

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO UTILIZANDO ENSAYOS
NO DESTRUCTIVOS PARA DETERMINAR LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARAPACÁ
TRAMO: AV GUSTAVO PINTO CON CALLE JADES
TACNA-2023”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. JORGE GABRIEL PACHECO PERCCA

Bach. ALEXIS KEVIN GÓMEZ GÓMEZ

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO UTILIZANDO ENSAYOS NO
DESTRUCTIVOS PARA DETERMINAR LA TRANSITABILIDAD
VEHICULAR DE LA AV. TARAPACÁ TRAMO: AV GUSTAVO
PINTO CON CALLE JADES TACNA-2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 12 de diciembre de 2023 estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Dr. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

SECRETARIO : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

**VOCAL : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN
JUÁREZ**

ASESOR : Mtro. OMAR ARTURO CUTIMBO TICONA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Alexis Kevin Gómez Gómez y Jorge Gabriel Pacheco Percca, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 71221560 y DNI 70411216 respectivamente, así como Oscar Arturo Cutimbo Ticona con DNI 4353674, declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: “*evaluación del pavimento utilizando ensayos no destructivos para determinar la transitabilidad vehicular de la av. Tarapacá tramo: av gustavo pinto con calle jades tacna-2023*”, la cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la *tesis*, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos, ante a *La Universidad* y terceros, a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la *tesis*, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 12 de diciembre de 2023



Alexis Kevin Gómez Gómez
DNI: 71221560



Jorge Gabriel Pacheco Percca
DNI: 70411216



Omar Arturo Cutimbo Ticona
DNI: 4353674

DEDICATORIA

Se lo dedicamos a nuestros padres, abuelos y seres queridos que nos apoyaron incondicionalmente en cada paso dado para lograr este objetivo y honor.

Del mismo modo un agradecimiento a nuestros docentes por su dedicación en estos años de nuestra educación, asimismo por ser un ejemplo de profesionalismo, perseverancia y amor a nuestra profesión.

Alexis Kevin Gómez Gómez
Jorge Gabriel Pacheco Percca

AGRADECIMIENTO

A Dios, le agradecemos por habernos concedido llegar a esta etapa, por habernos cuidado y guiado cada día para tomar las decisiones correctas y seguir a paso firme por este sendero llamado vida.

Y un agradecimiento especial a nuestro asesor Mag. Omar Arturo Cutimbo Ticona, por todo el tiempo y enseñanzas brindadas.

Alexis Kevin Gómez Gómez
Jorge Gabriel Pacheco Percca

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación de la investigación	4
1.3.1. Justificación teórica	4
1.3.2. Justificación práctica	4
1.3.3. Justificación metodológica	4
1.3.4. Justificación social	5
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis específicas	6
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1 Determinación de la rugosidad del pavimento flexible	10
2.2.2 Transitabilidad	11
2.2.3 Serviciabilidad	11
2.2.4 Rugosímetro Merlin	15
2.2.5 Cálculo de la Rugosidad	15
2.2.6 Aplicación Abakal IRI	16

2.3. Definición de términos.....	19
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	20
3.1 Diseño de la investigación	20
3.1.1 Tipo de investigación	20
3.1.2 Nivel de la investigación	20
3.2 Acciones y actividades.....	20
3.3 Técnicas y/o instrumentos	20
3.3.1 Técnicas.....	20
3.3.2 Instrumentos.....	23
3.4 Población y/o muestra de estudio.....	23
3.4.1 Población.....	23
3.4.2 Muestra	23
3.5 Operacionalización de las variables	23
3.5.1 Variable independiente.....	23
3.5.2 Variable dependiente	24
3.6 Procesamiento y análisis de datos.....	24
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	25
4.1 Resultados del valor IRI obtenido con el rugosímetro de merlín.....	25
4.1.1 Datos de campo obtenidos con el rugosímetro de Merlin.....	25
4.1.2 Resultados obtenidos con el rugosímetro de Merlin.....	49
4.2 Resultados del valor iri obtenido con el aplicativo Abakal iri.....	49
4.2.1 Evaluación y obtención de datos del aplicativo Abakal IRI.....	49
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	55
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de índice de serviciabilidad.....	12
Tabla 2. Transitabilidad mediante el IRI.....	12
Tabla 3. Valores de IRI (m/km) utilizados internacionalmente.....	14
Tabla 4. Hoja progresiva 0+000 – 0+400.....	25
Tabla 5. Hoja progresiva 0+400 – 0+800.....	27
Tabla 6. Hoja progresiva 0+800 – 1+200.....	29
Tabla 7. Hoja progresiva 1+200 – 1+600.....	50
Tabla 8. Hoja progresiva 1+600 – 2+000.....	32
Tabla 9. Hoja progresiva 2+000 – 2+400.....	34
Tabla 10. Hoja progresiva 2+400 – 2+700.....	37
Tabla 11. Hoja progresiva 0+000 – 0+400.....	39
Tabla 12. Hoja progresiva 0+400 – 0+800.....	60
Tabla 13. Hoja progresiva 0+800 – 1+200.....	40
Tabla 14. Hoja progresiva 1+200 – 1+600.....	42
Tabla 15. Hoja progresiva 1+600 – 2+000.....	44
Tabla 16. Hoja progresiva 2+000 – 2+400.....	45
Tabla 17. Hoja progresiva 2+400 – 2+700.....	70
Tabla 18. Resultados de los valores IRI determinados con el Merlin, por carril	49
Tabla 19. Valores IRI obtenido con el aplicativo Abakal IRI carril de bajada	73
Tabla 20. Valores IRI obtenido con la aplicación Abakal IRI en carril de subida	52
Tabla 21. Resultado ponderado del valor IRI obtenido con Merlin	55
Tabla 22. Resultado ponderado del valor IRI obtenido con la aplicación Abakal IRI	55
Tabla 23. Calificación funcional del valor IRI del pavimento.....	56
Tabla 24. Calificación de la transitabilidad en función del valor IRI	56
Tabla 25. Calificación de la transitabilidad.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de investigación, av. Tarapacá L=2.700 Km.....	2
Figura 2. Lugar de investigación: se visualiza desprendimiento de agregado en el pavimento.	3
Figura 3. Escala estándar.....	14
Figura 4. Histograma	16
Figura 5. Modelo de cuarto de coche	17
Figura 6. Aplicativo Abakal	17
Figura 7. Ubicación del teléfono.	18
Figura 8. Métodos de cálculo.	18
Figura 9. Inicio del ensayo utilizando Merlin	21
Figura 10. Ensayo con el Merlin carril de subida	21
Figura 11. Ensayo con el Merlin carril de bajada.....	22
Figura 12. Calibración del aplicativo Abakal	22
Figura 13. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 1.....	26
Figura 14. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 2.....	28
Figura 15. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 3.....	30
Figura 16. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 4.....	31
Figura 17. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 5.....	33
Figura 18. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 6.....	35
Figura 19. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1 ensayo 7.....	36
Figura 20. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 1.....	38
Figura 21. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 2.....	40
Figura 22. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 3.....	41
Figura 23. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 4.....	43
Figura 24. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 5.....	45
Figura 25. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 6.....	46
Figura 26. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 7.....	48
Figura 27. Comportamiento de los valores iri cada 100 m; carril de bajada	51
Figura 28. Desplazamiento por el carril de bajada utilizando aplicativo Abakal IRI	51
Figura 29. Comportamiento de los valores iri cada 100 m, en el. carril de subida	53
Figura 30. Desplazamiento por el carril de subida utilizando el aplicativo Abakal IRI ...	54

RESUMEN

En el departamento de Tacna existen daños en gran parte de las fundamentales arterias que enlazan la ciudad experimentan problemas de transitabilidad debido al tráfico de carga pesada y público, principalmente como resultado de la ausencia de un cuidado apropiado y puntual. La finalidad es analizar el índice de rugosidad utilizando técnicas no destructivas para perfeccionar la circulación en la Avenida Tarapacá, específicamente en el tramo entre la Calle Gustavo Pinto y Jades Tacna. Este estudio se lleva a cabo con un enfoque cuantitativo, con el propósito de contribuir al conocimiento sobre la determinación del índice de rugosidad utilizando métodos avanzados en un tramo de 2,700 m, con carriles de 3,30 m. de ancho. Se emplea un teléfono POCO X4 GT montado en un vehículo que se desplaza a velocidades de evaluación entre 40 y 60 km por hora para establecer los valores promedio del IRI, los cuales se registraron en 7,25 m. por kilómetro. Asimismo, se utilizó un rugosímetro MERLIN, obteniendo un valor ponderado del IRI de 7,28 m. por kilómetro. Con base en el valor ponderado del IRI obtenido mediante ambas estrategias en el pavimento flexible de la Avenida Tarapacá, se concluye que el estado del pavimento es calificado como deficiente.

Palabras clave: IRI de Abakal; rugosímetro de Merlín; transitabilidad.

ABSTRACT

In the department of Tacna there is damage to a large part of the main roads that connect the city, caused by heavy cargo and public transportation, this happening primarily due to not having adequate and timely maintenance. The objective of this research work is to evaluate the roughness index using non-destructive methods to improve walkability on Tarapacá Avenue, Gustavo Pinto Street section with Jades Tacna, developing an Applied thesis with a quantitative approach, because it helped generate and expand knowledge in the determination of the roughness index using cutting-edge methods in a section of 2,700 km, lanes of 3,30 m. wide, using a Poco weighted IRI value of 7,28 m/km. Using the value of the weighted IRI, obtained by both methodologies in the flexible pavement of Tarapacá Avenue, the condition of the pavement is classified as BAD.

Keywords: Abakal IRI; Merlin roughness meter; walkability.

INTRODUCCIÓN

La urbe de Tacna exhibe desgaste en el dominio de sus arterias principales que enlazan la ciudad, resultado del tráfico de cargas pesadas. El nivel de desgaste es tan significativo que demanda intervenciones de rehabilitación o reconstrucción. En este estudio, se propone evaluar el índice de rugosidad mediante técnicas no destructivas con el fin de mejorar la circulación en la Avenida Gustavo Pinto, una vía de dos carriles, uno en cada dirección, con una longitud de 2,700 metros.

Esta investigación se divide en varios capítulos:

En el capítulo uno se aborda la exposición del problema, que se presenta en forma de pregunta. A continuación, se expone la justificación del estudio, seguida de los objetivos tanto generales como específicos. Finalmente, se establece la formulación de las hipótesis.

En el capítulo dos, se ofrece una revisión de la literatura existente, que abarca los antecedentes relevantes que respaldan la investigación. Se profundiza en las bases teóricas relacionadas con las variables clave del estudio, y se proporcionan definiciones claras de los términos esenciales utilizados.

En el capítulo tres, se detalla la metodología empleada, incluyendo el tipo y el nivel de investigación, la población y la muestra seleccionada, la operacionalización de las variables, así como las técnicas y la interpretación de datos utilizados en el estudio.

En el capítulo cuatro, se exponen los hallazgos obtenidos mediante el uso del software Abakal IRI y el dispositivo rugosímetro de Merlín.

En el capítulo cinco se aborda el análisis de los hallazgos, examinándolos a través de la discusión y la comparación con los hallazgos de otros autores mencionados en la revisión de antecedentes.

Por último, prosigue las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

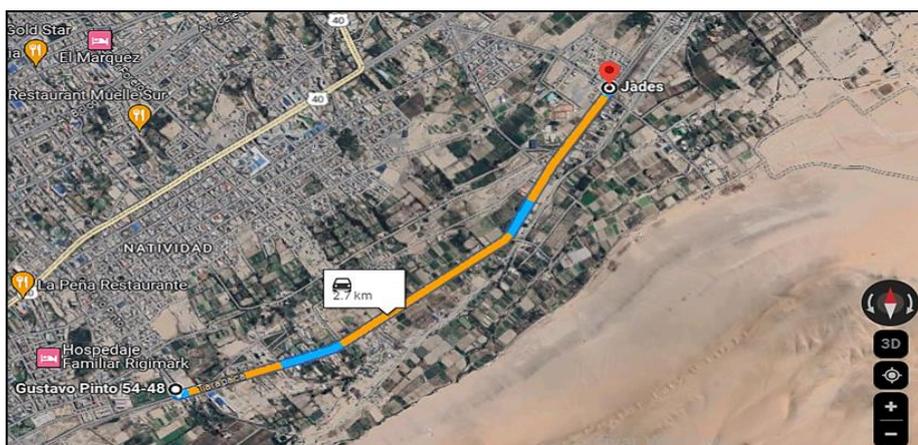
1.1. Descripción del problema

En la actualidad, el uso constante de las vías por parte del transporte de personas y mercancías conlleva a que estas vías sufran deterioro. Si no reciben el mantenimiento, el desgaste del pavimento es capaz de llegar a niveles significativos, a menudo requiriendo su reconstrucción en períodos más cortos de lo esperado respecto a su vida útil. Por lo tanto, la valoración de la rugosidad en el tramo seleccionado se convierte en una prioridad y objetivo clave en los planes de investigación. Esto se debe a que los hallazgos obtenidos pueden servir de base para la formulación de proyectos de mejora o mantenimiento de la carretera.

La figura 1 muestra la Avenida Tarapacá, en el tramo que va desde la Avenida Gustavo Pinto hasta la Calle Jades, es una ruta mayormente transitada por automóviles privados, ya que conecta el distrito de Tacna con el de Gregorio Albarracín Lanchipa. Dado el alto volumen de tráfico que experimenta, es crucial que tenga un diseño de pavimento óptimo que prolongue su vida útil y evite que los automóviles que circulan por ella se vean afectados por posibles fallas en el pavimento.

Figura 1

Zona de Investigación, Av. Tarapacá L=2,700 Km



Nota. Obtenido de Google Earth

En la figura 2, durante una evaluación visual preliminar, se identificaron diversos fallos en la superficie del pavimento, las cuales comprometen la protección y la comodidad de la circulación en la vía. Estas deficiencias aumentan el riesgo de accidentes para los usuarios debido al estado deficiente de la carretera.

Figura 2

Lugar de investigación: Se visualiza desprendimiento de agregado en el Pavimento



Nota. Obtenido de Google Earth

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo contribuirá la utilización de pruebas no destructivas en la evaluación de pavimentos para establecer el índice de rugosidad vehicular en la Avenida Tarapacá, específicamente en el tramo comprendido entre la Avenida Gustavo Pinto y la Calle Jades?

1.2.2. Problemas específicos

- a) “¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de Merlin en el tramo Av. Gustavo Pinto con Calle Jades?”
- b) “¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo para teléfonos Abakal IRI en el tramo Av. Gustavo Pinto con Calle Jades?”
- c) “¿Existe similitud entre los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes Abakal IRI y rugosímetro de Merlin en el tramo Av. Gustavo Pinto con Calle Jades?”

1.3. Justificación de la investigación

Se centra en establecer el IRI utilizando dos metodologías: la aplicación Abakal IRI y el uso del rugosímetro Merlin. Este enfoque es de gran relevancia en la ingeniería civil, ya que el contraste de los hallazgos obtenidos permite evaluar la condición funcional del pavimento flexible. Estos resultados son fundamentales para establecer el tipo de intervención necesario, ya sea mantenimiento o rehabilitación. Cabe destacar que ambas metodologías son de fácil uso e implementación, y no requieren de instrumentos especiales. Además, el rugosímetro Merlin cuenta con la aprobación del Banco Mundial debido a su eficacia en la obtención de resultados. Estos resultados son esenciales para comprender el nivel de transitabilidad en la vía evaluada.

