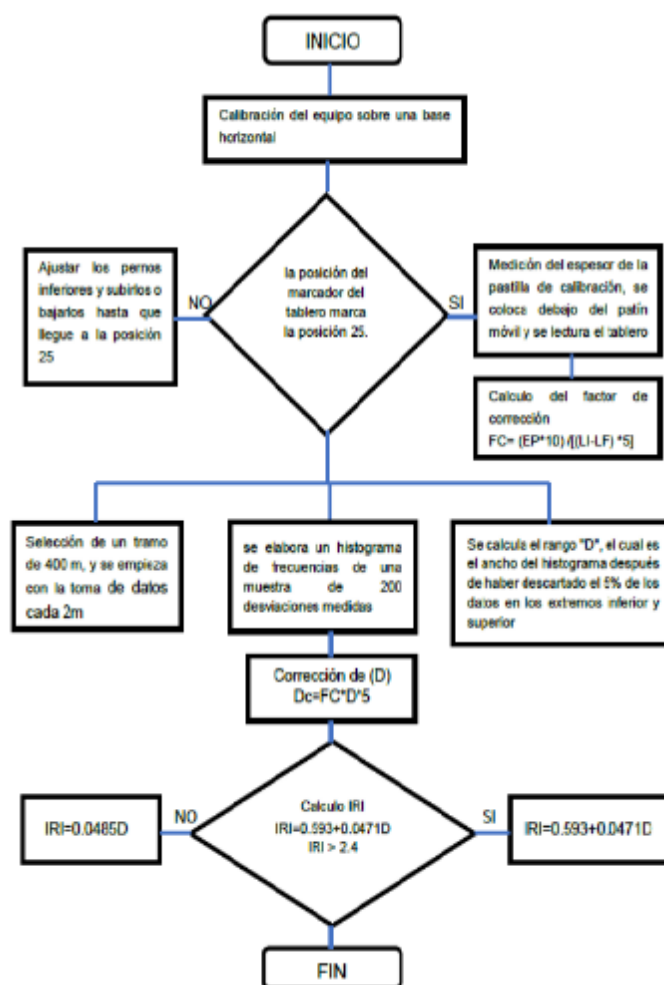
Registro de datos de campo con el equipo Merlín.



Los trabajos ejecutados tanto en la etapa de campo como también en la etapa de gabinete, se desarrollan con una serie de instrumentos para la recolección de datos y su procesamiento, de donde se podrá obtener los resultados esperados a los objetivos planteados, revelando así el nivel de servicio que presenta la vía y sus posibles alternativas de rehabilitación.

Figura 18

Diagrama del procedimiento de cálculo del IRI –Bicicleta Merlín



Nota. Desarrollada por el tesista.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

A continuación, se muestran los resultados de los objetivos planteados, del nivel de servicio que presenta la vía seleccionada para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

4.1.1. *Productos de regularidad para la sección de la calzada 1 de la vía*

En la siguiente tabla se muestra los resultados del IRI, para la sección de la calzada 1, para ambos carriles.

Tabla 8

Resultados para la sección de la calzada 1

Progresiva	Huella Der.	Huella Izq.	Rugosidad	Estado De Pavimento
1+600 - 2+000	5.63	5.42	5.53	Bueno
1+200 - 1+600	6.22	6.03	6.13	Regular
0+800 - 1+200	6.66	6.84	6.75	Regular
0+400 - 0+800	6.33	6.51	6.42	Bueno
0+000 - 0+400	5.85	6.12	5.99	Regular
Media			6.16	Regular

Nota. Desarrollo propio del autor

El IRI se dimensiona a cada 400 metros en la vía de la Av. Puno mediante la prueba de rugosidad Merlín.

4.1.2. Resultados de la regularidad para la sección de la calzada 2 de la vía

En la siguiente tabla se muestra los resultados del IRI, para la sección de la calzada 2, para ambos carriles.

Tabla 9

Resultados para la sección de la calzada 2

Progresiva	Huella Der.	Huella Izq.	Regularidad	Condición De Pavimento
1+600 - 2+000	6.12	6.35	6.24	Regular
1+200 - 1+600	5.54	5.61	5.58	Bueno
0+800 - 1+200	5.92	5.86	5.89	Bueno
0+400 - 0+800	5.84	5.73	5.79	Bueno
0+000 - 0+400	6.37	6.67	6.52	Regular
Promedio			6.00	Regular

Nota. Desarrollo propio del autor

La calzada 1, tuvo un IRI de 6,16 y la superficie se mantuvo en buen estado en toda su longitud.

Tabla 10

Comparación del promedio de resultados de las dos calzadas

PRIMERA CALZADA		SEGUNDA CALZADA	
IRI (m/km)			
Progresiva	Regularidad	Progresiva	Rugosidad
1+600 - 2+000	5.53	1+600 - 2+000	6.24
1+200 - 1+600	6.13	1+200 - 1+600	5.58
0+800 - 1+200	6.76	0+800 - 1+200	5.89
0+400 - 0+800	6.42	0+400 - 0+800	5.79
0+000 - 0+400	5.99	0+000 - 0+400	6.52
Promedio	6.16	Promedio	6.00

Nota. Desarrollo propio del autor

La similitud de rugosidad promedio de la calzada 1 fue de 6,16, mientras que la de la calzada 2 fue de 6,00. En la calzada 1, los datos de IRI del rugosímetro Merlín fueron constantes, mientras que en la calzada 2 variaron un poco. El IRI se promedió en el tramo de investigación de la Av. Puno.

