

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN
TRANSPORTES



METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO BASADO EN EL
TELÉFONO INTELIGENTE PARA MEJORAR EL TRANSPORTE
REGULAR DE PERSONAS EN LA AV. INTERNACIONAL, TACNA - 2024

TESIS

Presentada por:

Bach. Walter Cardoza Chura

ORCID: 0009-0009-4997-8396

Asesor:

Dr. Martin Paucara Rojas

ORCID: 0000-0002-5169-102X

Para obtener el grado académico de:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES

TACNA - PERÚ

2024

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES

Tesis

**“METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO
BASADO EN EL TELÉFONO INTELIGENTE PARA
MEJORAR EL TRANSPORTE REGULAR DE PERSONAS EN
LA AV. INTERNACIONAL, TACNA – 2024”**

Presentada por:

Bach. Walter Cardoza Chura

Tesis sustentada y aprobada el 27 de diciembre de 2024; ante el siguiente jurado examinador:

PRESIDENTE: Dr. Pedro Valerio Maquera Cruz

SECRETARIO: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres.

VOCAL: Mtro. Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juárez

ASESOR: Dr. Martin Paucara Rojas

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Walter Cardoza Chura, en calidad de: egresado de la Maestría en Ingeniería Civil con mención en Transportes de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI N° 41248199.

Soy autor de la tesis titulado:

“METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO BASADO EN EL TELÉFONO INTELIGENTE PARA MEJORAR EL TRANSPORTE REGULAR DE PERSONAS EN LA AV. INTERNACIONAL, TACNA – 2024.”, con asesor: Dr. Martin Paucara Rojas.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

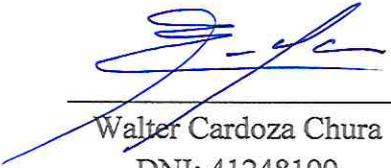
Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 15% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 27 de diciembre de 2024



Walter Cardoza Chura
DNI: 41248199

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me inculcaron el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mi familia, por su constante apoyo y amor incondicional. A mis docentes y mentores, por su sabia orientación y paciencia interminable. A mis amigos, por acompañarme en cada paso de esta travesía académica. A todos aquellos que confiaron en mí incluso en los momentos en que yo mismo dudaba. Dedico esta tesis a mi hijo Liam

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a todos los que me ayudaron a completar esta tesis, la cual es el resultado de un esfuerzo individual junto con la colaboración y apoyo de muchas personas importantes. Primero, agradezco a mi familia por su amor y apoyo incondicional. A mi consejero de tesis, el Dr. Martin Paucara Rojas, le estoy profundamente agradecido por su orientación y esfuerzo para ayudarme a avanzar tanto intelectualmente como emocionalmente. También extiendo mi agradecimiento a las instituciones y personas que proporcionaron recursos, datos e información esenciales para mi investigación. Sus contribuciones fueron fundamentales para esta tesis. Muchas gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1. Interrogante Principal.....	5
1.2.2. Interrogantes Secundarias	6
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1 Pavimentos	12
2.2.2 Teléfonos inteligentes	14

2.2.2.1	Aplicación ROADROID en teléfonos inteligentes	15
2.2.2.2	Aplicación TOTALPAVE en teléfonos inteligentes	22
2.2.2.3	Aplicación ABAKAL en teléfonos inteligentes.....	27
2.2.3	Sistema vial de transportes.....	32
2.3.	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	38
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		40
3.1.	HIPÓTESIS	40
3.1.1.	Hipótesis general	40
3.1.2.	Hipótesis específicas	40
3.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	40
3.2.1.	Identificación de la variable independiente.....	41
3.2.1.1	Dimensiones	41
3.2.1.2	Indicadores	41
3.2.2.	Identificación de la variable dependiente.....	41
3.2.2.1	Dimensiones	41
3.2.2.2	Indicadores	41
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.4.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	42
3.5.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.6.	ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.7.	POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.7.1.	Unidad de estudio.....	43
3.7.2.	Población	44
3.7.3.	Muestra.....	44

3.8.	PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	44
3.8.1	Procedimiento.....	44
3.8.2	Técnicas	44
3.8.3	Instrumentos	45
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		46
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	46
4.2.	DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	53
4.3.	RESULTADOS	53
4.4.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	72
4.5.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	79
CONCLUSIONES.....		82
RECOMENDACIONES.....		84
REFERENCIAS		86
APÉNDICE.....		90
Matriz de consistencia del proyecto de investigación		

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices de calidad en carreteras.....	2
Tabla 2 Ubicación de Perú en Sudamérica.....	3
Tabla 3 Tipo de medición cIRI	19
Tabla 4 Clasificación según ROADROID	22
Tabla 5 Información transferida desde la aplicación TOTALPAVE.....	26
Tabla 6 Resultados Informe IRI2.csv.....	31
Tabla 7 Clasificación y codificación de vías.....	33
Tabla 8. Vías arteriales.....	33
Tabla 9 Valor IRI (m/km) para su calificación	36
Tabla 10 Índice de transitabilidad	37
Tabla 11 Operacionalización de variables	42
Tabla 12 Valores IRI obtenido con aplicativo ROADROID calzada derecha.....	54
Tabla 13 Valores IRI obtenido con aplicativo ROADROID calz. izquierda.....	56
Tabla 14 Valores IRI obtenido con aplicativo TOTALPAVE calzada derecha ..	60
Tabla 15 Valores IRI obtenido con aplicativo TOTALPAVE calzada izquierda	62
Tabla 16 Valores IRI obtenido con aplicativo ABAKAL calzada derecha	65
Tabla 17 Valores IRI obtenido con aplicativo ABAKAL calzada izquierda.....	67
Tabla 18 Valores PSI obtenido en función del IRI	71
Tabla 19 Pruebas de normalidad	72
Tabla 20. Prueba t para el caso IRI ROADROID	73
Tabla 21. Prueba t para el caso IRI TOTALPAVE.....	73
Tabla 22. Prueba t para el caso IRI ABAKAL.....	74
Tabla 23. Determinación de la transitabilidad y tipo de ointervención	75
Tabla 24. Calificación de la transitabilidad e intervención según valor PSI.....	76
Tabla 25. Regresión lineal en el caso de la metodología ROADROID	76
Tabla 26. Regresión lineal en el caso de la metodología TOTALPAVE.....	77
Tabla 27. Regresión lineal en el caso de la metodología ABAKAL	78
Tabla 28. Resultados de las aplicaciones utilizadas	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zona de investigación Av. Internacional, L=3,4 km	5
Figura 2 Representación de la composición estructural de un pavimento flexible.	13
Figura 3 Esquema típico de la estructura de un pavimento rígido.....	13
Figura 4 % de personas que acceden a internet utilizando móviles.....	15
Figura 5 Representación ROADROID.	16
Figura 6 App móvil.....	16
Figura 7 Representación gráfica de la carretera evaluada en Google Maps	17
Figura 8 Correlaciones de valor eIRI.....	20
Figura 9 Pavimento de asfalto.....	21
Figura 10 Representación TotalPave	23
Figura 11 Pantalla principal de la aplicación TotalPave.....	23
Figura 12 Instalación del equipo en el parabrisas	24
Figura 13 Ajuste de la nivelación del dispositivo	24
Figura 14 Representación crómica de los valores IRI en un mapa	26
Figura 15 Recopilación del valor IRI.....	27
Figura 16 Representación de cuarto de coche.....	28
Figura 17 Aplicación ABAKAL	28
Figura 18 Posición del dispositivo móvil dentro del automóvil	29
Figura 19 Métodos de cálculo	30
Figura 20 Informe IRI.csv.....	31
Figura 21 Informe IRI.kml.....	32
Figura 22 Recopilación de datos utilizando ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL	46
Figura 23 Vehículo utilizado para la recopilación de datos utilizando ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL.....	47
Figura 24 Nivelación de la aplicación ROADROID	47
Figura 25. Configuración de la aplicación ROADROID.....	48
Figura 26. Recopilación de datos IRI utilizando la aplicación ROADROID	48

