



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



**MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL
CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL
DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE
SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE

**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


**MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL
CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL
DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE
SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO**


TESIS PRESENTADA POR:


Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE

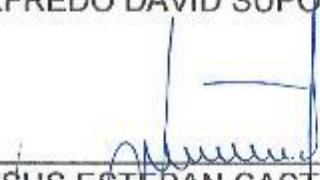
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : 
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO : 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO : 
Mgtr. WILFREDO DAVID SUÑO PACORI

ASESOR DE TESIS : 
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1052-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7310 presentado por el (la) Bachiller: JOSE RUBEN MUSAJA PAYE 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. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA 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 merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

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

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: JOSE RUBEN MUSAJA PAYE; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 19 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

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



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

Dr. Eric Willy Manasi Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 159-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 604 por el señor (a): JOSE RUBEN MUSAJA PAYE quien solicita REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis), el PROVEIDO - N° 082 - 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 015 - 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): JOSE RUBEN MUSAJA PAYE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA 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 del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 015 - 2025 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA 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): JOSE RUBEN MUSAJA PAYE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA 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 Cs. PURAS

Mgtr. WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA DECANO (e) CIP. 70808



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS Dr. Frida Willy Maman Apaza DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (s)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1706-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 17901, presentado el señor (a) JOSE RUBEN MUSAJA PAYE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO – N° 1463-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 383 -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): JOSE RUBEN MUSAJA PAYE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA 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° 383 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA 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): JOSE RUBEN MUSAJA PAYE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA 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.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Efraín Pantoja Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



18% 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

- 15% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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


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



Metadatos Complementarios UANCV



Título de la tesis	
MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JOSE RUBEN MUSAJA PAYE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76126714
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-2614-8480
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	CESAR GUILLERMO CAMARGO NÁJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
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	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	02428673
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Antonio de Putina Distrito: Pedro Vilca Apaza</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 15° 1' 51" - Longitud: O 69° 55' 18"  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=196ONY5V_DZ5nJ-a6c4DrWz7sAvqWpDs&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2024 – Marzo 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html	Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
- Librería	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JOSE RUBEN MUSAJA PAYE, identificado con DNI
Nro. 76126714, 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:

MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO

POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO

DE PUTINA 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 _____ de NOVIEMBRE del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis amados padres,

David Musaja Chura y Nelsi Paye Llanos, por ser mi ejemplo de esfuerzo, perseverancia.

A mi querido hermano, Henry Josue Musaja Paye, cuya memoria vive en cada página de esta tesis. Tu espíritu me acompañó en cada paso, y este logro es un tributo a tu vida y a nuestro amor eterno.

Y a mi querida novia, Betzabeth Tarqui Tarqui, por su compañía, comprensión y apoyo constante.

Has estado ahí para mí en las buenas y en las malas, ofreciéndome palabras de apoyo y sacrificio sin quejarte. Te estaré eternamente agradecido. Este logro nos pertenece a los dos.

Este trabajo es una manifestación del amor que compartimos como familia y la realización de un deseo de toda la vida, y estoy tan agradecido y te quiero tanto que quiero dedicártelo a ti.



AGRADECIMIENTO

Dios me ha bendecido con vida, salud y fortaleza para superar este periodo crucial, y le estoy eternamente agradecido.

Gracias a mis padres, David Musaja Chura y Nelsi Paye LLanos, por todo el amor y el apoyo que me han brindado y por inculcarme la importancia de ser humilde y trabajar duro. Ustedes son los que han hecho posible este logro.

A mi querida familia, por ser mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional. Su amor, aliento y sacrificio fueron fundamentales para alcanzar esta meta. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado, en cada paso del camino."

A mis docentes y asesores, quienes me guiaron con sus conocimientos y experiencia a lo largo de esta formación académica.

A mis amigos y compañeros de estudio, por su apoyo, por compartir este camino lleno de retos y aprendizajes, y por brindarme siempre su amistad sincera.



ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCION	xii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática	1
1.2 Planteamiento del problema	4
1.2.1 Pregunta general	4
1.2.2 Preguntas específicas	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.3.1 Justificación técnica	5
1.3.2 Justificación social	5
1.3.3 Justificación ambiental	6
1.3.4 Justificación ambiental	6



1.4	Objetivos.....	6
1.4.1	Objetivo general.....	6
1.4.2	Objetivos específicos.....	7
1.5	Hipótesis.....	7
1.5.1	Hipótesis general.....	7
1.5.2	Hipótesis específicas.....	8
1.6	Operación de variables.....	8

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	12
2.1.3	Antecedentes locales.....	15
2.2	Bases teóricas.....	18
2.2.1	Clasificación de Carreteras por Demanda.....	18
2.2.2	Deterioro en carreteras no pavimentadas.....	22
2.2.3	Rugosidad.....	24
2.2.4	Valores del IRI.....	26
2.2.5	Instrumento para la investigación.....	32
2.2.6	La serviciabilidad.....	42
2.3	Marco conceptual.....	45



CAPÍTULO III

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Aspectos metodológicos de la investigación 47

 3.1.1 Diseño de la investigación 47

 3.1.2 Tipo de investigación 48

 3.1.3 Nivel de investigación 48

 3.1.4 Enfoque de la investigación 49

3.2 Población y muestra 49

 3.2.1 Población 49

 3.2.2 Muestra 49

3.3 Técnicas e instrumentos 50

 3.3.1 Credibilidad y consistencia del instrumento de medición 51

 3.3.2 Desarrollo de recopilación y procesamiento de datos 51

 3.3.3 Análisis de documentos 57

 3.3.4 Instrumentos de recolección de datos 57

3.4 Consideraciones Éticas 58

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 Resultados 59

4.2 Determinación del índice rugosímetro internacional 59

 4.2.1 Resultados del índice de serviciabilidad presente 62



4.3 Propuesta para el mejoramiento del camino vecinal del centro poblado Ajjatira al distrito de Pedro Vilca Apaza	66
4.3.1 Equipos y Materiales.....	67
4.3.2 Proceso Constructivo	69
4.3.3 Especificaciones Técnicas	70
4.3.4 Describiremos las Normas Técnicas de Ejecución	73
4.3.5 Mantenimiento periódico a nivel de afirmado.....	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS	85



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operación de variables.....	8
Tabla 2 Sistema vial del peru	20
Tabla 3 La rugosidad en carreteras no pavimentadas.....	29
Tabla 4 Clasificación de equipos de medición del IRI	30
Tabla 5 Normativas internacionales para el control de IRI	31
Tabla 6 Escala de Índice de serviciabilidad	43
Tabla 7 Instrumentos para la recopilación de datos	51
Tabla 8 Resumen de resultados del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) .	59
Tabla 9 Resultados en proporción del IRI.....	61
Tabla 10 Resumen de resultados del Índice de Serviabilidad Presente (PSI) 63	
Tabla 11 Resultados del Índice de Serviabilidad de Presente (PSI).	64



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos principales del camino vecinal..... 21

Figura 2 Modelo de cuarto de coche..... 25

Figura 3 Escala estándar Banco Mundial para clasificar los caminos 27

Figura 4 Escala de rugosidad de acuerdo a uso y estado de pavimento 28

Figura 5 Instrumento de merlín 32

Figura 6 Partes del rugosímetro de merlín 33

Figura 7 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones..... 34

Figura 8 La alteración de la superficie del pavimento con relación con la línea base 35

Figura 9 Representación de la frecuencia por intervalos de desviaciones..... 36

Figura 10 Instrumento empleado para recopilar información 38

Figura 11 Selección de la ruta del camino vecinal 51

Figura 12 Progresivo km 0+000 de la ruta seleccionada 52

Figura 13 Recopilación de la información con el equipo de Merlín 53

Figura 14 Formato de recolección de datos para el IRI 55

Figura 15 Representación del Perfil del IRI – Variaciones 60

Figura 16 Condición del Índice de Regularidad Internacional, según el número de tramos..... 61

Figura 17 Representación del IRI – porcentaje..... 62

Figura 18 Resultados del Índice de Serviciabilidad de Presente (PSI) – Variaciones 63

Figura 19 Resultados del (PSI) – Variaciones..... 65

Figura 20 Resultados del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) – tramos... 65



Figura 21 Resultados del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) – porcentaje	66
Figura 22 Motoniveladora en mantenimiento periódico.....	67
Figura 23 Rodillo compactador en mantenimiento periódico.....	67
Figura 24 Volquete de 15m3	68
Figura 25 Cisterna de agua.....	68



RESUMEN

Esta investigación busca examinar la degradación del desnivel de una carretera sin pavimentar que atraviesa una zona rural entre las localidades de Pedro Vilca Apaza y el centro urbano de Ajjatira. Para destacar la repercusión que tiene basándonos en la funcionalidad respecto al tráfico del tránsito en el periodo 2024 - 2025, el proyecto utiliza actualmente el dispositivo de la metodología Merlin Rafnestester. En este estudio se emplearon métodos descriptivos, no experimentales y transversales. Se seleccionó como muestra para esta prueba una carretera rural de 3,2 m de ancho y 5 km de longitud. La calle tenía 5 km de longitud. El índice de rugosidad (IRI) del camino es de 7.278 metros por kilómetro, lo que representa una pendiente pronunciada que afecta la transitabilidad. El Índice de Resistencia de la Superficie (PSI) de 1,36 podría indicar que la carretera no es muy transitable. Los hallazgos indican que el camino rural en cuestión está en un estado deteriorado, lo que resulta en inconvenientes para los usuarios adyacentes. Para mejorar la textura y durabilidad del camino, es fundamental realizar reparaciones oportunas para mejorar la transitabilidad y la longevidad de dicha vía, donde es de suma importancia la recuperación de la serviciabilidad, para mejorar la transitabilidad en la zona y de esta forma tener una mayor fluidez en la comunicación entre estas dos localidades para promover su desarrollo en el aspecto social y económico de los pobladores que hacen uso de esta carretera.

Palabras claves: Análisis funcional, transitabilidad vehicular, camino vecinal.



ABSTRACT

This research aims to examine the degradation of the unevenness of an unpaved road that runs through a rural area between the towns of Pedro Vilca Apaza and the urban center of Ajjatira. To highlight the impact this has on traffic functionality in the period 2024-2025, the project currently uses the Merlin Rafnestester methodology device. Descriptive, non-experimental, and cross-sectional methods were used in this study. A rural road 3.2 m wide and 5 km long was selected as the sample for this test. The road was 5 km long. The roughness index (IRI) of the road is 7,278 meters per kilometer, which represents a steep slope that affects trafficability. The Pavement Surface Resistance Index (PSI) of 1.36 could indicate that the road is not very passable. The findings indicate that the rural road in question is in a deteriorated state, resulting in inconveniences for adjacent users. To improve the texture and durability of the road, it is essential to carry out timely repairs to improve the passability and longevity of the road, where it is of utmost importance to restore its serviceability, to improve passability in the area and thus have greater fluidity in communication between these two localities to promote their social and economic development for the residents who use this road.

Keywords: Functional analysis, vehicular traffic, local road.



INTRODUCCION

Las carreteras en zonas rurales son indispensables para la expansión económica. El mantenimiento de la superficie es necesario para garantizar la seguridad, la productividad y el ahorro de costos. Para mejorar las carreteras y fomentar el desarrollo sostenible, es imperativo realizar evaluaciones y reparaciones.

El estado de la superficie de una carretera rural sin pavimentar en San Antonio de Putina fue el objeto de esta investigación. Esta ruta conecta la región metropolitana de Ajjatira con Pedro Vilca Apaza. Durante nuestra investigación, evaluamos su rugosidad y funcionalidad. A continuación, se describe la estructura del documento:

Capítulo I. Examina el tema, los objetivos, la motivación, la relevancia y las limitaciones del estudio. Se han articulado la hipótesis y las variables.

Capítulo II. En esta tesis, el autor pretende encontrar teorías mediante el análisis de una serie de estudios que determinaron el nivel de servicio de las carreteras pavimentadas. El marco hace hincapié en los factores locales, nacionales y globales, y proporciona información de referencia para validar los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos específicos.

Capítulo III. aborda la demografía del estudio, la muestra, el nivel, el tipo, el diseño y el marco metodológico, en esta etapa se desarrolla tanto la etapa de campo con sus instrumentos para la recolección de datos y posteriormente pasar a una etapa de gabinete donde se realiza el procesamiento de los datos y los cálculos respectivos para llegar al propósito de la investigación. Evaluación de la



adquisición de datos de campo, el PSI y los cálculos del IRI, serán demostrados en esta parte del desarrollo del trabajo de investigación.

Capítulo IV. En este capítulo, los autores analizarán los resultados del estudio para validarlo. Para ello, se compararán con los hallazgos del IRI, el PSI y su correlación, que coinciden con los objetivos establecidos al inicio del proyecto.

Para ello, utilizamos una carretera sin asfaltar cercana para evaluar la calidad de la superficie de estudio, en particular su transitabilidad y rugosidad.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática

Muchas personas que viven en zonas rurales de países en desarrollo no tienen acceso a opciones de transporte asequibles y adecuadas, lo que supone un grave problema a la hora de comprender la situación global de las carreteras sin asfaltar y sus repercusiones sociales y económicas. La pobreza y la falta de oportunidades sociales y económicas son consecuencia de un acceso inadecuado al transporte. Se puede lograr un círculo virtuoso que alivie la pobreza y mejore la vida de los habitantes rurales de bajos ingresos mediante la mejora de los servicios de transporte, lo que puede impulsar la actividad económica y el progreso social. Esto, a su vez, facilita el acceso. Se necesitan opciones de transporte más convenientes, junto con mejoras en la ubicación, el precio y la calidad de las instalaciones, para aumentar el número de personas que viven en zonas remotas y que pueden acceder a servicios vitales. Starkey, Ellis, Hine y Ternell (2002) sostienen que aumentar las redes de carreteras no es lo único importante que hay que tener en cuenta; también



deben considerarse las carreteras más pequeñas, los senderos y los caminos. También deben tenerse en cuenta los medios de transporte privados y comerciales, ya sean motorizados o no motorizados. Además, no deben pasarse por alto los centros de transporte y los mercados.

En la misma línea, esta encuesta nacional señala los problemas que persisten en nuestras carreteras sin asfaltar:

Debido a la falta de otras opciones de transporte, las carreteras rurales de nuestro país son vitales para el desplazamiento de las personas que viven en zonas remotas, ya sea en las tierras altas, a lo largo de la costa o en lo profundo de la selva. La mayoría de estas carreteras no están asfaltadas y a menudo se encuentran en mal estado; en algunas zonas rurales, la falta de mantenimiento, la antigüedad de las carreteras y el desconocimiento de las causas de determinados tipos de averías las hacen muy peligrosas para la circulación. El crecimiento de todos los países, pero especialmente de los países emergentes como el nuestro, con carreteras principalmente sin asfaltar, depende de sus redes de carreteras sin asfaltar (Cárdenas, 2012).

Debido a la actual carencia de infraestructura vial en Perú, las concesiones de la red de carreteras se han externalizado. Por este motivo, las concesiones de la red de carreteras son un tipo de privatización que permite el uso, la explotación y el desarrollo temporales de la infraestructura preexistente o la construcción de nuevas obras públicas con el fin de gestionar los bienes públicos.



Sin embargo, el concesionario debe mantener un determinado nivel de servicio y calidad en la carretera concesionada para cumplir con sus obligaciones contractuales. De este modo, el Gobierno peruano garantiza que el concesionario mantendrá la carretera en excelentes condiciones y prestará un servicio adecuado.

El cumplimiento de los denominados (niveles de servicio) es un requisito de los términos de referencia del contrato, que describen estas obligaciones. La carretera, el drenaje, la señalización, las características de seguridad, la construcción de la carretera y las zonas laterales (derecho de paso) forman parte de estos niveles de servicio. La superficie de la carretera, que se evalúa utilizando el IRI, es uno de los factores más importantes. Como parte de nuestra evaluación, mediremos la rugosidad de la carretera concesionada. Es esencial que el recuento final no supere los requisitos establecidos en el documento de referencia. Si ese es el caso, el concesionario no se enfrentará a ninguna multa por parte de la entidad, en este caso, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

La comunidad estatal San Antonio de Putina es la encargada de desarrollar los programas de mantenimiento a los caminos de no pavimentados que son parte de un inventario vial del estado, entre ellos podemos mencionar el camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza. La comparación con las carreteras de esta zona muestra que la superficie de la carretera está degradada, especialmente en las curvas. La degradación de la calidad puede atribuirse a una variedad de factores. El camino rural presenta una gran cantidad de separación de



agregados, fisuras de bloques, fracturas longitudinales, áreas de reparación y grietas de cocodrilo.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Pregunta general*

¿Qué técnica de mejoramiento de la Transitabilidad vehicular del camino vecinal del centro poblado Ajjatira al distrito de Pedro Vilca Apaza, es la que corresponde al estado de la vía según el índice interneacional de rugosidad (IRI) e índice de serviciabilidad presente (PSI)?

1.2.2 *Preguntas específicas*

1. ¿Cuál es el valor Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza?
2. ¿Cuál es el Índice de Serviabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza?
3. ¿Qué propuesta técnica es la más adecuada para mejorar la transitabilidad vehicular en el tramo evaluado?

1.3 Justificación de la investigación

Mediante el uso de enfoques como el cálculo del IRI y el PSI, junto con la metodología del rugosímetro Merlín, nuestro objetivo es comprender la teoría y los conceptos fundamentales de los procedimientos de ensayos no



destructivos (END). Mediante estos métodos, es posible evaluar la calidad y la irregularidad del camino rural que conecta Ajjatira y Pedro Vilca Apaza en el municipio de San Antonio de Putina. Esto se ajusta a los Manuales de Mantenimiento Vial publicados por el MTC en 2018 y 2017. Para determinar las deficiencias en la superficie del camino sin pavimentar en investigación, este estudio busca comparar los resultados con las especificaciones actuales.

1.3.1 Justificación técnica

Para abordar los problemas de textura, esta investigación determina el IRI y el PSI de las superficies de carreteras rurales. De igual manera, los ingenieros viales necesitan monitorear y controlar este parámetro, ya que los resultados guiarán las sugerencias para realizar el diseño para el mantenimiento de caminos rurales con características de superficie afirmada.

1.3.2 Justificación social

Debido al aumento y la afectación del tráfico en la ruta, la investigación tiene una justificación social. Los vehículos pequeños, como camionetas y taxis, causan muchos daños y se desplazan al entrar en contacto con la carretera para evitar averías. Por lo tanto, se está investigando la ruta entre Ajjatira y Pedro Vilca Apaza. Los usuarios y demás vecinos se beneficiarán de inmediato de las mejoras, ya que el mal estado de las carreteras afecta negativamente la comodidad, la integridad operativa y el rendimiento del sistema de transporte.



1.3.3 Justificación ambiental

La formación de técnicos especializados es la base económica principal sobre la que se sustenta este programa para establecer criterios para el monitoreo de la rehabilitación de las carreteras pavimentadas. Esto incentivará a las organizaciones locales, estatales y regionales a cumplir con las normas de tránsito. Esto contribuirá a la preservación de nuestra diversa red vial. Una mejor calidad del servicio, la reducción de la duración y los gastos de los viajes, y el aumento de la productividad agrícola y del transporte mejoran la distribución de recursos y el mantenimiento vial en tiempos de crisis.

1.3.4 Justificación ambiental

Esta investigación se refiere a la carretera sin pavimentar que conecta Pedro Vilca Apaza con Ajjatira, con el objetivo de mejorarla. Este estudio se basa en consideraciones ecológicas. Los gases de efecto invernadero afectan a los ecosistemas, la fauna y las personas, como es bien sabido. De igual manera, una carretera en mal estado altera el hábitat natural de los animales, causando erosión del suelo y reduciendo la biodiversidad. Los usuarios de las vías y el medio ambiente necesitan una infraestructura vial mejorada.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la técnica de mejoramiento de la Transitabilidad vehicular del camino vecinal del centro poblado Ajjatira al distrito de Pedro Vilca



Apaza, según el índice interneacional de rugosidad (IRI) e índice de serviciabilidad presente (PSI).