1.3.1. Justificación teórica

El objetivo es utilizar la teoría y los principios fundamentales de la aplicación de las estrategias del aplicativo Abakal IRI y el método del uso de Merlin. Esto tiene como finalidad identificar las causas de las situaciones que ocasionan incomodidad durante el tránsito por la carretera analizada. Dichas situaciones pueden afectar diversos aspectos como la comodidad, el confort, la seguridad y el medio ambiente.

1.3.2. Justificación práctica

El planteamiento del problema y los objetivos permiten desarrollar soluciones efectivas para abordar los problemas de IRI y es un factor crucial que los ingenieros de carreteras deben estudiar y gestionar. La estrategia Abakal IRI y Merlin proporciona resultados que son fundamentales para proponer diseños estructurales en la rehabilitación, reconstrucción, mantenimiento y otras acciones necesarias para resolver los problemas identificados. Los conductores son los principales afectados debido a la presencia de numerosas fallas graves que se encuentran a lo largo de la capa de rodadura del pavimento flexible.

1.3.3. Justificación metodológica

“Se hace uso de la normativa peruana actualizada, que incluye manuales sobre suelos, geología, geotecnia y pavimentos, así como el manual de especificaciones técnicas generales EG-2013, la Norma CE-010- Pavimentos Urbanos y el manual de mantenimiento o conservación vial” (Gómez, 2020). Además, se emplean métodos que involucran el procesamiento de datos mediante software especializado para

calcular la IRI, un indicador preciso de la calidad del pavimento flexible.

1.3.4. Justificación social

Los hallazgos serán de utilidad para los estudiantes de ingeniería civil, quienes podrán acceder al material de estudio para consultas futuras y como referencia para desarrollar nuevas ideas. Además, la sociedad en general se beneficiará, ya que permitirá conocer el estado actual de la carretera. Esto es especialmente relevante para conductores y peatones, quienes se ven afectados por las condiciones deficientes de la vía, lo que genera incomodidades al transitar por ella.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

“Determinar la rugosidad del pavimento flexible utilizando ensayos no destructivos para mejorar la transitabilidad en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023”.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) “Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de Merlín en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023”.
- b) “Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo Abakal IRI en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023”.
- c) “Comparar los valores determinados mediante el aplicativo Abakal IRI y el rugosímetro de MERLIN en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023”.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

“La determinación de la rugosidad utilizando ensayos no destructivos permite mejorar la transitabilidad en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023”

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) “El valor obtenido de la rugosidad con el rugosímetro de Merlín en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023 presenta una rugosidad de regular a malo”
- b) “El valor obtenido de la rugosidad con el aplicativo IRI Abakal en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023 presenta una rugosidad de regular a malo”
- c) “Existe poca similitud de los valores determinados mediante el aplicativo IRI Abakal Free y el rugosímetro de Merlín en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023”

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Ramirez (2017), “el cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey – Casma de la carretera Panamericana Norte, se enfoca en contrastar los resultados del IRI obtenidos mediante el uso de un perfilómetro láser y el software Roadroid. La compañía a cargo de la Administración de la Red Vial 4 emplea anualmente el perfilómetro láser para analizar el estado de la carretera nacional y tomar acciones preventivas con el fin de garantizar un nivel de servicio aceptable”. Por otro lado, se realizará una evaluación empleando el software Roadroid para determinar la rugosidad de una sección específica de la Red Vial 4. Se llevará a cabo una comparación entre los resultados obtenidos por ambos sistemas de medición utilizando los datos recopilados por la concesionaria, con el fin de evaluar la eficacia de la aplicación móvil. El tramo seleccionado para el estudio es el que va desde Huarmey hasta Casma, una autovía con dos carriles en cada dirección, tanto hacia el sur como hacia el norte. Los hallazgos obtenidos con el software Roadroid se obtuvieron valores de 1,11 m/km y 1,16 m/km respectivamente. Además, se verificó que al recoger datos mientras se viaja en un vehículo a una velocidad entre 75 y 90 km/h, existe una correlación entre los valores del IRI estimado y el IRI calculado.

Montoya (2013), se centra en la evaluación del pavimento flexible en la Avenida Simón Bolívar de la ciudad de Puno mediante el uso del método del rugosímetro de Merlín y la aplicación IRI-Calc Free. El objetivo principal es llevar a cabo esta evaluación. La metodología utilizada es de naturaleza aplicada, con un diseño no experimental y un enfoque cuantitativo. El área de estudio es la Avenida Simón Bolívar, que incluye un carril derecho e izquierdo con una longitud total de 3,20 kilómetros. Para el método del rugosímetro de Merlín, se tomaron 32 unidades de muestra, cada una de 400 metros lineales. En cuanto a la aplicación IRI-Calc Free, se evaluaron 6,4 kilómetros de ambos carriles, tanto izquierdo como derecho. Los hallazgos obtenidos utilizando el rugosímetro de Merlín mostraron un IRI de 3,28 en el primer carril y 3,51 en el segundo carril, ambos clasificados como regulares. Por otro lado, con la aplicación IRI-Calc Free se obtuvieron valores de 3,85 y 4,21 para el primer y segundo carril respectivamente, siendo calificados como regular y malo. Se observa una cercana relación entre los valores de IRI obtenidos con el rugosímetro de Merlín y la aplicación IRI-Calc Free, lo cual se atribuye a la técnica de recopilación de datos utilizada en cada método.

Según Lloclla y Sánchez (2019) "Análisis comparativo del IRI del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco se llevó a cabo una comparación del IRI del pavimento en la Avenida La Cultura, desde la plaza Limacpampa hasta el paradero control, utilizando tres equipos: el rugosímetro de Merlín, el rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y la aplicación para Smartphone Roadroid". Además, se calculó el PSR en función del IRI". La metodología de este estudio sigue un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo, utilizando el método hipotético-deductivo y un diseño no experimental. Se llevaron a cabo comparaciones de los resultados obtenidos por tres equipos en la Avenida La Cultura, tanto en el carril ascendente como en el descendente. "Esto señala que el estado del carril descendente está más deteriorado que el del ascendente. Además, se observó que ambos carriles tenían valores de IRI que excedían los límites establecidos por la norma NTP CE 0,10 pavimentos urbanos, la cual estipula un valor máximo permitido de IRI de 2,5 m/km para pavimentos flexibles. Los resultados del estudio revelaron una variación promedio del 18,92% en los resultados del IRI entre la aplicación para Smartphone Roadroid, el rugosímetro de Merlín y el rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A en los carriles críticos estudiados en la Avenida La Cultura".

Según Camacho (2018) la investigación titulada "Evaluación y análisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método Roadroid y el rugosímetro de Merlin" tiene como objetivo llevar a cabo la valoración del pavimento flexible en la Avenida Simón Bolívar de Puno mediante el uso del método del rugosímetro de Merlín y la aplicación IRI-Calc-Free. Por otro lado, para la aplicación IRI-Calc-Free se analizaron 6,4 kilómetros de ambos carriles, tanto el izquierdo como el derecho. Los hallazgos obtenidos a través del rugosímetro de Merlín mostraron un IRI de 3,28 para el primer carril, clasificándolo como regular, y un IRI promedio de 3,51 para el segundo carril, también clasificado como regular. Con respecto al aplicativo IRI-Calc-Free, se obtuvieron valores de 3,85 y 4,21 para el primer y segundo carril respectivamente, calificándolos como regular y malo. Se observa una concordancia considerable entre los valores de IRI obtenidos con el rugosímetro de Merlín y el aplicativo IRI-Calc-Free. Esta relación puede atribuirse a las técnicas de recolección de datos utilizadas en cada estrategia.

Onofre y Sánchez (2008) "en su investigación sobre la determinación del IRI de pavimentos utilizando el perfilómetro Romdas Z-250, se aborda el análisis de la uniformidad de la superficie de los pavimentos, particularmente los hechos de concreto asfáltico. Además, se profundiza en la nivelación, calibración y puesta en funcionamiento del equipo Romdas Z-250 para la recopilación de datos, que

posteriormente se utilizarán en el cálculo del IRI. Este índice será determinado mediante el uso de programas de análisis de perfiles de rodadura”.

Laura (2016), en su estudio "Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlin - 2016", se investigó el grado de la medición de la uniformidad superficial del pavimento en la carretera Cusco - Urcos mediante la aplicación Roadroid en contraste con el Rugosímetro Merlin. Por lo tanto, se concluyó que la aplicación Roadroid puede ser una herramienta útil para determinar la uniformidad superficial de los pavimentos, ya que proporciona datos de manera eficiente y permite estudiar tramos más extensos en menos tiempo y con menos recursos, a diferencia del Rugosímetro Merlin, que muestra un rendimiento inferior tanto en la recopilación de datos como en su procesamiento.

Almenara (2015), el estudio "Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima", se enfocó en evaluar la aspereza de la autopista en Lima mediante la aplicación Roadroid. Se investigó si las diferencias en la velocidad durante el muestreo influyen en los resultados del IRI. “Se concluyó que Roadroid se presenta como una opción muy favorable para la gestión del tráfico, dado que facilita el seguimiento de la variación en la aspereza con el tiempo, lo que puede ser útil para determinar cuándo y dónde intervenir en una vía. Además, se determinó que velocidades superiores a 60 km/h son recomendables para llevar a cabo los estudios, ya que a esta velocidad los hallazgos obtenidos se acercan más al IRI real”.

Pari (2010), “el trabajo titulado Análisis de la rugosidad en pavimentos asfálticos de la ciudad de Puno”, se enfoca en investigar la textura de la superficie del pavimento y su conexión con las alteraciones en la capacidad de servicio de los pavimentos en la ciudad de Puno. Para este propósito, se utilizó el Equipo de Rugosímetro Merlin y se realizaron estudios en las principales vías de la ciudad, como la Avenida Circunvalación, Avenida El Ejército, Avenida El Sol, Avenida Floral, la salida hacia Desaguadero (Panamericana Sur) y la salida hacia Juliaca (Panamericana Norte), todas ellas con superficies de concreto asfáltico. El estudio resalta la relevancia del IRI para el mantenimiento de las principales vías de Puno, debido a la presencia de irregularidades en la superficie de rodadura, atribuibles a procesos constructivos inadecuados. Mediante el uso del rugosímetro Merlin, se obtuvieron los valores correspondientes del IRI para las vías evaluadas, los cuales fueron correlacionados con la serviciabilidad para establecer la capacidad de tránsito actual de las principales vías de Puno”.

Pomasonco de la Cadena (2010), el estudio titulado "Análisis de la transitabilidad mediante el uso del rugosímetro Merlin en el tramo de conservación de la carretera Cañete-Huancayo, del kilómetro 110+000 al kilómetro 112+000", se centra en la obtención del IRI, el cual servirá para calcular el PSI y, basándose en este valor, determinar la calidad de la transitabilidad que ofrece, es decir, su capacidad para ser transitada. El estudio resalta la importancia de considerar la transitabilidad como un indicador crucial para relacionarse con las acciones de conservación y rehabilitación de la vía, así como para evaluar su efectividad a lo largo del tiempo. El principal desafío abordado en este proyecto es la identificación de una variable que pueda evaluar de manera representativa la transitabilidad de la vía en cuestión.

Medina R. y Farro D. (2018), "Evaluación superficial y de rugosidad del pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, tramo: Óvalo Transportes – Óvalo Cuzco, distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna – 2017", con el fin de obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad Privada de Tacna, se basó en el uso de la metodología del PCI y el método de rugosidad de Merlin. Estos enfoques se emplearon para medir la uniformidad superficial y evaluar la condición del pavimento de la vía bajo estudio. Después de procesar los hallazgos obtenidos, se estableció que ambos carriles presentaban un estado final clasificado como "Malo", siendo el carril derecho el más afectado. Se concluyó que las fallas superficiales en la zona de estudio generalmente mostraban un nivel de severidad alto, siendo la deficiencia de mantenimiento adecuado de las vías la causa principal de este deterioro. Se observó que el mantenimiento realizado hasta ese momento consistía principalmente en reparaciones puntuales de áreas dañadas visibles a simple vista. Se destacó la necesidad urgente de un mantenimiento adecuado, considerando que la vía estudiada es una de las más transitadas de la ciudad y es vital para la comunicación de extremo a extremo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Determinación de la rugosidad del pavimento flexible

Se define como la diferencia entre una superficie específica y una teórica plana, y esta discrepancia tiene implicaciones en diversos factores como la respuesta del automóvil, la percepción del conductor, las fuerzas dinámicas aplicadas y el sistema de drenaje. Este fenómeno puede ser observado en características como el perfil longitudinal y transversal de la superficie en cuestión (ASTM, 2012).

Algunos expertos optan por emplear el término "Regularidad" en lugar de

"Rugosidad", ya que consideran que este último se vincula de manera más directa con la definición de Roughness. Por consiguiente, es común encontrar literatura que aborde de manera intercambiable los términos de Regularidad y Rugosidad se refieren a las características de la superficie del pavimento. No obstante, en este estudio se opta por emplear principalmente el término Rugosidad para describir las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente la experiencia de conducción, la seguridad vial y los gastos operativos del vehículo.

El IRI se define como la suma acumulada de los movimientos verticales experimentados por la suspensión de una rueda de un vehículo, considerando un tramo de carretera recorrido a una velocidad constante de 80 km/h. En esencia, el IRI representa un indicador de la comodidad del viaje e influye un ítem esencial de la vía que impacta directamente en la experiencia del usuario al transitar por ella (Caro F. y Peña G. 2012).

El IRI, comúnmente referido como IRI fue introducido por el Banco Mundial en 1986 con el propósito de establecer un estándar estadístico para la rugosidad. Este índice se usa como una medida de referencia para evaluar la condición de la superficie de rodadura de una autopista.

2.2.2 Transitabilidad

Hace referencia al potencial de una carretera para ser utilizada. Esto implica que la vía en cuestión está disponible para el tránsito público y no ha sido cerrada debido a "emergencias viales", como pueden ser cortes en algunos tramos del camino ocasionados por eventos naturales extremos como deslizamientos de tierra, caída de rocas, colapsos en la plataforma de la carretera, erosión provocada por ríos o el colapso de puentes, entre otros. Estos eventos suelen tener un impacto significativo en las comunidades del país y ocurren con mayor frecuencia durante la temporada de lluvias (Pomasonco de la Cadena, 2010).

2.2.3 Serviciabilidad

Se refiere a la apreciación que los individuos tienen sobre el nivel de servicio proporcionado por el pavimento. Es fundamental medir el pensar de los usuarios para evaluar la calidad del pavimento.

Evaluar la calidad de un pavimento conlleva una dificultad, ya que esta evaluación puede depender de si se considera la situación estructural del pavimento o

su condición funcional superficial. Incluso si se resuelve este dilema, sin el uso de instrumentos o metodologías de valoración estandarizadas, los hallazgos podrían carecer de comparabilidad entre mediciones realizadas por diferentes individuos o entre diferentes pavimentos. (MTC, 2016)

Tabla 1

Escala de Índice de Serviciabilidad.

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5-4	Muy buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy mala

Nota. Obtenido de Guía AASHTO

2.2.3.1. Cálculo d Transitabilidad

Es fundamental recopilar los datos en el campo para una sección particular de investigación, teniendo en cuenta los intervalos de variaciones. Posteriormente, se realiza el cálculo del rango "D" para analizar la distribución de las frecuencias de las lecturas obtenidas y se aplica el factor de corrección pertinente (Sologorre, 2005)

Tabla 2

Transitabilidad mediante el IRI

PSR	Transitabilidad
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Nota. Obtenido según (Sachún, 2016)

2.2.3.2. Rugosidad

Se define como las deficiencias en la superficie del pavimento, las cuales tienen un

impacto directo en el deterioro de las calles y carreteras, así como en la experiencia de los usuarios. Estas irregularidades tienen un efecto negativo en la calidad del viaje, la seguridad vial y los gastos operativos del vehículo.