Figura 27 Configuración de la aplicación ABAKAL	49
Figura 28 Recopilación de datos utilizando la aplicación ABAKAL.....	49
Figura 29. Recopilación de datos IRI utilizando la aplicación ABAKAL, calzada derecha	50
Figura 30 Recopilación de datos IRI utilizando la aplicación ABAKAL, calzada izquierda.....	50
Figura 31 Configuración de la aplicación TOTALPAVE.	51
Figura 32 Nivelación iniciada y finalizada de la aplicación TOTALPAVE.....	51
Figura 33 Recopilación de datos utilizando la aplicación TOTALPAVE.....	52
Figura 34 Recopilación de datos utilizando la aplicación TOTALPAVE.....	52
Figura 35 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, calzada derecha.....	55
Figura 36 Desplazamiento por la calzada derecha utilizando aplicativo ROADROID.....	55
Figura 37 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, calzada izquierda ...	57
Figura 38 Desplazamiento por la calzada izquierda utilizando aplicativo ROADROID.....	57
Figura 39 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, en ambas calzadas..	58
Figura 40 Desplazamiento por ambas calzadas utilizando aplicación ROADROID	58
Figura 41 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m,calzada derecha.....	61
Figura 42 Desplazamiento por la calzada derecha utilizando TOTALPAVE	61
Figura 43 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m,calzada izquierda	63
Figura 44 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, en ambas calzadas..	63
Figura 45 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, calzada derecha.....	66
Figura 46 Desplazamiento por la calzada derecha utilizando ABAKAL	66
Figura 47 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, calzada izquierda ...	68
Figura 48 Desplazamiento por la calzada izquierda utilizando ABAKAL.....	68
Figura 49 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, en ambas calzadas..	69
Figura 50 Desplazamiento por ambas calzadas utilizando aplicativo ABAKAL	69

RESUMEN

Se ha llevado a cabo la determinación del valor IRI en la avenida Internacional en una longitud de 3,4 km en calzadas derecha e izquierda de 7,20 m de ancho, donde el objetivo principal fue determinar el valor IRI con las metodologías de evaluación basado en aplicaciones para teléfonos inteligentes y determinar su efectividad y precisión en las mediciones del valor IRI y la transitabilidad PSI, para la mejora del transporte regular de personas. Las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL fueron empleadas para medir el IRI en ambas calzadas de la avenida Internacional, resultando en 4,65 m/km con ROADROID, 4,44 m/km con TOTALPAVE y 4,50 m/km con ABAKAL, calificando el estado del pavimento como MALO; Además, se evaluó la transitabilidad basada en los valores de IRI obteniendo valores de PSI igual a 2,16; 2,23 y 2,21, para calificar la transitabilidad como REGULAR cercana a la calificación MALA. Los hallazgos de esta investigación proporcionan información valiosa para la planificación de intervenciones de rehabilitación o reconstrucción para la mejora del transporte regular de personas en la avenida Internacional.

Palabras clave: IRI, Aplicaciones móviles, ROADROID, TOTALPAVE, ABAKAL, Evaluación de pavimentos y Transitabilidad.

ABSTRACT

The determination of the IRI value was conducted on the International Avenue over a length of 3.4 km on both the right and left lanes, each 7.20 m wide. The primary objective was to determine the IRI value using smartphone-based evaluation methodologies and to assess their effectiveness and accuracy in measuring the IRI value and PSI rideability for improving regular passenger transportation. The applications ROADROID, TOTALPAVE, and ABAKAL were used to measure the IRI on both lanes of International Avenue, resulting in 4.65 m/km with ROADROID, 4.44 m/km with TOTALPAVE, and 4.50 m/km with ABAKAL, classifying the pavement condition as POOR. Additionally, rideability was evaluated based on the IRI values, yielding PSI values of 2.16, 2.23, and 2.21, classifying rideability as FAIR, close to POOR. The findings of this research provide valuable information for planning rehabilitation or reconstruction interventions to improve regular passenger transportation on International Avenue.

Keywords: IRI, Mobile applications, ROADROID, TOTALPAVE, ABAKAL, Pavement evaluation, Rideability.

INTRODUCCIÓN

La evaluación y el mantenimiento del pavimento son cruciales para garantizar la seguridad y eficiencia del transporte urbano, donde el valor IRI es una métrica totalmente utilizada para evaluar la calidad del pavimento. Con el avance de la tecnología, las aplicaciones móviles han emergido como herramientas prometedoras para medir el IRI de manera rápida y económica, donde esta investigación se centra en la utilización de tres aplicaciones móviles: ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL, para evaluar la condición superficial del pavimento y la transitabilidad en la avenida Internacional.

El objetivo principal es determinar el valor IRI con las metodologías de evaluación basado en aplicaciones para teléfonos inteligentes y determinar su efectividad y precisión en las mediciones del valor IRI y la transitabilidad PSI, para la mejora del transporte regular de personas.

La investigación está compuesta por cuatro capítulos:

En el primer capítulo, se trata el planteamiento del problema, la formulación del problema, la justificación de la investigación, así como los objetivos generales y específicos.

El segundo capítulo se centra en el desarrollo del marco teórico, donde se identifican los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y se definen los conceptos.

En el tercer capítulo, se describe el marco metodológico, iniciando con la formulación de la hipótesis general y las hipótesis específicas, luego la Operacionalización de las variables donde se identifican la variable independiente y la variable dependiente, incluyendo la descripción del tipo, nivel y diseño de la investigación, el ámbito y el período en que se desarrolló, la población y la muestra, así como los procedimientos, técnicas e instrumentos empleados.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados, incluyendo la descripción del trabajo de campo, el diseño de la presentación de los resultados, la verificación de la hipótesis y la discusión de los hallazgos.

Finalmente, la tesis concluye con la exposición de las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Foro Económico Mundial (WEF) publicó su Informe de Competitividad Global en 2018, que evaluó las condiciones que promueven la productividad y el desarrollo en 138 países de todo el mundo, siendo la infraestructura vial uno de los pilares de la evaluación. Donde, dentro de este segundo componente se define detalladamente la categoría o calidad de las carreteras. [1].

Tabla 1

Índices de calidad en carreteras

Posición	País	Puntaje
1	Emiratos Árabes Unidos	6,4
2	Singapur	6,3
3	Suiza	6,3
4	Hong Kong SAR	6,2
5	Holanda	6,1
6	Japón	6,1
7	Francia	6,0
8	Portugal	6,0
9	Austria	6,0
10	Estados Unidos	5,7

Nota. [1]

Es relevante mencionar que el Foro Económico Mundial resaltó el progreso de la infraestructura vial en el Perú, situándola por delante de la de países como Paraguay, Venezuela y Colombia.

Tabla 2*Ubicación de Perú en Sudamérica*

Posición	País	Puntaje
24	Chile	5,2
29	Ecuador	5,1
95	Uruguay	3,3
96	Argentina	3,3
103	Brasil	3,1
108	Perú	3,0
110	Colombia	3,0
119	Venezuela	2,8
131	Paraguay	2,4

Nota. [1]

La construcción de carreteras nacionales y departamentales en el Perú dentro de los últimos años ha experimentado un crecimiento significativo en términos de mejoramiento de los accesos, movilidad y conectividad, lo que beneficia económica y socialmente a los lugares conectados. En consecuencia, llegamos a la conclusión de que el bienestar social está directamente vinculado al desarrollo sostenible de las vías urbanas actuales y a la creación de nuevas carreteras que mejoren la conectividad del sistema vial. Por lo que, se considera de mucha importancia destacar que las vías que componen la red de autopistas presentan un alto nivel de facilidad de servicio. Finalmente, las carreteras deben ser seguras y cómodas con el objetivo de seguir manteniendo el desarrollo sostenible en cada región. [2]

El crecimiento urbano continuo y desorganizado genera situaciones incómodas que impactan en la calidad de vida de la población, en estas condiciones un modelo de movilidad sostenible se vuelve clave para el desarrollo de las sociedades y ciudades modernas [3] es por ello que el transporte regular de personas configura un elemento clave para el desarrollo de zonas urbanas donde la movilidad sea un

modelo de ciudad para promover la disminución de la congestión y emisiones contaminantes. [4]

En todas las rutas de transporte se producen la amplitud de urbanización en la expansión urbana [5], y el patrón de urbanización de expansión desde el centro hacia afuera, donde conservan los centros urbanos con actividades de servicios, administrativas y comerciales donde ejercen la influencia de la provincia en ciudades morfológicas que suponen un centro de importancia al desarrollo urbano hacia fueras en forma lineal que cuentan a su vez una respectiva en el proceso de expansión [6]. Es considerado uno de los sectores estratégicos de la sociedad, convirtiéndose en una de las principales actividades que contribuyen al desarrollo del país. [7]

Hoy en día, a medida que las vías se utilizan cada vez más, aumenta el número de transporte entre la ciudad de Tacna y la zona de Ciudad Nueva, lo que genera una mayor congestión vehicular, lo que deteriora la capa de rodadura, reduciendo su vida útil y ocasionando fallas en la carretera. La vía investigada, Av. Internacional presenta daños y si no se realizan las reparaciones adecuadas, el pavimento puede deteriorarse a un nivel alto, lo que puede requerir su rehabilitación o reconstrucción en un período de tiempo más breve en comparación con su vida útil prevista.