1.4.2 Objetivos específicos

1. Hallar el valor Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza.
2. Calcular el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza.
3. Plantear una propuesta técnica de mejoramiento vial para el camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza basándose en su condición actual.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

El mejoramiento de la transitabilidad vehicular del camino vecinal, mediante la implementación de una solución técnica adecuada, reafirmado o estabilización, contribuirá directamente a mejorar la conectividad vial de la zona, al reducir los tiempos y costos de viaje entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza, es menor que 10.
2. El Índice de Serviabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza, es menor que 2.
3. La intervención técnica adecuada para mejorar la transitabilidad vehicular en el tramo evaluado es la estabilización por reafirmado granular, ya que esta solución logrará un aumento del PSI por encima de 2.5 y mantendrá un IRI por debajo de 7 m/km, resultando ser una técnicas más conocida y efectiva.

1.6 Operación de variables

Tabla 1

Operación de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICAS
Variable de caracterización:		Índice de Regularidad Internacional (IRI)	Rugosímetro de Merlín Formato MTC
Transitabilidad Vehicular de la vía afirmada	Rugosidad	Índice de Serviabilidad Presente (PSI)	Registro de datos Formato MTC
Nivel de serviabilidad de la vía afirmada			
Variable de interés:		Longitud de vía mejorada (km)	Inspección técnica de campo Formato MTC
Mejoramiento de la transitabilidad vehicular	(PSI) (IRI)	Estabilización por reafirmado granular.	Ficha técnica de mejoramiento



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

H. de Solminihaç y E. Namur (2009). Podemos estimar la rugosidad de las carreteras sin pavimentar y utilizarla como umbral de intervención. Utilizando el IRI como indicador principal, esta investigación sugiere una técnica objetiva para calcular las necesidades de mantenimiento de las carreteras sin pavimentar. Expertos de los sectores público, comercial y académico colaboran para determinar los estándares de rugosidad para diversos tipos de carreteras. A la hora de medir la rugosidad de las carreteras sin asfaltar, se recomienda utilizar un medidor de rugosidad de tipo respuesta.

Determinar el mantenimiento necesario para las carreteras de Chile es una responsabilidad primordial de la Administración Nacional de Carreteras, en colaboración con las secretarías regionales y provinciales. La mayoría de las carreteras que se supervisan con este método en los países pobres no



tienen pavimento. En el pasado, el inspector de carreteras utilizaba ciertos criterios para determinar qué tipo de reparaciones eran necesarias. Con el fin de mejorar la situación, este estudio sugiere una forma sencilla e imparcial de calcular las necesidades de mantenimiento de las carreteras sin pavimentar. Recomendamos utilizar umbrales de rugosidad, ya que captan bien la característica funcional esencial de este tipo de carretera. Se tuvieron en cuenta las características de cada tipo de carretera al determinar los umbrales de rugosidad, contactando con especialistas de los sectores público, empresarial y académico. Estos expertos presentaron los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Un medidor de rugosidad de respuesta es la herramienta elegida para medir el grado de rugosidad de la superficie de las carreteras sin pavimentar. En ausencia de dicha maquinaria, se sugiere calcular el IRI utilizando datos inspeccionados visualmente. Se utilizó la información recopilada en 61 secciones de prueba para establecer una correlación entre el IRI y los daños principales en las carreteras sin pavimentar.

En un esfuerzo por evaluar el rendimiento del pavimento en una carretera de Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador, Álvarez (2021) presentó sus conclusiones. Este autor consideró un diseño de campo no experimental, que incluía el medidor de rugosidad MERLIN, el IRI, la microtextura y la macrotextura. El estudio de campo sugirió utilizar los resultados de las pruebas del índice de rugosidad por indentación (IRI) antes de construir cualquier infraestructura vial, con el fin de optimizar las operaciones de construcción antes de la entrega final del proyecto. Tras su evaluación, se



recomendaron los siguientes materiales para la capa superficial de la carretera: baja reflexión de la luz, alta macrotextura, absorción adecuada del ruido de rodadura tanto dentro como fuera del vehículo, baja proyección del agua de lluvia, bajo desgaste de los neumáticos, menor degradación y consumo de combustible, y alta adherencia de los neumáticos a la superficie de la carretera. Por otro lado, los conductores desprecian los pavimentos irregulares y con alta macrotextura, ya que hacen que la conducción sea incómoda y aumentan los gastos de mantenimiento. Es necesario realizar pruebas adicionales en distintos niveles de superficie de pavimento para complementar los resultados de este estudio (p. 71). Además de tener en cuenta factores específicos que afectan a las condiciones de la carretera, este material de referencia proporciona información sobre los métodos que deben emplearse para las mediciones del IRI que son pertinentes para nuestra investigación.

Según la tesis de Carrión y Ramírez (2019) Se trata de una tesis de grado de la Universidad Católica de Colombia que detalla un plan para mejorar la vía terciaria que une Puente Piedra y Madrid, en Cundinamarca. El objetivo general era evaluar el estado actual de la carretera. Esto llevó a los investigadores a utilizar un enfoque transversal no experimental en sus estudios cuantitativos. Para recopilar datos sobre el terreno, se recibieron registros oficiales (documentos relacionados con la gestión de carreteras) del municipio de Madrid. A lo largo de toda la carretera, se realizaron pruebas visuales y de laboratorio in situ para diagnosticar el estado de la carretera terciaria. Esto se hizo de acuerdo con el método VIZIRET descrito en el



manual, que se utiliza para clasificar y cuantificar las patologías o fallos en carreteras con una capa superficial endurecida. Se utilizaron hojas de observación visual, imágenes, herramientas topográficas y herramientas de mediación. Así, teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico, se determinó que la carretera terciaria estudiada no cuenta con ningún tipo de sistema de drenaje ni señales verticales. Además, según el manual INVIAS, para suelos CL y SP-CS, la prueba CBR reveló una capacidad de resistencia del 3,2 %. Se descubrieron dos tipos de degradación: estructuras (A) y drenaje y/u otros (B). El tipo A fue el más importante, y abarcó desde una degradación leve sin influencia en los usuarios hasta una degradación grave. En consecuencia, se requieren medidas de mantenimiento de la carretera, como la construcción de obras de drenaje, la reconstrucción o el relleno de secciones de grava y el perfilado.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Este tema fue investigado por García (2022) en su tesis titulada Determinación del índice de condición de la ruta local San Jacinto - Monte Castillo en el distrito de Catacaos, provincia de Piura. El objetivo de esta investigación es analizar el estado de la ruta rural San Jacinto - Monte Castillo entre los kilómetros 0+000 y 09+000 utilizando el enfoque de evaluación del estado de las carreteras descrito en el manual de mantenimiento de carreteras de 2018. El propósito es conocer el estado de esta ruta después de una reparación periódica. Este enfoque se utiliza para evaluar las carreteras rurales. Se puede aprender mucho sobre la historia de la red de carreteras de una región, el estado de partes específicas de las carreteras y el nivel de



mantenimiento estudiando cómo se conservan a lo largo del tiempo. Existen principalmente tres formas de evaluar el estado de las carreteras sin pavimentar: degradación o defectos, velocidad relativa y transitabilidad de los vehículos debido a los daños en la carretera (Provias Descentralizado, 2016). Si se realiza correctamente, este método estima el estado de la carretera a partir de su calificación y el tipo de reparación necesaria. Entre otras cosas, este estudio detalla el sistema vial de Piura, el sistema vial peruano y los métodos de clasificación utilizados para autopistas y carreteras. También abarca el mantenimiento de las redes viales y la vida útil de las carreteras. Además, profundiza en los problemas más comunes que surgen con las carreteras de tierra. Con el fin de establecer dieciocho (18) secciones de investigación, los nueve (9) kilómetros de carretera rural se dividieron en tramos de 500 metros mientras se recopilaban datos para el índice de estado. Los datos recopilados en cada zona se presentan de acuerdo con el proceso de evaluación del estado de las carreteras descrito en el manual de mantenimiento de carreteras de 2018. Según nuestras conclusiones, los procedimientos adecuados de reparación y mantenimiento pueden mejorar el ciclo de vida de las carreteras rurales y ahorrar dinero a las administraciones locales. Aunque el método MTC ofrece formatos de hoja de cálculo Excel para ayudar a determinar el estado de las carreteras, el manual indica que tiene criterios limitados para descubrir defectos en las carreteras que se analizan. La carretera rural requiere reparaciones periódicas según el manual de mantenimiento de carreteras de 2018, a pesar de estar en buen estado y tener una calificación media de 377 en la investigación. Un sistema de alcantarillado



en mal estado y la presencia de viviendas contribuyen al estado general de la carretera, acelerando su deterioro.

El objetivo del estudio de Rodríguez y Rosas (2020) titulado Aplicación del inventario del estado de las carreteras como herramienta para determinar la transitabilidad y establecer el nivel de intervención en las carreteras locales sin pavimentar del departamento de Ancash – 2017, es evaluar la utilidad del registro del estado de las carreteras para identificar la transitabilidad y las necesidades de intervención de las carreteras locales y las autopistas sin pavimentar de la región de Ancash. Este estudio tenía como objetivo principal llenar las lagunas del Manual de Mantenimiento Vial, que detalla los procedimientos para controlar el estado de las carreteras. La clasificación de cada tramo de 500 metros según los diferentes tipos de deterioro observados en las carreteras sin pavimentar nos permite determinar el alcance de la intervención necesaria. Las puntuaciones muestran el nivel de transitabilidad, que puede ser bueno, regular o excelente. 31 Con un método inductivo aplicado y mixto (cualitativo y cuantitativo), este estudio empleó un diseño de investigación prospectivo, no experimental, transversal y descriptivo. A partir del análisis de cinco (5) carreteras locales y autopistas que reciben un mantenimiento regular, se ha determinado que las carreteras 1, 3, 4 y 5 necesitan un mantenimiento periódico, mientras que la carretera 2 necesita una restauración permanente. La necesidad de utilizar datos sobre el estado de las carreteras para determinar la transitabilidad de las carreteras locales sin asfaltar queda subrayada por el hecho de que el 80 % de las carreteras evaluadas en la zona de Ancash no son objeto de una intervención oportuna.



Fuente: Huamán (2014). Como parte de sus estudios de ingeniería civil, creó un perfil para una carretera local en la región de Tambogrande, en Piura, que uniría Malingas, Pueblo Libre, Monteverde Bajo, Las Salinas y Convento. Se graduó en la Universidad Ricardo Palma con una tesis. Escribo desde Lima, Perú. El objetivo general del estudio es perfilar un proyecto de preinversión de una carretera local, la Ruta 22, para mejorar la accesibilidad y ofrecer una opción alternativa de acuerdo con el marco regulatorio del Ministerio de Economía y Finanzas. Se decidió por el Índice de Estado de las Carreteras sin Pavimentar (URCI) y la técnica SNIP para carreteras rurales para llevar a cabo el estudio. El informe concluye que, al calcular el valor económico de una carretera, es importante incluir no solo los gastos de construcción, sino también los gastos de mantenimiento. Además, sugiere tener en cuenta aspectos como la accesibilidad de las canteras, la estabilidad del suelo, el coste de los suministros y el coste del transporte. El uso correcto de los materiales para proporcionar una superficie satisfactoria es otro punto que destaca.

2.1.3 Antecedentes locales

En la Universidad Privada de Trujillo, en la zona de Ocuvi, provincia de Lampa, en Puno, en 2019, los investigadores Quispe Calsin y Espinoza Anahua estudiaron los patrones de tráfico. Esta investigación fue redactada por César Félix Quispe y Vanessa Espinoza. El objetivo de esta investigación es examinar los patrones de tráfico en la zona de Ocuvi, en la provincia de Lampa, en Puno, con el fin de formular una estrategia para la reparación de una carretera secundaria. Con el fin de abordar la necesidad de la población



de mejorar las carreteras, el equipo de investigación está llevando a cabo un estudio de tráfico. El objetivo final es proponer un plan para mejorar las carreteras del barrio y garantizar que los automóviles y los peatones puedan circular por ellas con facilidad. Dado que mejorará la vida social de la población local, el desarrollo económico, la conexión entre las diferentes comunidades y la capacidad de comunicarse entre sí y con las ciudades, la mejora de las carreteras del distrito de Ocuvi es una prioridad máxima para el estudio de tráfico de este proyecto. Teniendo en cuenta que el estudio de tráfico para el diseño propuesto es esencial para resolver el problema principal, esta tarea reviste una importancia capital. Este estudio detalla los estudios de tráfico que sirvieron de base para la planificación de las mejoras viarias de la zona de Ocuvi, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de los residentes urbanos en términos de desarrollo social y familiar. Los procedimientos y tecnologías utilizados para recopilar los datos de esta investigación son adecuados, fiables y legales. Como resultado, se contabilizaron un total de 24 automóviles diarios como uno de los parámetros recopilados.

Mamani Díaz, Amat; (Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2024) sugiere reparar y mejorar la transitabilidad de la carretera local pavimentada entre Huapaca San Miguel y Llaquepa, en el distrito de Pomata de la región de Puno. El estado inadecuado de la carretera local entre Llaquepa y Huapaca San Miguel inspiró la investigación. El objetivo principal era averiguar cómo reparar la carretera para que los automóviles pudieran volver a circular por ella. Para esta investigación, se consideraron como



población todas las carreteras del distrito de Pomata. Para establecer el estado de la carretera, se utilizaron fichas técnicas. Se extrajeron y analizaron los datos de mecánica del suelo de las canteras situadas en los alrededores de la zona de investigación. Por último, se diseñó la carretera pavimentada con las modificaciones recomendadas. Se determinó que la carretera estaba en muy mal estado, lo que requiere reparaciones. Según los resultados de la prueba de mecánica del suelo, se debe añadir un 30 % de piedra triturada al material granular para mejorar su composición. Antes de esto, establecimos el análisis granulométrico, la humedad, el Proctor, los límites y la prueba CBR. Se recomendó un espesor de 20 cm para la subbase y de 28 cm para el pavimento como la mejor opción para mejorar la transitabilidad.

Condiciones de trabajo y accesibilidad del tramo de carretera Ccopa-Mula Apacheta en el distrito de Ayapata de la provincia de Carabaya, en el departamento de Puno, según lo documentado por Héctor Quispe Ojeda, de la Universidad Alas Peruanas, en 2022. El objetivo general del proyecto es aliviar los problemas de infraestructura de una localidad para que pueda construir una carretera y conectarse con otro distrito; otros objetivos son impulsar el desarrollo económico, mejorar la vida de los habitantes locales y ampliar el comercio. La apertura de una nueva carretera para un futuro corredor autopistal es otro de los principales objetivos de este proyecto. Para llevar a cabo la tarea, es necesario tener en cuenta investigaciones como estudios topográficos, estudios del suelo y estudios de impacto ambiental. La carretera local se diseñó adecuadamente, con pendientes y radios de curvatura apropiados, gracias a una evaluación topográfica precisa. El distrito

de Ayapata obtendría varios beneficios de la carretera local, como se menciona en DG-2018. Es fundamental recibir formación sobre discursos y presentaciones. Las obras de construcción civil son conocidas por los accidentes, y no siempre es culpa de la entidad ejecutora; a veces, la culpa es de nuestra propia falta de familiaridad con las normas de seguridad.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Clasificación de Carreteras por Demanda

El informe de 2018 del Gobierno peruano sobre las carreteras del país las clasifica según la demanda de la siguiente manera:

A. Autopistas de Primera Clase.

Las carreteras que cumplen estos criterios tienen un ADTI superior a 6000 vehículos al día, una anchura mínima de 6,00 m entre sus calzadas, una anchura mínima de 3,60 m entre cada carril, puntos de entrada y salida para garantizar la fluidez del tráfico, sin intersecciones y, en zonas urbanas, también se requieren puentes peatonales.

B. Autopistas de Segunda Clase.

En las autopistas con un IMDA de entre 6000 y 40 001 vehículos al día, deben cumplirse los siguientes criterios: dos o más carriles de al menos 3,60 m de ancho; y, en determinados casos, debe instalarse un sistema de contención de vehículos si la anchura de la mediana está entre 6,00 y 1,00 m. Los puntos de entrada y salida utilizarán medidas de control de acceso parcial para garantizar un flujo continuo del tráfico. En regiones densamente



pobladas, estas carreteras podrían tener puentes peatonales, pasos a nivel o ambos. Debemos pavimentar la superficie de la carretera inmediatamente.

C. Carreteras de Primera Clase

Estas vías tienen una anchura mínima de 3,60 m para dos carriles con un IMDA que oscila entre 4001 y 2001 coches al día. Pueden tener pasos a nivel o cruces, y en regiones densamente pobladas se recomienda encarecidamente la instalación de puentes peatonales o, en su defecto, medidas de seguridad vial para reducir la velocidad. Estas vías deben tener una superficie pavimentada.

D. Carreteras de Segunda Clase

Estas carreteras tienen una anchura mínima de 3,30 m para dos carriles, con un IMDA que oscila entre 2000 y 400 coches al día. Es posible instalar pasos a nivel o pasos para vehículos, y se recomienda encarecidamente instalar puentes peatonales o, en su defecto, sistemas de seguridad vial que proporcionen velocidades de funcionamiento más seguras en entornos metropolitanos. Es absolutamente necesario pavimentar la superficie de la carretera.

E. Carreteras de Tercera Clase

Estas carreteras tienen una anchura mínima de 3,00 m para dos carriles y un IMDA inferior a 400 coches al día. En algunas rutas es posible alcanzar anchuras de carril extraordinarias de hasta 2,50 m con el respaldo tecnológico adecuado. Estas carreteras pueden estar equipadas con grava como superficie, o con las denominadas opciones básicas o asequibles, como estabilizadores de suelo, emulsiones asfálticas y micro pavimentos. Si se van

a pavimentar, deben cumplir los requisitos geométricos de las carreteras de segunda clase.

F. Trochas Carrozables

Aunque las carreteras no cumplen con las especificaciones geométricas, son funcionales. Diariamente, su IMDA suele rondar los 200 automóviles. Con una anchura mínima de 4,00 m, se construirán espacios de adelantamiento cada 500 m a lo largo de las rutas. La superficie de la carretera puede estar cubierta de pavimento o tierra.

G. Sistema Vial del Perú

Cada elemento del sistema vial del Perú se subdivide en un nivel inferior al nacional, regional o rural. El Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) les asigna un código y da un nombre a la ruta correspondiente. La Dirección General de Programas y Proyectos de Transporte (DGPP) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la facultad de revisar el Clasificador de Rutas y aplicar modificaciones tanto permanentes como temporales. Peruvian Times, 2016.