2.2.3.3. Causas posibles de la Rugosidad

Las anomalías en la superficie de rodadura de los pavimentos, tanto en aquellos recién construidos como en los existentes, pueden originarse debido a la ausencia de estrategias de mantenimiento adecuadas o a fallos en el proceso de construcción de la vía. Estos errores pueden surgir cuando no se implementan las medidas de control necesarias durante la ejecución de la obra, lo que resulta en deformaciones e irregularidades en el pavimento.

2.2.3.4. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Se ha evidenciado que hay numerosos elementos que inciden en la irregularidad de la superficie del pavimento, entre los cuales los más significativos son:

- Edad del pavimento.
- El entorno ambiental, incluyendo la temperatura media, la cantidad de lluvia (días de precipitación), el riesgo de congelación, así como los días con temperaturas superiores a 32°C.

2.2.3.5. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

“La ASTM, en su estándar E-867, define la rugosidad como la diferencia entre la superficie del pavimento y una superficie plana ideal, lo cual afecta la conducción de vehículos, la calidad del viaje, las fuerzas dinámicas y el drenaje. También puede entenderse como la irregularidad en la superficie de la carretera que ocasiona aceleraciones verticales no deseadas, lo que añade incomodidad al viaje” (Perera y Kohn, 2002).

“El IRI es una métrica que analiza la uniformidad superficial de una carretera. Introducido por el Banco Mundial como una referencia estadística para evaluar la aspereza, el IRI examina cómo el perfil longitudinal de la carretera influye en la calidad del viaje. Se presenta en unidades de metros por kilómetro” (Sayers M. y Karamihas, S., 1998).

2.2.3.6. Escalas y características del IRI

El IRI se expresa en unidades de milímetros por metro (mm/m), metros por kilómetro (m/km) o pulgadas por milla (in/mi). En la figura 3, se observa que su rango va desde 0 hasta 20 m/km o 0 hasta 126 in/mi. Un valor de 0 m/km representa un camino uniforme perfecto, mientras que un valor de 20 m/km indica un camino prácticamente imposible de transitar.

Figura 3

Escala estándar

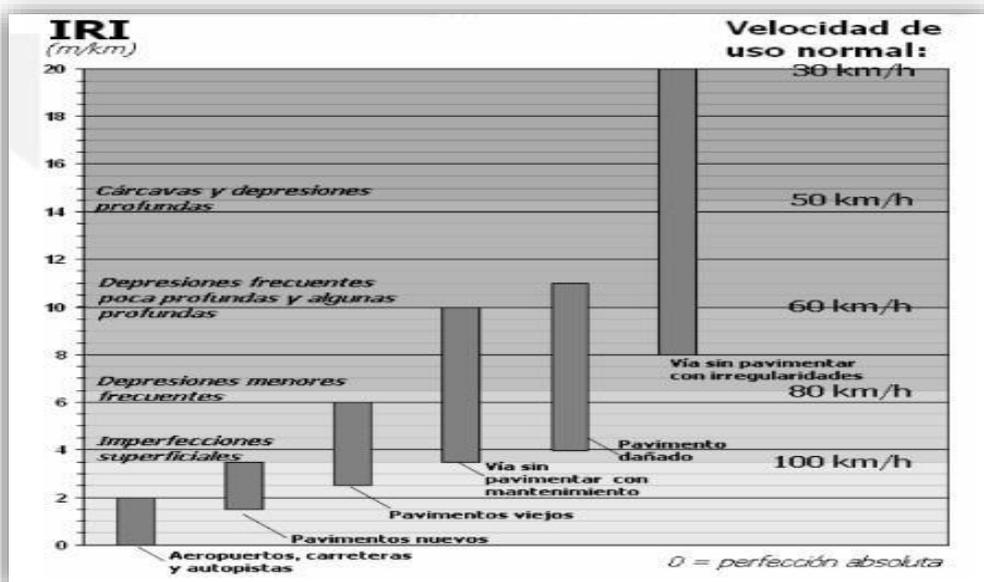


Tabla 3

Valores de IRI (m/km) utilizados internacionamente

País	Bueno	Regular	Malo	Rechazo	Recepción
EE.UU	< 2,4	2,4 – 4,7	> 4,7		
España	0 – 2,5	2,5 – 4,0	> 5,0	2,85	1,85
Chile	0 – 3,0	3,0 – 3,6	> 4,0	2,50	2,5
Honduras	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0		
Uruguay	< 3,9	4,0 – 6,0	> 4,6		

Nota. Fuente (Alvarenga, 2002)

2.2.4 Rugosímetro Merlin

Se trata de un dispositivo versátil, fácil de emplear y asequible, diseñado especialmente para su implementación en naciones en progreso. Fue introducido en el Perú en 1993, con más de 15 unidades distribuidas entre diversas empresas constructoras y firmas consultoras.

“El método de medición utilizado por el equipo Merlin, concebido como una versión adaptada de un perfilómetro estático, se califica como un método de Clase 1 debido a la notable precisión de sus resultados. La correlación entre los datos obtenidos mediante el Merlin y la escala del IRI revela un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0,98$). Gracias a su alta precisión, el Merlin se destaca como uno de los métodos más precisos, siendo superado únicamente por el método topográfico tradicional (mira y nivel)”.

2.2.5 Cálculo de la Rugosidad

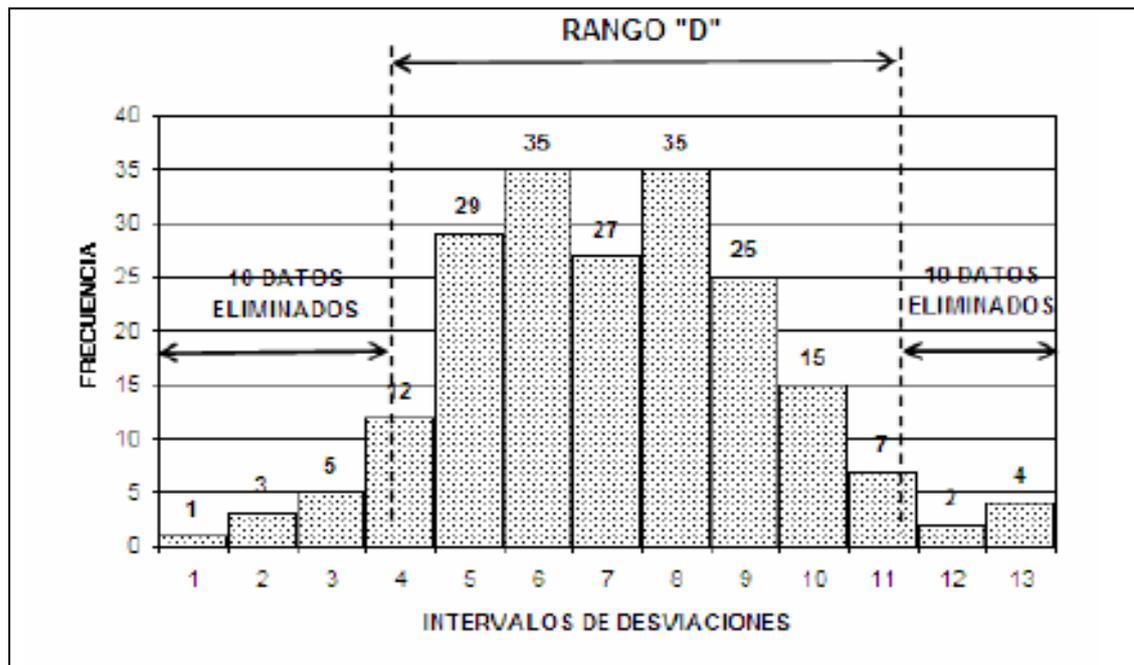
Como se ha mencionado, para obtener los 200 datos necesarios para calcular la rugosidad, se utiliza una escala de 50 unidades en el rugosímetro, que se coloca sobre su tablero. Esta escala posibilita la captura de las 200 ubicaciones que el puntero del brazo móvil del dispositivo alcanza durante la medición. “La división número 25 se define de manera que corresponda a la posición central del puntero cuando el perfil del terreno coincide con la línea promedio. Si las distintas ubicaciones del puntero coinciden con la división 25 o se encuentran cercanas a ella (con una dispersión baja), señala que el pavimento tiene un perfil casi plano (baja rugosidad). En contraposición, si el puntero se desplaza repetidamente lejos de la división número 25 (con una dispersión alta), indica que el pavimento presenta múltiples irregularidades en su perfil (alta rugosidad)”.

“La variabilidad de los datos capturados por el Merlin se evalúa calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones del puntero. Esta distribución se puede ilustrar, con propósitos educativos, utilizando un histograma (consulte la figura a continuación). Luego, se determina el rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), excluyendo el 10% de los datos que puedan corresponder a posiciones poco representativas o erróneas del puntero. En la práctica, se eliminan aproximadamente el 5% (10 datos) de la parte inferior y el 5% (10 datos) de la parte superior del histograma”. (Del Aguila, 1999).

En la figura 4, se observa el histograma de la distribución de frecuencias de forma consecutiva.

Figura 4

Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.



Nota. Obtenido de (Del Aguila, 1999)

Después de eliminar los datos, se procede a calcular el "ancho del histograma" en unidades de la escala, teniendo en cuenta las fracciones que puedan surgir debido a la exclusión de datos. Por ejemplo, al eliminar los 10 datos del extremo inferior del histograma, eliminando los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que corresponden al intervalo 4, lo que da como resultado una fracción de $11/12=0,92$. Se presenta una situación similar en el extremo superior del histograma, donde se obtiene una fracción de $3/7=0,43$. Por lo tanto, el rango total es de $0,92+6+0,43 = 7,35$ unidades.

2.2.6 Aplicación Abakal IRI

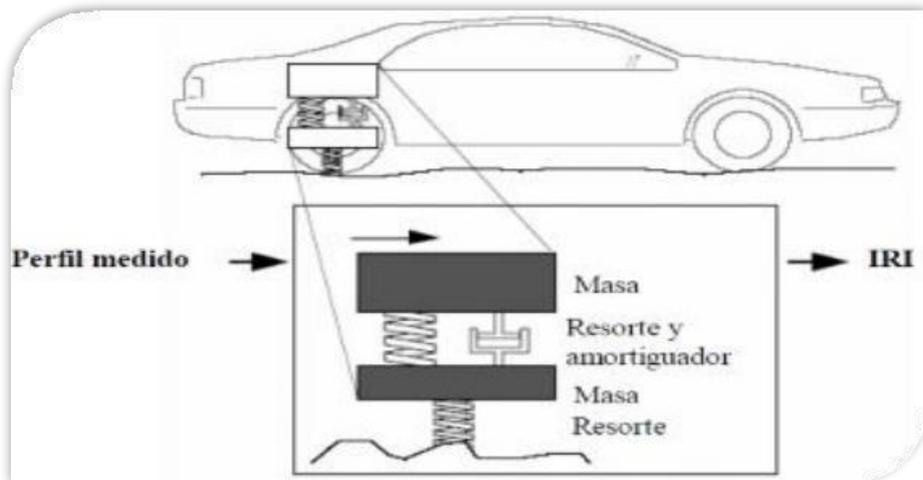
Determina el IRI utilizando los sensores de vibración y el GPS de un teléfono Android. Genera gráficos e informes del valor del IRI cada 100 metros. Además, es posible realizar la calibración. El modelo utilizado es el modelo de cuarto de carro.

En la figura 5 se muestra el método del cuarto de coche, el cual simula la rueda trasera de un automóvil. Este método implica la medición del perfil longitudinal utilizando resortes, masa vehicular y amortiguadores, todo ello aplicado con un coeficiente de referencia. Como resultado, se obtienen las deficiencias en el perfil

longitudinal.

Figura 5

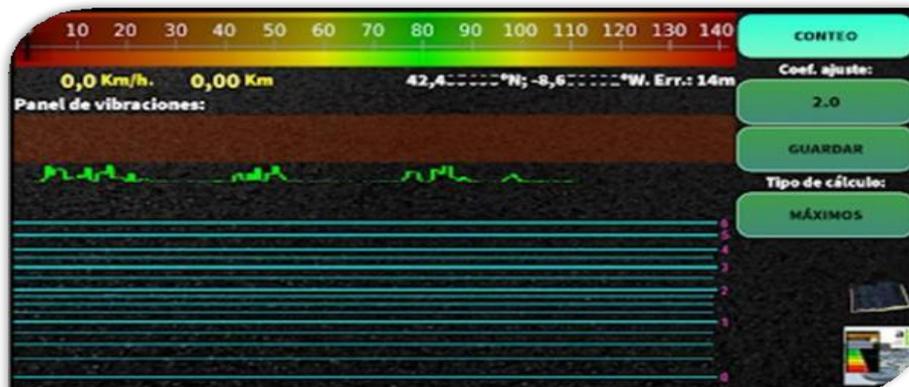
Modelo de cuarto de coche



La figura 6 muestra la pantalla inicial de la aplicación Abakal IRI, diseñada para tener los valores del IRI de la superficie de rodadura.

Figura 6

Aplicativo Abakal



2.2.6.1. Uso del aplicativo Abakal IRI

En primer lugar, se coloca el soporte del teléfono para facilitar la operación y ajuste de los métodos estadísticos o los valores máximos. El método estadístico implica ajustar la elevación o reducción del valor IRI basado en la vibración transmitida por el vehículo al teléfono.

En la figura 7, se observa la ubicación del teléfono móvil, haciendo uso del

aplicativo de Abakal IRI.

Figura 7

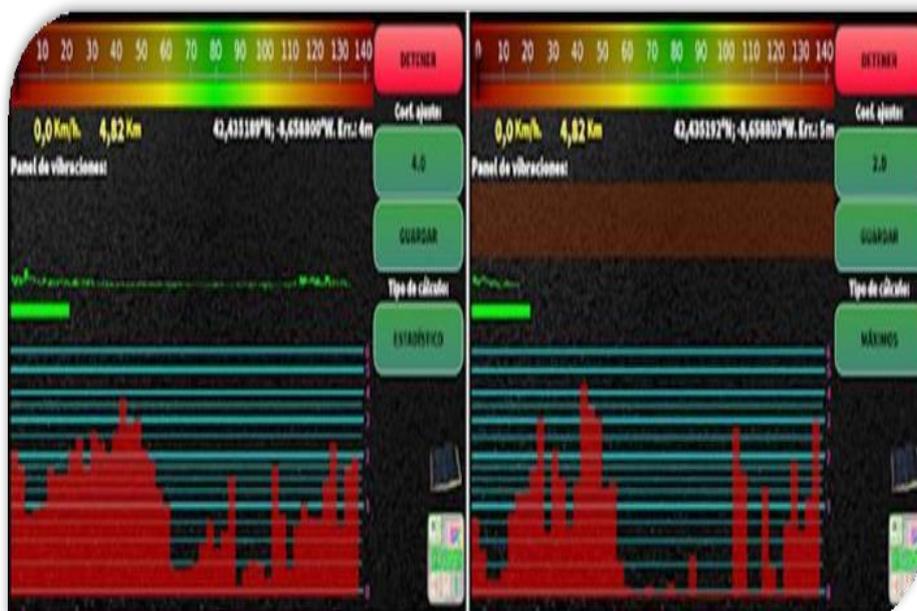
Ubicación del teléfono.



En la figura 08 se observan los métodos de cálculo de los valores IRI.

Figura 8

Métodos de cálculo.



2.3. Definición de términos

- **Transitabilidad**

Nivel de servicio de la infraestructura vial garantiza un estado que permite un flujo vehicular constante y sin interrupciones durante un período específico.