Por tanto, conocer el valor IRI de la superficie del pavimento desde el inicio de su uso permitió identificar las medidas de conservación o rehabilitación necesarias en el momento adecuado. Por esta razón, numerosos países han empleado el valor IRI como base para evaluar la regularidad y reflejar el confort y la seguridad tanto del peatón como del conductor [8].

Figura 1

Zona de investigación Av. Internacional, L= 3,4 km.



Nota. Tomado del Google Earth

Por lo tanto, es crucial realizar una evaluación continua de la capa superficial del pavimento, el cual se puede lograr mediante el uso de metodologías aplicables en teléfonos inteligentes, como el ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL, aplicación que determina el valor de la rugosidad y en función de ello evaluó la transitabilidad en la Avenida Internacional iniciando en la Avenida Jorge Basadre Grohmann hasta el camino vecinal TA-621, para la mejora del transporte regular de personas hacia el distrito de Ciudad Nueva.

Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo esta investigación y plantear la siguiente interrogante:

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Interrogante Principal

¿De qué manera las metodologías de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente permitirán determinar la mejora del transporte regular de

personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?

1.2.2 Interrogantes Secundarias

- a) ¿Cómo la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ROADROID influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?
- b) ¿Cómo la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación TOTALPAVE influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?
- c) ¿Cómo la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ABAKAL influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?
- d) ¿De qué manera el valor IRI obtenido con la aplicación ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL permite mejorar el transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En este estudio se determinó el valor IRI en la avenida Internacional mediante aplicativos en Smartphone para determinar la mejora del transporte regular de personas en toda la longitud de la Avenida Internacional en el área vial que incluye las zonas del distrito Alto de la Alianza y distrito de Ciudad Nueva, la rugosidad de la vía se evaluó de acuerdo con el Modelo de Rugosidad Internacional. Se evaluó determinando el valor IRI mediante las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL, el método es simple pero los resultados son confiables. La determinación de los resultados ayuda a comprender el estado de la capa de desgaste de la Av. Internacional, también comprender el nivel de servicio actual para generar recomendaciones de intervención para considerar la reparación o reconstrucción.

1.3.1 Justificación teórica.

Está orientada a buscar a través de los fundamentos teóricos y conceptos referidos a los aplicativos ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL que determinan valores IRI, donde los valores elevados provocan malestar al circular por la avenida en estudio, la transitabilidad, nivel de congestión, afectando la comodidad y seguridad del pasajero.

1.3.2 Justificación práctica.

El desarrollo de metodologías innovadoras facilita la resolución ágil de problemas y el logro de objetivos relacionados con la rugosidad del pavimento (IRI). Los ingenieros viales o de tránsito deben manejar los parámetros establecidos mediante aplicaciones como ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL para determinar de manera precisa los valores de IRI. Esto permite evaluar el nivel de servicio, garantizando una transitabilidad adecuada que a su vez respalda la generación de propuestas para diseño, restauración, rehabilitación, reconstrucción y otras alternativas para abordar los defectos graves que afectan la capa de rodadura de la carretera. Tales defectos incluyen averías, aumento del consumo de combustible y deterioro de los vehículos que circulan por la vía analizada.

1.3.3 Justificación metodológica.

Para lograr los objetivos es necesario utilizar las normas de transporte vigentes, Norma de Pavimentos Urbanos (CE-010), así como los lineamientos de mantenimiento y conservación de vías. Técnicas de evaluación, como el procesamiento de datos mediante software especializado para calcular el índice IRI, el cual es un indicador de la calidad de la superficie del pavimento, y este valor IRI se puede calcular con precisión utilizando ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL, lo que fácil y rápido determina la regularidad superficial de la carretera. Donde sus resultados de investigación exceden su importancia debido a su confiabilidad en la determinación del valor IRI y ello contribuye a la solución mediante propuestas.

1.3.4 Justificación social.

Los valores IRI determinados en la investigación llegan a la ciudadanía ya que podrán conocer el estado superficial de la carretera, brindar propuestas de solución a los usuarios afectados por los desplazamientos por carretera, buscando la mejora de las condiciones de comodidad y seguridad del pasajero durante el transporte pasando por la Avenida Internacional.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el valor IRI con las metodologías de evaluación basado en teléfonos inteligentes para la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Calcular el valor IRI con la aplicación ROADROID que influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.
- b) Calcular el valor IRI con la aplicación TOTALPAVE que influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.
- c) Calcular el valor IRI con la aplicación ABAKAL que influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.
- d) Determinar la transitabilidad para la mejora del transporte regular de personas mediante los valores IRI obtenidos con la aplicación ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL en la Av. Internacional, Tacna - 2024

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el artículo científico titulado “Sistema Roadroid en la evaluación de la seveciabilidad vial”. El objetivo del programa es aplicar los métodos Roadroid y Level and View (métodos reconocidos) para calcular el índice de rugosidad internacional y el índice de idoneidad propuestos por los dos métodos donde el grado de correlación de los resultados fue alto. Se confirmó una correlación significativa entre los valores del IRI calculados por los métodos empleados, con un coeficiente de Pearson de 0,954. Asimismo, los resultados del PSI obtenidos por ambos métodos mostraron coeficientes de Spearman de 0,772 para el carril derecho y 0,553 para el carril izquierdo cuando la carretera estaba completamente extendida, indicando una buena correlación. Se concluyó que el uso del sistema Roadroid para evaluar la condición vial en el tramo Huaraz - Carhuaz de la autopista PE-3N es óptimo [9]

En el artículo titulado “Caracterización y análisis del método ROADROID en la obtención del índice de rugosidad internacional (IRI) para la gestión de pavimentos” publicado en Scielo. El objetivo está en explorar las características de esta nueva opción para evaluar superficies de pavimento utilizando el método Roadroid y su análisis correspondiente, además de la regresión del método Clase 1 Laser Profiler. El método Roadroid propuesto es una innovación diseñada para aplicaciones en teléfonos inteligentes, que facilita la evaluación económica y eficiente de las superficies de pavimento cuando sea necesario, minimizando los requerimientos de equipos. Se realizó un análisis de correlación entre el método Laser Profiler y el método Roadroid, y este último muestra potencial como una herramienta viable y robusta para determinar la regularidad y la regresión de la superficie del pavimento. Entre estos dos métodos se obtiene la ecuación para

determinar un nuevo valor IRI más cercano al IRI obtenido por el perfilador láser [10]

El artículo titulado “Road pavement condition diagnostics using Smartphone-based data crowdsourcing in smart cities” [11]. La investigación tiene como objetivo utilizar datos de teléfonos inteligentes en los sistemas de tráfico para analizar las condiciones de la superficie de la carretera. Las herramientas desarrolladas por los autores en su investigación pueden identificar y evaluar los defectos de la superficie de la carretera mediante el análisis de la dinámica de los movimientos de los vehículos en la red de carreteras. Los usuarios del sistema de transporte que utilizan teléfonos inteligentes pueden capturar datos de aceleración lineal, velocidad y posición del vehículo. Estos datos son enviados a los servidores de datos RCT, donde se procesan para evaluar el estado operativo de la carretera. La solución permite un monitoreo global continuo del estado de la infraestructura vial para muchos usuarios del sistema de transporte, asegurando evaluaciones actualizadas.