El pavimento flexible de la Av. Puno presenta el siguiente resumen de IRI:

Tabla 11

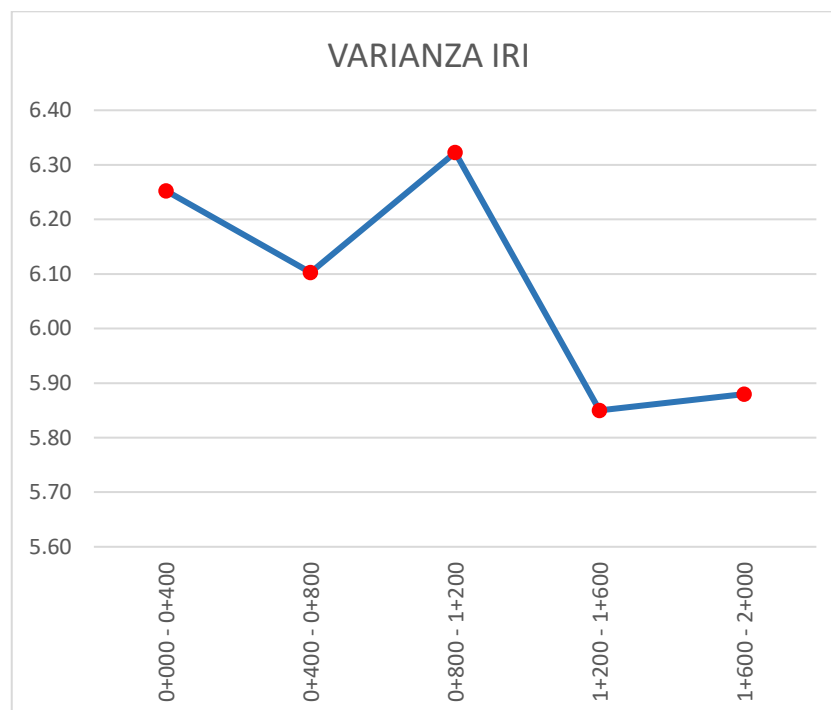
Resultados para la condición del pavimento – Resumen

IRI	# DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Pésimo	0	0%
Inadecuado	0	0%
Regular	2	40%
Bueno	3	60%
Total	5	100%

Nota. Desarrollo propio del autor

Figura 19

Productos IRI – %



Nota. Desarrollo propio del autor

La tabla 10, señala la desviación del IRI. La mayoría aguanta entre 5 y 10 en pendientes. Lo que indica que existe una presencia de revelamiento de algún tipo de falla, no mostrándose así una regularidad superficial buena, donde la vía pueda tener un buen nivel de servicio.

Figura 20

Resultados del IRI – %, para sus condiciones establecidas



Nota. La ilustración señala el % de IRI

El gráfico 20, muestra que el sesenta% de la calzada es excelente y el cuarenta% aceptable.

4.1.3. Productos del nivel de PSI

A continuación, en la siguiente tabla se muestran los resultados del nivel de PSI de la sección de la calzada 1.

Tabla 12

Nivel de PSI para la sección de la calzada 1

Tramo	Regularidad	(PSI)	Condición Del Pavimento
1+600 - 2+000	5.53	1.83	Mala
1+200 - 1+600	6.13	1.64	Mala
0+800 - 1+200	6.76	1.46	Mala
0+400 - 0+800	6.42	1.56	Mala
0+000 - 0+400	5.99	1.68	Mala
Promedio	6.16	1.64	Mala

Nota. Desarrollo propio del autor

La prueba de regularidad Merlín evaluó la transitabilidad de todos los tramos de 400 metros de la Av. Puno. El PSI promedio de la sección de la calzada 1 fue de

1,64, y la superficie fue deficiente en todo el tramo, mostrando así el mal estado de conservación de la sección de la calzada en ese tramo.

Tabla 13*Nivel de PSI para la sección de la calzada 2*

Progresiva	Regularidad	(PSI)	Estado De Pavimento
1+600 - 2+000	6.24	1.61	Mala
1+200 - 1+600	5.58	1.81	Mala
0+800 - 1+200	5.89	1.71	Mala
0+400 - 0+800	5.79	1.75	Mala
0+000 - 0+400	6.52	1.53	Mala
Promedio	6.00	1.68	Mala

Nota. Desarrollo propio del autor

La transitabilidad de cada uno de los tramos de 400 metros de la Av. Puno se analizó a través del ensayo de regularidad Merlín. El PSI promedio de la sección de la calzada 2 fue de 1,68, lo que sugiere un pavimento deficiente en toda la calzada. Indicando así que su serviciabilidad de la vía no es buena, no encontrándose así con una buena superficie sin evidentes daños. En tal sentido como se puede apreciar en los resultados de la tabla 14 estas presentan un estado inadecuado, revelándose así un estado de conservación en mal estado.