- **Ensayos No Destructivos**

Los ensayos no destructivos se refieren a pruebas que no modifiquen la forma ni las características de un objeto, causando un impacto mínimo o imperceptible en el mismo.

- **Rugosímetro De Merlín**

Este dispositivo está especialmente desarrollado para cuantificar la rugosidad de la superficie del pavimento y se deriva de un perfilómetro estático. Se presenta con un acabado de pintura electrostática en tonos amarillo y negro, y se ha diseñado de manera plegable para facilitar su embalaje y transporte.

- **Rehabilitación**

Realización de las acciones requeridas para establecer la infraestructura vial a sus condiciones originales y ajustarla a su nueva fase de servicio. Estas acciones se centran principalmente en la reparación y/o construcción de pavimentos, puentes, túneles, sistemas de drenaje, y en algunos casos, movimientos de tierras en áreas específicas, junto con otras tareas necesarias (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2018).

- **Iri Abakal Free**

Herramienta de procedencia española diseñada para dispositivos móviles, empleada para calcular el IRI de calles y carreteras.

- **Pavimento Flexible**

El pavimento está compuesto por materiales bituminosos, que incluyen aglomerantes, agregados y, en algunos casos, aditivos (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2018).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Según Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). La investigación es aplicada, porque busca la aplicación de los conocimientos y los vincula con el diseño de campo, se lleva a cabo en un entorno natural donde no se manipulan las variables.

3.1.2 Nivel de la investigación

Según Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). La investigación es descriptiva - exploratoria, porque busca generar y ampliar la obtención de nuevos conocimientos de forma metódica y sistemática es de naturaleza exploratoria, ya que busca profundizar en áreas de estudio poco exploradas anteriormente, identificando prioridades para investigaciones futuras.

3.2 Acciones y actividades

3.3 Técnicas y/o instrumentos

Utilizando tanto la aplicación Abakal IRI como el Rugosímetro de Merlin, se ha calculado el valor IRI en el pavimento flexible de la Avenida Tarapacá, específicamente en el tramo que abarca desde la Avenida Gustavo Pinto hasta la Calle Jades en Tacna durante el año 2023. Basándonos en los IRI calculados con ambas estrategias, podemos evaluar el estado del pavimento y establecer su transitabilidad.

3.3.1 Técnicas

Los métodos empleados para tener los valores del IRI son el uso de la aplicación Abakal IRI en un smartphone, instalado en la salida de aire de un automóvil Toyota Platz, y el método del Merlin, que también proporciona valores del IRI.

En la figura 9, 10 y 11 se visualiza la toma de hallazgos obtenidos a través

del Rugosímetro de Merlin a lo largo de la Av. Tarapacá, en el carril de subida y bajada.

Figura 9

Inicio del ensayo



Nota. Inicio del ensayo en el punto de la av. Tarapacá, a la 15:00horas

Figura 10

Ensayo con el Merlin carril de subida



Figura 11

Ensayo con el Merlin carril de bajada



Nota. Obtención de datos utilizando el Merlin

En la figura 12 se indican la calibración del aplicativo Abakal IRI.

Figura 12

Calibración del aplicativo Abakal



Nota. Se utiliza un vehículo para la obtención del valor IRI

3.3.2 Instrumentos

- Teléfono inteligente
- MERLIN
- Guías de observación y formatos de campo.
- Cámara fotográfica
- Formato para aforo vehicular
- Wincha de 10m.

3.4 Población y/o muestra de estudio

3.4.1 Población

Vías pavimentadas del Distrito de Tacna y Av. Tarapacá.

3.4.2 Muestra

Vía Pavimentada en Calle Tarapacá Tramo Avenida Gustavo Pinto con calle Jades con una longitud de investigación de 2,700 km.

3.5 Operacionalización de las variables

3.5.1 Variable independiente

X1= Evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos nodestructivos.

- Definición conceptual
- Índice que permite las deformaciones verticales de una vía.
- Definición operacional
- El cálculo del Índice de rugosidad cumpliendo los lineamientos de la NTPCE.010.

Indicadores

- Índice de rugosidad
- Índice Abakal (IRI)
- Cálculo del rango D
- IRI con el Merlin
- Correlación D versus IRI

3.5.2 Variable dependiente

Y1= Mejorar la transitabilidad vehicular

- Definición conceptual
- Percepción del usuario referente al nivel de servicio del pavimento.
- Definición operacional
- Adecuada disponibilidad de uso

Indicadores

- Cálculo del Índice de rugosidad
- Escala y características del IRI
- Transitabilidad en función del IRI

3.6 Procesamiento y análisis de datos

Basándose en los datos recolectados en el campo utilizando la aplicación Abakal, los cálculos del IRI se llevan a cabo cada 100 metros en el carril derecho y izquierdo. Del mismo modo, el Rugosímetro de Merlin evalúa tramos de 400 metros en ambos carriles de la Avenida Tarapacá, calculando el IRI. Para procesar los datos y realizar los cálculos, se emplea la hoja electrónica Excel.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados del valor IRI obtenido con el rugosímetro de Merlin

Para establecer la medición del valor IRI, el procedimiento implica seleccionar tramos de prueba de 400 metros cada uno, con lecturas tomadas cada dos metros. Esto proporciona un total de 200 lecturas por tramo, que se utilizarán para el procesamiento a través de la hoja de cálculo Excel con el fin de determinar el valor IRI. Este proceso se realiza tanto en el carril descendente como en el carril ascendente de la Avenida Tarapacá.

4.1.1 Datos de campo obtenidos con el rugosímetro de Merlin

Se proporcionan los datos de campo, comenzando con el carril de descenso y luego con el carril de ascenso. La Tabla 4 muestra la hoja de campo, abarcando las progresivas desde 0+000 hasta 0+400 en el Carril de Ascenso.

Tabla 4

Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+000 – 0+400

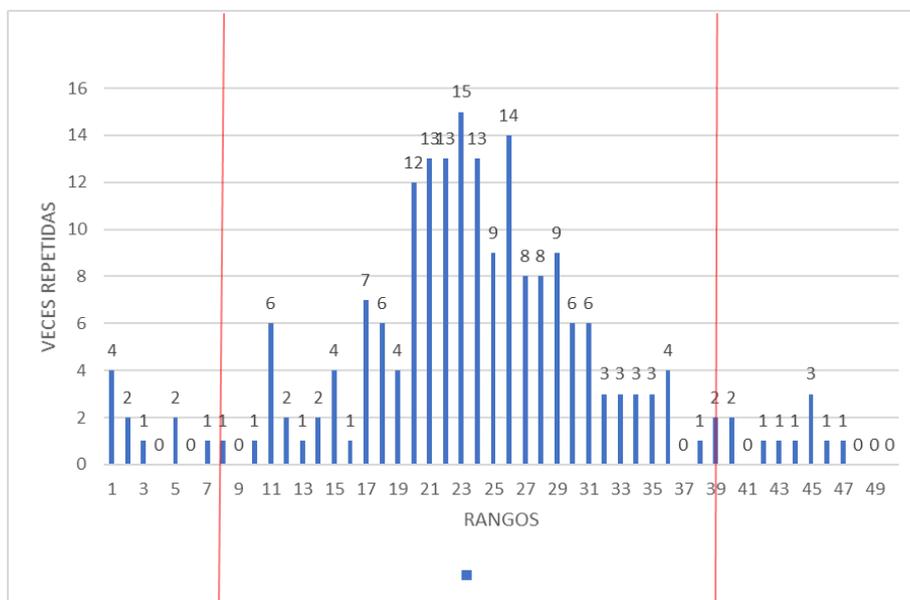
Datos obtenidos en campo con Merlin										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18	7	31	24	25	21	20	17	5	2
2	25	1	40	21	20	19	17	32	23	21
3	44	34	26	30	24	20	33	23	30	21
4	28	39	24	26	21	20	30	32	23	22
5	45	36	28	17	24	22	8	28	24	3
6	26	40	31	19	23	24	24	20	36	17
7	25	23	27	21	17	26	15	30	29	18
8	5	11	14	22	21	29	20	25	29	18
9	21	26	27	15	22	29	26	19	22	21
10	30	12	29	29	26	27	21	1	23	22
11	25	22	16	26	24	20	21	47	23	23
12	24	34	32	23	28	20	23	46	23	24
13	20	23	17	18	22	27	39	36	35	25
14	10	30	45	38	22	22	24	11	28	25
15	15	33	28	26	26	29	11	31	28	26
16	21	19	35	31	20	24	26	33	12	27

17	1	22	27	14	23	11	26	43	22	28
18	18	31	29	25	23	20	21	1	18	29
19	11	36	26	2	20	23	22	11	31	34
20	15	13	35	27	25	27	24	45	17	42

En la figura 13 los hallazgos y el cálculo de la rugosidad se visualizan para el tramo 1, ensayo 1 comprendido entre las progresivas 0+000 y 0+400 en el carril de ascenso

Figura 13

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 1



RANGO D	29
FC	1
D	145

$$IRI = 0,593 + 0,471D$$

$$IRI = 7,42 \text{ m/km}$$

Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad, según rangos las veces repetidas.

En la tabla 5 muestra los registros de campo para el tramo entre las progresivas 0+400 y 0+800 en el carril ascendente.

Tabla 5*Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+400 – 0+800*

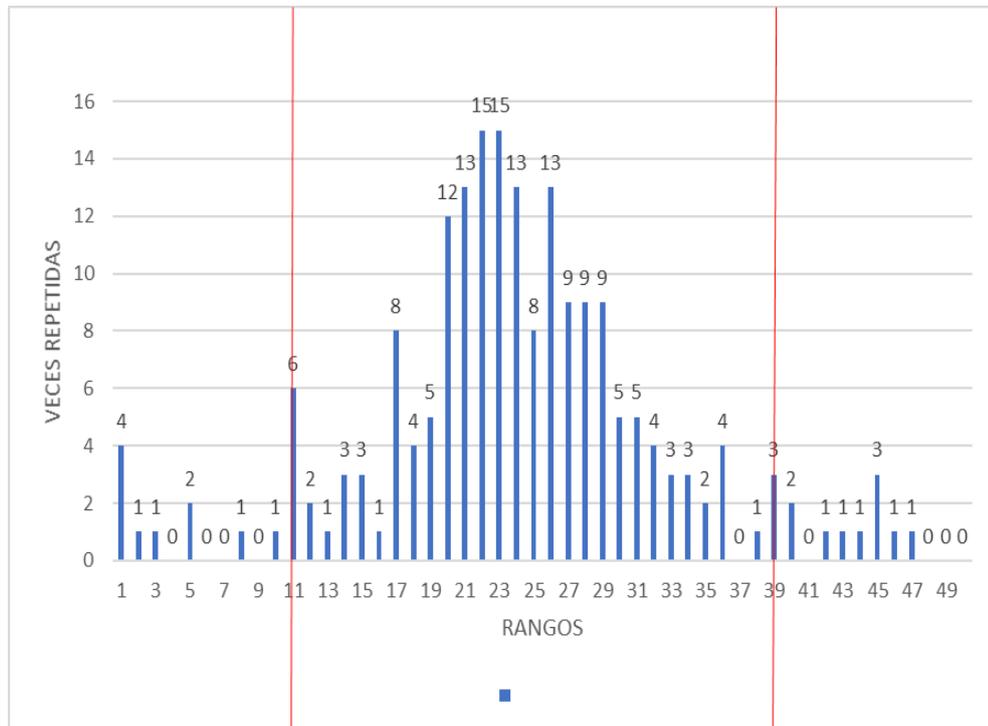
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	21	27	20	17	24	14	28	27	17
2	11	36	26	2	20	23	22	11	31	34
3	1	22	27	14	23	11	26	43	22	28
4	21	26	27	15	22	29	26	19	22	21
5	45	36	28	17	24	22	8	28	24	3
6	20	23	17	18	22	27	39	36	40	25
7	26	35	31	19	23	24	24	20	36	17
8	25	1	40	21	20	19	17	32	23	21
9	5	11	14	22	21	29	20	25	29	18
10	24	34	32	23	28	20	23	46	23	24
11	21	5	32	25	29	23	22	19	17	1-
12	18	31	29	25	23	20	21	1	18	29
13	28	39	24	26	21	20	30	32	23	22
14	25	22	16	26	24	20	21	47	23	23
15	15	33	28	26	26	29	11	31	28	26
16	15	13	35	27	25	27	24	45	17	39
17	30	12	29	29	26	27	21	1	23	22
18	44	34	26	30	24	20	33	23	30	21
19	21	19	42	31	20	24	26	33	12	27
20	10	30	45	38	22	22	24	11	28	25

Nota. Tabla que muestra los datos obtenidos en campo, se muestra las lecturas del ensayo 2 en el carril de subida, Av. Tarapacá.

En la figura 14 los hallazgos y el análisis de la rugosidad se visualizan para el tramo 1, ensayo 2 entre las progresivas 0+400 y 0+800 en el carril ascendente.

Figura 14

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 2



RANGO D	28
FC	1
D	140

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 7,19 \text{ m/km}$$

Nota. Gráfico de distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 6 se visualiza la hoja de campo que presenta los valores IRI registrados entre las progresivas 0+800 y 1+200 en el carril ascendente.

Tabla 6*Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+800 – 1+200*

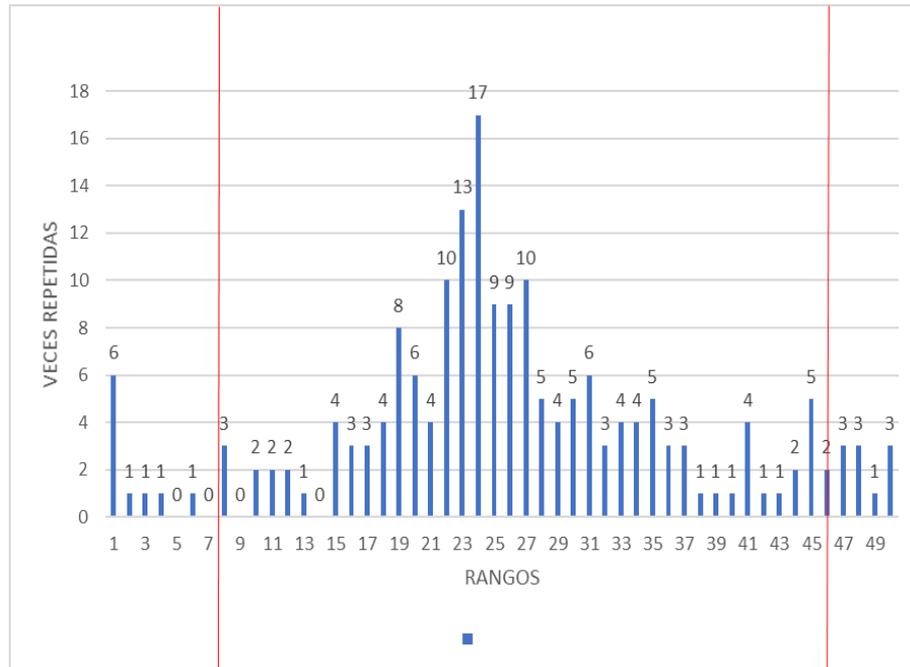
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	26	35	47	21	33	2	25	18	24
2	27	37	50	36	26	15	27	32	1	43
3	32	29	1	1	39	19	27	19	8	20
4	24	49	22	29	27	21	32	24	20	8
5	11	31	+50	12	24	+50	24	23	23	15
6	34	38	35	-1	31	35	22	22	23	35
7	23	45	24	8	28	28	22	23	24	33
8	22	1	30	27	47	34	20	28	24	15
9	18	31	23	16	30	45	21	22	26	10
10	25	40	41	35	16	25	26	3	27	30
11	25	4	46	42	+50	-1	17	19	28	24
12	25	50	17	48	22	11	24	12	30	31
13	29	18	37	41	19	37	24	27	33	27
14	28	17	45	33	19	31	24	25	34	20
15	23	34	16	10	-1	23	25	36	41	23
16	23	45	15	31	13	29	22	25	44	22
17	24	1	1	6	24	20	23	24	50	26
18	27	26	46	23	25	26	26	27	45	26
19	19	23	18	48	-1	44	24	-1	47	22
20	24	-1	19	-1	36	41	21	30	48	19

Nota. Tabla que muestra los datos de las lecturas del ensayo 3 en el carril de subida, Av. Tarapacá.