En la conferencia del IOP: Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, se presentó la investigación “Evalúe la precisión del tipo de vehículo en un estudio sobre el estado de la capa superficial del pavimento utilizando el software ROADROID” donde las malas condiciones de la superficie de la carretera influyen en la continuidad del transporte equilibrado, como la congestión, las etapas de evaluación de la condición superficial de la carretera son mediante la evaluación de las condiciones de la carretera existente. Uno de los parámetros de desempeño del pavimento que se obtiene objetivamente es el valor IRI, su rugosidad. Hoy en día, la tecnología barata y confiable utilizada para medir el valor IRI es Roadroid, que es una aplicación de Android desarrollada por una empresa en Suecia mediante el uso de un sensor de vibración incorporado en un teléfono inteligente que se coloca en el vehículo y el antiguo método manual se llama Índice de deterioro de la superficie (SDI), que se basa en observaciones visuales utilizando el método RCS. Con la variación de pavimento flexible y rígido que consiste en buenas y

malas condiciones de la carretera y usando motocicletas, sedán y vehículos utilitarios deportivos, se encuentra que la correlación entre el valor IRI usando Roadroid y el valor SDI usando observación visual muestra una alta correlación donde el r^2 más alto. Los valores al utilizar vehículos utilitarios deportivos (SUV) se comparan con los de automóviles pequeños y motocicletas. Se concluye que Roadroid puede utilizarse como base de datos para fines de planificación del mantenimiento de carreteras [12]

En la conferencia del IOP: Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, se presentó la investigación titulada “Los niveles de planicidad de una carretera flexible basada en el software Roadroid en Perintis Kemerdekaan Street Makassar” donde el objetivo del estudio es evaluar las condiciones del pavimento de una vía, utilizando el método del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) como base para determinar el tipo de mantenimiento necesario. Para medir el IRI, se emplea un vehículo de buen rendimiento y se registra el valor utilizando el software Roadroid en un dispositivo Android. Los datos obtenidos indican que la carretera Perintis Kemerdekaan tiene valores de IRI de 2.607 y 2.408 en cada dirección, lo que sugiere que la carretera está en una categoría estable. Por lo tanto, este segmento de carretera requiere un mantenimiento regular y periódico para mantener su nivel de servicio [13]

En el artículo científico titulado “Medición de la rugosidad del pavimento mediante una aplicación de teléfono inteligente basado en Android”. Lo que demuestra que todos los teléfonos inteligentes actuales integran muchos sensores útiles. Este estudio explora el uso de datos recopilados por sensores de teléfonos inteligentes en un entorno de vehículos en movimiento para evaluar la irregularidad real de la capa superficial de la carretera. Se ha realizado un experimento para recopilar datos de los sensores GPS y de aceleración de un teléfono inteligente. Se reveló que los datos del acelerómetro de los teléfonos inteligentes tienen una relación lineal con las condiciones de aspereza de la carretera, pero la fuerza de esta relación varía según los rangos de frecuencia. Los resultados de este artículo

también confirman el gran potencial de los sensores de los teléfonos inteligentes para calcular la rugosidad superficial de la carretera. [14]

En el artículo científico titulado “Estudo da condição de superfície em rodovias por meio do uso de aplicativo para Smartphone”. Las irregularidades de la superficie de carreteras pavimentadas y no pavimentadas con hormigón asfáltico fueron analizadas usando una aplicación de teléfonos inteligentes llamada Roadroid. Se consideraron características relacionadas con la textura y el deterioro de la superficie. Además, se observó que las condiciones de la superficie evaluadas por la aplicación eran similares a las proporcionadas por las agencias de carreteras. Los tramos de carretera con mayores valores de coeficiente de variación presentaban un alto número de fallas, especialmente parches y baches. Este análisis permite obtener resultados confiables para tomar decisiones informadas utilizando un smartphone. [15]

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 PAVIMENTOS

Es un sistema de varias capas, conformado por una serie de estratos superpuestos horizontalmente, compuesto por materiales específicos que han sido diseñados para soportar y dispersar las fuerzas ejercidas por los vehículos, mejorando así la seguridad y el confort del tráfico. [16]

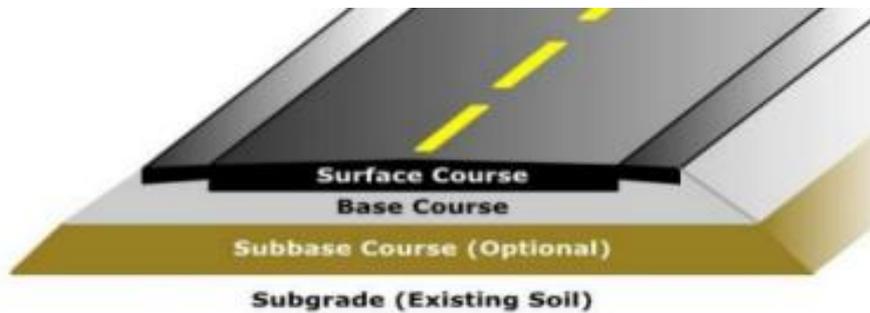
2.2.1.1 Clasificación de pavimentos

2.2.1.1.1 Pavimentos flexibles

También conocido como pavimento de asfalto, este tipo de pavimento está formado por una capa superficial de asfalto que se utiliza para la rodadura, y tiene la capacidad de tolerar deformaciones en las capas inferiores sin que se produzcan fallas en la estructura. Estas capas inferiores incluyen la base granular y subbase granular, las cuales están sobre el terreno natural.

Figura 2

Representación de la composición estructural de un pavimento flexible



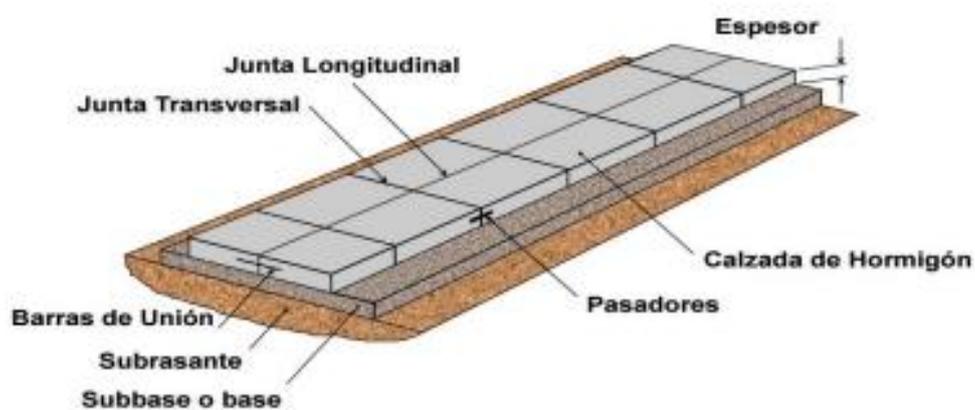
Nota. GP Maintenance Solutions “Asphalt Repair & Maintenance”

2.2.1.1.2 Pavimentos rígidos

Conocido como pavimento de concreto hidráulico, este tipo de pavimento está compuesto principalmente de concreto, y ocasionalmente se utiliza acero para reforzarlo. Esta losa se coloca sobre una base granular que a su vez descansa sobre la subrasante.

Figura 3

Esquema típico del paquete estructural de un pavimento rígido.



Nota: American Concrete Pavement Association (ACPA)

2.2.1.2 Evaluación de pavimentos flexibles

Según [17], La evaluación de pavimentos consiste en elaborar un informe que describe el estado actual tanto de la superficie como de la estructura del pavimento, con el objetivo de identificar las medidas necesarias para su reparación y mantenimiento. Esta evaluación tiene como propósito determinar la mejor manera de intervenir en el pavimento para prolongar su vida útil. La importancia de este proceso radica en la detección temprana de cualquier deterioro en la superficie, lo que permite realizar las correcciones necesarias para asegurar un rendimiento óptimo para los usuarios [18].