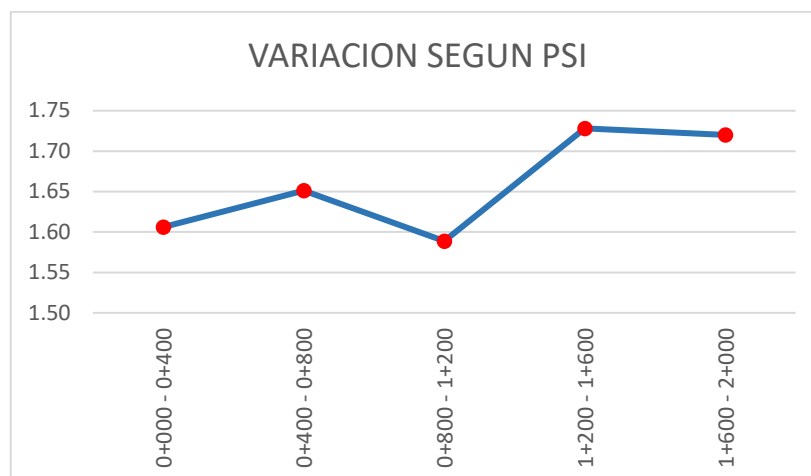
Tabla 14*Valores para estado del pavimento – Resumen*

PSI	# DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Muy bueno	0	0%
Bueno	0	0%
Regular	0	0%
Inadecuado	5	100%
Pésimo	0	0%
Total	5	100%

Nota. Desarrollo propio del autor

Figura 21

Resultados del nivel de PSI, para ambas calzadas

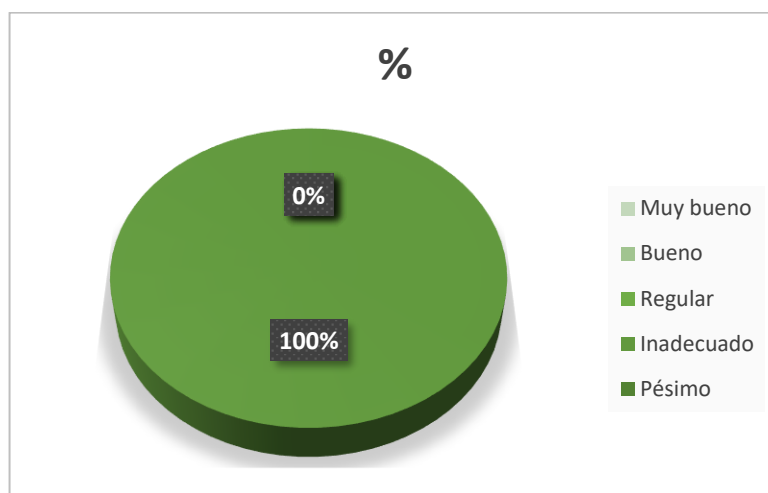


Nota. Propia del autor

El PSI se muestra en la ilustración 21. La mayoría se encuentra entre 5 y 10 en fases progresivas.

Figura 22

Resultados del PSI en % para ambas calzadas



Nota. Desarrollo propio del autor

En la ilustración 22, se carece de una investigación exhaustiva.

El pavimento flexible de la Avenida Puno, obtuvo puntuaciones de rugosidad Merlín de 6,16 para la calzada 1 y 6,00 para la calzada 2, con PSI insuficientes de 1,64 y 1,68.

4.2. Discusión

Este estudio concluyó que el análisis funcional que presenta la bicicleta Merlín, indica que afecta considerablemente el tráfico de los vehículos que se presentan en la avenida Puno de la localidad de Ilave. Se muestrearon cuatro secciones utilizando un método teóricamente sólido. El IRI fue de 6,08 m/km y el PSI de 1,66, los dos abajo de 1-2, lo que señala una transitabilidad baja. La planificación de la mejora vial es viable, lo que respalda la premisa, la muestra, la técnica y el marco teórico de la investigación. Flores (2020) examinó 16 evaluaciones de la bicicleta Merlín de Tacna utilizando métodos descriptivos-exploratorios. El IRI fue de 5,05 m/km y el índice servicial de 1,987. Se detectó degradación del pavimento y poco tráfico vehicular. Así, la reducción de la regularidad del pavimento optimiza el vehicular flujo. Esto señala que el pavimento supera en Tacna.

El cuadro 9 señala que la bicicleta Merlín calcula el IRI del pavimento flexible en la Av. Puno de la localidad de Ilave, desde el km 0+000 hasta el 2+000. La calzada 1 tiene un IRI promedio de 6,16, por otro lado, que el N° 2 es de 6,00. Esto coincide con Camacho (2019). El medidor de bicicletas Merlín y el IRI-Calc-Free ofrecen resultados similares, pero Roadroid tiene un mejor rendimiento.