Tabla 2

Sistema vial del peru

Sistema Vial	Características	Competencia
Nacional	Son aquellas vías que conectan las principales capitales del país	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
Departamental	Vías que se conectan y unen capitales departamentales, principalmente en zonas de grandes movimientos económicos	Gobiernos Regionales
Vecinal	Son vías rurales que conectan a distritos, centros poblados y pueblos	Gobiernos Locales

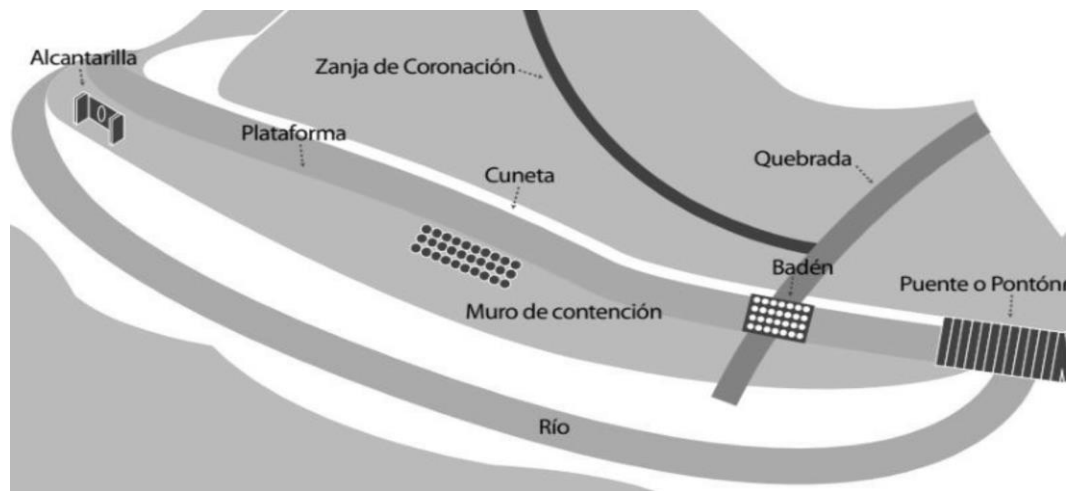
Nota: Ocaña (2011), Pág. 28

H. Camino Vecinal

Como parte de la red de carreteras rurales o locales del Perú, esta ruta es mantenida por el gobierno local del país. Estas importantes y funcionales vías conectan varias comunidades y centros de población; consisten en una carretera, zanja, alcantarilla, badén, zanja de coronación, muro de contención, puente o pontón (Ministerio de Economía y Finanzas, 2011, p. 41). El nivel de la subbase es donde se suele instalar la capa de rodadura, sobre superficies estabilizadas o suelo natural, en lugares donde el tráfico de vehículos es escaso.

Figura 1

Elementos principales del camino vecinal



Nota: Guía para la formulación de proyectos.

I. Conservación Vial

El término mantenimiento de carreteras describe una serie de operaciones destinadas a mejorar de forma sostenible el flujo de tráfico en las carreteras terrestres y a proporcionar a los usuarios una calidad de servicio



adecuada y óptima. El mantenimiento periódico y regular, las mejoras y la rehabilitación forman parte de estas tareas. Según Watson (2009, p. 20), la construcción de nuevas carreteras o tramos de las mismas, así como la reconstrucción o mejora de las carreteras existentes, no constituyen mantenimiento de carreteras.

Mantener las carreteras locales en buen estado es fundamental por muchas razones, entre ellas la reducción de los costes de funcionamiento de los vehículos, el aumento del desarrollo comercial, la disminución de los tiempos de desplazamiento, la preservación de la vida útil del proyecto y la garantía de un acceso adecuado a los servicios básicos.

2.2.2 Deterioro en carreteras no pavimentadas

El desgaste en las carreteras sin asfaltar es mayor y más evidente que en las asfaltadas. De este modo, las partículas más pequeñas se combinan con las más grandes mientras el neumático está mojado; una vez que se seca, el proceso de pulido (el impacto del transporte) las tritura. Pero como estos gránulos microscópicos son sólidos en suspensión (polvo) y se desinflan antes de moverse, la carretera se deteriora gradualmente como resultado de la degradación progresiva de la superficie de la banda de rodadura. En la página 44 de la publicación de Coronado del año 2000. Este tipo de deterioro ocurre constantemente:

- a) **La Sección Transversal impropia.** Es fundamental contar con una pendiente transversal suficiente para drenar rápidamente el agua superficial de la carretera, ya que los problemas de tráfico



y drenaje pueden agravar las condiciones de la carretera (Coronado, 2000).

- b) Drenaje inapropiado.** La acumulación de agua en la superficie es un rasgo característico de esta situación; en ciertos casos, la culpa es del mantenimiento negligente, más que de un sistema de drenaje inadecuado o de la falta de equipos de drenaje profundo (Coronado, 2000, p. 44).
- c) Las Ondulaciones.** Sus diferencias se deben a defectos que aparecen a intervalos regulares en la superficie de rodadura en una dirección perpendicular al movimiento. Esto se debe a una combinación de factores, entre los que se incluyen el tráfico vehicular constante, la pérdida de material granular, un soporte inadecuado, una pendiente incorrecta y capas granulares de baja calidad (Según Coronado, 2000).
- d) Los Baches.** El drenaje inadecuado, la falta de pendiente transversal, una composición defectuosa de la mezcla, la ausencia de partículas aglutinantes en la composición del pavimento y la falta de una capa superficial son los factores que producen estos problemas (Coronado, 2000, p. 47).
- e) Ahuellamiento.** A lo largo del eje de la carretera se forman estos baches. Las causas fundamentales de estos problemas son los defectos permanentes en el pavimento o los cimientos, así como una capacidad de carga insuficiente (Coronado, 2000).
- f) La Pérdida de Agregados.** Esto ocurre cuando los vehículos chocan contra superficies que no contienen plástico fino.



Cuando el agregado se desprende de su superficie original y se afloja, comienzan a aparecer crestas por toda la carretera (Coronado, 2000).

2.2.3 Rugosidad

Según la norma ASTM E867-06 Terminología relacionada con los sistemas de vehículos y pavimentos, la rugosidad se define como la desviación de la superficie del pavimento con respecto a una superficie teóricamente plana, con anchuras típicas, en el contexto de la dinámica de los vehículos, el rendimiento de la conducción, la carga dinámica y el drenaje. La aceleración vertical desagradable durante la conducción es otro efecto desagradable de la deformación de la superficie, conocida como rugosidad. Tal y como afirmaron Kohn y Perera en 2002.

Para medir la suavidad de un pavimento se utiliza el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). De este modo, se pone en peligro la comodidad de los conductores.

2.2.3.1 Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

El IRI es una herramienta utilizada en todo el mundo para medir la rugosidad de la superficie del pavimento y otras propiedades. Imita el comportamiento de un vehículo a una determinada velocidad en una carretera, teniendo en cuenta cualidades importantes para el usuario, como la comodidad y la seguridad. Además de regular la construcción y el mantenimiento de las carreteras, en particular las municipales, sirve como

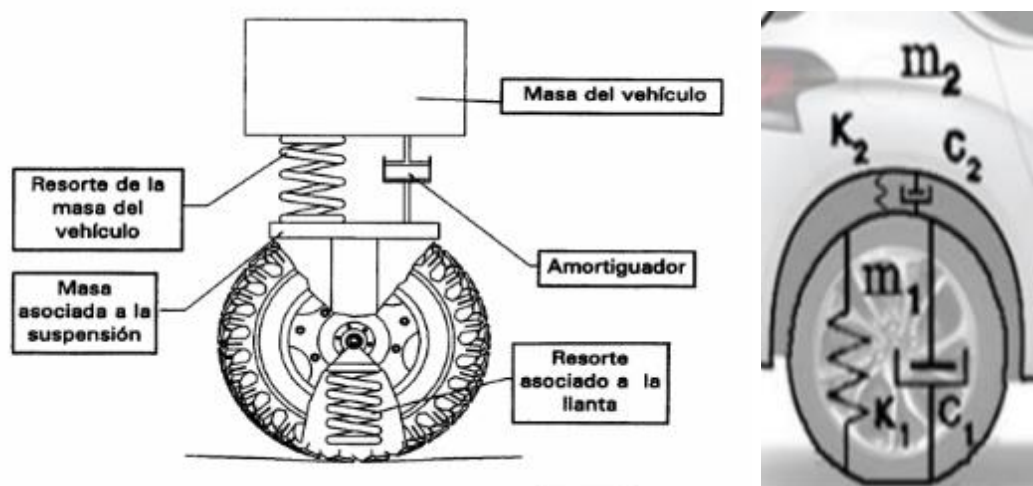
herramienta para calcular los gastos operativos de los vehículos. En 1986, Sayers et al.

2.2.3.2 Modelo de Cuarto de Carro.

Este modelo, conocido como Quarter Car (QC), simula el movimiento de la suspensión de un coche sobre una carretera determinada a una velocidad de 80 km/h. El nombre proviene de la cuarta parte del vehículo. La masa del automóvil se apoya en los neumáticos y la suspensión trasera, y esta sección del vehículo está compuesta por la rueda, representada por un resorte vertical, el eje, apoyado en los neumáticos, y la suspensión, compuesta por resortes y amortiguadores, como se muestra en la figura 2. (Según lo afirmado por Sayers y Karamihas en 1998, 1998).

Figura 2

Modelo de cuarto de coche



Nota: Sayers & Karamihas (1998)

Donde:



- ✓ **L**= Longitud de cálculo del IRI
- ✓ **v**= Velocidad de circulación del vehículo
- ✓ **m1**= Masa inferior
- ✓ **m2**= Masa superior o suspendida
- ✓ **K1**= constante de rigidez de la suspensión primaria (entre el pavimento y la masa inferior), es decir del neumático
- ✓ **K2**= constante de rigidez de la suspensión secundaria (entre la masa inferior y la masa superior) es decir la suspensión del vehículo
- ✓ **C1**= constante de amortiguación de la suspensión primaria
- ✓ **C2**= constante de amortiguación de la suspensión secundaria

Para obtener el IRI, sumamos los desplazamientos verticales absolutos de la masa superior (el cuerpo) y la masa inferior (el eje) del modelo de góndola. Para obtener la distancia en millas, kilómetros o metros, dividimos el número por la distancia recorrida (Sayers y Karamihas, 1998).

2.2.4 Valores del IRI

A continuación, se presenta un inventario de lo que está disponible de acuerdo con las normas establecidas por ASTM E 1926-98 y el Banco Mundial:

El Banco Mundial ha propuesto un nuevo sistema de medición de la rugosidad de la superficie que tiene en cuenta los distintos tipos de carreteras y los rangos de valores IRI. Estos son los elementos que componen esta escala:

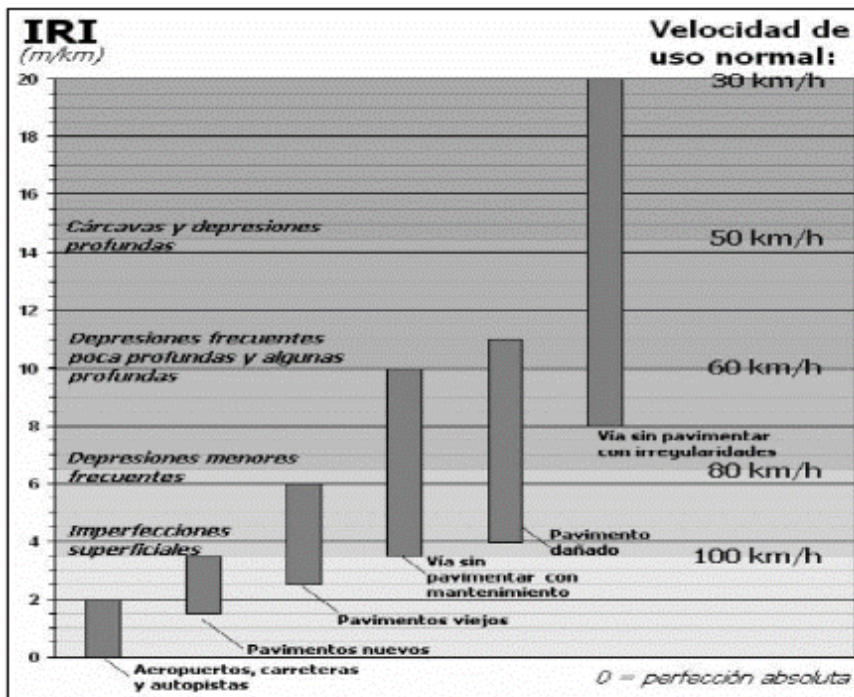
- ✓ IRI de 0 a 12 m/km: camino pavimentado
- ✓ IRI de 0 a 20 m/km: camino no pavimentado

Aquí, 0 denota una superficie suficientemente regular, 12 una carretera intransitable y 20 una carretera sin pavimentar; esta escala se amplía para tales casos.

La figura 3 muestra la escala del Banco Mundial para determinar los valores del IRI.

Figura 3

Escala estándar Banco Mundial para clasificar los caminos

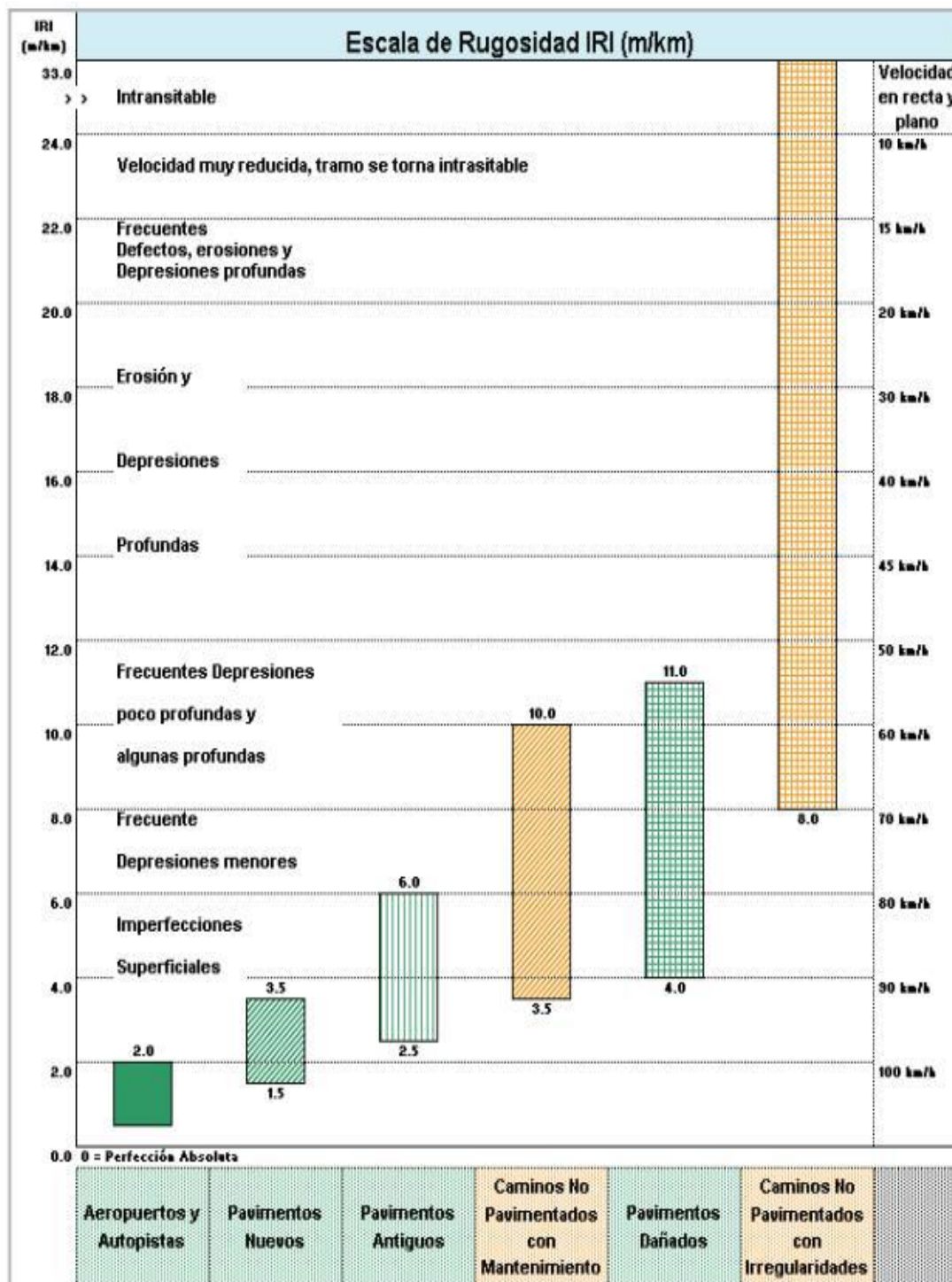


Nota: (Badilla Vargas, 2009) Adaptado de UMTRI Research Review.

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se utilizará la escala de rugosidad del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para determinar el IRI del pavimento.

Figura 4

Escala de rugosidad de acuerdo a uso y estado de pavimento



Nota: Manual de MTC (2014).

2.2.4.1 Escala de valores del IRI en el Perú

Las Especificaciones Técnicas Generales para el Mantenimiento de Carreteras de 2007 del MTC sirvieron de base para nuestra investigación. La tabla 3 muestra los valores del IRI peruano.

Tabla 3

La rugosidad en carreteras no pavimentadas

Estado	Rugosidad
Bueno	$IRI \leq 6$
Regular	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$10 \leq IR$

Nota: Especificaciones para la conservación de carreteras MTC, 2007.

2.2.4.2 Clasificación de equipos para la medición del IRI

Para clasificar las herramientas y los instrumentos utilizados para evaluar la rugosidad de la superficie de las carreteras, nos remitimos al Documento Técnico n.º 46 del Banco Mundial, Directrices para la implementación y calibración de mediciones de rugosidad de carreteras, y a la norma ASTM E-95098. El primero describe la resolución de medición y los intervalos de almacenamiento de datos que pueden proporcionar los diferentes dispositivos. Estos datos se muestran en la Tabla 4.

Aquí podemos ver cómo se compara la clasificación del Banco Mundial con la norma ASTM:

Tabla 4

Clasificación de equipos de medición del IRI

CLASIFICACIÓN DE EQUIPO	CLASIFICACIÓN SEGÚN BANCO MUNDIAL, BOLETÍN TÉCNICO N° 46	CLASIFICACIÓN SEGÚN ASTM E-950-98	E-
	REQUERIMIENTOS	INTERVALOS LONGITUDINALES DE ALMACENAMIENTO DE DATOS	RESOLUCIÓN DE MEDICIONES VERTICALES
Clase 1	Perfilómetros de precisión. Requiere que el perfil longitudinal de un camino sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella o rodera de la vía para calcular el IRI. Esta distancia no debería superar los 0.25 mm y la precisión en la medición de la elevación debería de ser 0.5 mm para pavimentos que posean valores de IRI valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Menor o igual a 25 mm.	Menor o igual a 0.1 mm.
Clase 2	Otros métodos perfilométricos. Requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5 m y una precisión en la medición de la elevación comprendida entre 1.0 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y 6.0 mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Mayor que 25 mm. hasta 150 mm.	Mayor que 0.1 mm. hasta 0.2 mm.
Clase 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipos tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido calibrados previamente con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación.	Mayor que 150 mm. hasta 300 mm.	Mayor que 0.2 mm. hasta 0.5 mm.
Clase 4	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad de viaje o inspecciones visuales de las carreteras.	Mayor que 300 mm	Mayor que 0.5 mm

Nata: ICC Laser y KJ Law, 1988, The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles.

2.2.4.3 Normativas internacionales para la medición del IRI

Según Montoya (2013), el Banco Mundial es el principal interesado en la aplicación de medidas estandarizadas de rugosidad (IRI) en la administración de carreteras, pero ya hay varias organizaciones que utilizan el IRI, como AASHTO, ASTM, FWHA y otras. Los procesos de medición o las escalas de valores deben compararse según la clasificación de la carretera o el tipo de superficie; sin embargo, estas agencias solo los especificaron. Tanto el Banco Mundial como la FWHA utilizan el IRI medio como medida típica de la técnica de medición de una carretera.

Tabla 5

Normativas internacionales para el control de IRI

NORMATIVA U ORGANIZACIÓN	Requerimientos de IRI según tipo de superficie		
	Descripción	Carpeta asfáltica	Concreto hidráulico Tratamiento superficial
ASTM E 1926-98	IRI obtenido en sub-lotes de 0.1 km	Presenta dos escalas de valores de IRI con descripción verbal, una para vías pavimentadas y otra para no pavimentadas.	
AASHTO PP-37-02	No especifica	No especifica.	
FWHA	Promedio de los valores de IRI determinado en cada huella cada 100 metros	No especifica.	
BANCO MUNDIAL	Promedio global de toda la medición	Presenta una escala de rugosidad para diferentes tipos de vial.	