2.2.2 TELÉFONOS INTELIGENTES.

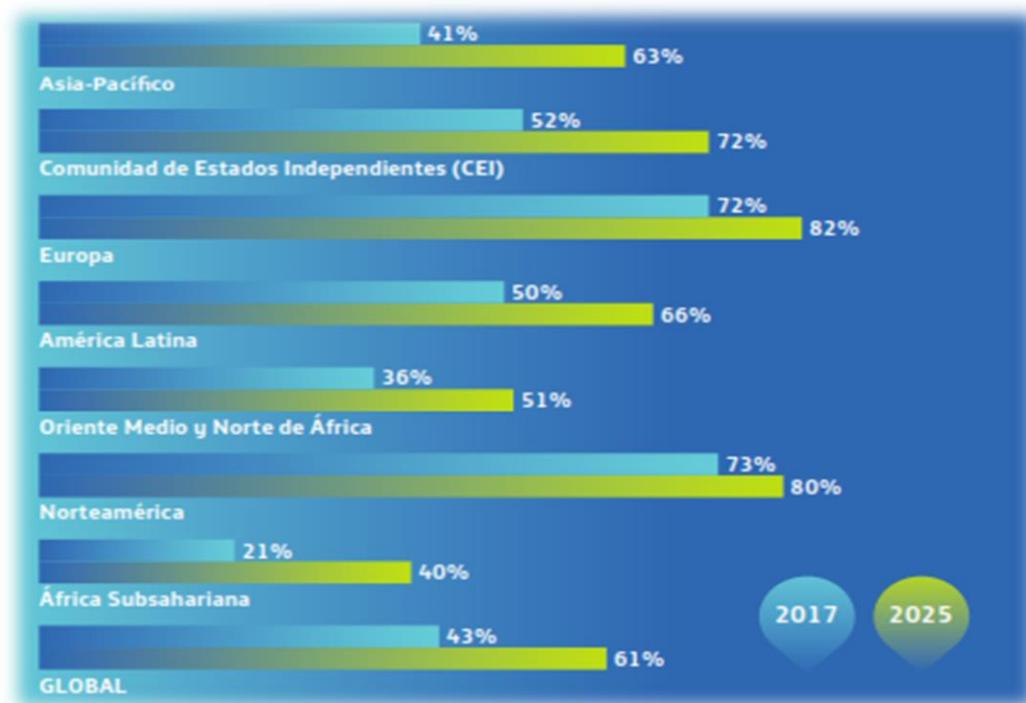
Cada vez más, nuestra actividad digital se lleva a cabo principalmente a través de teléfonos inteligentes. El uso de internet para diversas actividades como el trabajo, la comunicación o el entretenimiento, está dejando de depender gradualmente de dispositivos fijos y se está volviendo omnipresente. Los Smartphone son los dispositivos preferidos para acceder a las redes en comparación con otros dispositivos como tabletas o dispositivos vestibles, que se incorporan al cuerpo e interactúan con él o con otros aparatos. Esto ha llevado a un elevado número de usuarios de teléfonos inteligentes en nuestro país.

El aumento del uso de Smartphone en esta década ha resultado en un incremento de personas que acceden a internet a través de dispositivos móviles en lugar de hacerlo desde computadoras fijas. Se proyecta que para el año 2025, más del 60% de la población mundial se conectará a internet mediante sus teléfonos móviles, con cifras aún más altas previstas en regiones como Europa (82%) o Norteamérica (80%). [19]

En la actualidad, las aplicaciones móviles se han integrado en nuestra vida diaria de manera significativa. A través de ellas, podemos llevar a cabo una amplia variedad de actividades, como jugar, realizar transacciones bancarias, comprar en línea, conectarnos en redes sociales, solicitar comida a domicilio, controlar nuestras actividades deportivas, pedir servicios de transporte, acceder a herramientas para determinar la calidad de los pavimentos, realizar cálculos estadísticos, calcular materiales para la construcción, y muchas otras funciones que puedan tener una aplicación asociada. [19]

Figura 4

% de personas que acceden a internet utilizando dispositivos móviles



Nota. [20]

2.2.2.1 Aplicación ROADROID en teléfonos inteligentes

ROADROID es una aplicación móvil diseñada para supervisar el estado de las carreteras utilizando el acelerómetro del teléfono para registrar las vibraciones del vehículo. Estas vibraciones se convierten en unidades IRI (índice de rugosidad internacional) mediante ecuaciones correlativas o un modelo de cuarto de carro.

Además, la aplicación utiliza el GPS y los datos móviles para transmitir la información sobre el estado de la carretera, lo que puede ser útil para diversos fines, como la gestión del mantenimiento vial.

Figura 5
Representación ROADROID.



Nota. [21]

El sistema Roadroid examina la carretera a una frecuencia de 100 veces por segundo (equivalente a una señal cada 25 cm a una velocidad de 90 km/h). Con estos datos, calcula el IRI y registra la condición de la carretera junto con sus coordenadas GPS. La información se guarda primero en el teléfono y luego se transfiere a la nube.

Figura 6
App móvil.



Nota. [21]

La aplicación móvil registra una gran cantidad de datos por segundo en un archivo CSV. Sin embargo, para obtener una visión más completa y práctica, resulta más beneficioso utilizar conexiones con datos agregados y promedios de puntos muestreados. Dependiendo de la base de datos de carreteras utilizada, existen diversas oportunidades para mejorar los datos y agregar información de atributos relevantes, como el ancho de la carretera, los volúmenes de tráfico y otros aspectos de interés. En Suecia, por ejemplo, se ha utilizado con éxito la base de datos de la Carretera Nacional Sueca (NVDB) para enriquecer la información recopilada.

A nivel mundial, las geometrías de Open Street Maps (OSM) o Google Maps se emplean principalmente como base cartográfica para el análisis. Los datos sobre la condición de la carretera, una vez procesados y analizados, pueden exportarse en formato shapefile para su uso en otros sistemas.

Mediante la integración de la información recopilada con plataformas web como Google Maps, es posible visualizar el trayecto analizado y el estado de la vía de manera clara y accesible. Se utiliza un esquema de colores intuitivo: verde para una condición óptima, amarillo para satisfactorio, rojo para insatisfactorio y negro para un camino deficiente o en mal estado.

Figura 7

Representación gráfica de la carretera evaluada en Google Maps



Nota. [21]

En el sitio web www.roadroid.com.pe, se indica que el equipo de Roadroid, liderado por su CEO, el Ing. Lars Forslöf, se dedica a actualizar continuamente la aplicación Roadroid para ofrecer a la sociedad una herramienta más dinámica, sencilla y económica.

El Ing. Lars Forslöf comparte regularmente documentos de investigación y evaluaciones en sus redes sociales, como LinkedIn (www.linkedin.com) y en su propio sitio web (www.roadroid.com.pe).

2.2.2.1.1 IRI CALCULADO (cIRI).

El sistema de Roadroid ha sido calibrado con precisión para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), un indicador clave de la calidad de las carreteras. Para obtener datos precisos del IRI, es necesario conducir a una velocidad constante entre 60 y 80 km/h. El modelo del cuarto de carro, junto con la simulación de dos pesos (amortiguado y no amortiguado) y el movimiento del vehículo, se utilizan como datos de entrada para estimar el comportamiento del chasis y la carrocería del vehículo. Estos datos se obtienen a través del acelerómetro del teléfono durante la calibración, un proceso sencillo que puede realizar cualquier usuario.

Para medir el IRI por tramo (cIRI), se consideran todas las variables configuradas en la aplicación Roadroid. La longitud de los segmentos se establece entre 20 y 200 metros, y se calcula la simulación de los pesos oscilantes para obtener un valor promedio de rugosidad por tramo. Es importante mantener una velocidad constante entre 60 y 80 km/h durante la medición. La aplicación Roadroid permite seleccionar el tipo de vehículo utilizado, incluyendo vehículos pequeños, sedanes, camionetas 4x4 y bicicletas.