El pavimento flexible en la Av. Puno se probó utilizando métodos apropiados. Los cuadros 13 y 14 señalan que el carril N°1 tiene un PSI de 1,64, lo que indica una baja transitabilidad, mientras que el segundo tiene 1,68. Según Condori (2016), el clima y demás variantes incrementan la regularidad de la vía y disminuyen la funcionalidad del pavimento. Es posible comparar el ensayo de la bicicleta de Merlín con la herramienta IRI-Calc-free, ya que las dos clasifican el pavimento como Regular. El enfoque de evaluación de la disposición de servicio del pavimento fue correcto por su simplicidad.



CONCLUSIONES

PRIMERA: La bicicleta Merlín se empleó para evaluar el IRI del pavimento flexible de la Avenida Puno en localidad de Ilave. Según el ciclo Merlín, la calzada 1 presentó un IRI promedio de 6,16, por otro lado, se pudo observar que la calzada N° 2 tuvo un IRI medio de 6,00. Estas cifras muestran que ambas calzadas son muy irregulares, lo que significa que presentarían una serie de fallas como baches y desniveles apreciables que hacen que la conducción resulte menos cómoda y segura.

SEGUNDA: Los valores individuales de PSI se calcularon e identificaron utilizando los datos de IRI del Rugosímetro Merlín. El PSI promedio de la primera calzada en la bicicleta Merlín es de 1,64, lo que indica una deficiente transitabilidad. El PSI promedio de la calzada N° 2 es de 1,68, lo que señala un estado deficiente. La media de los dos productos es de 1,66, lo que señala una transitabilidad deficiente.

TERCERA: Las pruebas ejecutadas para evaluar el estado de las calzadas utilizando el IRI (Índice Internacional de Irregularidad) y el PSI (Índice de Aptitud del Pavimento) en las dos secciones de las calzadas de la avenida de Puno, muestran que la superficie de las calzadas se ha deteriorado considerablemente y que es necesario repararla de inmediato.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Puesto que la Av. Puno es una de las vías más transitadas, se recomienda una conservación frecuente y sistemática para prevenir la degradación, el mal funcionamiento y el desgaste prematuros, que pueden provocar fallas estructurales y mayores costos de reparación. Esto ha causado problemas a conductores y peatones.

SEGUNDA: Debido a sus bajas y altas temperaturas, Puno debería utilizar asfalto modificado con polímeros. El asfalto modificado puede prevenir las contracciones del pavimento que causan obstrucciones y grietas, mejorando la transitabilidad del pavimento flexible.

TERCERA: Para que el tráfico se restablezca a la normalidad, es necesario reparar de manera inmediata ambos lados de la avenida Puno en la localidad de Ilave, dando prioridad a las zonas más afectadas. En un primer momento, lo más recomendable es realizar trabajos de mantenimiento correctivo para corregir los daños más severos, como rellenar baches, sellar grietas y repavimentar.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTO, VIZCARRA AROCUTIPA CARLOS. 2021. Aplicación de teléfonos inteligentes y rugosímetro de Merlín para la determinación del IRI del pavimento flexible en el tramo puente peligro Emp. pe-40, Tacna 2020. Tacna: universidad privada de Tacna, 2021.
- ASTO CAMPOS, CESAR MAXIMO,. 2020. Análisis y evaluación de la condición superficial del pavimento para la conservación de la av. Tupac Amaru- San Agustín de caja, Huancayo. Huancayo, Perú: repositorio Universidad San Ignacio de Loyola, 2020.
- BADILLA VARGAS, GUSTAVO. 2014. Unidad de investigación de infraestructura vial laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales Universidad de Costa Rica. San José: Universidad de Costa Rica, 2014.
- BAENA PAZ, GULLERMINA. 2018. Metodología de la investigación. México: grupo editorial patria, 2018.
- BEHAR, Daniel. 2008. Metodología de la investigación. Colombia: A. Rubeira, 2008.
- C., CHANG. 2005. Evaluación, diseño y construcción gestión en pavimentos un enfoque al futuro. Lima: ICG, 2005.
- C., MARIO, GARNICA ANGUAS, PAUL Y RICO RODRIGUEZ, ALFONSO. 1998. Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precision,1999. 1998.



- CAMACHO PAMPAMALLCO, SHIAMELY YOSHIRA. 2019. Evaluación y análisis de la Rugosidad en Pavimentos de la Ciudad de Puno Aplicando el Método Roadroid y el Rugosímetro de Merlín. Puno: s.n., 2019.
- CERDA GUTIERREZ, HUGO. 1993. Elementos de investigación como reconocerlos diseñarlos y construirlos. Quito: el búho, 1993.
- CONDORI. 2016. Análisis de la variabilidad del IRI obtenido por levantamiento topográfico y rugosímetro Merlín en carreteras no pavimentadas de la provincia de Canchis-Cusco. Juliaca: s.n., 2016.
- CORDERO HUANCA, LUIS ANGEL. 2019. Serviciabilidad del pavimento flexible y transitabilidad vehicular avenida Carlos Izaguirre avenida 12 de octubre Lima 2018. Lima: universidad Cesar Vallejo, 2019.
- DIRECCION GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. 2013. Manual de Carreteras. Lima: Viceministerio de transportes, 2013.
- E., Huamán P. Heliden. 2017. Evaluación de los materiales de canteras utilizados como base y subbase para pavimentos. Huaraz: Universidad Santiago de Núñez de Mayolo, 2017.
- ESPINOZA CARHUACUSMA, WENDY DIANA. 2018. Evaluación de patologías en pavimento flexible para proponer intervención correctiva mediante visualización, Lurigancho 2018. Lima: UCV, 2018.
- FLORES, Erick J y PILCO, Dikver G. Análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de Merlín en la