Nota: Montoya, 2013.

2.2.5 Instrumento para la investigación

A la hora de evaluar tramos cortos de carretera, el Merlin también conocido como bicicleta Merlin— es una herramienta económica, adaptable, sencilla y fácil de usar que se creó pensando en los países en desarrollo.

2.2.5.1 El rugosímetro de MERLIN

Basándose en el perfilómetro estático, el Laboratorio Británico de Investigación sobre Transporte y Carreteras (TRRL) desarrolló el medidor de rugosidad MERLIN. El acrónimo significa «Máquina para evaluar la rugosidad utilizando instrumentación de bajo coste». Nuestro objetivo era encontrar un enfoque analítico sencillo y un equipo asequible y fácil de usar que pudiera proporcionar resultados precisos. Hirpahuanca, Laura B. (2016).

Figura 5

Instrumento de merlín



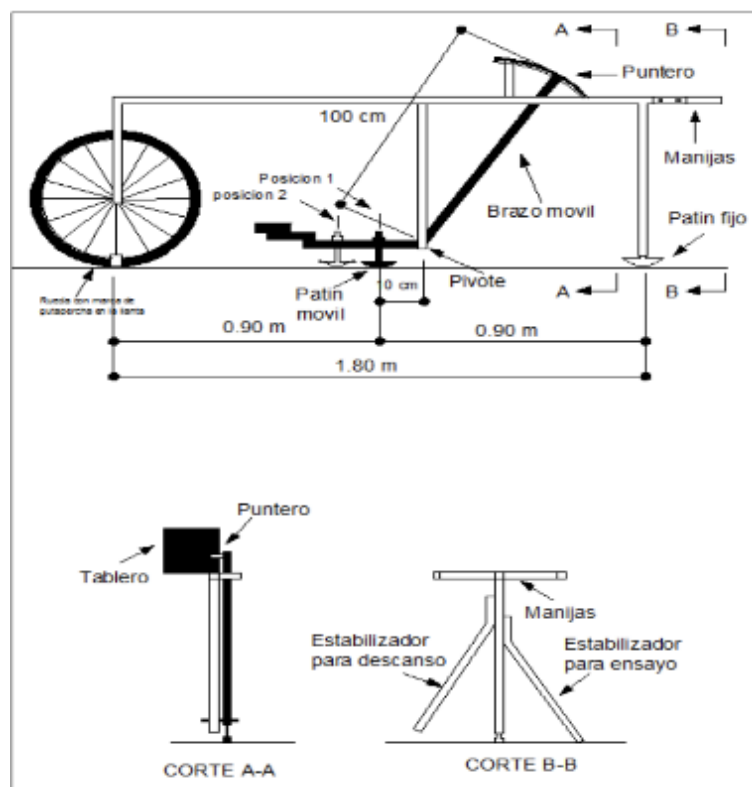
Nota: <https://producto/asfaltos-rugosimetro-merlin>

2.2.5.2 Partes del rugosímetro de MERLIN

El aparato MERLIN está compuesto por los siguientes componentes, que tienen un diseño sencillo: La estructura del aparato se compone de dos partes: la vertical y la horizontal. El elemento vertical delantero está equipado con dos ruedas, mientras que la parte trasera cuenta con dos soportes basculantes fijados a los laterales. El del lado derecho mantiene el dispositivo firmemente sujeto al suelo mientras se utiliza, y el del lado izquierdo hace lo mismo en sentido inverso. Del Águila (1999) describió el aparato como un dispositivo con dos asas en la parte horizontal, que permiten levantarlo y transportarlo sobre ruedas, de forma similar a una carretilla.

Figura 6

Partes del rugosímetro de merlín



Nota: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999

Sin llegar a tocar el suelo, el brazo móvil gira alrededor de la base de una barra vertical que sobresale de la parte horizontal cerca de su centro. La parte inferior del brazo móvil entra en contacto directo con el suelo a través de una almohadilla roscada que se puede ajustar para adaptarse a diversos tipos de terreno, según Del Águila (1999), mientras que la parte superior termina en una aguja o indicador que se mueve a lo largo de todo el borde del patín.

Los movimientos del puntero se registran mediante una escala gráfica que se monta en el borde de la tabla (véase la figura 7) y tiene 50 divisiones, cada una de 5 mm de grosor.

Figura 7

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones



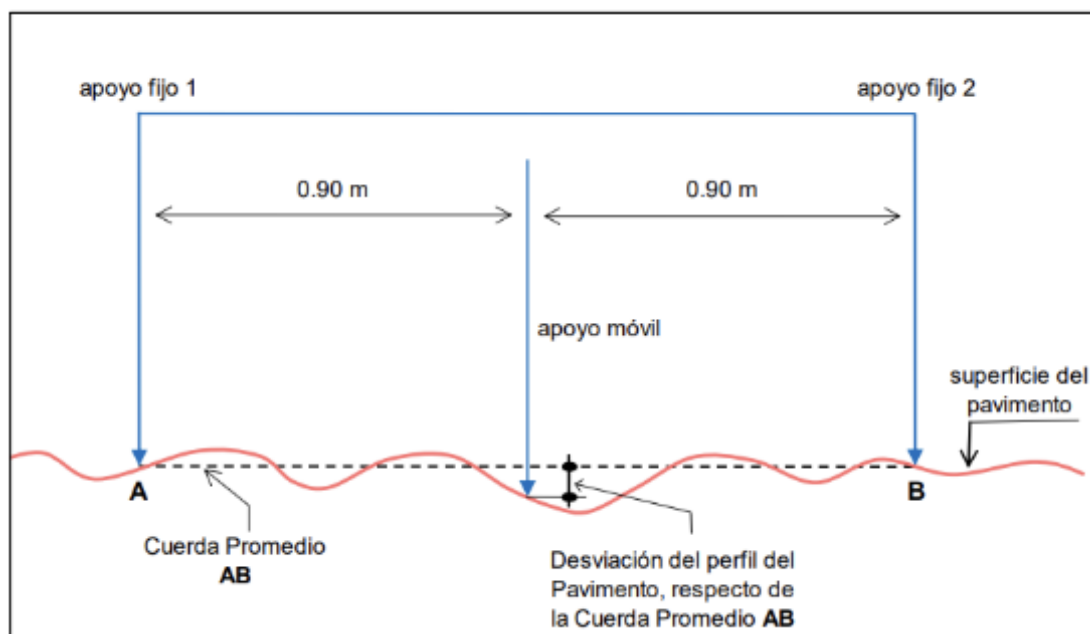
Nota: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999

2.2.5.3 Metodología utilizada para determinar la Rugosidad

El cálculo de la rugosidad del pavimento se basa en la distribución de las desviaciones de la superficie con respecto a una línea central. Según Del Águila (1999), la figura 8 ilustra el proceso mediante el cual MERLIN calcula el desplazamiento vertical entre la superficie de la carretera y el centro de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento se describe por la desviación con respecto a la línea central.

Figura 8

La alteración de la superficie del pavimento con relación con la línea base



Nota. (Merliner, 1999)

Dado que esta distancia ofrece los mejores resultados en las correlaciones, la longitud típica de la cuerda es de 1,80 m. Del mismo modo, se ha establecido que deben medirse 200 variaciones diferentes de la longitud de la cuerda de forma secuencial a lo largo de la pista, con un intervalo

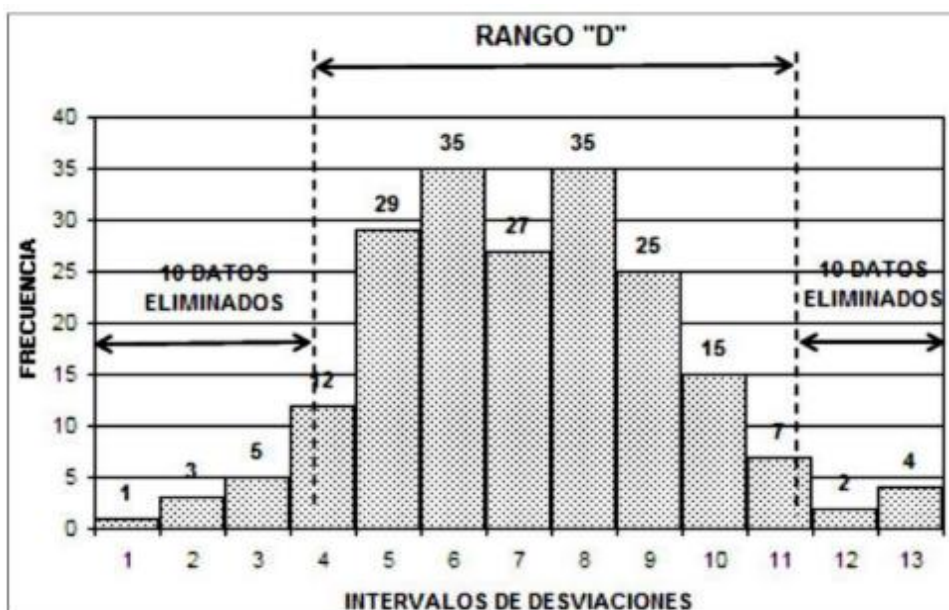
constante entre cada medición (Hirpahuanca Laura, D. 2016). En estas condiciones, la rugosidad de la superficie se correlaciona directamente con la variabilidad del desplazamiento.

a) Histograma de la distribución de frecuencias

Después de crear el histograma de la distribución de frecuencias de los 200 puntos de datos, como se muestra en la Figura 9, se puede evaluar la dispersión de las desviaciones y relacionarlas con la escala de rugosidad estándar. Se calcula una métrica estadística conocida como rango de la muestra (D) para evaluar el grado de dispersión después de eliminar 10 puntos de datos de cada extremo del histograma. La clasificación unidades MERLIN de la rugosidad del pavimento se representa mediante el valor D.

Figura 9

Representación de la frecuencia por intervalos de desviaciones



Nota: Adaptada del manual (Merliner, 1999)



No es una idea novedosa ni única que TRRL utilice la dispersión de las desviaciones superficiales con respecto a una cadena media para evaluar la rugosidad del pavimento. Esta noción ha sido utilizada por otros académicos para sugerir varias medidas de rugosidad, incluido el famoso índice Quarter-car (QI), que se examina en la obra citada (Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999).

2.2.5.4 Método de Medición

En cuanto a la técnica, el Banco Mundial ofrece un sistema de cuatro partes para cuantificar la rugosidad (véase la tabla 4).

Además, la técnica de Clase 1 se diseñó como un perfilómetro estático para realizar mediciones con el medidor de rugosidad MERLIN, y proporciona resultados muy precisos (0,98). Según Del Águila (1999), varios fabricantes sugieren utilizar este enfoque para calibrar los medidores de rugosidad debido a su excelente precisión cuando se combina con el método de terreno (carril y nivel).

a) Procedimiento de ensayo

Para realizar el examen deben estar presentes dos personas. Un operador toma lecturas entre 1 y 50 utilizando el dispositivo, mientras que un asistente las registra en una cuadrícula de 20 por 10 en el campo (véase la figura 10).

El trabajo de campo se basa en un tramo de 400 metros de un carril de carretera designado. Contar las «irregularidades de la carretera» 200 veces le dará el valor de rugosidad. El indicador de calibración muestra la ubicación

de cada observación que MERLÍN detecta en la placa móvil. Se creará una pestaña, lo que permitirá la posibilidad de una lectura. Las mediciones deben realizarse a intervalos regulares, a menudo cada 2 metros.

Figura 10

Instrumento empleado para recopilar información

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN												
Carretera:					Ensayo N°:							
Sector:					Progresiva:							
Huella:					Fecha:							
Inspector:												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo de Pavimento	
1											Afirmado	<input checked="" type="checkbox"/>
2											Base granular	<input type="checkbox"/>
3											Base imprimada	<input type="checkbox"/>
4											Tratamiento bicapa	<input type="checkbox"/>
5											Carpeta en frío	<input type="checkbox"/>
6											Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
7											Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>
8											Sello	<input type="checkbox"/>
9											Otros	<input type="checkbox"/>
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
Observaciones:												

Nota. Adaptada del manual (Merliner, 1999)

En la práctica, esto deja de ser un problema en lo que respecta a la circunferencia de la rueda MERLIN. Dado que cada prueba se realiza tras una sola rotación de la rueda, es aconsejable hacer una marca clara y fácilmente visible en la llanta. Del mismo modo, el estabilizador de prueba, las ruedas y el soporte trasero fijo deben permanecer en la misma posición cuando se

coloca el instrumento en la carretera para cada observación. A una velocidad constante de 2 km/h, la medición se realiza de forma continua Aguila (1999).

2.2.5.5 Correlación D vs IR

Este es el proceso que se debe seguir para vincular las lecturas del medidor de rugosidad con el IRI:

- Si el valor del IRI se encuentra entre $2.4 < IRI < 15.9$

$$IRI = 0.593 + 0.0471 * Dc \dots \dots (1)$$

- Si el valor del IRI < 2.4

$$IRI = 0.0485 * Dc \dots \dots (2)$$

Las superficies de carretera hechas de asfalto, material granular o tierra se evalúan usando la expresión 1, mientras que los pavimentos recién construidos se someten a un control de calidad usando la expresión 2.

2.2.5.6 Cálculo de la Rugosidad

a. Cálculo del rango D.

El análisis de la distribución de frecuencias de las mediciones o ubicaciones de la aguja permite examinar la varianza de los datos MERLIN. Por motivos didácticos, esto se puede mostrar en forma de histograma (véase la figura 9). A continuación, se establece la escala de valores vinculada al intervalo de frecuencia (D) eliminando el 10 % de los datos que corresponden a puntos de datos inexactos o no representativos. Si se observa el histograma detenidamente, se verá que se han eliminado tanto el 5 % inferior como el 5 % superior. Para tener en cuenta las proporciones que pueden surgir de la

eliminación de datos, la (anchura del histograma) se calcula en una escala después de la eliminación de datos Del Águila (1999, p. 8) afirma.

La flecha del tablero indicará una cifra cercana a 25 para un recubrimiento fino y cercana a 1 o 50 para un recubrimiento rugoso, así que tenlo en cuenta. Como resultado, debes multiplicar el valor de la tabla de frecuencias por el valor unitario (5 mm) para obtener los milímetros (mm) y, por último, debes calcular la rugosidad MERLIN y convertirla a la escala IRI.

b. Factor de corrección para el ajuste D.

La relación entre el brazo y la rugosidad puede ser cualquier valor entre 1 y 10. El desgaste del brazo deslizante del equipo provocará que esta relación cambie en la práctica; por lo tanto, se necesitará el factor de corrección (CF) para realizar las modificaciones adecuadas. Utilizando la plataforma móvil en el suelo, obtenga la lectura inicial (por ejemplo, lectura = 25) y, a continuación, transfírala al bastidor; esto le dará el factor de corrección. Asegúrese de que la superficie sea plana antes de utilizar el medidor de rugosidad. En esta configuración, la aguja del medidor, cuando se coloca en el suelo, se desplaza con una relación de brazo estándar de 1:10. Con una relación de brazo prevista de uno y una relación de brazo real de cero, la aguja debería estar cerca del campo 12 (el valor final). En tal situación, debe utilizar la siguiente fórmula para ajustar (D):

$$F. C. = \frac{EP * 10}{(LI - LF) * 5} \dots \dots (3)$$

Donde:



- ✓ **EP:** E. de la pastilla
- ✓ **LI:** P. inicial del puntero
- ✓ **LF:** P. final del puntero
- ✓ **F.C.:** F. de corrección para el ajuste D

El valor de rugosidad en (unidades MERLIN) se obtiene multiplicando el rango (D) por el F.C.

c. Cálculo del rango D

corregido. El valor se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$D_c = D * F.C.* RB \dots \dots (4)$$

Donde:

- ✓ D: rango D calculado
- ✓ F.C.: Factor de corrección
- ✓ RB: Relación de brazos
- ✓ Dc: Rango D corregido

Cabe mencionar que el rugosímetro puede configurarse de dos maneras, una para cada posible colocación del patín del brazo pivotante.

Caso 1: Como es habitual en los pavimentos nuevos, hay un espacio de 10 centímetros entre los ejes. La proporción de brazos utilizados es de uno a diez.

Caso 2: Un lugar alternativo para las superficies de carretera desgastadas es el eje, a una distancia de 20 cm. Se debe aplicar un factor de



2 al valor D especificado, y la relación de palanca empleada oscila entre 1 y 5.

d. Determinación de la rugosidad en la escala IRI

Dependiendo del estado del pavimento, se emplean las expresiones (1) o (2) para convertir la rugosidad de las unidades MERLIN a la escala IRI.

2.2.6 La serviciabilidad

El rendimiento de la superficie de la carretera se mide por su capacidad de servicio. Esto tiene que ver con el grado en que los usuarios de la carretera están protegidos y pueden relajarse (rendimiento funcional). Las características físicas del pavimento, incluidos los defectos y las fisuras, son relevantes para ello. La capacidad del edificio para soportar peso (rendimiento estructural) puede verse afectada. (Arroyo y Dujisin, 1995). A continuación, se presenta un resumen de los cinco puntos principales señalados por los autores mencionados en relación con la idea de la capacidad de servicio:

1. Las personas construyen carreteras para poder viajar cómoda y fácilmente.
2. La impresión y la opinión subjetivas del usuario están relacionadas con la comodidad o la calidad de la transitabilidad.
3. En tercer lugar, la calificación de la capacidad de servicio (PSI) es una forma de que los usuarios de las carreteras comuniquen la capacidad de servicio.

4. El pavimento tiene características físicas que pueden medirse objetivamente y evaluarse subjetivamente. Este proceso da como resultado un grado de servicio medible.
5. El rendimiento del pavimento puede estimarse observando su historial de uso. El estado de la superficie de la carretera determina la calidad de la conducción, lo que a su vez afecta a la seguridad y la comodidad de los usuarios. Este parámetro define la expresión (clasificación de servicio) (PSI).

2.2.6.1 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

En lo que respecta a la estandarización de técnicas objetivas para supervisar los niveles de tráfico en el pavimento, la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) fue pionera en el intento de vincular los aspectos funcionales y estructurales.

Lo que denominamos (condición de servicio) o (nivel de servicio) se refiere a la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tráfico vehicular previstas en el diseño original. La tabla 6 muestra la escala del índice de servicio, donde 0 denota carreteras totalmente inaccesibles y 5 superficies en perfectas condiciones.

Tabla 6

Escala de Índice de serviciabilidad

PSI	Transitabilidad
0 - 1	Pésima
1 - 2	Malo
2 - 3	Regular

3 – 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Nota: Guía AASHTO

El Índice de Servicio del Pavimento (PSI) verifica el estado del pavimento tras un examen visual de la superficie. Si se cree el informe de 2014 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), página 157.

El índice de servicio actual (PSI) de un pavimento se utiliza para determinar su estado de servicio. Esto determina la capacidad de servicio actual del pavimento. Si cree en el informe de 2014 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), página 157.