En la figura 15 se pueden observar los hallazgos y el cálculo de la rugosidad para el tramo 1, ensayo 3, comprendido entre las progresivas 0+800 y 1+200 en el carril ascendente.

Figura 15

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 3



RANGOD	37
FC	1
D	185

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 9,31 \text{ m/km}$$

Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad del tramo 1, ensayo 3

En la tabla 7 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 1+200 - 1+600 en el carril ascendente.

Tabla 7

Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 1+200 – 1+600

Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	23	27	3	46	18	13	34	9	27
2	17	49	23	1	25	10	26	22	43	22
3	13	24	28	25	29	19	26	29	32	27
4	28	1	28	20	15	20	31	11	23	20

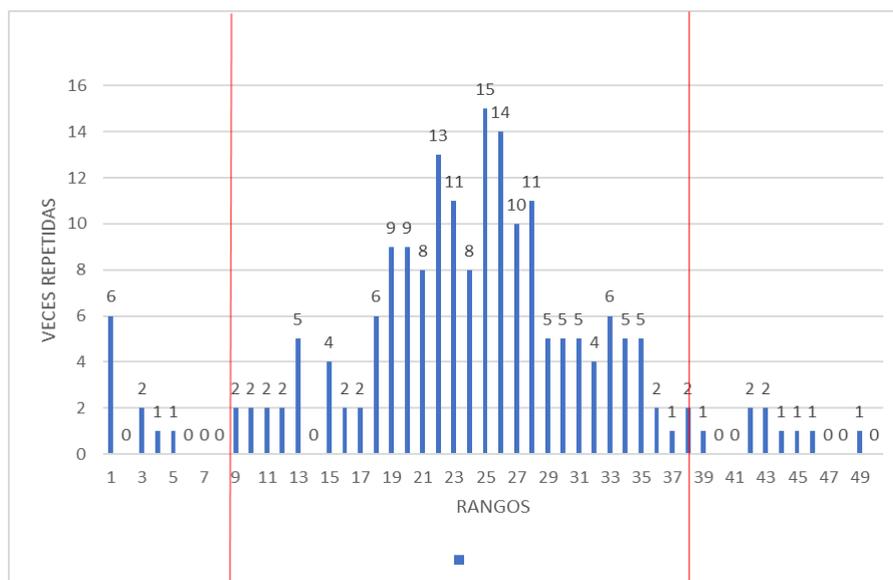
5	39	27	29	15	34	20	26	25	22	26
6	35	25	25	23	13	20	21	1	30	25
7	-1	32	30	42	43	22	23	25	28	24
8	3	17	-1	37	20	22	19	19	22	29
9	31	31	22	32	19	22	25	35	16	26
10	33	26	27	23	23	22	27	21	33	25
11	20	36	25	13	21	22	28	33	26	-1
12	29	35	4	38	9	23	26	25	15	27
13	13	28	33	34	34	25	27	27	23	21
14	-1	26	19	22	25	25	18	24	25	21
15	12	33	19	45	21	26	21	32	18	23
16	44	31	34	24	19	28	20	26	16	20
17	38	-1	35	30	1	28	19	26	30	22
18	-1	15	24	23	11	28	18	5	26	27
19	33	36	24	12	22	30	42	21	35	28
20	1	18	28	1	18	31	24	24	26	19

Nota. Tabla de datos que muestra las lecturas del ensayo 4 en el carril de subida, Av. Tarapacá.

En la figura 16 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre los tramos 1 ensayo 4, de las progresivas 1+200 - 1+600 en el carril ascendente.

Figura 16

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 4



RANGO D	28
FC	1
D	141

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 7,23 \text{ m/km}$$

Nota. Figura que muestra la distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 8 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 1+600 - 2+000 en el carril ascendente.

Tabla 8

Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 1+600 – 2+000

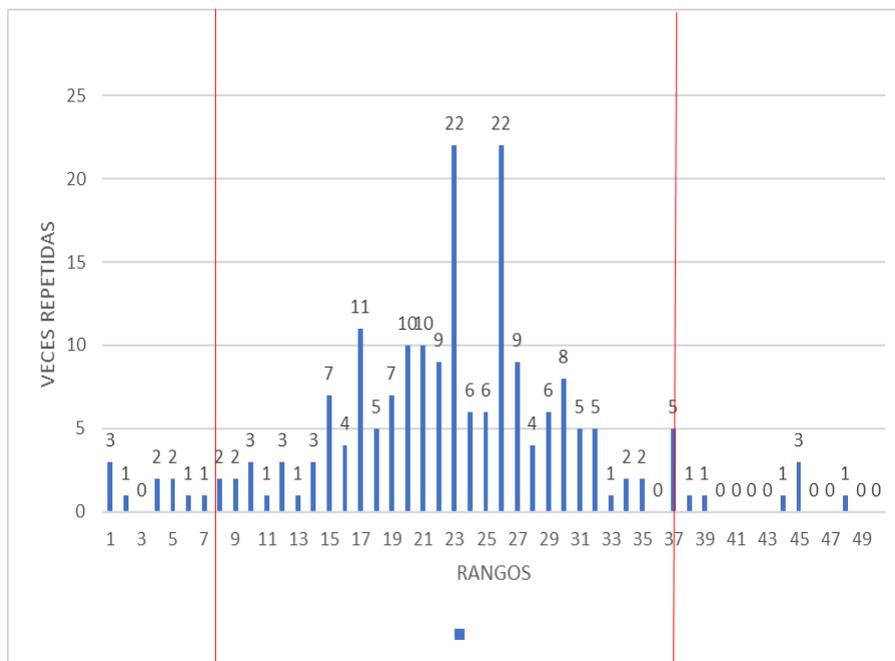
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	20	26	31	21	27	23	21	1	16
2	37	8	26	23	28	23	8	14	26	32
3	23	4	29	30	20	35	12	15	26	26
4	30	45	18	23	20	24	15	19	31	30
5	15	45	20	19	30	30	29	20	17	17
6	17	20	26	48	17	23	27	21	14	23
7	24	12	23	14	21	-1	26	22	1	28
8	19	27	26	7	32	37	25	22	16	26
9	26	18	24	34	10	24	27	23	17	19
10	28	32	27	23	26	4	21	23	26	27
11	32	16	21	13	6	-1	20	23	45	24
12	12	16	20	30	15	22	23	24	5	22
13	31	21	15	5	26	19	37	25	37	17
14	22	29	21	31	29	35	10	26	2	31
15	9	30	20	29	21	11	27	26	10	23
16	21	26	22	23	17	18	23	26	18	22
17	17	20	19	17	26	15	44	26	15	22
18	17	33	34	19	23	9	39	27	18	26
19	30	25	37	22	23	26	17	28	25	25
20	27	26	1	23	38	32	25	29	23	23

Nota. Tabla de registros de las lecturas del ensayo 5 en el carril de subida, Av. Tarapacá.

En la figura 17 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 1, ensayo 5, de las progresivas 1+600 - 2+000 en el carril ascendente.

Figura 17

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 5



RANGO D	29
FC	1
D	146

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 7,47 \text{ m/km}$$

Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 9 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 2+000 - 2+400 en el carril ascendente.

Tabla 9*Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 2+000 – 2+400*

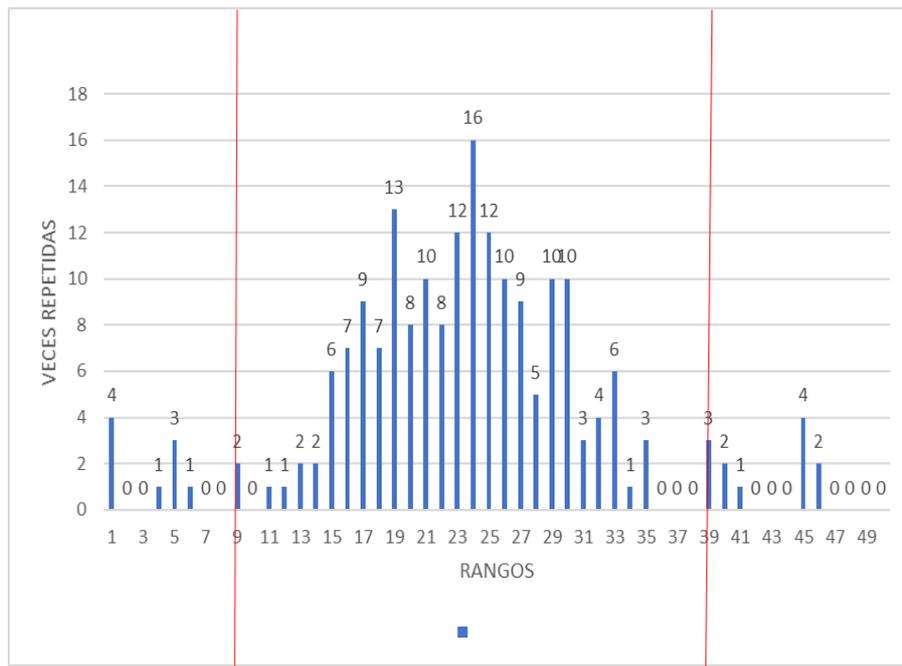
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	24	23	15	21	18	17	16	29	40
2	25	19	24	9	16	33	24	19	40	30
3	23	20	28	23	17	30	20	20	46	24
4	15	21	25	45	18	35	21	45	17	24
5	31	16	1	22	19	25	17	41	-1	21
6	32	17	1	21	19	20	19	5	+50	5
7	29	16	27	33	22	17	30	29	35	11
8	24	15	19	16	23	25	22	32	24	13
9	22	29	28	32	24	27	25	21	39	26
10	24	27	19	25	24	25	17	20	9	20
11	45	26	30	30	25	18	26	18	32	30
12	26	21	20	18	25	14	27	1	19	27
13	28	21	23	27	26	22	23	45	22	17
14	14	21	23	18	26	23	31	30	46	16
15	21	23	26	29	27	22	24	33	29	6
16	29	26	23	15	28	23	19	15	4	24
17	29	25	26	26	30	23	29	27	29	30
18	15	35	24	24	31	19	19	16	19	28
19	33	12	17	27	33	24	13	39	24	19
20	39	25	22	34	33	25	30	18	1	5

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 6 en el carril de subida, Av. Tarapacá.

En la figura 18 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 1, ensayo 6, de las progresivas 2+000 - 2+400 en el carril ascendente.

Figura 18

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 6



RANGO D	26
FC	1
D	127

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 6,60 \text{ m/km}$$

Nota. Gráfico de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 10 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 2+400 - 2+700 en el carril ascendente.

Tabla 10

Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 2+400 – 2+700

Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	17	15	18	15	23	15	23	24	
2	2	16	13	14	16	14	14	36	21	
3	5	11	14	22	21	29	20	25	29	
4	25	22	16	26	24	20	21	47	23	
5	20	23	17	18	22	27	39	36	40	

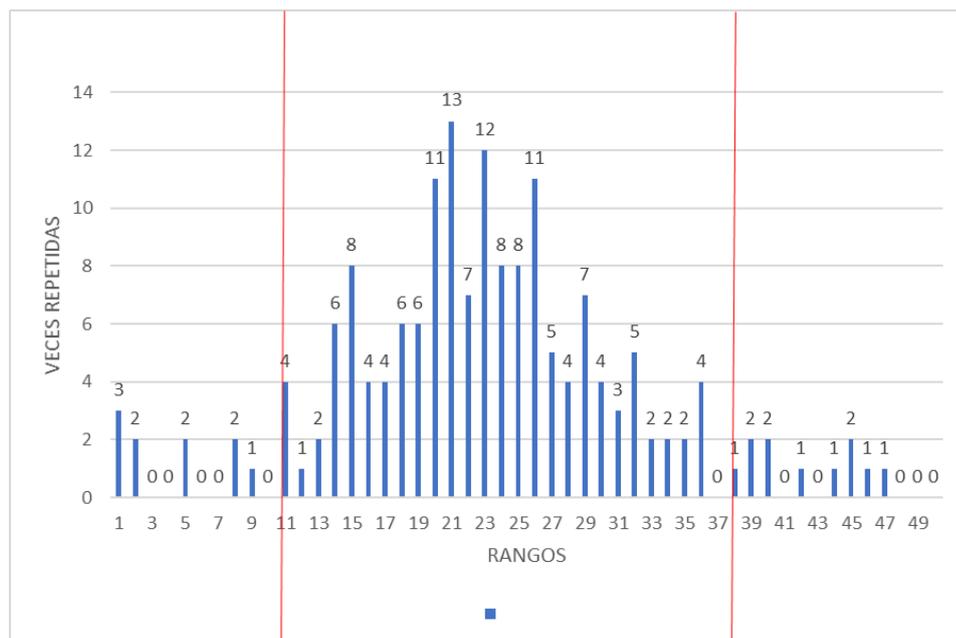
6	14	32	18	15	15	19	11	26	21
7	28	39	24	26	21	20	30	32	23
8	23	35	25	16	21	18	19	15	26
9	44	34	26	30	24	20	33	23	30
10	11	36	26	2	20	23	22	11	31
11	21	26	27	15	22	29	26	19	
12	45	36	28	17	24	22	8	28	
13	18	31	29	25	23	20	21	1	
14	30	12	29	29	26	27	21	1	
15	21	5	32	25	29	23	22	19	
16	24	34	32	23	28	20	23	46	
17	15	13	35	27	25	27	24	45	
18	8	25	38	26	18	21	14	9	
19	25	1	40	21	20	19	17	32	
20	21	19	42	31	20	24	26	33	

Nota. Tabla de datos del tramo1, que muestra las lecturas del ensayo 6 en el carril de subida, Av. Tarapacá.

En la figura 19 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 1, ensayo 7, de las progresivas 2+400 - 2+700 en el carril ascendente.

Figura 19

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1 ensayo 7



RANGO D	27
FC	1
D	135

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 6,95 \text{ m/km}$$

Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad del tramo 1, ensayo 7

En la tabla 11 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 0+000 - 0+400 en el carril descendente.