Avenida Gustavo Pinto. Tesis (Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de

Tacna, Facultad de Ingeniería, 2021, 95pp.

THENOUX Z., GULLERMO. 2002. Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico. Chile: revista de ingeniería, 2002.

FERNANDEZ VALERO, YONY. 2018. Aplicación del sistema gestión de pavimentos para mejorar la conservación y serviciabilidad de pavimento Juliaca 2016. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018.

GAY, L. R. 1996. Metodología de la investigación. Lima: s.n., 1996.

GONZALO LOPEZ, JUDITH YOVANA Y BEINGOLEA VILLAREAL, HECTOR JESUS. 2021. Aplicación del smartphone y el Rugosímetro de Merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna - 2021. Tacna: s.n., 2021.

HERNANDEZ CACERES, JULIAN CAMILO. 2018. Determinar el Índice de rugosidad IRI y desarrollar un manual para el equipo Merlín. 2018.

HERNÁNDEZ, ROBERTO, FERNÁNDEZ, CARLOS Y BAPTISTA, PILAR. 2014. Metodología de la investigación. México: ISBN, 2014.

HUMPIRE PINEDA, KATIA. 2016. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de las vías en la región Puno. Puno: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2016.

J., CHAGUA. 2018. Fibra sintética estructural para la optimización del diseño de un pavimento rígido. Lima: s.n., 2018.



JENRRY, PARI MAMANI. 2019. Aplicación de la metodología de losa con geometría

optimizada en el diseño de un pavimento. Puno: UNAP, 2019.

LEGUIA LOARTE, PAOLA BEATRIZ. 2016. Evaluación superficial del pavimento

flexible por el método PCI en las vías arteriales de huacho lima. Lima: Universidad

San Martín de Porres, 2016.

LLOCLLA HUAYCHAO, ANDERSSON J. y SANCHEZ HURTADO, KEVIN K. 2019.

Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la av.

Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo del smartphone Roadroid. S.l.:

Universidad Andina del Cusco, 2019.

MEDINA PALACIOS, MEDINA. 2015. Evaluación superficial de pavimento flexible del Jr

José Gálvez del distrito de Lince. Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas, 2015.

MONSALVE ESCOBAR, LINA MERCEDES. 2012. Diseño de pavimento flexible y

rígido. Armenia, Colombia: Universidad de Quindío, 2012.

Montejo Fonseca, Alfonso. 2002. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá: Agora

editores, 2002.

MOZO BARRANTES, WILDER VIDAL. 2019. Evaluación superficial de la condición y

serviciabilidad del pavimento flexible por el método PCI y Roadroid en el circuito

Humedal Lucre-Huarpay. Cuzco: Universidad Andina del Cusco, 2019.

Chang, Marcobal, Tapia, Escamilla & Valdez. 2017. Niveles de servicio basados en el índice

de rugosidad internacional (IRI).



ÑAUPAS, PAITÁN HUMBERTO, Y OTROS. 2014. Mitología de la investigación. Bogotá:

Ediciones de la U, 2014.

PAUCAR CURO, ELVIS FRANKLIN. 2019. Evaluación de los pavimentos flexibles y

rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas de riesgo e

índice de condición de pavimento para el mantenimiento vial, Puno. Puno: UNAP,

2019.

Porras Rojas, Denis Fortunato. 2020. "Evaluación funcional del pavimento flexible

aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan

de Miraflores, 2020". Miraflores: Repositorio Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Rashed. 2016. Evaluation of pavement network performance in Texas Considering Multiple

performance Metrics. 2016.

Rivera, Caro y Peña, Castro. 2012. Índice internacional de rugosidad. S.l.: publicaciones,

2012.

SANCHEZ CARLESSI, HUGO. 2018. Manual de términos en investigación científica.

Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018.

SERVANDO ALVAREZ, RAFAEL RIVERO. 2014. Instrumento electrónico para la

estimación del índice de rugosidad internacional con base en perfilómetro estático de

Merlín. Caracas: Universidad de caracas, 2014.

SUCA SUCA, NESTOR LEODAN. 2015. Metodología de la investigación científica y

tecnológica en la ingeniería civil. Puno: sagitario impresiones, 2015.



TAMAYO TAMAYO, MARIO. 2003. el proceso de la investigación científica. México:

noriega, 2003.