2.2.6.2 Correlación PSI - IRI

Después de obtener el índice internacional de rugosidad (IRI), los investigadores deciden calcular el valor de servicio actual (PSI) y compararlo con el IRI. En 1987, Patterson creó el modelo que se utilizó en HDMI II. Se originó en varios lugares, entre ellos Sudáfrica, Brasil, Texas y Pensilvania. Se desarrolló la siguiente ecuación para establecer una relación entre los valores IRI y PSI:

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{IRI}{5.5}\right)} \dots \dots (5)$$

Donde:

- ✓ IRI: Índice Internacional de Rugosidad
- ✓ PSI: Índice de Serviciabilidad

En este momento, con el fin de tener en cuenta el hecho de que la rugosidad tiene el mayor impacto en la facilidad de mantenimiento según las fórmulas originales de la prueba de carretera AASHO, Dujisin y Arroyo propusieron la siguiente ecuación:

$$PSI = 5.85 - 1.68 * IRI^{0.5} \dots \dots (6)$$

2.3 Marco conceptual

1. **Transitabilidad.** Esto significa que una superficie, como una carretera o un camino, puede ser fácilmente transitable. Se tienen en cuenta aspectos como la accesibilidad, la comodidad del usuario y la seguridad de los peatones y los vehículos (Gonzales y Sánchez, 2021).
2. **Rugosímetro de Merlín.** La rugosidad de la superficie del pavimento se puede medir con este instrumento. Para evaluar el estado y la seguridad de las carreteras, proporciona mediciones precisas de la textura del pavimento (Huanca, 2023).
3. **Índice de serviciabilidad.** Esta métrica evalúa la funcionalidad del pavimento teniendo en cuenta aspectos como la comodidad del conductor, la seguridad vial y la longevidad del pavimento (Llerena y Torres, 2016).
4. **PSI.** Las libras por pulgada cuadrada son una unidad de medida de la resistencia del suelo o la subbase. Esta métrica es fundamental para evaluar la capacidad de carga del pavimento y su resistencia a la deformación excesiva causada por el tráfico de vehículos (Cárdenas, 2018).



5. **Afirmado.** Capa de material granular, natural o producido, con una gradación específica que soporta directamente las cargas y tensiones del tráfico. Se compacta para formar esta capa. Para que las partículas permanezcan unidas, debe contener la cantidad adecuada de sustancia cohesiva fina. Las carreteras y calzadas dependen de ella como superficie de desgaste.
6. **Carretera.** Las autopistas estatales son carreteras de dos carriles diseñadas para el tráfico de vehículos motorizados y definidas geométricamente de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes establecidos por el Departamento de Transporte y Comunicaciones.
7. **Carretera no pavimentada.** La superficie de una carretera puede estar compuesta por grava, piedra triturada, tierra estabilizada o incluso terreno sin urbanizar.
8. **Camino Vecinal.** Ruta cercana al hogar. García (2022) explica que, con el fin de mejorar los servicios de transporte, se define como vía local aquella que conecta diversas fincas privadas con las vías públicas.
9. **Mejoramiento de suelos.** Mejora de la calidad del suelo. Doroteo (2014) afirma que, para mejorar las cualidades físicas y mecánicas del suelo, se administra una secuencia de tratamientos. Este proceso se conoce como mejora del suelo.
10. **Trochas.** Desviaciones de los estándares geométricos de una carretera que, sin embargo, son adecuadas para circular.



CAPÍTULO III

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Aspectos metodológicos de la investigación

El estudio fue clasificado como investigación cuantitativa aplicada en el artículo Metodología de la investigación de Hernández, Baptista y Fernández, publicado en 2015. La falta de modificación de las variables justificó esta clasificación. Mediante la medición del IRI y el PSI, podemos evaluar el estado actual de la transitabilidad vehicular de una carretera local pavimentada y, utilizando esa información, sugerir una serie de medidas para mejorarla. A continuación, repasaremos los factores metodológicos que se utilizarán para elaborar el estudio.

3.1.1 *Diseño de la investigación*

Investigar observando las cosas de primera mano. El estudio fue transversal y se basó en observaciones. Esto fue así porque todas las mediciones se recopilaban al mismo tiempo y no se modificó ninguna variable. A lo largo del proceso de diseño, observamos y analizamos los



acontecimientos en su entorno natural, basándonos en los hallazgos de Hernández y Sampieri.

- ✓ Las irregularidades de la vía se someterán a un examen exhaustivo.
- ✓ Los cálculos utilizan los datos adquiridos.
- ✓ El estado de la superficie de la vía se evaluará utilizando los datos.
- ✓ Las conclusiones se basarán en los hallazgos de la investigación.
- ✓ Se emitirán recomendaciones sobre las superficies de las carreteras.

3.1.2 Tipo de investigación

Aplicada: Para el desarrollo del trabajo de investigación se ha definido sobre un tipo de investigación aplicada, que utiliza conocimientos ya existentes provenientes de teorías, principios o descubrimientos para resolver un problema real y específico. Donde su utilidad puede ser una propuesta técnica, normativa, administrativa o tecnológica que permita la mejora de una situación determinada.

3.1.3 Nivel de investigación

Descriptivo: El nivel descriptivo permite identificar y detallar las condiciones físicas y funcionales de la vía afirmada, mediante la medición de variables técnicas como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI). Estas mediciones permitirán determinar el



nivel de deterioro de la vía, su impacto en la transitabilidad vehicular y establecer criterios para su mejoramiento

3.1.4 Enfoque de la investigación

Cuantitativo: Este enfoque recopila y examina datos para abordar problemas de investigación y fundamentar conceptos. Los patrones de comportamiento de la población pueden analizarse mediante metodologías estadísticas, cuantitativas y de enumeración.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Toda la carretera local pavimentada que atraviesa la provincia de San Antonio de Putina, en la región de Puno, desde la localidad de Ajjatira hasta el distrito de Pedro Vilca Apaza, constituye la población objeto de esta investigación.

Este camino vecinal constituye un eje de comunicación vial esencial para el transporte de personas, bienes y servicios entre los sectores rurales del centro poblado y el distrito capital. La vía cumple una función económica, social y productiva para los habitantes de la zona.

3.2.2 Muestra

La muestra de la presente investigación está constituida por tramos representativos del camino vecinal afirmado que une el centro poblado de Ajjatira con el distrito de Pedro Vilca Apaza, en la provincia de San Antonio de Putina, región Puno. Esta investigación examina la carretera afirmada del

centro poblado de Ajjatira al distrito de Pedro Vilca Apaza, desde el kilómetro 00+000 hasta el kilómetro 05+000.

3.3 Técnicas e instrumentos

Esta investigación, destinada a mejorar la transitabilidad vehicular del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza, donde se está determinando el nivel de servicio que brinda la vía, esto con el propósito de plantear la alternativa más adecuada para su mejoramiento en todo el estado general de la vía. La recopilación y el análisis de datos in situ permitirán este propósito. Todas las acciones deben cumplir con los criterios especificados en los términos de referencia (TDR). Nuestro objetivo es utilizar hojas de cálculo con datos completos sobre las ventajas y desventajas de la carretera para identificar las áreas de alto rendimiento y aquellas con deficiencias que afectan la calidad de la misma. Esto se logrará mediante la delimitación de cada una de estas zonas. Este método facilitará la evaluación del estado de la carretera y mejorará la seguridad y la eficiencia.

Incluirá instrumentos como el Formulario MTC, un medidor de rugosidad y hojas de cálculo de Excel para evaluar la clasificación de los autos y el estado de la parte superficial de la vía. Estos sensores obtienen datos precisos y valiosos para evaluar el estado de la carretera. Esta eficiencia facilitará el desarrollo de soluciones adecuadas para la calidad y seguridad vial, garantizando una evaluación integral del estado de las carreteras. La Tabla 7 describe las metodologías e instrumentos utilizados en este caso.

Tabla 7*Instrumentos para la recopilación de datos*

Método	Técnica	Instrumentos
Deductivo	Observación de campo	Rugosímetro de Merlín Formato MTC

3.3.1 Credibilidad y consistencia del instrumento de medición

Equipo mecánico, incluyendo formularios MTC y la rueda Merlín, ejemplifican las herramientas utilizadas en esta investigación. Su uso está avalado por la normativa oficial vigente, lo que elimina la necesidad de verificar su fiabilidad y validez. Este equipo ha sido formalmente estandarizado y autorizado para mediciones de IRI, lo que elimina la necesidad de verificar su fiabilidad y validez.

3.3.2 Desarrollo de recopilación y procesamiento de datos

Preparación y planificación: Se realizaron numerosos preparativos antes de comenzar la recopilación de datos. Esta fase incluye la selección de la ruta, la instalación de equipos y la capacitación de los recolectores de datos.

Figura 11*Selección de la ruta del camino vecinal*

Figura 12

Progresivo km 0+000 de la ruta seleccionada



Equipamiento y calibración: Para garantizar la fiabilidad de los resultados, comprobamos el funcionamiento y la calibración de todos los dispositivos de medición.

Recopilación de datos en campo: El grado de irregularidad de la carretera a lo largo de las rutas seleccionadas se evaluó mediante una técnica que detectó anomalías en varios puntos designados, de los tramos establecidos de la vía vecinal.

Este es el siguiente paso, se dejó pasar un tiempo hasta que la aguja se estabilizara. Esto facilitó la detección de su posición en relación con la escala del tablero y la obtención de la lectura. El segundo estudiante que realizó la asistencia de los trabajos realizados para la tesis registro los valores observados, según se presenta enseguida.

Figura 13

Recopilación de la información con el equipo de Merlín



3.3.2.1 Procedimiento del ensayo del rugosímetro de merlín

El proceso seguido para obtener los valores IRI y PSI deseados constaba de dos pasos. El primer paso consistía en obtener los valores IRI, que se obtuvieron recopilando datos sobre el terreno y procesándolos posteriormente. El segundo paso consistía en obtener los valores PSI, que se obtuvieron a partir de los valores sobre el terreno obtenidos para el IRI. A continuación se explica cada una de las dos etapas, junto con los pasos que conllevan:

Etapas 1: Levantamiento de datos

Procedimiento 1:

El equipo utilizado en esta investigación, que es seminuevo y solo se ha utilizado anteriormente en un estudio similar, funciona perfectamente, y la rueda MERLÍN se calibró con la precisión necesaria, tal y como se establece



en las normas. Tras realizar la primera medición con el patín aún sobre una superficie nivelada, se obtuvo la lectura final tras colocar la almohadilla de calibración sobre él. Se obtuvo la siguiente información: EP, LI y LF.

Se utilizó la siguiente fórmula para sustituir los puntos de datos obtenidos:

$$F.C. = \frac{EP * 10}{(LI - LF) * 5}$$

Procedimiento 2:

El trabajo de campo comenzó tras la calibración. Para ello, el primer estudiante de tesis sujetó la rueda MERLÍN por sus asas y la maniobró dos metros, lo que equivale aproximadamente a una vuelta completa de la rueda. Una vez que el puntero se ha estabilizado, se puede ver su ubicación relativa a la escala del tablero para su lectura, aunque este proceso lleva algún tiempo. Siguiendo el formato que se indica a continuación, el segundo estudiante de tesis registró estos valores:



Figura 14

Formato de recolección de datos para el IRI



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO									
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE									
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA		23 - 12 - 2024		
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>										
MERLIN										
SECCION :										
HUELLA :										
CALCULOS										
F =										
D										
RUGOSIDAD =										
=										
PSI =										
=										
HOJA CAMPO										
NORMAL										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12
										13
										14
										15
										16
										17
										18
										19
										20



Procedimiento 3:

Él fue seguido por la toma de lecturas en diferentes puntos a lo largo de la carretera, a intervalos de 400 metros, con el objetivo de recopilar 200 lecturas a cada lado.

Procedimiento 4:

A partir de una muestra de cincuenta mediciones de campo de desviaciones, se elaboró un histograma de frecuencias y se construyó una tabla utilizando los datos recopilados en el paso 3.

Procedimiento 5:

Se eliminó el cinco por ciento, o diez puntos de datos, de cada extremo del histograma después de ordenar el rango de valores calculado en intervalos de frecuencia (D).

Procedimiento 6:

La fórmula utilizada para calcular el rango corregido (D_c) es la siguiente:

$$D_c = D * 5 * F.C.* RB$$

Procedimiento 6:

Una vez obtenida la clasificación corregida (D_c), se utilizó la siguiente ecuación para determinar el IRI:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

Etapa 2: Cálculo de valores del PSI

La siguiente fórmula expresa los valores PSI en función del IRI según la aproximación sugerida por Sayers, Gillespie y Queiroz:

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}$$

Procedimiento 1:

Para obtener un IRI promedio, calculamos el promedio de los valores IRI que se obtuvieron para las pistas derecha e izquierda.

Procedimiento 2:

Después de introducir los valores medios del IRI para cada tramo de 400 metros en la fórmula de Sayers, Gillsepe y Queiroz, pudimos obtener los valores PSI para cada sección. A continuación, calculamos la media de estos valores PSI.

3.3.3 *Análisis de documentos*

La evaluación y el cumplimiento de leyes específicas requieren documentación para alcanzar los objetivos de este estudio.

3.3.4 *Instrumentos de recolección de datos*

Las herramientas de recopilación de datos utilizaban aplicaciones de software tales como:

- ✓ Microsoft Office Word
- ✓ Microsoft Office Excel



3.4 Consideraciones Éticas

Dada la naturaleza del proyecto, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones éticas.

- ✓ Esta investigación reconoce el mérito de quienes lo merecen citando correctamente a los autores de todas y cada una de las fuentes utilizadas.
- ✓ La inclusión del trabajo propio del autor en la investigación ayuda a disipar cualquier sospecha de plagio.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 Resultados

El grado actual de transitabilidad de la carretera, evaluado mediante los valores del Índice Internacional de Rugosidad, se presenta al inicio del capítulo y se ajusta al objetivo del estudio. Las tablas que siguen muestran estas cifras.

4.2 Determinación del índice rugosímetro internacional

Tabla 8

Resumen de resultados del Índice Internacional de Rugosidad (IRI)

Tramo: AJJATIRA - PEDRO VILCA APAZA				
Progresiva	IRI(m/km)			Transitabilidad
	Huella Izquierda	Huella Derecha	Promedio	
0+000.0 KM - 0+400.0 KM	5.57	7.69	6.63	Regular
0+400.0 KM - 0+800.0 KM	6.15	7.45	6.80	Regular
0+800.0 KM - 1+200.0 KM	7.37	8.79	8.08	Inadecuado
1+200.0 KM - 1+600.0 KM	8.25	9.25	8.75	Inadecuado
1+600.0 KM - 2+000.0 KM	8.36	9.56	8.96	Inadecuado

2+000.0 KM - 2+400.0 KM	7.13	6.32	6.73	Regular
2+400.0 KM - 2+800.0 KM	7.33	6.11	6.72	Regular
2+800.0 KM - 3+200.0 KM	9.13	5.73	7.43	Regular
3+200.0 KM - 3+600.0 KM	5.23	5.45	5.34	Bueno
3+600.0 KM - 4+000.0 KM	8.32	6.44	7.38	Regular
4+000.0 KM - 4+400.0 KM	9.35	8.57	8.96	Inadecuado
4+400.0 KM - 4+800.0 KM	6.63	5.96	6.30	Regular
4+800.0 KM - 5+000.0 KM	7.64	5.44	6.54	Regular
Promedio			7.278	Regular

Nota: Consulte la Tabla 8 para observar la intersección de carriles izquierda-derecha y su promedio.

Figura 15. Las puntuaciones del IRI (Índice Internacional de Rugosidad) suelen oscilar entre 5 y 10, con excepción del kilómetro 0+800 a 3+200, que presenta uniformidad

Figura 15

Representación del Perfil del IRI – Variaciones

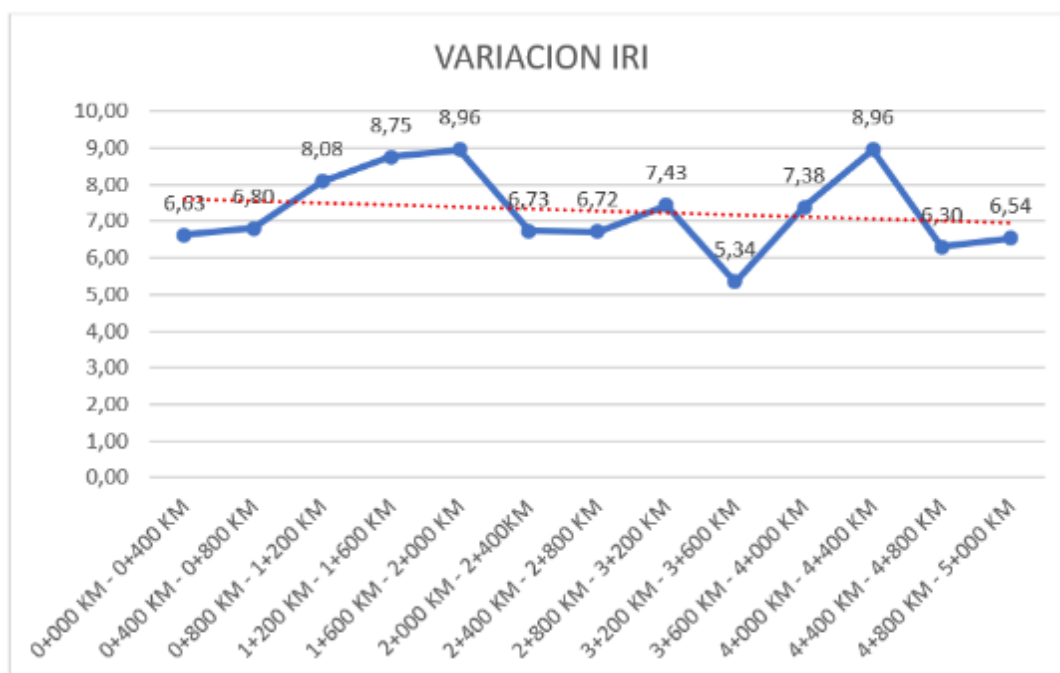


Tabla 9

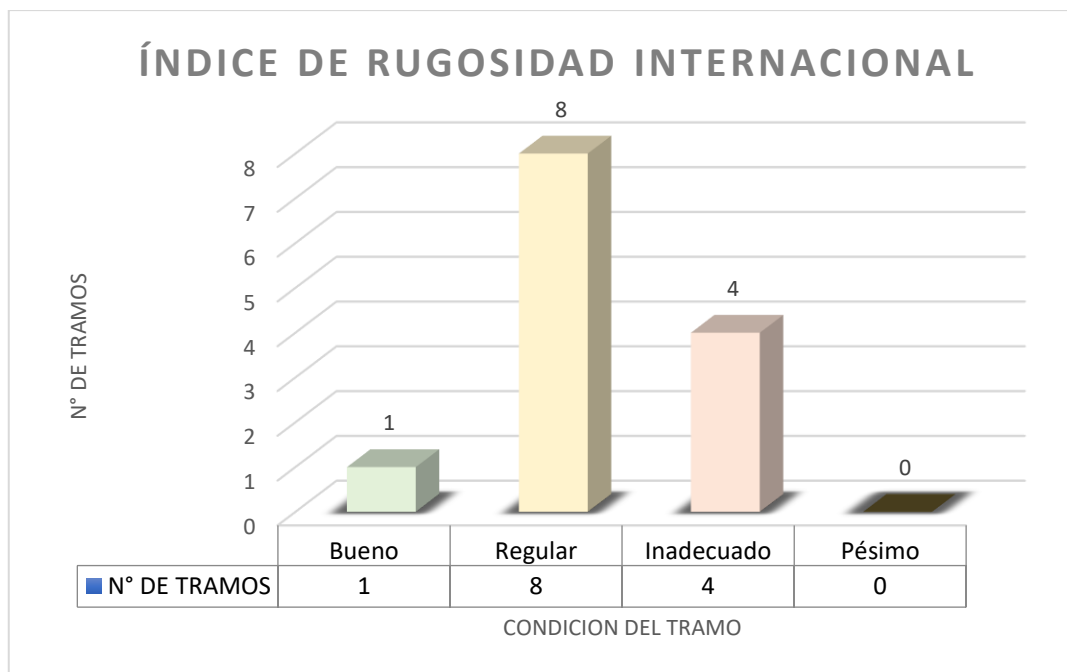
Resultados en proporción del IRI

ÍDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL	No DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Bueno	1	8%
Regular	8	62%
Inadecuado	4	31%
Pésimo	0.0	0.0%
Total	13	100.00%

Nota: La tabla 9 muestra el estado de cada segmento y destaca el IRI y la transitabilidad actual de las partes que se inspeccionaron.