Tabla 11

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+000 – 0+400

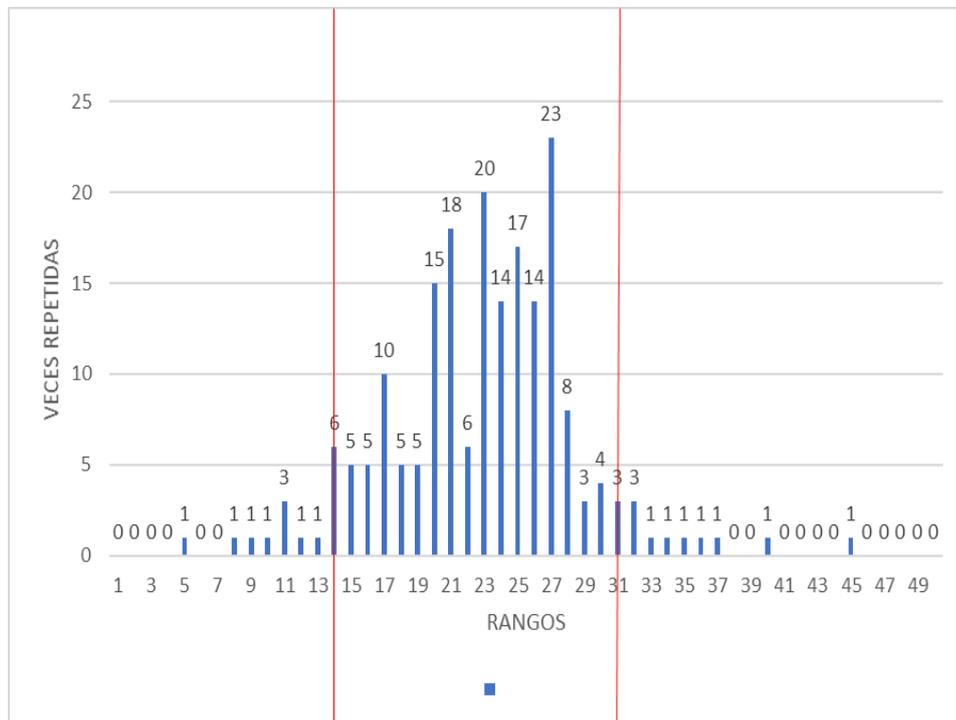
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	27	5	27	25	15	21	29	27	31	16
2	15	14	23	21	16	21	27	27	18	23
3	26	45	23	31	17	25	25	27	29	12
4	21	23	23	25	17	22	25	25	18	15
5	20	27	20	26	17	27	14	17	16	27
6	23	28	28	21	20	32	27	22	13	26
7	21	23	20	23	22	21	23	14	23	25
8	19	23	20	20	23	19	21	21	26	14
9	22	40	28	30	23	10	23	28	23	18
10	14	20	11	27	24	24	15	23	26	24
11	24	26	15	17	25	21	30	26	30	11
12	18	24	27	26	25	21	24	23	24	27
13	25	31	27	20	26	25	21	23	35	17
14	17	36	20	9	26	21	20	27	28	37
15	20	26	25	25	26	24	28	27	25	20
16	24	24	21	34	27	23	17	30	24	16
17	32	28	11	17	27	21	24	26	21	22
18	21	19	14	16	28	18	21	17	27	19
19	24	20	20	24	32	25	29	25	22	27
20	19	8	27	20	33	25	26	27	23	27

Nota. Tabla de datos del tramo 2, que muestra las lecturas del ensayo 1 en el carril de bajada, Av. Tarapacá.

En la figura 20 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 2, ensayo 1, las progresivas 0+000 – 0+400 en el carril descendente.

Figura 20

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 1



RANGO D	20
FC	1
D	100

$$IRI = 0,593 + 0,471D$$

$$IRI = 5,30 \text{ m/km}$$

Nota. Figura del cálculo de distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad.

En la tabla 12 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 0+400 - 0+800 en el carril descendente.

Tabla 12*Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+400 – 0+800*

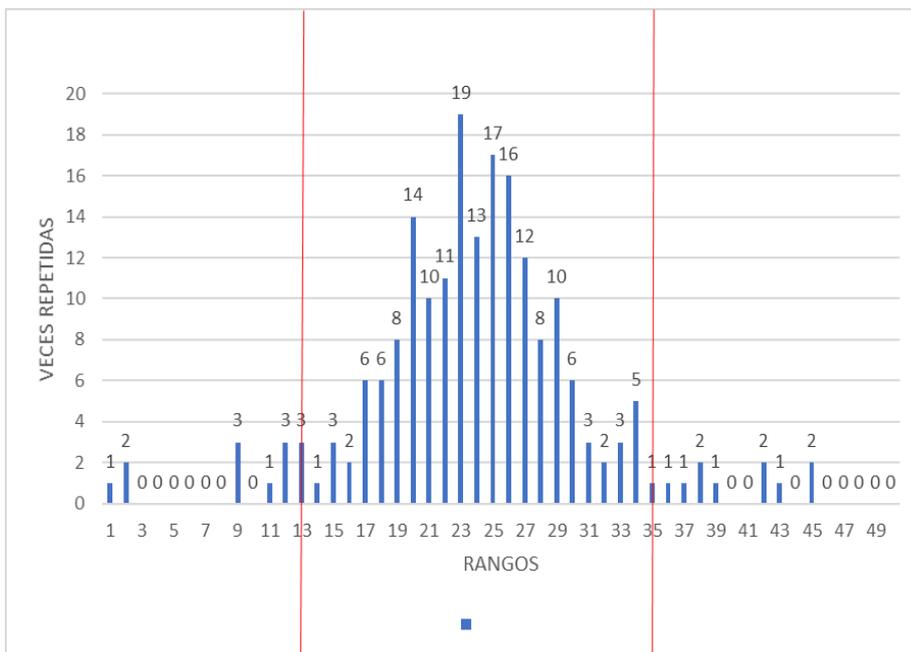
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	21	24	18	21	24	16	23	21	24	14
2	28	21	20	2	22	29	9	15	27	19
3	17	20	15	26	33	34	11	23	22	26
4	26	28	25	34	24	20	13	21	27	23
5	18	26	21	23	12	26	17	25	31	13
6	24	20	30	38	19	20	18	25	32	26
7	26	9	23	12	29	36	23	25	26	23
8	23	23	19	38	28	21	23	30	24	26
9	22	29	23	17	23	20	23	27	21	34
10	27	45	25	42	12	26	25	23	29	30
11	24	34	29	45	19	27	25	25	17	27
12	20	27	25	26	29	-1	26	21	19	1
13	25	26	23	25	25	9	27	19	23	19
14	24	17	27	20	25	31	29	27	22	27
15	26	24	25	18	26	23	30	24	25	19
16	23	22	25	24	32	13	30	20	15	20
17	18	22	28	39	18	29	31	24	20	22
18	21	16	26	28	20	22	33	20	22	25
19	24	33	34	43	17	27	37	20	35	28
20	22	2	30	23	29	29	42	22	28	28

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 2 en el carril de bajada, Av. Tarapacá.

En la figura 21 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 2, ensayo 2, las progresivas 0+400 – 0+800 en el carril descendente.

Figura 21

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 2



RANGO D	23
FC	1
D	115

IRI = 0,593+0,471D

IRI = 6,00 m/km

Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad, visualizados en rangos.

En la tabla 13 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 0+800 - 1+200 en el carril descendente.

Tabla 13

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+800 – 1+200

Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	14	31	21	25	19	8	23	19	43	17
2	11	20	24	24	22	49	28	1	30	35
3	25	21	26	25	21	29	23	9	38	4
4	1	20	25	24	28	-1	28	11	23	24

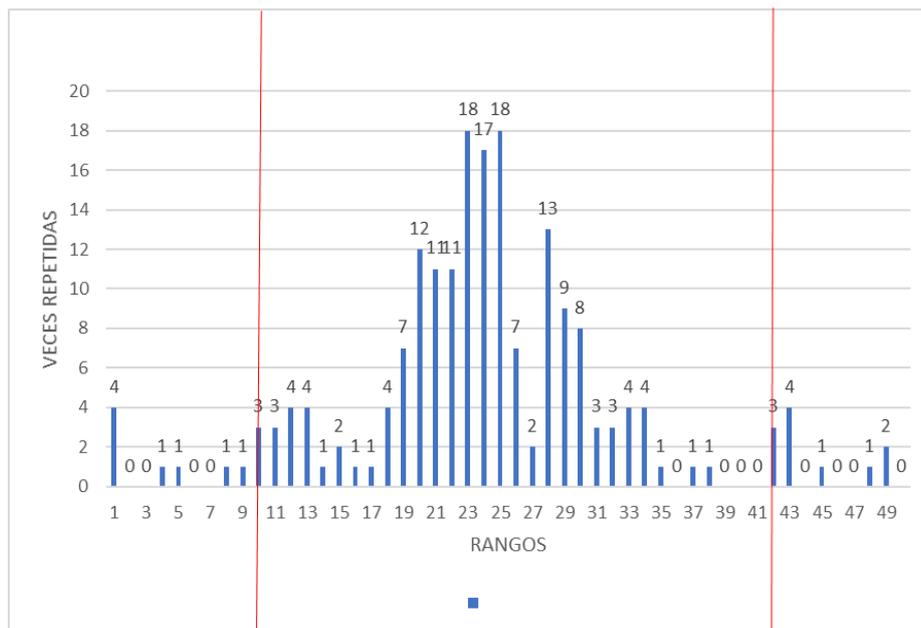
5	20	19	28	25	24	33	32	13	23	25
6	18	28	21	26	13	18	20	15	20	28
7	33	22	26	22	27	19	31	18	-1	28
8	42	22	25	30	16	12	28	19	24	34
9	30	29	43	22	24	50+	22	19	32	22
10	28	24	30	24	24	32	22	20	37	-1
11	23	30	23	23	23	24	25	21	13	25
12	10	25	26	25	23	29	20	22	12	24
13	13	25	43	23	25	21	29	23	23	27
14	28	21	23	24	42	10	10	25	1	23
15	12	20	33	21	21	20	+50	25	22	19
16	12	21	28	24	23	1	24	29	25	28
17	+50	-1	29	25	29	30	25	34	34	33
18	+50	49	29	26	30	24	20	34	15	29
19	18	26	28	24	20	45	22	43	42	30
20	21	26	23	23	11	20	23	48	5	31

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 3 en el carril de bajada, Av. Tarapacá.

En la figura 22 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 2, ensayo 3, las progresivas 0+800 – 1+200 en el carril descendente.

Figura 22

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 3



RANGO D	28
FC	1
D	140

$$IRI = 0,593+0,471D$$

$$IRI = 7,16 \text{ m/km}$$

Nota. Distribución de rangos de las frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad.

En la tabla 14 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 1+200 - 1+600 en el carril descendente.

Tabla 14

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 1+200 – 1+600

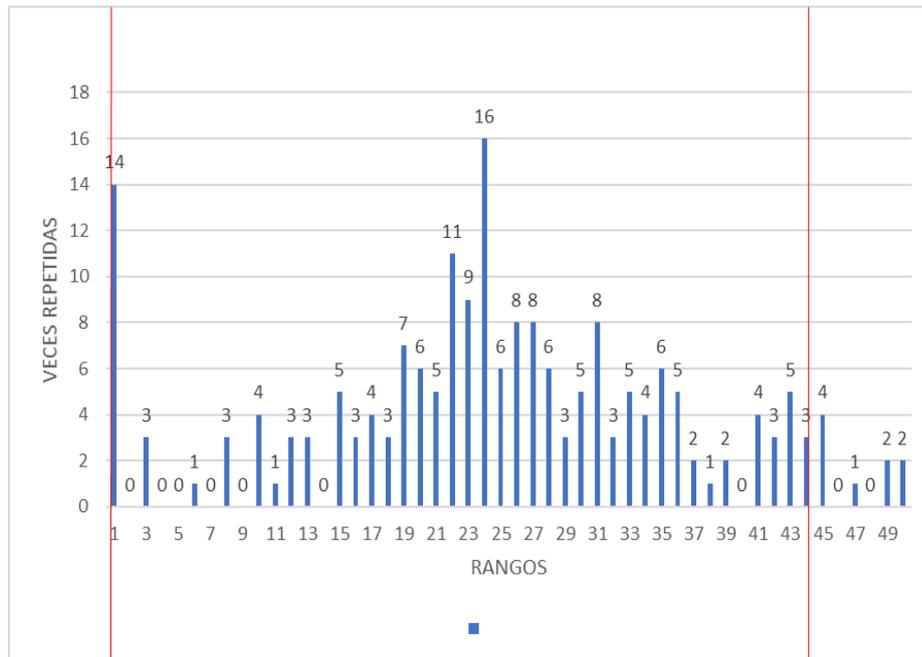
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	31	10	23	43	26	21	22	24	21	45
2	36	20	22	44	25	22	29	13	31	15
3	1	44	30	20	3	26	25	16	35	41
4	24	13	20	34	25	24	31	19	33	43
5	15	34	27	23	27	24	37	19	41	37
6	49	12	25	24	26	3	34	22	49	38
7	17	3	31	45	12	24	11	22	43	17
8	1	1	15	33	23	24	+50	24	12	42
9	36	33	26	50	24	23	20	24	6	1
10	26	33	43	26	32	27	15	26	36	50
11	35	28	8	28	24	32	21	27	29	22
12	31	17	33	27	23	22	28	28	8	24
13	26	1	10	24	22	21	+50	30	16	23
14	18	1	35	8	22	22	35	31	1	35
15	28	13	19	41	30	21	41	36	42	19
16	18	1	20	30	19	27	19	39	1	1
17	32	29	24	23	19	17	-1	45	18	42
18	25	35	15	24	28	20	34	47	27	30
19	27	39	22	43	1	24	44	1	45	1
20	31	31	23	10	36	25	23	1	10	16

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 4 en el carril de bajada, Av. Tarapacá.

En la figura 23 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 2, ensayo 4, las progresivas 1+200 – 1+600 en el carril descendente.

Figura 23

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 4



RANGO D	41
FC	1
D	205

$$IRI = 0,593+0,471D$$

$$IRI = 10,22 \text{ m/km}$$

Nota. Gráfico de distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad.

En la tabla 15 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 1+600 - 2+000 en el carril descendente.

Tabla 15*Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 1+600 – 2+000*

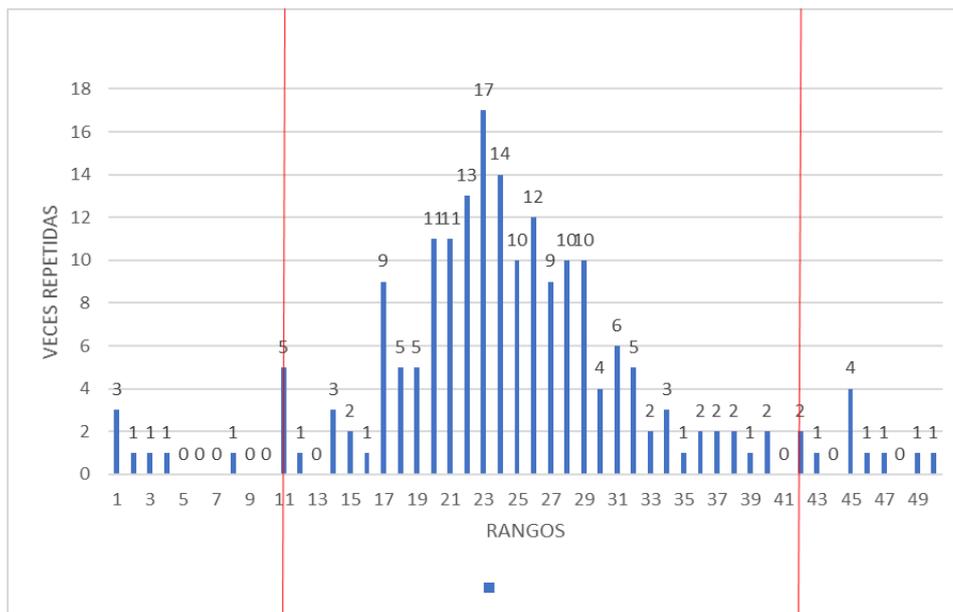
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	20	23	36	32	37	28	17	17	14
2	27	21	18	25	30	25	26	17	21	27
3	40	25	27	17	33	22	24	20	31	42
4	50	25	21	23	32	17	19	20	21	40
5	31	11	34	17	11	22	23	20	2	26
6	23	19	22	23	32	30	20	21	26	24
7	-1	24	18	29	25	20	29	21	22	14
8	18	29	21	31	19	26	29	22	15	27
9	49	24	25	12	11	26	22	22	38	45
10	37	27	29	18	1	21	20	22	25	29
11	-1	24	28	22	43	26	11	23	14	27
12	1	22	17	36	20	24	24	23	19	31
13	31	18	23	23	47	21	20	24	26	16
14	17	28	3	24	28	8	22	24	17	28
15	45	23	21	30	23	33	20	24	30	26
16	4	25	42	28	45	24	27	25	27	35
17	29	32	22	23	1	21	27	26	29	29
18	34	28	26	28	31	11	24	26	26	28
19	24	20	20	24	32	25	29	25	22	27
20	19	8	27	20	33	25	26	27	23	27

Nota. Tabla de datos obtenidos que muestra las lecturas del ensayo 5 en el carril de bajada, Av. Tarapacá.