ZEBALLOS ZEGARRA, GONZALO GERMAN. 2021. Aplicación de teléfonos

inteligentes y el rugosímetro de Merlín para la determinación de la rugosidad del

pavimento flexible en la carretera ta-615, Tacna 2020. Tacna: Universidad Privada

de Tacna, 2021.

ZELADA ROJAS, LUIS ALBERTO. 2019. Diseño de 1km de pavimento carretera Juliaca -

Puno. Lima: Pontificia Católica del Perú, 2019.

Rocas, Materiales. <https://www.rocasym minerales.net/pavimento/>.

<https://www.rocasym minerales.net/pavimento/>. [En línea] 03 de julio de 2016.

Moteverdes, Claudia. [https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-de-](https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-de-pavimento-flexible/)

[pavimento-flexible/](https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-de-pavimento-flexible/). [https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-](https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-de-pavimento-flexible/)

[de- pavimento-flexible/](https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-de-pavimento-flexible/). [En línea] 17 de 01 de 2018.

Ecured. https://www.ecured.cu/Pavimento_flexible.

https://www.ecured.cu/Pavimento_flexible. [En línea] 06 de febrero de 2016.

Luna, Wilder. Pavimento Rígido y tipos de Pavimento Rígido. Medellín: s.n., 2017.

Miranda, Ricardo. Deterioro en Pavimentos Flexibles y Rígidos. Valdivia: s.n., 2010.

Muñoz, Gabriel, y otros. Patología de los pavimentos flexibles. Bogotá: s.n., 2013.

Irigoyen, José y Simo, Luis. Identificación de fallas en pavimentos técnicas de Reparación

.2016.



Neurtek, Carlos. <https://www.neurtek.com/es/pintura-recubrimientos/tratamiento->

[superficies/rugosidad. https://www.neurtek.com/es/pintura-](https://www.neurtek.com/es/pintura-)

[recubrimientos/tratamiento- superficies/rugosidad.](https://www.neurtek.com/es/pintura-) [En línea] 06 de Julio de 2017.

PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

mediante EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI). Gonzales, Hilda,

Ruiz, Pilar y Guerrero, Denisse. 4, Santiago de Cuba: s.n., 2019, CIGET, Vol. I.

Vásquez, Luis. PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS

ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS. Manizales: s.n., 2002.

BITAFAL. <https://bitafal.com.uy/2020/05/27/>. <https://bitafal.com.uy/2020/05/27/>. [En línea]

27 de mayo de 2020.



ANEXOS



ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA



TITULO: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

LINEA DE INVESTIGACION: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

RESPONSABLE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
GENERAL	¿Cuál será el nivel de servicio del pavimento flexible empleando el método de rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno?	Evaluar el pavimento flexible mediante método de rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno.	La evaluación de pavimento flexible por el método de rugosímetro de Merlín permitirá la determinación de la condición funcional y el estado del pavimento flexible de la avenida Puno del distrito de Ilave.	INDEPENDIENTE	Estado de la condición del pavimento flexible. Es la desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad de manejo.	Determinación de la transitabilidad	Determinación del estado de conservación según escala	Observación
						Determinación de la serviciabilidad	Serviciabilidad Calculo de la transitabilidad mediante IRI	
ESPECÍFICOS	PE 1. ¿Cuál será el índice internacional de rugosidad (IRI) empleando el rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno?	OE1. Determinar el índice internacional de rugosidad (IRI) mediante el rugosímetro de Merlín en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno.	HE 1. El IRI que tendrá el pavimento de la avenida Puno de la localidad de Ilave mediante el rugosímetro Merlín es inferior a 10.	DEPENDIENTE	Nivel de servicio del pavimento flexible. El IRI es una medida cuantitativa de la rugosidad o irregularidad de la superficie de una carretera. Se utiliza para evaluar la calidad del pavimento y su impacto en la comodidad de conducción de los vehículos.	IRI ≤ 6 Bueno 6 < IRI ≤ 8 Regular 8 < IRI ≤ 10 Inadecuado 10 ≤ IRI Pésimo	Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. Ciclo de vida de los pavimentos. Pavimento flexible	Rugosímetro de Merlín
	PE 2. ¿Cuál será la eficiencia del uso del para la medición del IRI del pavimento flexible en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao?	OE2. Analizar el nivel de serviciabilidad mediante la medición del IRI del pavimento flexible en la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao.	HE 2. El Método de rugosímetro de Merlín nos da un IRI confiable que el aplicativo IRI-Calc-Free en la avenida Puno de la localidad de Ilave.					
	PE 3. ¿Cómo será el nivel de serviciabilidad presente en el pavimento flexible (PSI) de la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao, región Puno?	OE3. Determinar el nivel de serviciabilidad presente en el pavimento flexible (PSI) de la avenida Puno, Ilave, provincia El Collao.	HE 3. El nivel de serviciabilidad del pavimento flexible de la avenida Puno del distrito de Ilave, provincia de El Collao es de clasificación Regular.				Rugosidad de los pavimentos. IRI	