Figura 16

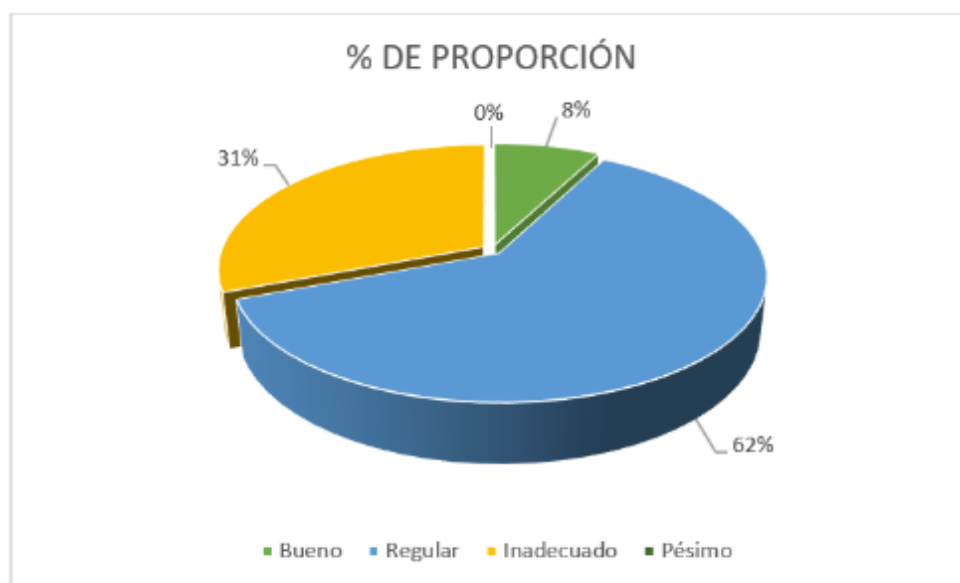
Condición del Índice de Regularidad Internacional, según el número de tramos



Como se ilustra en la Figura 16, ocho tramos de la carretera rural se califican como regulares, uno como eficaz y cuatro como con rugosidad insuficiente.

Figura 17

Representación del IRI – porcentaje



Mientras que el 62 % de las piezas se consideran extraordinarias, el 31 % tienen una rugosidad insuficiente y el 8 % se encuentran en condiciones aceptables, como se muestra en la figura 17.

4.2.1 Resultados del índice de serviciabilidad presente

En la vía afirmada evaluada, el Índice de Serviciabilidad Presente se utiliza para describir qué tan transitable y cómoda es la vía para los usuarios, considerando que no tiene una carpeta asfáltica ni de concreto. Donde se muestra los resultados de los tramos examinados.

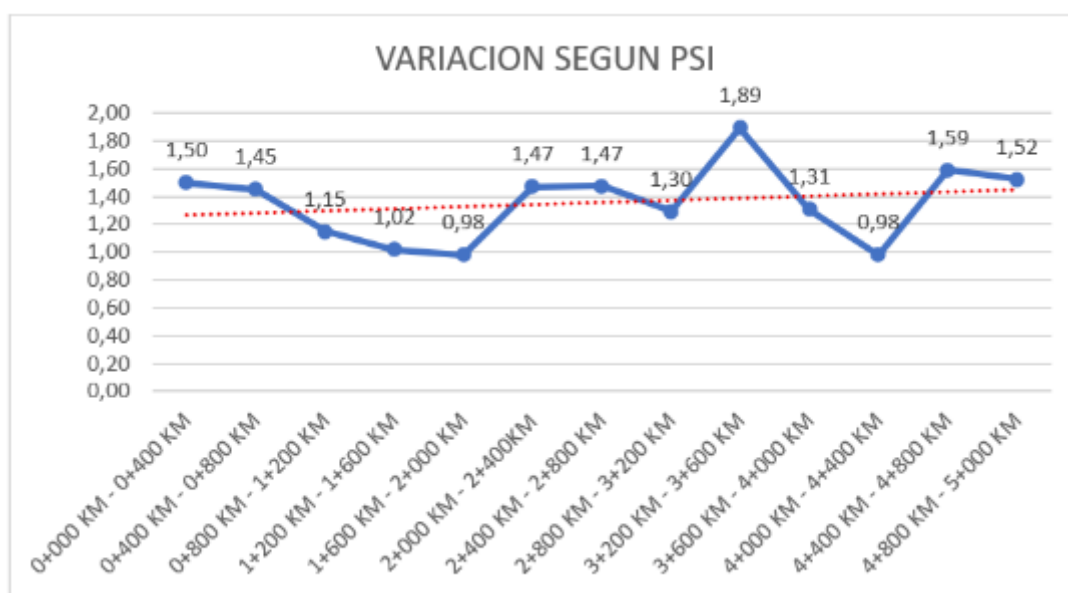
Tabla 10

Resumen de resultados del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Tramo: AJJATIRA - PEDRO VILCA APAZA			
Progresiva	IRI Prom. (m/km)	PSI	Transitabilidad
0+000.0 KM - 0+400.0 KM	6.63	1.50	Pésimo
0+400.0 KM - 0+800.0 KM	6.8	1.45	Pésimo
0+800.0 KM - 1+200.0 KM	8.08	1.15	Pésimo
1+200.0 KM - 1+600.0 KM	8.75	1.02	Pésimo
1+600.0 KM - 2+000.0 KM	8.96	0.98	Inadecuado
2+000.0 KM - 2+400.0KM	6.725	1.47	Pésimo
2+400.0 KM - 2+800.0 KM	6.72	1.47	Pésimo
2+800.0 KM - 3+200.0 KM	7.43	1.30	Pésimo
3+200.0 KM - 3+600.0 KM	5.34	1.89	Pésimo
3+600.0 KM - 4+000.0 KM	7.38	1.31	Pésimo
4+000.0 KM - 4+400.0 KM	8.96	0.98	Inadecuado
4+400.0 KM - 4+800.0 KM	6.295	1.59	Pésimo
4+800.0 KM - 5+000.0 KM	6.54	1.52	Pésimo
Promedio		1.36	Inadecuado

Figura 18

Resultados del Índice de Serviciabilidad de Presente (PSI) – Variaciones



En la Figura 18 se observan variaciones en la transitabilidad., y la mayor parte de los datos indica condiciones "deficientes" en una escala de 1 a 2. Considere, por ejemplo, la región entre los kilómetros 0+800 y 4+000.

Tabla 11

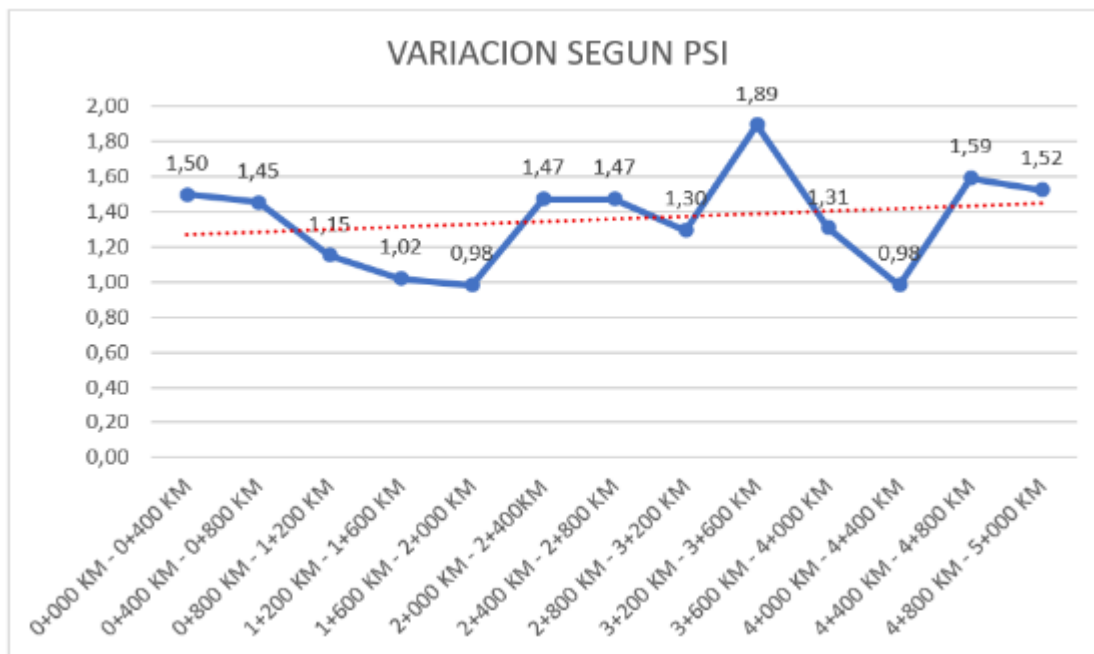
Resultados del Índice de Serviciabilidad de Presente (PSI).

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE	N° DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Muy bueno	0	0%
Bueno	0	0%
Regular	0	0%
Inadecuado	2	15%
Pésimo	11	85%
Total	13	100%

PSI indica que, la Tabla 11 ofrece una evaluación rápida de la transitabilidad actual de las carreteras construidas. También ofrece una breve descripción general del estado de estas carreteras según el marco de categorización proporcionado por este índice.

Figura 19

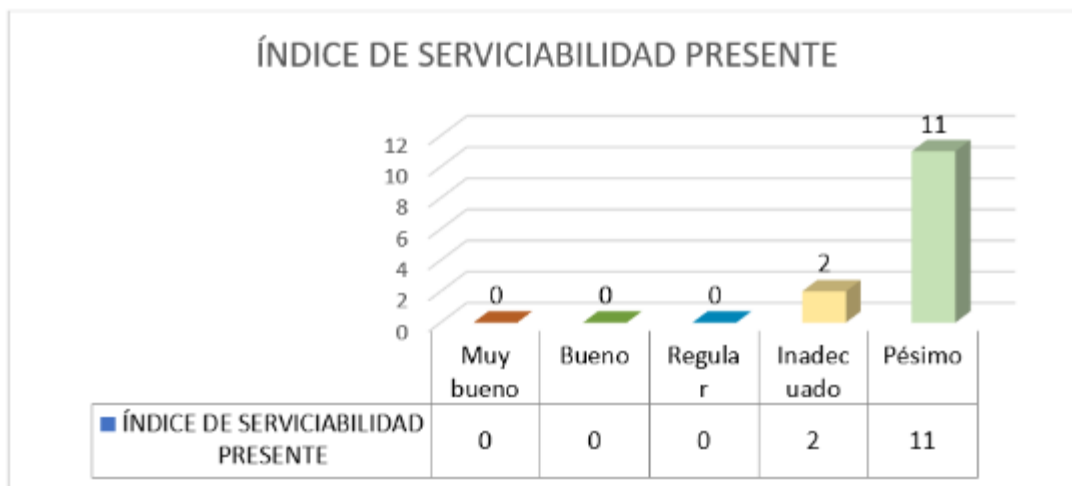
Resultados del (PSI) – Variaciones



En la Figura 19 se observan variaciones en la transitabilidad., y la mayor parte de los datos indica condiciones "deficientes" en una escala de 1 a 2. Considere, por ejemplo, la región entre los kilómetros 0+800 y 4+000.

Figura 20

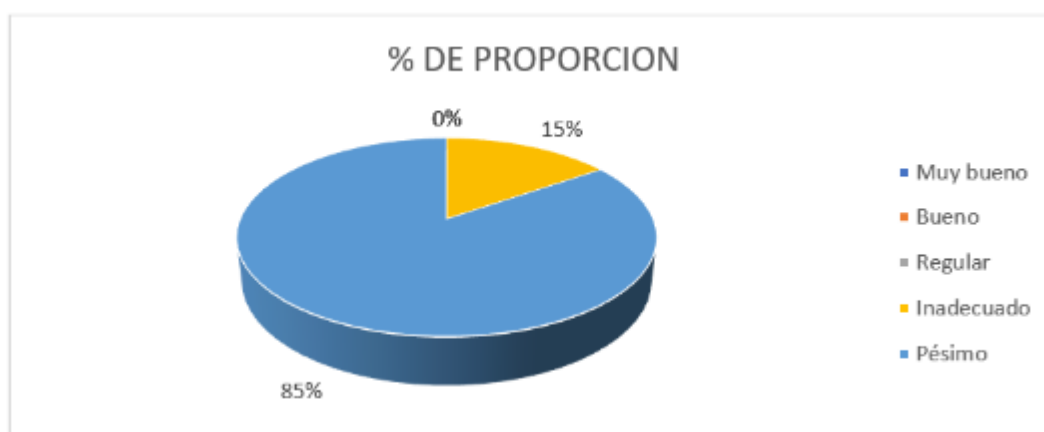
Resultados del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) – tramos



La figura 20 muestra once tramos de vías locales con baja transitabilidad y dos "inadecuados". Esta información se puede apreciar mediante la representación visual.

Figura 21

Resultados del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) – porcentaje



La Figura 21 ilustra los hallazgos, revelando que el 85 % de los bienes estudiados presentaron una transitabilidad deficiente, mientras que el 15 % restante se clasificó como "mala" o "inadecuada".

4.3 Propuesta para el mejoramiento del camino vecinal del centro poblado Ajjatira al distrito de Pedro Vilca Apaza

Con el fin de evaluar la solución propuesta, ofrecemos un plan alternativo para mejorar la carretera de Ajjatira que conduce a la zona de Pedro Vilca Apaza. Este otro enfoque consiste en la reparación periódica de la carretera a nivel de compactación. De acuerdo con la Resolución Ministerial RM N.º 0339-2020-MTC/01.02, que establece el «Formato de los términos de referencia según el artículo 29 de la D.U. N.º 070-2020», se deben considerar

las siguientes actividades para esta intervención: la capa de rodadura, con un espesor de 20 cm.

4.3.1 Equipos y Materiales

- **Motoniveladora.** Equipo utilizado para procesar materiales granulares, que deben tener un grosor determinado, incluyendo corte, perfilado, nivelación y mezcla.

Figura 22

Motoniveladora en mantenimiento periódico



- **Rodillo Compactador.** Este equipo comprimirá tanto la subbase como el material colocado y nivelado.

Figura 23

Rodillo compactador en mantenimiento periódico



- **Volquetes de 15 m³.** Estos camiones se encargarán de transportar y colocar el material donde sea necesario.

Figura 24

Volquete de 15m³



- **Cisterna de agua.** Tanque para regar la subbase y la plataforma compactada; estas máquinas realizan el riego propiamente dicho.

Figura 25

Cisterna de agua





4.3.2 Proceso Constructivo

a) Corte de la capa de rodadura

Debido al mal estado del material, se utiliza una motoniveladora para cortar el suelo a una profundidad de unos 10 cm.

b) Riego de agua

Tras un corte de 10 centímetros, la subbase a capa que se cubrirá con material granular para pavimentación se riega con el tanque de agua.

c) Compactación de la subrasante

Un paso para preparar la subbase para recibir el material granular es regarla. A continuación, el compactador de rodillos consolidará la capa de subbase.

d) Transporte y tendido de material granular

El material se transfiere desde la cantera hasta el lugar donde la motoniveladora ha realizado los cortes, cargándolo en camiones volquete de 15 m³ con la ayuda de la excavadora.

e) Perfilado y Nivelado de material granular

El siguiente paso, según las especificaciones del proyecto, es que la motoniveladora mezcle el material granular según el espesor especificado después de esparcirlo sobre la plataforma.

f) Reconformación de Cunetas



Después de tender, como última tarea para la motoniveladora es trabajar las cunetas en toda la longitud del tramo.

g) Compactación del afirmado

Por último, una vez perfilado y nivelado el material, es necesario compactarlo para finalizar el mantenimiento periódico de la carretera. Para ello, se utiliza una apisonadora.

A continuación, se incluye un desglose completo de todo lo que hay que hacer para mejorar la carretera del barrio.

4.3.3 Especificaciones Técnicas

01.00 Mantenimiento Periódico

01.01 Obras Preliminares

01.01.01 Movilización y Desmovilización de Equipos. Una excavadora 325D, una pala cargadora frontal, una motoniveladora y rodillos vibratorios. Estas máquinas se enviaron a la parte correspondiente de la obra para iniciar el proceso de extracción de la cantera, colocar la subbase y aplicar una capa de nivelación de 0,05 m.

01.01.02 Trazo y Replanteo. Diseño y trazado de carreteras. Trabajé con el equipo de topografía para trazar la carretera y colocar las plantillas de pavimentación.

01.02 Pavimentos



01.02.01 Capa Nivelante $e=0.05m$. En las zonas en las que la subbase presentaba irregularidades graves debido al hundimiento y a los baches existentes, se colocó una capa de 0,05 m antes de colocar la capa de rodadura. Esta capa fue necesaria porque la escarificación, el remodelado y la compactación de la subbase no pudieron nivelarla en estas zonas.

01.02.02 Material de compactación para cantera granular, $e=0,15$ m. En las primeras fases del proyecto, se utilizaron excavadoras y palas cargadoras frontales para retirar material de la cantera. El material cribado resultante se depositó en las inmediaciones de la cantera. A continuación, el material se transportó a la sección inicial utilizando camiones volquete de 15 m³. La capa de rodadura de 0,15 m se colocó y compactó utilizando una motoniveladora y un rodillo.

01.03 Transporte

01.03.01 Transporte de material granular. El transporte de material granular, incluido el destinado al pavimentado de carreteras en tramos de menos de 1 km, entra dentro de esta categoría.

01.03.02 Transporte de material granular. La distancia media recorrida por los vehículos que transportan material granular



para el recubrimiento de carreteras es de 5 kilómetros, sin embargo, este punto se refiere a los viajes de más de 1 km.

01.03.03 Transporte de materiales excedente. Este artículo cubre el transporte de materiales sobrantes hasta una longitud de 1 km. Incluye los materiales que sobran tras el corte para la instalación de la capa de nivelación y la limpieza de desprendimientos en determinadas zonas de la carretera.

01.03.04 Transporte de excedentes de material. para despejar los desprendimientos en algunas partes de la carretera y trasladar el material sobrante de los trabajos de corte para colocar la capa de nivelación, es necesario llevar a cabo esta tarea. En determinadas partes de la carretera, la distancia media es de 10,5 km.

01.04 Obras de Arte y Drenaje

01.04.01 Reconfiguración de cunetas. - Reconfiguración de compuertas y zanjas. Este elemento incluye la reconfiguración de zanjas, que es realizada por trabajadores sin experiencia utilizando herramientas manuales. Construyen zanjas en forma de V a cada lado de la carretera.

01.05 Impacto Ambiental

01.05.01 Recuperación ambiental de áreas ocupadas. La restauración de las regiones ocupadas a su estado natural forma parte de la ejecución de este punto. Los trabajadores no

cualificados utilizarán herramientas manuales para restaurar los lugares que se utilizaron durante la ejecución de la tarea.

4.3.4 Describiremos las Normas Técnicas de Ejecución

Con el objetivo de mejorar el servicio de mantenimiento regular, estas Normas Técnicas se crearon para estandarizar los procedimientos de ejecución y evaluación, facilitar la planificación del mantenimiento y medir la productividad y el rendimiento. También mantienen los estándares de cantidad.