En la figura 24 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 2, ensayo 5, de las progresivas 1+600 – 2+000 en el carril descendente.

Figura 24

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 5



RANGO D	29
FC	1
D	146

$$IRI = 0,593 + 0,471D$$

$$IRI = 7,47 \text{ m/km}$$

Nota. Gráfico de distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad del tramo 2, ensayo 5

En la tabla 16 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 2+000 - 2+400 en el carril descendente.

Tabla 16

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 2+000 – 2+400

Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	21	17	14	13	26	37	21	10	26	31
2	36	11	37	1	24	6	39	18	16	26
3	12	30	18	47	33	15	24	21	22	24
4	45	21	29	12	20	16	25	21	1	25
5	36	45	18	43	19	17	23	21	10	27
6	11	5	20	14	45	20	35	17	37	19

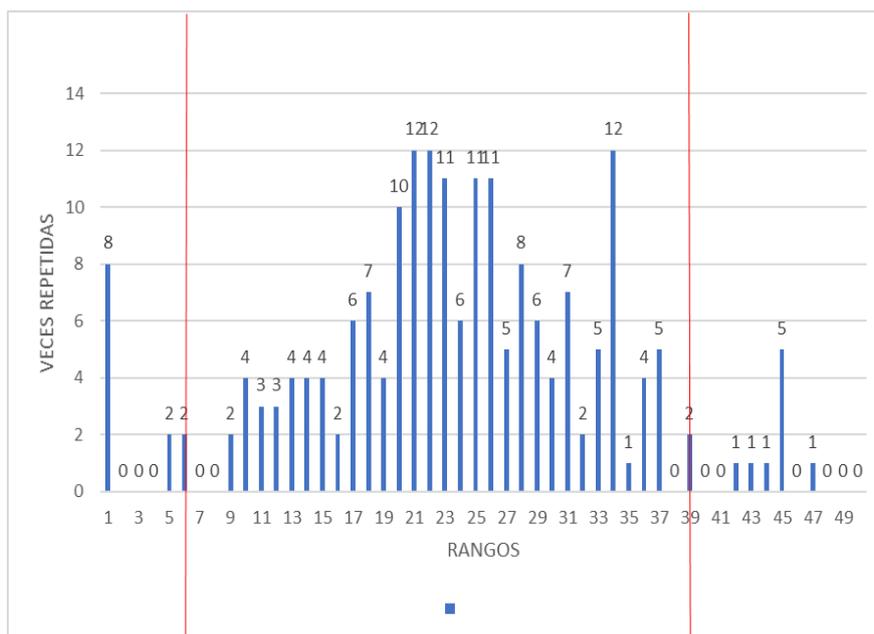
7	34	34	32	9	31	22	28	23	14	22
8	33	15	34	34	-1	22	6	21	29	23
9	19	21	22	37	29	22	26	29	1	27
10	-1	25	28	34	26	23	22	24	22	26
11	26	21	12	34	20	23	14	31	29	23
12	30	10	17	13	25	25	20	31	11	20
13	23	25	10	1	34	25	34	26	19	21
14	45	36	29	18	9	26	28	24	30	24
15	22	1	27	34	5	27	34	28	22	23
16	31	18	1	15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

Nota. Tabla de datos que muestra las lecturas del ensayo 6 en el carril de bajada, Av. Tarapacá.

En la figura 25 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 2, ensayo 6, de las progresivas 2+000 – 2+400 en el carril descendente.

Figura 25

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 6



RANGO D	30
FC	1
D	151

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 7,71 \text{ m/km}$$

Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad del tramo 2, ensayo 6

En la tabla 17 se visualiza la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 2+400 - 2+700 en el carril descendente.

Tabla 17

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 2+400 – 2+700

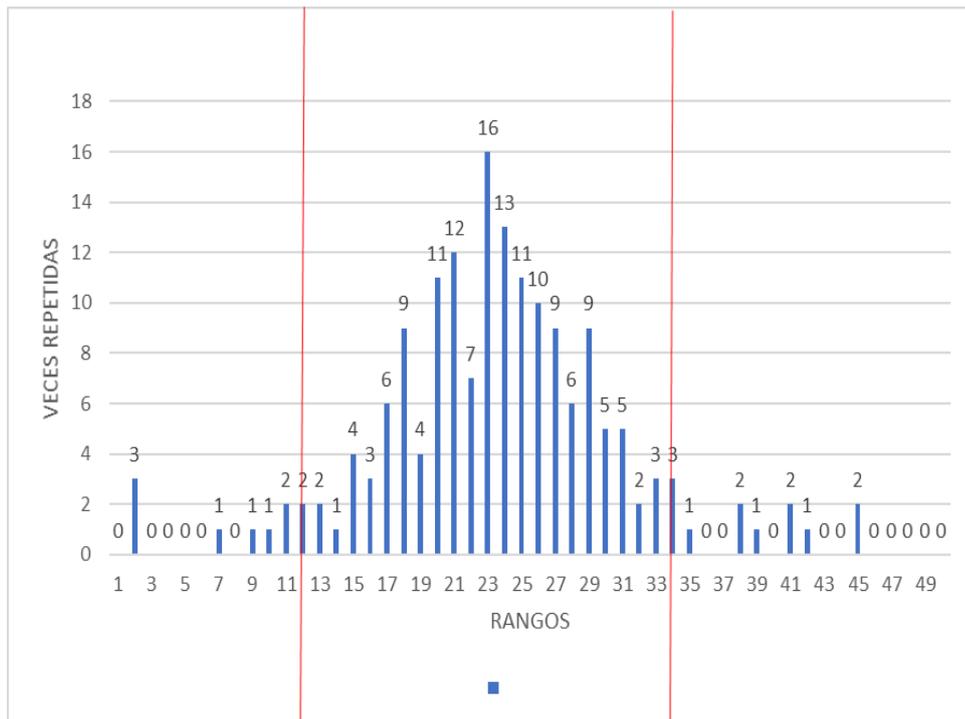
Datos obtenidos en campo con Merlin										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17	20	16	19	21	14	17	18	21	
2	18	26	21	23	12	26	17	25	31	
3	27	45	25	42	12	26	25	23	27	
4	21	31	33	41	15	24	35	18	32	
5	18	22	28	39	18	29	31	24	27	
6	24	20	30	38	19	20	18	25	21	
7	24	34	29	45	19	27	25	25	27	
8	21	16	26	28	20	22	33	15	24	
9	28	21	20	2	22	29	9	15	23	
10	22	29	23	17	23	20	23	27	22	
11	23	24	21	28	23	11	23	16		
12	26	28	25	34	24	20	13	21		
13	24	17	27	20	25	31	29	27		
14	26	24	25	18	26	23	30	24		
15	23	23	19	38	28	21	23	30		
16	24	7	18	10	29	31	21	24		
17	20	27	25	26	29	2	26	21		
18	22	2	30	23	29	29	41	18		
19	23	22	25	24	32	13	30	20		
20	17	20	15	26	33	34	11	23		

Nota. Tabla de datos obtenidos en campo con Merlin, que muestra las lecturas del ensayo 7 en el carril de bajada, Av. Tarapacá.

En la figura 26 se visualizan los hallazgos y el cálculo de la rugosidad, entre el tramo 2, ensayo 7, las progresivas 2+400 – 2+700 en el carril descendente.

Figura 26

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 7



RANGO D	23
FC	1
D	113

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,471D$$

$$\text{IRI} = 5,92 \text{ m/km}$$

Nota. Distribución de frecuencias del tramo 2, ensayo 7, para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad.

4.1.2 Resultados obtenidos con el rugosímetro de Merlin

En la tabla 18 se visualiza el resumen de los valores IRI obtenidos con el Rugosímetro de Merlín.

Tabla 18

Resultados de los valores IRI determinados con el Merlín, por carril

Resultados de la Rugosidad					
CARRIL DE SUBIDA			CARRIL DE BAJADA		
Progresiva	Rugosidad d(m/km)	Calificación n	Progresiva	Rugosidad d(m/km)	Calificación n
0+000 al 0+400	7,42	Malo	0+000 al 0+400	5,30	Malo
0+400 al 0+800	7,19	Malo	0+400 al 0+800	6,00	Malo
0+800 al 1+200	9,31	Malo	0+800 al 1+200	7,16	Malo
1+200 al 1+600	7,23	Malo	1+200 al 1+600	10,22	Malo
1+600 al 2+000	7,47	Malo	1+600 al 2+000	7,47	Malo
2+000 al 2+400	6,60	Malo	2+000 al 2+400	7,71	Malo
2+400 al 2+700	6,95	Malo	2+400 al 2+700	5,92	Malo
7,45			7,11		

Nota. Se muestra el resumen de los resultados del valor IRI obtenido con el Merlín en la Av. Tarapacá. Elaboración propia.

4.2 Resultados del valor iri obtenido con el aplicativo Abakal IRI

Según la evaluación del tramo realizada en el sitio utilizando la aplicación Abakal, los valores del IRI se calcularon con velocidades que oscilaron entre 40 y 50 km/h.

4.2.1 Evaluación y obtención de datos del aplicativo Abakal IRI

La valoración se ejecutó en el carril de bajada y subida de la avenida Tarapacá, tramo: Av Gustavo Pinto con calle Jades Tacna-2023, los hallazgos obtenidos por la aplicación Abakal IRI, para establecer el cálculo del valor IRI.

Tabla 19*Valores IRI obtenido con el aplicativo Abakal IRI carril de bajada*

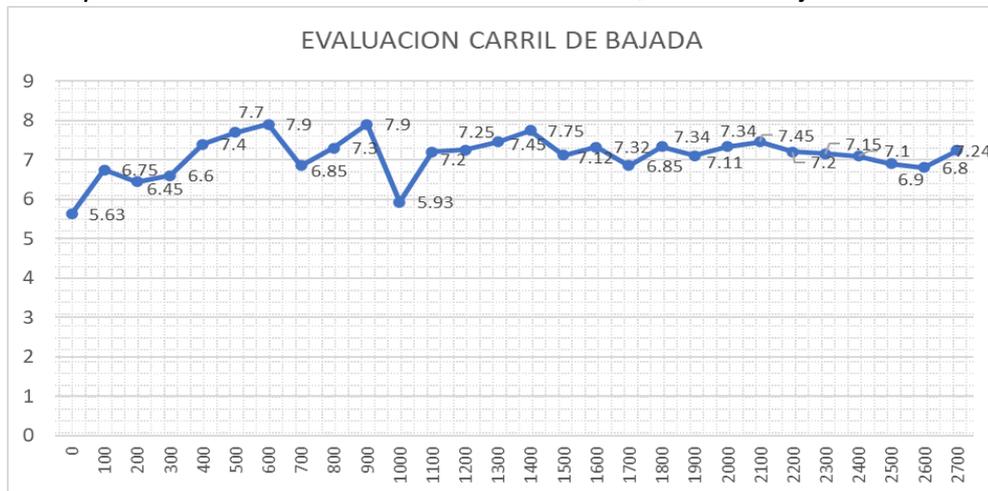
Velocidad km/h	Desplazamiento	Valor IRI
49,75	0	5,63
40,33	100,00	6,75
40,49	200,00	6,45
40,55	300,00	6,6
40,75	400,00	7,4
41,12	500,00	7,7
41,85	600,00	7,9
41,85	700,00	6,85
42,06	800,00	7,3
42,07	900,00	7,9
42,23	1 000,00	5,93
42,54	1 100,00	7,2
44,25	1 200,00	7,25
44,45	1 300,00	7,45
44,66	1 400,00	7,75
45,45	1 500,00	7,12
46,08	1 600,00	7,32
46,2	1 700,00	6,85
46,33	1 800,00	7,34
46,5	1 900,00	7,11
47,33	2 000,00	7,34
47,54	2 100,00	7,45
48,15	2 200,00	7,2
48,25	2 300,00	7,15
48,59	2 400,00	7,1
48,65	2 500,00	6,9
49,55	2 600,00	6,8
49,55	2 700,00	7,24

Nota. En la tabla se observa los valores IRI obtenidos con la aplicación Abakal IRI en el carril de bajada

En la figura 27 se visualiza el comportamiento de los valores IRI en el carril descendente, valores que son obtenidos cada 100 m.

Figura 27

Comportamiento de los valores IRI cada 100 m; carril de bajada

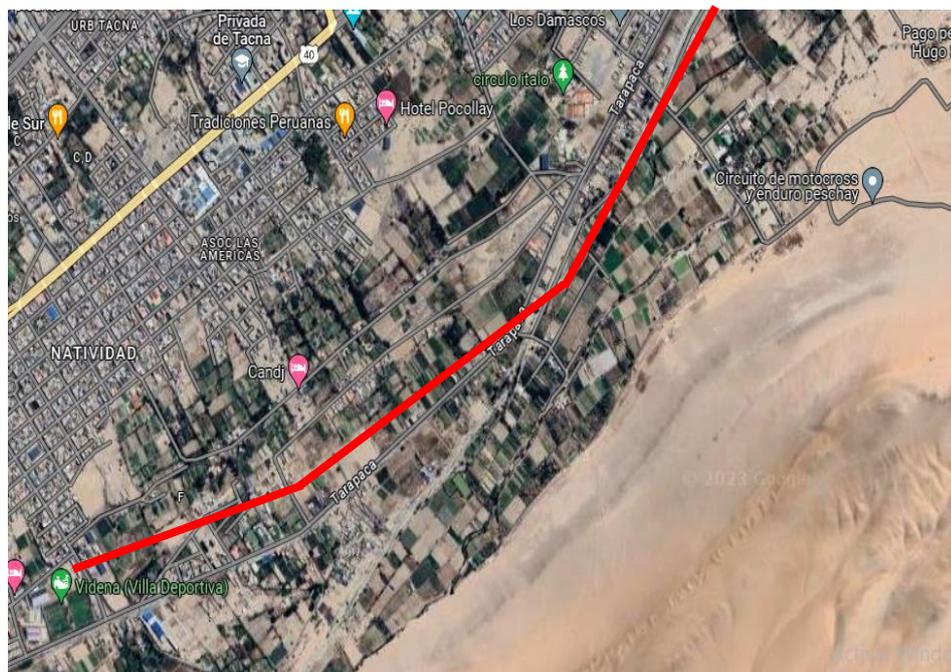


Nota. En la figura se puede ver en el desplazamiento los valores IRI obtenidos en la evaluación del carril de bajada

En la figura 28 se observa el desplazamiento por el carril de bajada

Figura 28

Desplazamiento por el carril de bajada utilizando aplicativo Abakall IRI



Nota. Desplazamiento por la Av. Tarapacá considerando colores de acuerdo al valor IRI

En la tabla 20 se visualizan los valores IRI obtenidos con el aplicativo Abakal IRI, en el carril ascendente, datos que son obtenidos cada 100 m.