ANEXO 2

ESCALA PARA DETERMINAR LA DISPERSIÓN DE LAS DESVIACIONES DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO RESPECTO DEL NIVEL DE REFERENCIA O CUERDA PROMEDIO

RUGOSIMETRO MERLIN		
1 Division = 5 mm		
DEPRESIONES		50
		49
		48
		47
		46
		45
		44
		43
		42
		41
		40
		39
		38
		37
		36
		35
		34
		33
		32
		31
ELEVACIONES		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

ANEXO 3

FORMATO RUGOSÍMETRO MERLIN

PROYECTO DE INVESTIGACION	
---------------------------	--

UNIDAD DE REGISTRO :

TRAMO :
 CARRIL :
 Progresiva inicial : Progresiva final: Longitud : m
 TIPO SUPERFICIE :
 RESPONSABLE :
 FECHA :

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	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
--	---

NUMERO DE REPETICIONES

TABLA DE CONTEO									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

CONTEO DE 200
VECES

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

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Equipo de rugosímetro de Merlín.



Fotografía 2. Registro de datos del equipo de rugosímetro de Merlín.



Fotografía 3. Imagen del registro de datos en el recorrido del tramo.



Fotografía 4. Verificación de los datos obtenidos del tramo recorrido.



Fotografía 5. Recorrido con el equipo Merlín del tramo de la sección de la calzada.



Fotografía 6. Sucesión del recorrido aplicando el equipo de Merlín.



Fotografía 7. Aplicación del equipo de rugosímetro de Merlín en un recorrido.



Fotografía 8. Verificación del registro de datos en un carril.



Fotografía 9. Sucesión de continuación del registro de datos.



Fotografía 10. Secuencia de continuación de recorrido en la calzada 1.



Fotografía 11. Recorrido sobre la sección de la calzada 1.



Fotografía 12. Registro de datos de la sección de la calzada 1.



Fotografía 13. Control y verificación del registro de datos de la calzada 1.



Fotografía 14. Control de puntos tomados en el recorrido.



Fotografía 15. Verificación del equipo de rugosímetro de Merlín.



Fotografía 16. Toma de datos de la sección de la calzada 2.



Fotografía 17. Registro de datos de la sección de la calzada 2.



Fotografía 18. Recorrido del equipo Merlin en la calzada 2.



Fotografía 19. Puntos de medición de desviaciones verticales.



Fotografía 20. Verificación de cambios de nivel en el tramo recorrido.



Fotografía 21. Desviaciones verticales en un carril de la calzada 2.



Fotografía 22. Depresiones y deflexiones en la sección de la calzada 2.





ANEXO 5

CERTIFICADOS DE PRUEBA DE RUGOSÍMETRO DE MERLÍN



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : **200 ENSAYOS**

PROGRESIV : **PROG 0+800 AL 1+200**

LADO : **CARRIL IZQUIERDO / EXTERNO**

CALCULOS

F = 1.00

D = 112.00 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471xD

= **5.86 IRI**

PSI = 5 / [e^(R/5.5)]

= 1.72

HOJA CAMPO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	28	29	22	24	25	28	26	24	20
22	23	21	32	35	31	30	34	25	35
39	36	31	31	28	29	33	28	31	30
33	35	35	32	30	26	28	28	32	36
35	32	33	34	26	26	27	25	34	29
31	36	32	30	24	30	28	25	28	26
31	35	39	30	27	36	31	33	33	40
32	27	29	33	38	30	33	37	33	28
30	33	31	38	37	37	33	30	30	31
23	25	23	23	27	29	30	32	30	35
29	36	31	32	43	30	33	35	35	36
34	35	39	37	41	38	37	35	34	42
33	33	33	26	35	31	27	28	32	35
35	36	32	32	36	32	36	34	34	35
31	32	35	39	33	36	26	26	33	39
31	37	34	34	34	32	29	36	33	34
32	35	33	40	37	37	33	37	33	38
30	34	32	30	35	34	40	39	39	36
40	40	35	34	37	30	33	38	39	41
43	35	34	33	36	36	37	37	40	36

TOTAL: 200 ENSAYOS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP / CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. Nº 006-00310402



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : 200 ENSAYOS

PROGRESIVI : PROG 1+200 AL 1+600

LADO : CARRIL IZQUIERDO / EXTERNO

CALCULOS

$$F = 1.00$$

$$D = 106.80 \text{ mm}$$

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

= 5.61 IRI

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

$$= 1.80$$

HOJA CAMPO

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

TOTAL: 200 ENSAYOS

UNIVERSIDAD NESTOR CERDAS VELAZQUEZ
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. № 006-00310402