Según [21], para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones del Índice de Rugosidad Internacional por Tramo (cIRI), se realizaron diversos muestreos en diferentes países. Los datos obtenidos de estos muestreos se utilizaron para configurar el programa Roadroid antes de la toma de muestras en general.

Tabla 3*Tipo de Medición cIRI*

Tipo de vía	Asfalto	Grava	Tierra
Velocidad (km/h)	80	60	40
Sensibilidad cIRI	1.6	2.2	2.8
Longitud tramo cIRI (m.)	40	100	200

Nota. [21]

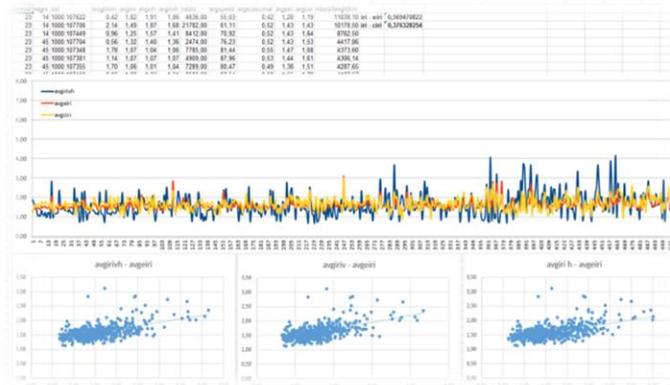
2.2.2.1.2 IRI ESTIMADO (eIRI).

El sistema Roadroid para la estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se basa en una adaptación del método propuesto por el Banco Mundial. Esta adaptación utiliza correlaciones lineales con instrumentos de medición de alta precisión para garantizar la confiabilidad de los datos y de acuerdo con la metodología empleada, el IRI estimado por Roadroid (eIRI) se clasifica dentro de la clase 3 del método de precisión. Esta clasificación indica un alto nivel de exactitud en las mediciones, comparable a los métodos tradicionales de medición del IRI, según [22].

Conscientes de las limitaciones actuales en la estimación del IRI, diversas instituciones y universidades están realizando investigaciones para mejorar la precisión y confiabilidad de los métodos existentes. Entre las instituciones líderes en este campo se encuentran el Banco Mundial, UNOPS, la empresa SpeaAutostrade y varias universidades. Un estudio destacado realizado por la Universidad de Auckland ha demostrado una correlación del 81% entre los datos obtenidos mediante la aplicación Roadroid y un perfilómetro de clase 1. Este resultado es un avance significativo en la validación de Roadroid como herramienta para la estimación del IRI.

Figura 8

Correlaciones de valor eIRI



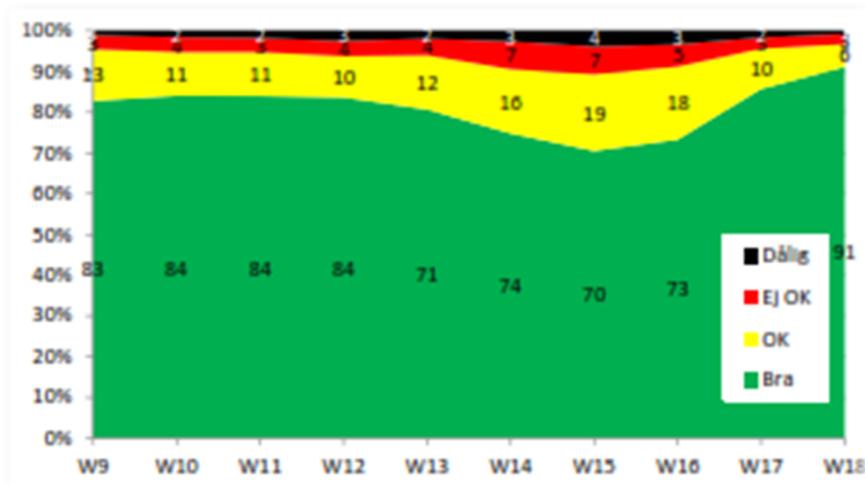
Nota. [23]

2.2.2.1.3 ÍNDICE ROADROID.

El Índice ROADROID va más allá de una simple indicación del IRI y ofrece una clasificación detallada del estado de la carretera mediante porcentajes de cada categoría. Esta información se obtiene a partir de la base de datos generada durante el análisis de la carretera. Para ilustrar el funcionamiento del Índice ROADROID, consideremos un segmento de carretera analizado. En este segmento, se podría obtener la siguiente distribución de categorías:

- Buena (verde): 94.6%
- Satisfactoria (amarillo): 3.3%
- No satisfactoria (rojo): 1.5%
- Pobre (negro): 0.6%

El Índice ROADROID se distingue por su capacidad para integrar datos de múltiples mediciones realizadas a lo largo del tiempo, los datos recopilados se procesan automáticamente para generar informes detallados sobre el estado de las carreteras, ahorrando tiempo y esfuerzos a los usuarios y facilita la comparación de la calidad de pavimentos en diversos tramos de carretera.

Figura 9*Pavimento asfáltico**Nota.* [23]

La Tabla 4, que se menciona en el texto original sirve como base para la generación de resultados a lo largo del tiempo, lo que permite un seguimiento continuo del estado de las carreteras. Para lograr este monitoreo, se han implementado dos estrategias principales de recopilación de datos:

Personal calificado que realice inspecciones visuales en las carreteras con una frecuencia de 1 a 3 veces por semana y operadores de campo, como distribuidores de periódicos pueden contribuir a la recopilación de datos durante sus recorridos habituales.

El IRI resulta ser una opción muy apropiada para generar informes a partir de los datos sobre la condición de la carretera.

Tabla 4*Calificación según ROADROID.*

Calificación	IRI	Color
Buena	< 2.5	
Satisfactoria	2.5 – 4.0	
No satisfactoria	4.0 – 6.0	
Pobre	> 6.0	

Nota. [24]**2.2.2.2 Aplicación TOTALPAVE en teléfonos inteligentes**

TotalPave Inc. ofrece un servicio pago que emplea dispositivos inteligentes con Android o iOS para recopilar datos de calles y carreteras. Estos dispositivos, instalados en vehículos que circulan a velocidades constantes entre 20 km/h y 110 km/h, utilizan GPS y magnetómetros para obtener información. Una vez finalizado el recorrido, los datos se envían a un servidor en la nube de TotalPave a través de Wi-Fi o datos móviles. En la nube, estos datos sin procesar se analizan para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de los tramos de carretera previamente definidos.

TotalPave Inc., una empresa canadiense con sede en New Brunswick, se especializa en crear aplicaciones innovadoras para la ingeniería de pavimentos. Su misión principal es optimizar la gestión de recursos y reducir costos en el ámbito de la construcción y mantenimiento de pavimentos.

TotalPave, una ingeniosa solución, transforma los teléfonos inteligentes en herramientas para evaluar la rugosidad del pavimento. Gracias a sus acelerómetros, estos dispositivos registran los datos del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en función del movimiento del vehículo.

Figura 10

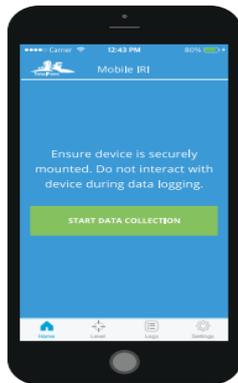
Representación TotalPave.



Nota. [25]

Figura 11

Pantalla principal de la aplicación TotalPave



Nota. La figura presenta la aplicación instalada en el teléfono inteligente.

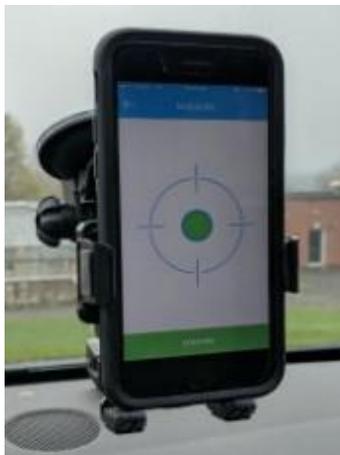
Para recopilar datos de IRI durante una evaluación con la aplicación TotalPave, se siguen los siguientes pasos:

Instalación del soporte.