TIPO DE TRABAJO	Mantenimiento Rutinario	CÓDIGO	MR-101
ACTIVIDAD	LIMPIEZA DE CALZADA	UNIDAD DE MEDIDA	Km
DESCRIPCIÓN		RENDIMIENTO	0.60 Km/día
El proceso incluye limpiar el área de cualquier obstáculo, como piedras, escombros sueltos, plantas y más que hayan caído sobre el pavimento.			
CUADRILLA	PROCEDIMIENTO		
03 trabajadores	1. Instalar dispositivos de seguridad y señalización. 2. Se retirarán todos los obstáculos de la superficie de la carretera, como piedras, ramas u otros residuos, durante la inspección de la zona que se va a mantener. 3. Los residuos que se hayan retirado se colocarán a lo largo del arcén o a mitad de la cuesta, siempre que no obstaculicen el paso de vehículos o peatones. 4. Busque signos de suciedad o escombros en la carretera. 5. Desmante la señalización y las medidas de seguridad.		
HERRAMIENTAS			
01 carretilla 03 lampas 01 pico 02 rastrillos 02 escobas 03 machetes Señales de prevención			
MATERIALES			
	INDICADOR DE COMPROBACION		
	La calzada permanecerá siempre limpia.		

TIPO DE TRABAJO	Mantenimiento Rutinario	CÓDIGO	MR-102
ACTIVIDAD	BACHEO	UNIDAD DE MEDIDA	m ²
DESCRIPCIÓN		RENDIMIENTO	0.40 Km/día
Esto implica utilizar material de cantera o alquilado para rellenar y compactar cualquier depresión o bache que pueda formarse en la superficie de la carretera debido al tráfico de vehículos y/o la erosión del agua. Para ello se utilizan herramientas manuales.			
CUADRILLA	PROCEDIMIENTO		
04 trabajadores	1. En primer lugar, coloque señales y elementos de seguridad.		



HERRAMIENTAS	<p>2. Transporte el material de cantera elegido a las áreas especificadas. (Consulte la sección 102.01).</p> <p>3. Asegúrese de que las áreas designadas tengan agua. Consulte la tarea relacionada.</p> <p>4. Humedezca ligeramente las áreas que se van a cortar.</p> <p>5. Una vez identificadas las medidas del área dañada, recorte los bordes para crear un cuadrado o rectángulo con líneas rectas y limpias. Se requiere una profundidad constante de al menos 15 cm para el corte. Limpie a fondo la superficie cortada, teniendo cuidado de no dejar suciedad o sustancias no deseadas.</p> <p>7. Humedezca ligeramente la superficie que se va a rellenar, comprobando el contenido de humedad adecuado del material antes de compactarlo.</p> <p>8. Aplique capas de no más de 10 cm de espesor en las regiones especificadas utilizando la compactadora.</p>
<p>2 carretillas</p> <p>3 lampas</p> <p>2 picos</p> <p>2 rastrillos</p> <p>1 pisón Manual</p> <p>2 baldes</p> <p>Señales de prevención</p>	
MATERIALES	INDICADOR DE COMPROBACION
Material seleccionado de cantera (afirmado, rabas, cascajo, etc.)	La superficie de rodadura será uniforme, no se aceptará la presencia de baches.

TIPO DE TRABAJO	Mantenimiento Rutinario	CÓDIGO	MR-103
ACTIVIDAD	DESQUINCHE	UNIDAD DE MEDIDA	m3
DESCRIPCIÓN		RENDIMIENTO	10 m3/día
<p>Implica limpiar la parte superior de las laderas que son inestables o muestran síntomas de derrumbe de cualquier piedra o roca que pueda haber allí.</p>			
CUADRILLA	PROCEDIMIENTO		
04 trabajadores	<p>1. En primer lugar, coloque señales y dispositivos de seguridad.</p> <p>2. Si alguna roca o piedra parece inestable, retírela con palancas y palancas.</p> <p>En tercer lugar, a mitad de la colina o en los vertederos designados, se eliminarán todas las rocas sueltas.</p> <p>4. Antes de retirarlas, se romperán las rocas grandes o los cantos rodados.</p> <p>5. Deshágase de ellas de una manera que no dañe el medio ambiente; no lo haga.</p> <p>6. La restauración de la vegetación autóctona reforzará la pendiente.</p> <p>7. Retire las señales y otros elementos de seguridad.</p>		
HERRAMIENTAS			
<p>01 carretilla</p> <p>02 lampas</p> <p>02 barretas</p> <p>01 palanca</p> <p>01 comba</p> <p>01 cincel</p> <p>Señales de prevención</p>			
MATERIALES	INDICADOR DE COMPROBACION		
	Taludes libres rocas inestables.		

TIPO DE TRABAJO	Mantenimiento Rutinario	CÓDIGO	MR-104
ACTIVIDAD	REMOCIÓN DE DERRUMBES	UNIDAD DE MEDIDA	m3
DESCRIPCIÓN		RENDIMIENTO	9 m3/día
<p>Si el volumen es inferior a 5,0 m3, esto significa que el DME puede seleccionarse entre materiales que se han formado por deslizamientos de tierra o de lodo.</p>			
CUADRILLA	PROCEDIMIENTO		
03 trabajadores	<p>1. Coloque señales y dispositivos de seguridad cien metros antes y después del deslizamiento de tierra.</p>		
HERRAMIENTAS			

02 carretilla 02 lampas 02 picos 01 barretas 01 comba 01 cincel Señales de trabajo	<ol style="list-style-type: none"> Recoja los escombros de los deslizamientos de tierra o lodos y deséchelos en vertederos. Asegúrese de que la carretera sea recta y tenga una pendiente del 2 % a ambos lados del eje. Cuarto, a cada lado del eje de la carretera, asegúrese de que las cunetas permanezcan limpias y sin cambios. Si las obras de drenaje han resultado dañadas por el deslizamiento de lodo o tierra, asegúrese de que aún se puedan utilizar. Es importante retirar los residuos de manera que no se perturbe el entorno circundante, en particular las laderas y los terrenos cercanos a la carretera. Desmante todos los componentes de seguridad y la señalización.
MATERIALES	INDICADOR DE COMPROBACION
	Retirar los derrumbes en forma inmediata.

TIPO DE TRABAJO	Mantenimiento Rutinario	CÓDIGO	MR-301
ACTIVIDAD	ROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD DE MEDIDA	m2
DESCRIPCIÓN		RENDIMIENTO	1200 m2/día
Consiste Enel corte y posterior eliminación la vegetación que crece a ambos lados de La carretera, obstaculizando la visibilidad del conductor.			
CUADRILLA	PROCEDIMIENTO		
03 trabajadores	<ol style="list-style-type: none"> Colocar señales y elementos de seguridad. Cortar la vegetación y raíces existentes en bermas, taludes y derecho de vía (hasta 3 metros a cada lado del borde de la calzada); la altura de la vegetación no sobrepasara los 30 cm, medidos desde el nivel del terreno natural. El material procedente del roce será colocado dentro de los límites de derecho de vía. En ningún caso podrá ser depositado en la superficie de Podadora rodadura, accesos a viviendas, canales y zanjas. Al culminar la jornada de trabajo se eliminará el material en los botaderos destinados para tal fin. Retirar las señales y elementos de seguridad. 		
HERRAMIENTAS			
01 carretilla 03 machetes 02 tijera podadora 02 hachas 01 serrucho Señales de trabajo			
MATERIALES	INDICADOR DE COMPROBACION		
	La vegetación debe permanecer por debajo de 30 cm.		

TIPO DE TRABAJO	Mantenimiento Rutinario	CÓDIGO	MR-401
ACTIVIDAD	CONSERVACIÓN DE SEÑALES	UNIDAD DE MEDIDA	Km
DESCRIPCIÓN		RENDIMIENTO	10 Und. /día
Esto requiere la limpieza y el mantenimiento regulares de todas las señales de advertencia, información y marcadores kilométricos situados en las carreteras.			
CUADRILLA	PROCEDIMIENTO		
02 trabajadores	<ol style="list-style-type: none"> En primer lugar, coloque señales y dispositivos de seguridad. Utilice una toalla húmeda, un cepillo y agua para limpiar la señal. Utilice un cepillo de alambre para limpiar toda la superficie que haya que reparar si está dañada. Cubra la señal con pintura, teniendo cuidado de no estropear el diseño. Desmante las señales y los dispositivos de seguridad. 		
HERRAMIENTAS			
1 escobilla de fierro 1 brocha 1 Wincha			

Franela Señales de seguridad	
MATERIALES	INDICADOR DE COMPROBACION
Agua Pintura esmalte	Señales limpias y en buen estado.

4.3.5 Mantenimiento periódico a nivel de afirmado

A continuación, se enumeran algunas de las ventajas y desventajas del programa de mantenimiento del nivel del pavimento propuesto para el tramo objeto de estudio:

Ventajas

- ✓ Proceso constructivo simple
- ✓ No es contaminante.
- ✓ Tiempo de ejecución corto
- ✓ Tiempo de conservación de 6 meses 1 año

Desventajas

- ✓ Disposición de materiales
- ✓ No soporta grandes cargas
- ✓ Desgaste por lluvias
- ✓ Necesita mantenimiento rutinario para su conservación

Dado que la carretera es propensa a sufrir baches y tramos embarrados debido a las condiciones meteorológicas impredecibles (lluvias intensas, heladas y deshielos, bajas temperaturas), se realizarán reparaciones periódicas cada 3 km.



La capa de rodadura, de cuatro metros de ancho y quince centímetros de espesor, se mejorará mediante un mantenimiento regular y periódico, de conformidad con la Resolución Ministerial RM N.º 0339-2020-MTC/01.02, que especifica el Formato de los términos de referencia de conformidad con el artículo 29 de la D.U. N.º 070 - 2020.

CONCLUSIONES

La información y los datos necesarios para elaborar los hallazgos se recopilaron al finalizar el estudio.

Primero: Se obtuvo la propuesta técnica de mantenimiento correctivo de un camino vecinal según el MTC, basada en el índice IRI, debe incluir la reconfiguración de la plataforma, el sellado de grietas y la reparación de baches. Estas actividades se priorizan en función de las mediciones de IRI, que determinan el nivel de deterioro del afirmado.

El proceso incluye una inspección inicial para diagnosticar los problemas, la planificación detallada de los trabajos y la ejecución de las reparaciones, seguida de un seguimiento para verificar la calidad del trabajo.

Segundo: A continuación, se presenta una recopilación de los atributos de la superficie del pavimento en 2024, Ubicación: Centro Poblacional de Ajjatira, Índice Internacional de Rugosidad (IRI): 0+000 kilómetros, Departamento de San José; Distrito de Pedro Vilca Apaza (kilómetro 5+000).

IRI = 7.278 que corresponde a un estado Regular

Los valores máximos y mínimos del IRI obtenidos son los siguientes;

IRI máximo = 8.96 ubicándolo en un estado de Pésimo

IRI mínimo = 5.34 que se corresponde a un estado de Bueno



Tercero: La rugosidad del camino vecinal en el Centro Poblado de Ajjatira (kilómetro 0+000 y en la localidad de Pedro Vilca Apaza (kilómetro 5+000) de San José en 2024.

PSI = 1.36 el cual es correspondiente a una transitabilidad Inadecuada o malo.

Los valores máximos y mínimos del PSI obtenidos son los siguientes;

PSI máxima = 1.89 que representa una transitabilidad de Inadecuado o malo

PSI mínima = 0.98 representa una transitabilidad Inadecuado

Requiere mejoras para mejorar su rugosidad y transitabilidad. Esto se refiere a la repavimentación de la carretera local. Nuestros resultados concluyen que el camino rural examinado se encuentra en mal estado.

Cuarto: La mejora sugerida consiste en utilizar un material granular seleccionado (compactado) para reforzar la capa de rodadura. Aunque esta solución es fácil de ejecutar, no resiste bien la erosión hídrica, un problema importante que solo empeorará con el tiempo. Mantener las carreteras en excelentes condiciones con esta técnica requiere un mantenimiento regular y continuo, lo que puede resultar costoso si es necesario proteger la carretera. Esta es una desventaja importante.



RECOMENDACIONES

Primero: El mantenimiento incluye el refinamiento de la superficie, lo que mitiga el tráfico y mejora la seguridad. Se recomienda realizar investigaciones adicionales en este campo para analizar la correlación entre el IRI, el PSI y el comportamiento al volante en carreteras rurales, así como factores como la velocidad del tráfico y la frecuencia de accidentes.

Segundo: El mantenimiento regular, centrado en la limpieza de las obras de drenaje, es esencial para la infraestructura vial. Esto ayudará a cumplir con las normas y evitará problemas como la pérdida de material granular, los baches y las deformaciones de la superficie.

Tercero: Se recomienda recopilar datos de campo de la región objeto de investigación, incluyendo recuentos de vehículos, muestras de suelo y estudios socioeconómicos, con el fin de crear un marco más preciso. El desarrollo de un proyecto no puede continuar sin estas investigaciones y evaluaciones.

Cuarto: Se recomienda que las investigaciones futuras estudien el rendimiento y el comportamiento del pavimento compactado en relación con las características únicas de la ruta en cuestión. Como consecuencia, las futuras iniciativas de reparación de carreteras rurales y locales podrán beneficiarse de conclusiones más precisas y exactas.



BIBLIOGRAFIA

(Alvarado Mariño R. A, 2012). "Evaluación de la gestión de mantenimiento rutinario de la carretera afirmada Aija – La Merced Km. 0+000 AL Km. 08+800 Aija – Áncash 2010- 2011. Ancash, Perú. (s.f.).

Badilla Vargas, G. (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI):

CASTRO, Marialuisa y MEDRANO, Anthony A. Diseño estructural de pavimento flexible según la metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo. Tesis (Ingeniero Civil). La Libertad: Universidad Privada Antenor

Orrego, Facultad de Ingeniería, 2021.

Cordero Huanca, L. A. (2019). Serviciabilidad del pavimento flexible y transitabilidad vehicular - Avenida Carlos Izaguirre intersección Avenida 12 de octubre, distrito San Martín de Porres, Lima en el 2018 Adaptado de Work bank Technical Paper Number 46 y Norma ASTM E - 950 – 98. (s.f.).

Guirguis M. (2018) "Design and performance assessment of chip seal applications" (Tesis de posgrado) Universidad del Estado de Iowa, Estados Unidos

Alejos Perez, M. & Caceres Vidal, J. C. (2016). "Alternativas para la transitabilidad al anexo Huacacorrall del distrito de Guadalupe – Viru – La Libertad .La libertad, Perú".



Alvarado Mariño R. A. (2012). "Evaluación de la gestión de mantenimiento rutinario de la carretera afirmada Aija – La Merced Km. 0+000 AL Km. 08+800 Aija – Áncash 2010- 2011. Ancash, Perú".

Colque C. (2023) "Análisis de la Capacidad vial y nivel de servicio de la vía afirmada Jarpaña – Orduña del Distrito de Paratia Provincia de Lampa Región Puno. (Tesis de posgrado) - Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Perú

Banco Mundial y la American Society for Testing and Materials ASTM E. (1926-98).

Black, J. A. y Champion, D.J. (1976). "Methods and issues in social research, Nueva York, pág. 56 (citado por Roberto Hernández Sampieri, et al. (2003) Metodología de la Investigación, México".

Carrión, R. C. A., & Ramírez, C. I. E. (2019). Diagnóstico para el mejoramiento de la vía terciaria que comunica la vereda Puente Piedra y el municipio de Madrid, Cundinamarca [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia].<https://hdl.handle.net/10983/24150>

Cardenas Robles, J. N. (2012). Estudio comparativo de metodologías de relevamiento de fallas en caminos no pavimentados. Perú.

Chevarría B, E. (2019). "Correlación entre el índice de regularidad internacional y el índice del inventario de condición del Ministerio de Transportes y Comunicaciones". Tesis de Pregrado, Universidad San Martín de Porres. Lima – Perú.



Cordero H, L. (2019). "Análisis del índice de Serviciabilidad del pavimento flexible en la Avenida Túpac Amaru km 11, Comas-Lima 2018". Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo.

FLORES, Erick J y PILCO, Dikver G. Análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de Merlin en la Avenida Gustavo Pinto. Tesis (Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, 2021, 95 pp.

Muñoz, L (2018) "Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Tramo 3 de la Carretera Interoceánica Norte Perú - Brasil Aplicando el Método PCI" (Tesis de pregrado) Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Del Águila R, P. (1999). Manual de Usuario merliner: Merlin equipo para rugosidad. Lima: Camineros S.A.C.

Gobierno regional de puno. (2016). estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera PU 135 checca - Mazocruz. Puno.

JINCHUÑA, Miguel S. Evaluacion por Deflectometria y la Rugosidad del pavimento flexible para Mejorar la Transitabilidad Vehicular. Tesis (Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, 2020, 92 pp

Justo Casaretto, M.A. (2013). "Experiencia de medición de niveles de servicio en carreteras asfaltadas en la zona de Selva. Lima, Perú".

Manual de capacidad de carreteras 2000 highway capacity manual HCM . (2000).



Manual de carreteras conservación vial MTC. (2013).

Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas. (2005).

Manual de seguridad vial (MSV) R.D n°05 – 2017 – MTC. (2014).

MENÉNDEZ, Danny G. Análisis del índice de rugosidad internacional de la superficie del pavimento flexible de la vía colimes-paján, utilizando equipos inteligentes. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabi, Facultad de Ciencias Técnicas, 2022, 107 pp.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, pág. 157. (2014).

Saltos Zavala, E. L. (2023). Determinación del índice de rugosidad internacional de la vía los Ángeles-Andil (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

Tingal Limay, H. (2021). Análisis de índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca-Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de Merlin.

Tovar, G. L. (1986). El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos. Bogotá: Cengage.