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : **200 ENSAYOS**

PROGRESIVA : **PROG 1+600 AL 2+000**

LADO : **CARRIL IZQUIERDO / EXTERNO**

CALCULOS

$$F = 1.00$$

$$D = 122.50 \text{ mm}$$

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471xD$$

$$= \mathbf{6.35 \text{ IRI}}$$

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

$$= 1.58$$

HOJA CAMPO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	23	20	21	27	29	22	22	25	29
22	25	34	35	28	22	28	32	34	22
28	31	42	37	28	39	34	31	32	39
30	32	35	21	30	33	41	32	40	33
26	30	35	25	26	35	38	34	27	35
25	28	29	25	25	31	36	30	22	24
42	33	40	26	42	31	35	30	30	31
40	33	34	20	21	32	33	33	32	32
38	30	37	30	38	30	34	38	26	30
30	34	33	32	30	31	29	33	35	31
43	35	28	31	43	29	36	32	44	29
41	34	32	35	41	34	29	37	33	34
35	32	37	23	35	33	38	26	32	33
36	34	34	20	36	35	34	32	36	35
33	33	32	29	33	31	33	39	30	31
34	33	34	34	34	31	32	34	32	31
38	33	30	35	38	32	35	40	34	32
35	39	33	36	35	30	36	30	34	30
37	39	37	34	37	31	38	34	45	45
36	42	46	45	36	44	28	33	31	44

TOTAL: 200 ENSAYOS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. Nº 006-00310402



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : **200 ENSAYOS**

PROGRESIVA : **PROG 1+600 AL 2+000**

LADO : CARRIL DERECHO / EXTERNO

CALCULOS

$$F = 1.00$$

$$D = 107.22 \text{ mm}$$

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

= 5.63 IRI

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

$$= 1.80$$

HOJA 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	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
27	28	30	30	26	30	31	25	29	33		13
36	34	29	35	35	37	32	35	36	37		14
26	26	28	28	30	25	36	29	37	41		15
29	36	39	30	34	37	32	27	32	27		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

TOTAL: 200 ENSAYOS



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CADERES VELAZQUEZ
FICP CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00310402



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : **200 ENSAYOS**

PROGRESIV : **PROG 1+200 AL 1+600**

LADO : **CARRIL DERECHO / EXTERNO**

CALCULOS

F = 1.00

D = 119.70 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471xD

= **6.22 IRI**

PSI = 5 / [e^(R/5.5)]

= 1.61

HOJA CAMPO

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

TOTAL: 200 ENSAYOS



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. Nº 006-00310402



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : **200 ENSAYOS**

PROGRESIV : **PROG 0+800 AL 1+200**

LADO : **CARRIL DERECHO / EXTERNO**

CALCULOS

F = 1.00

D = 129.00 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471xD

= **6.66 IRI**

PSI = 5 / [e^(R/5.5)]

= 1.49

HOJA CAMPO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	36	38	35	33	33	32	29	29	33
31	31	37	39	35	34	32	36	34	31
31	32	31	36	31	32	30	33	31	39
30	32	29	32	32	33	33	32	32	35
28	26	24	26	27	29	24	25	28	30
30	37	36	32	31	35	38	34	36	33
27	25	24	23	22	28	24	26	30	28
34	31	36	32	32	33	34	36	33	29
31	28	25	26	22	21	23	25	23	23
27	29	30	27	25	26	28	27	30	28
34	32	36	32	32	37	31	31	30	30
36	28	34	31	29	36	32	37	32	34
31	34	32	37	36	37	32	35	30	33
31	37	34	37	33	32	33	30	40	35
31	32	33	35	33	33	34	31	34	31
34	35	39	40	38	36	38	38	35	38
31	32	33	33	30	35	31	29	34	32
31	32	30	35	31	30	29	32	33	30
33	32	34	33	32	32	34	36	35	31
31	30	35	33	30	31	30	34	30	29

TOTAL: 200 ENSAYOS

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. Nº 006-00310402



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : 200 ENSAYOS

PROGRESIVI : **PROG 0+400 AL 0+800**

LADO : CARRIL DERECHO / EXTERNO

CALCULOS

$$F = 1.00$$
$$D = 122.10 \text{ mm}$$
$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$
$$= 6.33 \text{ IRI}$$
$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$
$$= 1.58$$

HOJA CAMPO

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

TOTAL: 200 ENSAYOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJON
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

ANALISTA CALIFICADO
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. № 006-00310402



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA

PAVIMENTO: FLEXIBLE

FECHA

26/03/2025

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

MERLIN

Nº ENSAYO : 200 ENSAYOS

PROGRESIVO : PROG 0+000 AL 0+400

LADO : CARRIL DERECHO / EXTERNO

CALCULOS

$$F = 1.00$$
$$D = 111.80 \text{ mm}$$
$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

= 5.85 IRI

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$
$$= 1.73$$

HOJA CAMPO

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

TOTAL: 200 ENSAYOS

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERDAS VELAZQUEZ
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A
JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. № 006-00310402



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 09-04-20

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MARCOS LUIS ORDOÑEZ CALLA
Dirección: URB. TREBOL DE SANTA CLARA MZ. E LT. 16 /AREQUIPA
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77469048
Teléfono: 978529238 email: marcosordonezcalla19@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: 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: ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA PUNO DEL
DISTRITO DE ILAVE PROVINCIA DE EL COLLAO REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Transitabilidad, pavimento, trafico, funcional, rehabilitacion

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

1,2

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

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



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

09-04-26

Fecha