Tabla 20

Valores IRI obtenido con la aplicación Abakal IRI en carril de subida

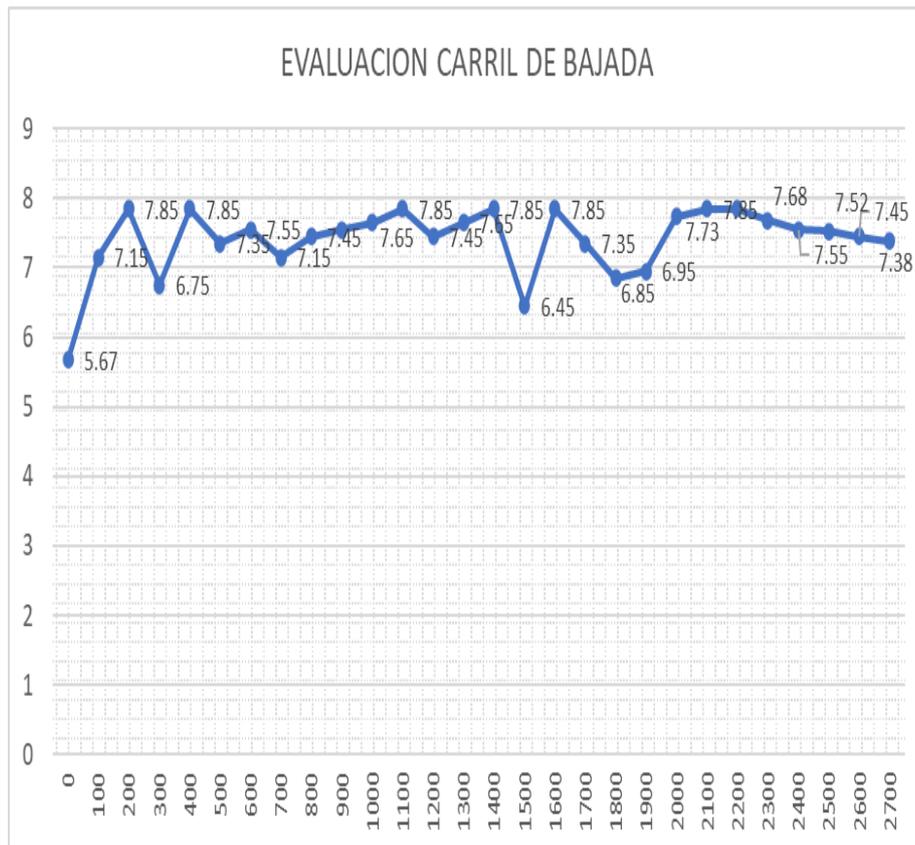
Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
44,92	0	5,67
43,83	100	7,15
47,53	200	7,85
48,59	300	6,75
46,48	400	7,85
48,65	500	7,35
46,51	600	7,55
45,76	700	7,15
47,35	800	7,45
49,58	900	7,55
43,85	1000	7,65
40,55	1100	7,85
44,92	1200	7,45
43,83	1300	7,65
47,53	1400	7,85
48,59	1500	6,45
46,34	1600	7,85
48,88	1700	7,35
46,51	1800	6,85
45,76	1900	6,95
45,75	2000	7,73
49,58	2100	7,85
43,78	2200	7,85
40,55	2300	7,68
49,58	2400	7,55
43,85	2500	7,52
41,5	2600	7,45
42,6	2700	7,38

Nota. En la tabla se observa los valores IRI obtenidos con la aplicación Abakal IRI en el carril de subida

En la figura 29 se visualiza el comportamiento de los valores IRI obtenidos con el aplicativo Abakal IRI.

Figura 29

Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, en el carril de subida



Nota. En la figura se muestra el desplazamiento los valores IRI obtenidos en la evaluación del carril de subida

En la figura 30 se visualiza el desplazamiento por el carril ascendente elaborado con el aplicativo Abakal IRI.

Figura 30

Desplazamiento por el carril de subida utilizando el aplicativo Abakal IRI



Nota. Desplazamiento por la Av. Tarapacá considerando colores de acuerdo al valor IRI, utilizado por el aplicativo Abakal IRI.

Basándonos en los valores del IRI obtenidos con la aplicación Abakal IRI, podemos clasificar el estado del pavimento de manera similar al método del Merlin, revelando que el pavimento se encuentra en condiciones deficientes.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1 Análisis

Mediante el empleo del rugosímetro de Merlin, se registran los valores del IRI en tramos de 400 metros, realizando tres ensayos por carril en la Avenida Tarapacá, tal como se muestra en la tabla 21:

Tabla 21

Resultado ponderado del valor IRI obtenido con Merlin

	Valor IRI	
Carril de bajada Av. Tarapacá	7,11	7,28
		m/km
Carril de subida Av. Tarapacá	7,45	

5.2 Análisis

En la sección examinada de la Avenida Tarapacá, se empleó un teléfono Poco X4 GT para obtener los resultados del IRI cada 100 metros. En la tabla 22 se presentan los valores promedio registrados en el carril descendente, que fue de 7,11 m/km, y en el carril ascendente, que fue de 7,40 m/km. Como resultado, se calcula un promedio general del IRI igual a 7,25 m/km.

Tabla 22

Resultado ponderado del valor IRI obtenido con la aplicación Abakal IRI

	Valor IRI
Carril de bajada Av. Tarapacá	7,11
	7,25 m/km
Carril de subida Av. Tarapacá	7,40

El promedio del IRI obtenido en la Avenida Tarapacá es de 7,25 m/km, calculado a partir de los valores promedio del IRI medidos en el carril descendente y

ascendente. Este resultado indica que el estado del pavimento se clasifica como Deficiente.

Tabla 23

Calificación funcional del valor IRI del pavimento

País	Estado del Pavimento		
	B	R	M
EE.UU.	<2,4	2,4 -4,7	>4,7
Chile	0 – 3,0	3,0 -4,0	>4,0
Honduras	<3,5	3,5 – 6,0	>6,0
Uruguay	<3,9	4,0 – 4,6	>4,6
Perú	<2,5	2,5 -4,5	>4,5

Nota: Obtenido de Alvarenga E., (2002). Del sitio web:
<https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf>

5.3 Cálculo

Con el promedio del IRI obtenido, se puede calcular la transitabilidad utilizando la fórmula de Williams Paterson, resultando en valores de 1,32 y 1,33. Con estos resultados, se califica la transitabilidad como Deficiente. En la tabla 24 se aprecia los valores y la calificación de la transitabilidad en función del valor IRI.

Tabla 24

Calificación de la transitabilidad en función del valor IRI

IRI obtenido con el Merlin	7,28 m/km
Conversión a PSI en función del IRI	1,32
Clasificación del PSI	Transitabilidad mala
IRI obtenido con el Abakal	7,25 m/km
IRI	
Conversión a PSI en función del IRI	1,33
Clasificación del PSI	Transitabilidad mala

En la tabla 25 se muestra la calificación de la transitabilidad en función del PSI.

Tabla 25

Calificación de la transitabilidad

PSR	Transitabilidad
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Nota. Obtenido de fuente de Sachún, (2016). Del sitio web:
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/2548>

“Los datos recopilados permitieron llevar a cabo una evaluación del índice de rugosidad con el objetivo de mejorar la transitabilidad vehicular en la Avenida Tarapacá. Se emplearon métodos de ensayo no destructivos mediante el uso del aplicativo Abakal IRI en teléfonos inteligentes y el rugosímetro Merlin. Los valores del IRI obtenidos influyeron en la evaluación del estado del pavimento y en la determinación de la transitabilidad en el tramo específico de la Avenida Tarapacá, que abarca desde la intersección de la Avenida Gustavo Pinto con la Calle Jades, en Tacna, durante el año 2023. Se registraron valores de IRI utilizando ambos métodos, con el aplicativo Abakal IRI se obtuvo un promedio de 7,28 m/km, mientras que con el rugosímetro Merlin se obtuvo un promedio de 7,25 m/km. Asimismo, se calcularon los valores del PSI, los cuales resultaron en 1,32 y 1,33 respectivamente. Basándose en estos resultados, se calificó la condición del pavimento como Deficiente, y la transitabilidad también fue clasificada como Deficiente”.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron valores de IRI en los carriles de bajada y subida, los cuales fueron determinantes para cuantificar el estado del pavimento como deficiente, así como también la transitabilidad como deficiente.

Se concluyó que utilizando la metodología del Merlin, se obtuvieron valores promedio de IRI iguales a 7,28 m/km, lo que también condujo a calificar el estado del pavimento como deficiente.

Se calculó el IRI en el pavimento flexible de la Av. Tarapacá utilizando la aplicación Abakal IRI en un teléfono, con velocidades de entre 40 km/h y 60 km/h. Los valores promedio de IRI obtenidos fueron de 7,25 m/km, lo que llevó a clasificar el estado del pavimento como deficiente.

Ambos métodos arrojan resultados consistentes, lo que indica que la precisión del aplicativo en los teléfonos inteligentes es casi del 100 %. Al considerar el valor promedio de IRI obtenido tanto por el aplicativo Abakal IRI como por el Merlin (7,28 y 7,25 m/km respectivamente), se calcula un PSI promedio de 1,32 y 1,33 respectivamente. Esto lleva a clasificar la transitabilidad como deficiente. Estos hallazgos podrían servir como base para proponer un diseño adecuado considerando los datos obtenidos, utilizando la estrategia más apropiada de diseño para vías urbanas.

RECOMENDACIONES

“Considerando el análisis realizado en el pavimento flexible de la Av. Tarapacá, sugerimos a la Municipalidad Provincial de Tacna emplear los valores IRI derivados del uso del aplicativo Abakal IRI y del rugosímetro de Merlin. Estos resultados del valor IRI pueden ser útiles para diseñar programas de rehabilitación y reconstrucción, con la finalidad de extender la durabilidad del pavimento asfáltico”.

“Se sugiere a las Municipalidades distritales de Tacna emplear métodos de ensayos no destructivos, como el uso de aplicativos en teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlin. Estas estrategias son de bajo costo y ofrecen un rendimiento eficiente”

Se aconseja a la MPT tener en cuenta la evaluación del estado del pavimento y la transitabilidad para la planificación de programas de mantenimiento, específicamente para el parchado y el resane de baches en la Av. Tarapacá. Esto se hace con el fin de perfeccionar el IRI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación sexta edición. México: McGRAW-HILL-Interamericana editores S.A. de C.V. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Laura, D. (2016). Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco - Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN. Cusco: Universidad Andina del Cusco. https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/711/Deyse_Tesis_bachiller_2016_P_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Lloclla, A. y Sánchez, K. (2019). Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de Merlín. Cusco: Universidad Andina del Cusco. https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3155/Ander-son_Kevin_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Perera, RW. y Kohn, SD. (2002). Problemas en la suavidad del pavimento. documento web del NCHRP, 42(01), 20-51.
- Pomasonco de la Cadena, R. (2010). Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de Merlín monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo Km. 110+000 al Km. 112+000. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. <https://es.scribd.com/document/413966748/Tesis-Merlin>
- Ramirez, B. (2017). Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey - Casma de la carretera Panamericana Norte. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9714/RAMIREZ_CASTRO_BRIAN_CALCULO_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reyes, B. (2020). Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de Merlín. Manabí - Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2727/1/tesis%20final%20Bryan%20Reyes%20.pdf>

Sachún, J. (2016). Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2548>

Sayers, My Karamidas, S. (1988). The Little Book of Profiling. Michigan USA.
<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/21605/90151.pdf>

Sayers, M. y Karamihas, S. (1998). The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles. Washington, USA.
<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/21605/90151.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sologorre, J. (2005). Evaluación de la rugosidad de pavimento con uso del Bump Integrator. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3146?mode=full>

Staniek, M. (2021). Road pavement condition diagnostics using Smartphone-based data crowdssourcing in smart cities. Journal of traffic and transportation engineering, 8(4) 554-567.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756421000192?via%3Dihub>

Tamrakar, P. Wayne, M. Fountain, G. Schlessing, A. y Cameron. (2021). Rapid Pavement Roughness Measurement of Geogrid Stabilized Roads. 4th-ICTG,, 270.
https://www.researchgate.net/publication/352327419_Rapid_Pavement_Roughness_Measurement_of_Geogrid-Stabilized_Roads

Tamrakar, P. Wayne, M. y Broadhead, K. (2019). Use of an Innovative Technology for Measuring Surface Roughness of Pavements. GEO St. Jhon's, s/p.
https://www.researchgate.net/publication/336345459_Use_of_an_Innovative_Technology_for_Measuring_Surface_Roughness_of_Pavements

Velásquez, M. (1978). Manual del Asfalto. Bilbao - España: Ediciones URMO.
<https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

Zeballos, G. y Vizcarra, C. (2020). Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: Puente el Peligro - Emp. PE-40, Tacna

- 2020. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1864/Zeballos-Zegarra-Vizcarra-Arocutipa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera la evaluación de pavimentos utilizando ensayos no destructivos permitirá la determinación del índice de rugosidad vehicular de la Av. Tarapacá, tramo Av. Gustavo Pinto con Calle Jades?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo para teléfonos inteligentes IRI Abakal en el tramo Av. Gustavo Pinto con Calle Jades?</p> <p>b) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de Merlin en el tramo Av. Gustavo Pinto con Calle Jades?</p> <p>c) ¿Existe similitud entre los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes IRI Abakal y el rugosímetro de Merlin en el tramo Av. Gustavo Pinto con Calle Jades?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la rugosidad del pavimento flexible utilizando ensayos no destructivos para mejorar la transitabilidad en la av. tarapacá tramo: av. gustavo pinto con calle Jades Tacna 2023.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de Merlin en la AV. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023.</p> <p>b) Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo IRI Abakal en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023</p> <p>c) Comparar los valores determinados mediante el aplicativo IRI Abakal y el rugosímetro de Merlin en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La determinación de la rugosidad utilizando ensayos no destructivos permite mejorar la transitabilidad en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a) El valor obtenido de la rugosidad con el rugosímetro de Merlin en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023 presenta una rugosidad de regular a malo.</p> <p>b) El valor obtenido de la rugosidad con el aplicativo IRI Abakal en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023 presenta una rugosidad de regular a malo.</p> <p>c) Existe poca similitud de los valores determinados mediante el aplicativo IRI Abakal y el rugosímetro de Merlin en la av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades Tacna 2023.</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X1. Evaluación del pavimento utilizando ensayos no destructivos.</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicativo Abakal IRI. • IRI estimado. • IRI calculado • Rugosímetro de Merlin. • Esquema del rugosímetro • Calculo del rango D • Correlación D versus IRI 	<p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada <p>Nivel de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptiva, exploratoria <p>Ámbito de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Av. Tarapacá tramo: av. Gustavo Pinto con calle Jades. <p>- Población</p> <p>Considera las vías pavimentadas</p> <p>- Muestra</p> <p>Es la Av. Tarapacá, tramo de investigación es la Av. Gustavo Pinto hasta calle Jades con una longitud de investigación de 2,70 km.</p> <p>Técnicas de Recolección de datos.</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • PC, impresora • Reportes de Campo • Regla • Conos de seguridad • Plano de distribución. • Fichas de Observación. <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Rugosímetro de Merlin. •Teléfono inteligente, con aplicativo IRI Abakal •Guías de observación y formatos de campo •Cámara fotográfica.
			<p>Variable Dependiente(Y)</p> <p>Y1. Determinar la transitabilidad vehicular</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rugosidad de los pavimentos • Índice internacional de rugosidad • Escala y características del IRI • Cálculo del índice de rugosidad • Índice de transitabilidad en función del IRI 	