ANEXOS



ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA



TIULO: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Pregunta general:</p> <p>¿Qué técnica de mejoramiento de la Transitabilidad vehicular del camino vecinal del centro poblado Ajjatira al distrito de Pedro Vilca Apaza, es la que corresponde al estado de la vía según el índice interneacional de rugosidad (IRI) e índice de serviciabilidad presente (PSI)?</p> <p>Preguntas específicas:</p> <p>¿Cuál es el valor Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza?</p> <p>¿Cuál es el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza?</p> <p>¿Qué propuesta técnica es la más adecuada para mejorar la transitabilidad vehicular en el tramo evaluado?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la técnica de mejoramiento de la Transitabilidad vehicular del camino vecinal del centro poblado Ajjatira al distrito de Pedro Vilca Apaza, según el índice interneacional de rugosidad (IRI) e índice de serviciabilidad presente (PSI).</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Hallar el valor Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza.</p> <p>Calcular el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza.</p> <p>Plantear una propuesta técnica de mejoramiento vial para el camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza basándose en su condición actual.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>El mejoramiento de la transitabilidad vehicular del camino vecinal, mediante la implementación de una solución técnica adecuada, reafirmado o estabilización, contribuirá directamente a mejorar la conectividad vial de la zona, al reducir los tiempos y costos de viaje entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza, es menor que 10.</p> <p>El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal entre el centro poblado Ajjatira y el distrito de Pedro Vilca Apaza, es menor que 2.</p> <p>La intervención técnica adecuada para mejorar la transitabilidad vehicular en el tramo evaluado es la estabilización por reafirmado granular, ya que esta solución logrará un aumento del PSI por encima de 2.5 y mantendrá un IRI por debajo de 7 m/km, resultando ser una técnicas más conocida y efectiva.</p>	<p>Variable de caracterización:</p> <p>Transitabilidad Vehicular de la vía afirmada</p> <p>Nivel de serviciabilidad de la vía afirmada</p> <p>Variable de interés:</p> <p>Mejoramiento de la transitabilidad vehicular</p>	<p>Índice de Regularidad Internacional (IRI)</p> <p>Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)</p> <p>Longitud de vía mejorada (km)</p> <p>Estabilización por reafirmado granular.</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Población: La población de esta investigación está conformada por la totalidad del camino vecinal afirmado que conecta el centro poblado de Ajjatira con el distrito de Pedro Vilca Apaza, ubicado en la provincia de San Antonio de Putina, región Puno.</p> <p>Muestra: Esta investigación examina la carretera afirmada del centro poblado de Ajjatira al distrito de Pedro Vilca Apaza, desde el kilómetro 00+000 hasta el kilómetro 05+000.</p>



ANEXO 02

RUGOSIDAD MERLIN



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO		
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE		
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA	FECHA	23 - 12 - 2024

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN

MERLIN										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
SECCIÓN	: KM 0+000 - 0+400									11
HUELLA	: CARRIL DERECHO									12
CALCULOS										13
F =	1.00									14
D	150.62 mm									15
RUGOSIDAD	= 0.593 + 0.0471 * D									16
										17
	= 7.69 IRI									18
										19
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]									20
										21
	= 1.5									22
										23
										24
										25
										26
										27
										28
										29
										30
										31
										32
										33
										34
										35
										36
										37
										38
										39
										40
										41
										42
										43
										44
										45
										46
										47
										48
										49
										50
										51
										52
										53
										54
										55
										56
										57
										58
										59
										60
										61
										62
										63
										64
										65
										66
										67
										68
										69
										70
										71
										72
										73
										74
										75
										76
										77
										78
										79
										80
										81
										82
										83
										84
										85
										86
										87
										88
										89
										90
										91
										92
										93
										94
										95
										96
										97
										98
										99
										100

HOJA CAMPO

NORMAL

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



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN											
MERLIN											
SECCIÓN : KM 0+000 - 0+400											
HUELLA : CARRIL IZQUIERDO											
CALCULOS											
F = 1.00											
D = 106.39 mm											
RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471 * D$											
= 5.57 IRI											
PSI = $5 / [e^{(R/5.5)}]$											
= 1.5											
HOJA CAMPO											
NORMAL											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25	22	24	23	22	21	21	22	23	25	X	
27	26	23	25	26	24	25	23	26	22		
24	26	22	28	25	23	26	25	24	20		
28	22	23	21	22	27	23	24	25	25		
23	25	22	23	19	25	23	20	23	22		
21	22	23	25	26	26	23	23	24	26		
21	25	26	22	25	27	24	26	22	25		
22	25	27	28	26	27	22	22	21	25		
26	23	23	25	27	24	24	24	21	25		
25	24	23	28	22	24	25	26	25	25		
25	24	26	21	23	23	26	23	28	28		
20	21	30	24	28	25	25	21	27	24		
26	21	23	24	29	24	20	27	22	23		
22	25	26	23	27	18	23	22	26	25		
22	24	18	16	26	19	22	27	21	24		
26	32	21	25	20	17	19	26	25	25		
27	26	27	25	25	23	25	18	22	23		
23	23	24	25	28	24	24	26	24	25		
23	24	28	22	25	26	23	23	24	25		
22	24	23	25	25	24	25	23	26	22		



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO											
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE											
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA 23 - 12 - 2024						
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN												
MERLIN												
											1	
											2	
											3	
											4	
											5	
											6	
											7	
											8	
SECCIÓN :	KM0+400 - 0+800										9	
HUELLA :	CARRIL DERECHO										10	
CALCULOS											12	
F =	1.00										14	
D	147.33 mm										17	
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										19	
	= 7.45 IRI										21	
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										22	
	40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	23
	56	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24
	25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25
	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	26
								X	X	X	X	27
HOJA CAMPO											28	
NORMAL											30	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		31
	24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		32
	23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		33
	26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		34
	24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		35
	24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		36
	23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		37
	26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		38
	24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		39
	24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		40
	23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		41
	26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		42
	24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		43
	26	21	23	24	29	24	20	27	22	23		44
	22	25	26	23	27	18	23	22	26	25		45
	22	24	18	16	26	19	22	27	21	24		46
	26	32	21	25	20	17	19	26	25	25		47
	24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		48
	23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		
	26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		
	24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN											
MERLIN											
SECCIÓN : KM0+400 - 0+800											
HUELLA : CARRIL IZQUIERDO											
CALCULOS											
F = 1.00											
D 117.36 mm											
RUGOSIDA = 0.593 + 0.0471 * D											
= 6.15 IRI											
PSI = 5 / [e ^(R/5.5)]											
= 1.45											
HOJA CAMPO											
NORMAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		1
23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		2
26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		3
24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		4
24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		5
23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		6
26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		7
24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		8
24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		9
23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		10
26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		11
24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		12
26	21	23	24	29	24	20	27	22	23		13
22	25	26	23	27	18	23	22	26	25		14
22	24	18	16	26	19	22	27	21	24		15
26	32	21	25	20	17	19	26	25	25		16
24	24	21	24	23	24	26	24	25	24		17
23	23	25	24	23	27	26	25	24	20		18
26	24	22	26	23	24	23	22	23	24		19
24	21	26	22	23	27	23	24	25	25		20



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO		
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE		
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA	FECHA	23 - 12 - 2024

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN

MERLIN											1										
																				2	
																				3	
																				4	
																				5	
																				6	
																				7	
																				8	
																				9	
																				10	
SECCIÓN : KM 0+800 - 1+200											11										
HUELLA : CARRIL DERECHO											12										
CALCULOS											13										
F = 1.00											14										
D 187.56 mm											15										
RUGOSIDA = 0.593 + 0.0471 * D											16										
= 8.79 IRI											17										
PSI = 5 / [e ^(R/5.5)]											18										
= 1.15											19										
HOJA CAMPO											20										
																				21	
																					22
																					23
																					24
																					25
																					26
																					27
																					28
																					29
NORMAL											30										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		31										
22	22	24	23	23	24	22	24	22	20	1	32										
23	24	23	25	24	23	26	21	25	25	2	33										
22	25	24	24	24	22	23	22	21	24	3	34										
22	25	18	25	23	22	22	26	26	23	4	35										
23	23	24	24	23	21	23	23	24	25	5	36										
23	25	23	25	25	26	24	25	22	20	6	37										
17	23	23	28	26	22	19	23	25	24	7	38										
30	25	30	22	23	25	27	25	24	24	8	39										
21	22	22	19	28	27	25	24	23	23	9	40										
23	18	27	22	22	21	26	22	23	23	10	41										
21	24	24	22	24	18	26	23	18	25	11	42										
24	24	25	23	21	24	20	25	24	22	12	43										
24	26	24	21	21	23	23	22	19	27	13	44										
28	23	21	24	24	24	22	21	26	21	14	45										
21	23	22	24	26	25	24	24	24	23	15	46										
23	20	25	24	25	23	24	26	24	21	16	47										
25	25	26	25	24	27	21	23	25	21	17	48										
20	24	24	24	24	25	25	24	25	23	18											
23	26	24	24	24	24	26	23	23	24	19											
23	23	23	25	23	18	23	24	25	25	20											



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN											
MERLIN											1
MERLIN											2
MERLIN											3
MERLIN											4
MERLIN											5
MERLIN											6
MERLIN											7
MERLIN											8
SECCIÓN :	KM 0+800 - 1+200										9
HUELLA :	CARRIL IZQUIERDO										10
CALCULOS											11
CALCULOS											12
CALCULOS											13
CALCULOS											14
F =	1.00										15
CALCULOS											16
D	166.54 mm										17
CALCULOS											18
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										19
CALCULOS											20
CALCULOS											21
CALCULOS											22
CALCULOS											23
CALCULOS											24
CALCULOS											25
CALCULOS											26
CALCULOS											27
CALCULOS											28
CALCULOS											29
CALCULOS											30
CALCULOS											31
CALCULOS											32
22	22	24	23	23	24	22	24	22	20	1	33
23	24	23	25	24	23	26	21	25	25	2	34
22	25	24	24	24	22	23	22	21	24	3	35
22	25	18	25	23	22	22	26	26	23	4	36
23	23	24	24	23	21	23	23	24	25	5	37
23	25	23	25	25	26	24	25	22	20	6	38
17	23	23	28	26	22	19	23	25	24	7	39
30	25	30	22	23	25	27	25	24	24	8	40
21	22	22	19	28	27	25	24	23	23	9	41
23	18	27	22	22	21	26	22	23	23	10	42
21	24	24	22	24	18	26	23	18	25	11	43
24	24	25	23	21	24	20	25	24	22	12	44
24	26	24	21	21	23	23	22	19	27	13	45
28	23	21	24	24	24	22	21	26	21	14	46
21	23	22	24	26	25	24	24	24	23	15	47
23	20	25	24	25	23	24	26	24	21	16	48
25	25	26	25	24	27	21	23	25	21	17	
20	24	24	24	24	25	25	24	25	23	18	
23	26	24	24	24	24	26	23	23	24	19	
23	23	23	25	23	18	23	24	25	25	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO											
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE											
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA	23 - 12 - 2024					
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN												
MERLIN												
											1	
											2	
											3	
											4	
										X	5	
											6	
											7	
											8	
SECCIÓN	: KM 1+200 - 1+600										9	
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10	
CALCULOS											11	
											12	
											13	
											14	
											15	
											16	
											17	
											18	
F	= 1.00										19	
											20	
											21	
											22	
											23	
											24	
											25	
											26	
											27	
											28	
											29	
											30	
HOJA CAMPO											31	
NORMAL											32	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		33
	23	21	21	24	25	26	25	24	22	24	1	34
	25	24	25	22	23	27	5	26	26	24	2	35
	25	23	25	27	26	22	20	23	25	26	3	36
	25	22	24	28	21	26	21	25	24	23	4	37
	25	24	25	24	24	26	25	24	25	24	5	38
	23	25	24	24	24	25	28	24	24	26	6	39
	24	22	24	24	24	25	25	24	23	25	7	40
	22	25	24	23	25	24	24	25	22	26	8	41
	24	21	22	25	22	25	24	24	25	25	9	42
	23	25	22	23	25	24	21	23	25	24	10	43
	24	21	26	23	24	23	24	25	26	25	11	44
	24	24	25	24	25	24	25	23	24	26	12	45
	25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	46
	23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	47
	28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	48
	21	25	23	24	25	26	26	22	22	21		
	25	24	23	25	19	27	24	28	25	24	17	
	25	25	21	25	24	25	24	25	22	21	18	
	23	25	27	26	26	26	26	24	23	21	19	
	27	26	27	22	24	21	25	23	24	25	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO											
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE											
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024	
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN												
MERLIN												
											1	
											2	
											3	
											4	
										X	5	
											6	
											7	
											8	
SECCIÓN :	KM 1+200 - 1+600										9	
HUELLA :	CARRIL IZQUIERDO										10	
CALCULOS												
											12	
											13	
											14	
F =	1.00										15	
											16	
D	191.13 mm										17	
											18	
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										X	
											19	
											20	
											21	
											22	
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										X	
											23	
	53	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24
	53	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25
	25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	26
											27	
											28	
											29	
											30	
											31	
HOJA CAMPO												
NORMAL												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
											32	
23	21	21	24	25	26	25	24	22	24		1	
											33	
25	24	25	22	23	27	5	26	26	24		2	
											34	
25	23	25	27	26	22	20	23	25	26		3	
											35	
25	22	24	28	21	26	21	25	24	23		4	
											36	
25	24	25	24	24	26	25	24	25	24		5	
											37	
23	25	24	24	24	25	28	24	24	26		6	
											38	
24	22	24	24	24	25	25	24	23	25		7	
											39	
22	25	24	23	25	24	24	25	22	26		8	
											40	
24	21	22	25	22	25	24	24	25	25		9	
											41	
23	25	22	23	25	24	21	23	25	24		10	
											42	
24	21	26	23	24	23	24	25	26	25		11	
											43	
24	24	25	24	25	24	25	23	24	26		12	
											44	
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24		13	
											45	
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25		14	
											46	
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26		15	
											47	
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21		16	
											48	
25	24	23	25	19	27	24	28	25	24		17	
											49	
25	25	21	25	24	25	24	25	22	21		18	
											50	
23	25	27	26	26	26	26	24	23	21		19	
											51	
27	26	27	22	24	21	25	23	24	25		20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>											
MERLIN											1
MERLIN											2
MERLIN											3
MERLIN											4
MERLIN											5
MERLIN											6
MERLIN											7
MERLIN											8
SECCIÓN	: KM 1+600 - 2+000										9
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10
CALCULOS											11
CALCULOS											12
CALCULOS											13
F =	1.00										14
D	231.32 mm										15
CALCULOS											16
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										17
CALCULOS											18
CALCULOS											19
CALCULOS											20
CALCULOS											21
CALCULOS											22
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										23
CALCULOS											24
CALCULOS											25
CALCULOS											26
CALCULOS											27
CALCULOS											28
CALCULOS											29
CALCULOS											30
HOJA CAMPO											31
NORMAL											32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		33
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	34
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	35
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	36
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	37
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	38
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	39
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	40
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	41
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	42
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	43
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	44
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	45
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	46
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	47
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	48
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>											
MERLIN											1
MERLIN											2
MERLIN											3
MERLIN											4
MERLIN											5
MERLIN											6
MERLIN											7
MERLIN											8
SECCIÓN	: KM 2+000 - 2+400										9
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10
CALCULOS											11
CALCULOS											12
CALCULOS											13
F =	1.00										14
D	118.32 mm										15
CALCULOS											16
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										17
CALCULOS											18
CALCULOS											19
CALCULOS											20
CALCULOS											21
CALCULOS											22
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										23
CALCULOS											24
CALCULOS											25
CALCULOS											26
CALCULOS											27
CALCULOS											28
CALCULOS											29
CALCULOS											30
HOJA CAMPO											31
NORMAL											32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		33
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	34
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	35
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	36
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	37
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	38
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	39
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	40
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	41
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	42
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	43
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	44
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	45
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	46
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	47
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	48
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>											
MERLIN											1
MERLIN											2
MERLIN											3
MERLIN											4
MERLIN											5
MERLIN											6
MERLIN											7
MERLIN											8
SECCIÓN	: KM 2+400 - 2+800										9
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10
CALCULOS											11
CALCULOS											12
CALCULOS											13
F =	1.00										14
D	116.52 mm										15
CALCULOS											16
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										17
CALCULOS											18
CALCULOS											19
CALCULOS											20
CALCULOS											21
CALCULOS											22
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										23
CALCULOS											24
CALCULOS											25
CALCULOS											26
CALCULOS											27
CALCULOS											28
CALCULOS											29
CALCULOS											30
HOJA CAMPO											31
NORMAL											32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		33
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	34
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	35
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	36
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	37
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	38
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	39
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	40
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	41
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	42
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	43
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	44
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	45
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	46
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	47
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	48
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO																					
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE																					
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024											
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>																						
MERLIN																						
SECCIÓN : KM 2+400 - 2+800																						
HUELLA : CARRIL IZQUIERDO																						
CALCULOS																						
F =	1.00																					
D	134.47 mm																					
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D																					
	= 7.33 IRI																					
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]																					
	= 1.47																					
HOJA CAMPO																						
NORMAL																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
	25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1											
	26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2											
	24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3											
	24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4											
	25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5											
	26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6											
	24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7											
	24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8											
	25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9											
	26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10											
	24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11											
	24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12											
	25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13											
	23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14											
	28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15											
	21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16											
	25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17											
	26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18											
	24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19											
	24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20											



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>											
MERLIN											1
MERLIN											2
MERLIN											3
MERLIN											4
MERLIN											5
MERLIN											6
MERLIN											7
MERLIN											8
SECCIÓN	: KM 3+200 - 3+600										9
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10
CALCULOS											11
CALCULOS											12
F	= 1.00										13
D	= 93.67 mm										14
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										15
											16
											17
											18
											19
											20
											21
											22
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										23
											24
											25
											26
											27
											28
											29
											30
HOJA CAMPO											31
NORMAL											32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		33
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	34
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	35
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	36
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	37
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	38
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	39
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	40
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	41
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	42
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	43
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	44
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	45
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	46
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	47
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	48
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>											
MERLIN											1
MERLIN											2
MERLIN											3
MERLIN											4
MERLIN											5
MERLIN											6
MERLIN											7
MERLIN											8
SECCIÓN	: KM 3+600 - 4+000										9
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10
CALCULOS											11
CALCULOS											12
F	= 1.00										13
D	122.72 mm										14
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										15
											16
											17
											18
											19
											20
											21
											22
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										23
											24
											25
											26
											27
											28
											29
											30
HOJA CAMPO											31
NORMAL											32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		33
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	34
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	35
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	36
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	37
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	38
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	39
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	40
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	41
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	42
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	43
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	44
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	45
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	46
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	47
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	48
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO											
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE											
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 – 12 – 2024	
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN												
MERLIN												
											1	
											2	
											3	
											4	
											5	
											6	
											7	
											8	
SECCIÓN	: KM 4+000 - 4+400										9	
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10	
CALCULOS											11	
											12	
F	= 1.00										13	
											14	
D	202.12 mm										15	
											16	
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										17	
											18	
	= 8.57 IRI										19	
											20	
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										21	
											22	
	59	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	23
	45	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24
	24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25
												26
												27
												28
												29
												30
HOJA CAMPO												
NORMAL												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24		1	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25		2	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27		3	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23		4	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24		5	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25		6	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27		7	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23		8	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24		9	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25		10	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27		11	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23		12	
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24		13	
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25		14	
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26		15	
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21		16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24		17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25		18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27		19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23		20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 - 12 - 2024
<u>REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN</u>											
MERLIN											
SECCIÓN	: KM 4+000 - 4+400										
HUELLA	: CARRIL IZQUIERDO										
CALCULOS											
F	= 1.00										
D	227.47 mm										
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										
	= 9.35 IRI										
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										
	= 0.98										
HOJA CAMPO											
NORMAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 – 12 – 2024
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN											
MERLIN											
											1
											2
											3
											4
											5
											6
											7
											8
SECCIÓN	: KM 4+400 - 4+800										9
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10
CALCULOS											
F	= 1.00										11
D	= 96.17 mm										12
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										13
											14
											15
											16
											17
											18
											19
											20
											21
											22
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										23
											24
											25
											26
											27
											28
											29
											30
HOJA CAMPO											
NORMAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN PUNO										
TESISTA	Bach. JOSE RUBEN MUSAJA PAYE										
CARRETERA	SUPERFICIE DE RODADURA DE VÍA AFIRMADA					FECHA					23 – 12 – 2024
REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN											
MERLIN											
											1
											2
											3
											4
											5
											6
											7
											8
SECCIÓN	: KM 4+800 - 5+000										9
HUELLA	: CARRIL DERECHO										10
CALCULOS											
F	= 1.00										11
D	= 82.27 mm										12
RUGOSIDA	= 0.593 + 0.0471 * D										13
											14
											15
											16
											17
											18
											19
											20
											21
											22
PSI	= 5 / [e ^(R/5.5)]										23
											24
											25
											26
											27
											28
											29
											30
HOJA CAMPO											
NORMAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	1	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	2	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	3	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	4	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	5	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	6	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	7	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	8	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	9	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	10	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	11	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	12	
25	24	21	27	25	26	28	24	28	24	13	
23	21	25	23	22	25	25	26	26	25	14	
28	24	26	25	23	24	27	26	24	26	15	
21	25	23	24	25	26	26	22	22	21	16	
25	19	25	26	24	27	24	23	24	24	17	
26	24	21	22	25	26	23	25	25	25	18	
24	24	24	23	24	22	28	25	24	27	19	
24	24	21	25	21	26	21	25	24	23	20	



ANEXO I
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: - 11 - 2025

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JOSE RUBEN MUSAJA PAYE

Dirección: JR 550. PUNO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76126714

Teléfono: 907560821 email: musajadavid@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: MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL DEL CENTRO POBLADO
AJJATIRA AL DISTRITO DE PEDRO VILCA APAZA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA REGIÓN
PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): IRI, PSI, transitabilidad vehicular, camino vecinal.

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

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Título
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

DE NOVIEMBRE DEL 2025

Fecha