- Fijar en el parabrisas para el soporte del teléfono
- Ubicar el teléfono inteligente dentro del soporte nivelada
- Ajuste firme del teléfono inteligente en el soporte.

Figura 12

Instalación del equipo en el parabrisas



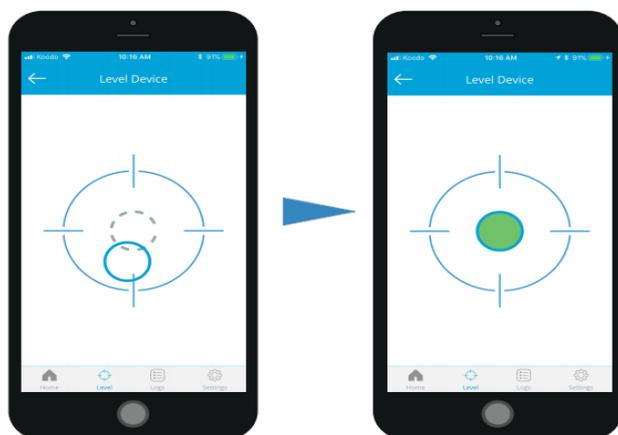
Nota. La imagen ilustra la colocación del dispositivo de manera nivelada en el soporte

Nivelación del teléfono inteligente

- Después de fijar el teléfono al soporte del parabrisas, ajustamos su nivel utilizando la función "Nivel" del sistema de la aplicación. Al hacer clic en esta opción, la burbuja debe moverse hacia el centro de la pantalla y aparecer en verde, indicando que está nivelada. Una vez completado este paso, iniciamos la prueba haciendo clic en "Inicio".

Figura 13

Ajuste de la nivelación del teléfono inteligente



Nota. La imagen ilustra la nivelación del teléfono inteligente de la aplicación TOTALPAVE

2.2.2.2.1 Secciones de conducción

Una vez que haya subido las secciones de la carretera a su cuenta de TotalPave, el sistema calculará automáticamente el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) si detecta que ha recorrido la sección de manera adecuada. Los datos del IRI estarán disponibles de forma instantánea en su Portal Web de TotalPave, permitiéndole acceder a la información de manera rápida y sencilla.

Para obtener datos IRI con facilidad, siga estos sencillos pasos desde la página principal de la aplicación:

- Pulse "Iniciar recopilación de datos" para comenzar el proceso.
- Durante la prueba, procure conducir entre 20 km/h y 110 km/h para obtener resultados precisos.
- No interactúe con el teléfono mientras se graban los datos para no interferir con la medición.
- Una vez completado el tramo deseado, presione "Detener recopilación de datos" para finalizar el proceso.

2.2.2.2.2 Carga de registros

Los datos registrados permanecen almacenados en el teléfono inteligente hasta que TotalPave cargue en su cuenta utilizando una conexión de datos móviles o Wi-Fi.

Una vez que haya cargado el registro, aparecerá una marca de verificación junto a él en la página principal de la aplicación, indicando que el proceso ha sido exitoso.

De acuerdo con la información proporcionada por el equipo de soporte técnico de la aplicación, se ha indicado que los valores de IRI se presentan en metros por kilómetro. Nuestro innovador software transforma el teléfono inteligente en un sofisticado instrumento para medir la irregularidad longitudinal de las carreteras, a partir de las vibraciones captadas por el sensor del dispositivo, el sistema calcula con precisión el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de cada tramo recorrido, detallando por colores la escala de la irregularidad de la carretera y luego se importa los datos recopilados en un archivo Excel para análisis posteriores [26]

Figura 14

Representación cromática de los valores IRI en un mapa



Nota. Tomado de [26]

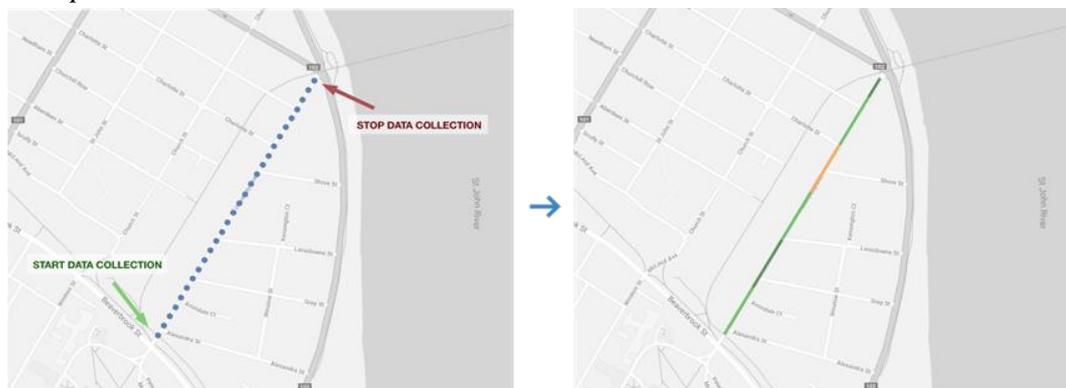
Tabla 5

Información transferida desde la aplicación TotalPave

TPID	IRI 2019	Nombre de la calle	Longitud	ciudad	Nombre de la sucursal	Latitud de inicio	Longitud de inicio	Latitud final	Longitud final	Tre do
767644	4.9	Avenida 13 de Mayo	195,732	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,383	-385,223	-375,363	-385,205	20 de julio de 2019
767645	5.13	Avenida 13 de Mayo	208,168	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,347	-385,205	-375,367	-385,224	20 de julio de 2019
767646	3.45	Avenida 13 de Mayo	123,52	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,367	-385,224	-375,378	-385,235	20 de julio de 2019
767647	3.72	Avenida 13 de Mayo	129,961	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,394	-385,234	-375,383	-385,223	20 de julio de 2019
767648	3.19	Avenida 13 de Mayo	131,593	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,378	-385,235	-375,333	-385,245	20 de julio de 2019
767649	2.92	Avenida 13 de Mayo	142,561	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,346	-385,246	-375,394	-385,234	20 de julio de 2019
767650	1.92	Avenida 13 de Mayo	952,125	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,333	-385,245	-375,275	-385,252	20 de julio de 2019
767651	3.33	Avenida 13 de Mayo	964,395	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,229	-385,253	-375,346	-385,246	20 de julio de 2019
767652	4.42	Avenida 13 de Mayo	95,072	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,234	-385,259	-375,529	-385,253	20 de julio de 2019
767653	4.2	Avenida 13 de Mayo	953,637	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,275	-385,252	-375,522	-385,258	20 de julio de 2019
767654	4.23	Avenida 13 de Mayo	868,975	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,522	-385,258	-375,169	-385,264	20 de julio de 2019
767655	5.99	Avenida 13 de Mayo	889,475	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,182	-385,265	-375,234	-385,259	20 de julio de 2019
767656	6.03	Avenida 13 de Mayo	867,458	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,169	-385,264	-375,118	-385,527	
767657	4.69	Avenida 13 de Mayo	814,874	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,135	-385,271	-375,182	-385,265	20 de julio de 2019
767658	3.81	Avenida 13 de Mayo	668,473	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,095	-385,276	-375,135	-385,271	20 de julio de 2019
767659	3.58	Avenida 13 de Mayo	110,013	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,118	-385,527	-375,054	-385,278	20 de julio de 2019
767660	3.44	Avenida 13 de Mayo	145,603	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,054	-385,278	-374,968	-385,288	20 de julio de 2019
767661	2.47	Avenida 13 de Mayo	733,391	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,051	-385,281	-375,095	-385,276	20 de julio de 2019
767662	7.49	Avenida 13 de Mayo	395,065	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-375,028	-385,283	-375,051	-385,281	20 de julio de 2019
767663	4.41	Avenida 13 de Mayo	770,111	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-374,983	-385,289	-375,028	-385,283	20 de julio de 2019
767664	5.98	Avenida 13 de Mayo	826,876	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-374,934	-385,294	-374,983	-385,289	20 de julio de 2019
767665	2.39	Avenida 13 de Mayo	839,045	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-374,968	-385,288	-374,918	-385,293	20 de julio de 2019
767666	5.03	Avenida 13 de Mayo	83,244	fuerza	Avenida 13 de Mayo	-374,918	-385,293	-37,487	-385,299	20 de julio de 2019

Nota. La tabla ilustra los datos obtenidos de la página Web de la aplicación

Figura 15
Recopilación del valor IRI



Nota: La imagen ilustra en el mapa la escala por colores la irregularidad de cada tramo.

Es importante tener en cuenta que la primera recopilación de datos en un nuevo proyecto tarda entre 24 y 48 horas en reflejarse en la cuenta. Sin embargo, las recopilaciones posteriores en los segmentos existentes se actualizarán en cuestión de minutos, permitiendo acceder a la información de manera rápida y eficiente.

Cuando acceda por primera vez a la aplicación, se le solicitará autorización para que esta pueda acceder a su ubicación GPS. Esto es esencial para la cartografía de los datos de IRI

2.2.2.3 Aplicación ABAKAL en teléfonos inteligentes

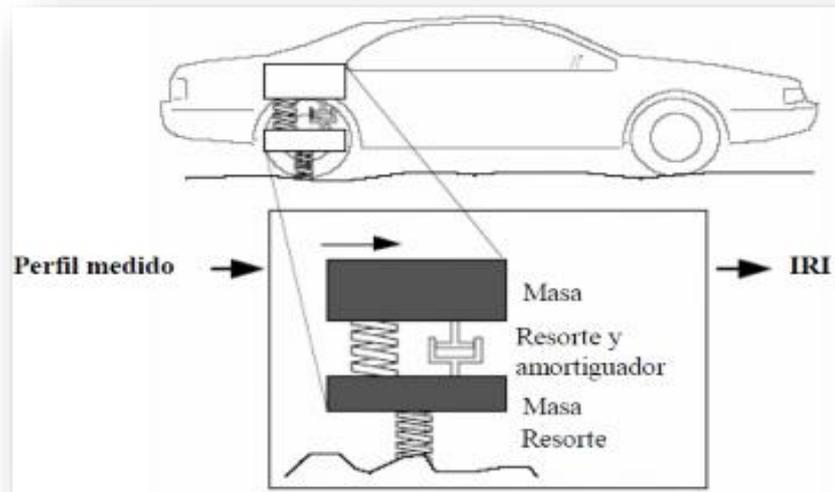
La aplicación aprovecha los sensores de vibración y GPS de un dispositivo Android para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Este índice refleja la comodidad de la conducción al medir las irregularidades del pavimento. La app genera gráficos e informes detallados del IRI cada 100 metros, permitiendo un análisis preciso del estado de la carretera.

Para el cálculo del IRI, se emplea el modelo de cuarto de carro. Este modelo simula la respuesta de la rueda trasera de un vehículo estándar al circular sobre la superficie de la carretera. El modelo considera la masa del vehículo, la masa de la rueda, la acción del amortiguador y la flexibilidad del neumático. Al medir las

vibraciones verticales, la aplicación puede determinar las irregularidades del perfil longitudinal de la carretera.

Figura 16

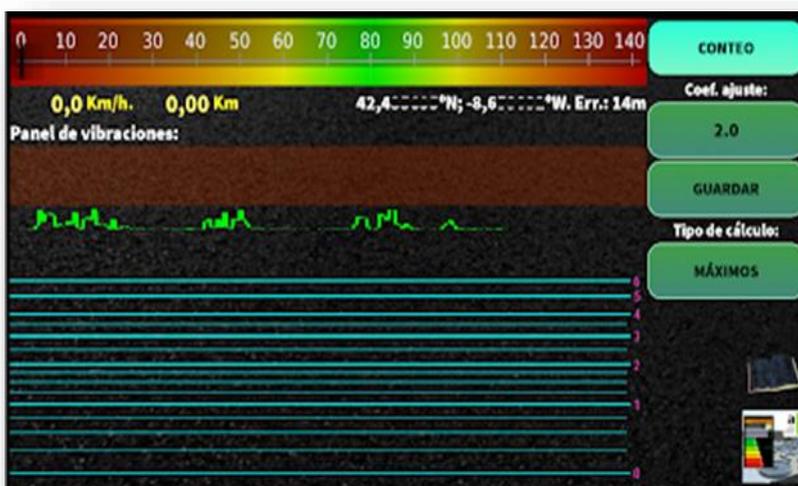
Representación de cuarto de coche.



Nota. [27].

Figura 17

Aplicación ABAKAL.



Nota. [28].

2.2.2.3.1 Velocidad de prueba

Se requiere mantener una velocidad constante en zonas urbanas de 40 a 60 km/h y en carreteras alrededor de 80 km/h, el teléfono registra en la pantalla el color verde por la velocidad.

2.2.2.3.2 Posicionamiento del equipo Smartphone

Para un rendimiento óptimo, el dispositivo debe montarse en el parabrisas, esta ubicación garantiza la mejor recepción de señales y la precisión de las mediciones, tanto para métodos estadísticos como para mediciones de valores máximos.

Figura 18

Posición del dispositivo móvil dentro del automóvil.



Nota. [28].

2.2.2.3.3 Métodos de cálculo

Existen dos mediciones de cálculo definidos, los estadísticos y los basados en valores máximos. El enfoque estadístico se basa en la ponderación relativa de la vibración transmitida por el vehículo al teléfono inteligente, considerando tanto el primer como el segundo orden. El coeficiente de ajuste modifica esta ponderación, aumentándola o disminuyéndola según sea necesario.

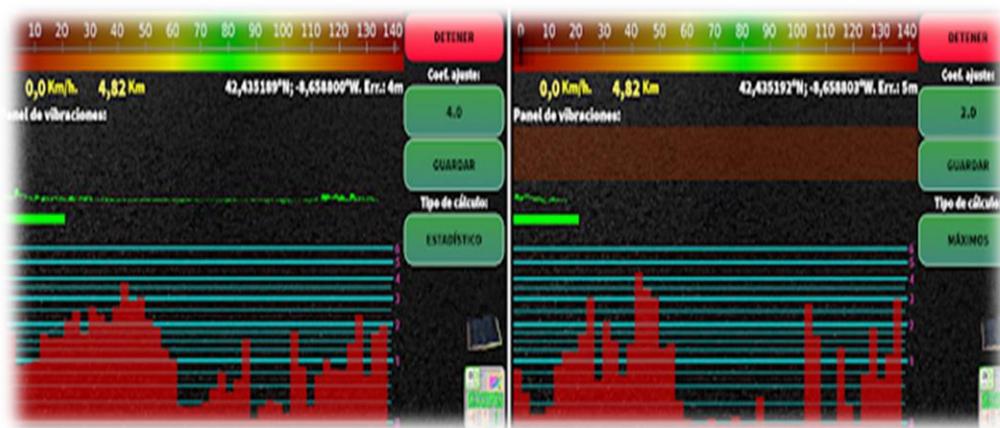
Por otro lado, el método basado en valores máximos establece límites predefinidos,

a partir de los cuales se evalúa la prueba. Reducir el límite implica incrementar la evaluación de la prueba. Por esta razón, el coeficiente de ajuste es inversamente proporcional a la ponderación de la prueba. Inicialmente, no es posible determinar cuál de los dos sistemas se adapta mejor a la combinación vehículo-teléfono. La comparación de los resultados obtenidos con un IRI de referencia externo es fundamental para garantizar la precisión de las mediciones.

En caso de cambiar el vehículo o el smartphone utilizado, es necesario repetir los procedimientos de calibración y comparación para garantizar la precisión en las nuevas condiciones. Durante la realización de las pruebas, los resultados se presentan en una gráfica con una escala vertical logarítmica donde la escala permite visualizar de manera clara y precisa las variaciones en la rugosidad de la superficie, especialmente en el caso de superficies con irregularidades significativas.

Figura 19

Tipos de medición para el IRI.



Nota. [28].

2.2.2.3.4 Generación de informe

El programa produce 3 tipos de archivos como salida, los cuales son guardados en el directorio especificado `"/storage/0/Abakal/IRI"`:

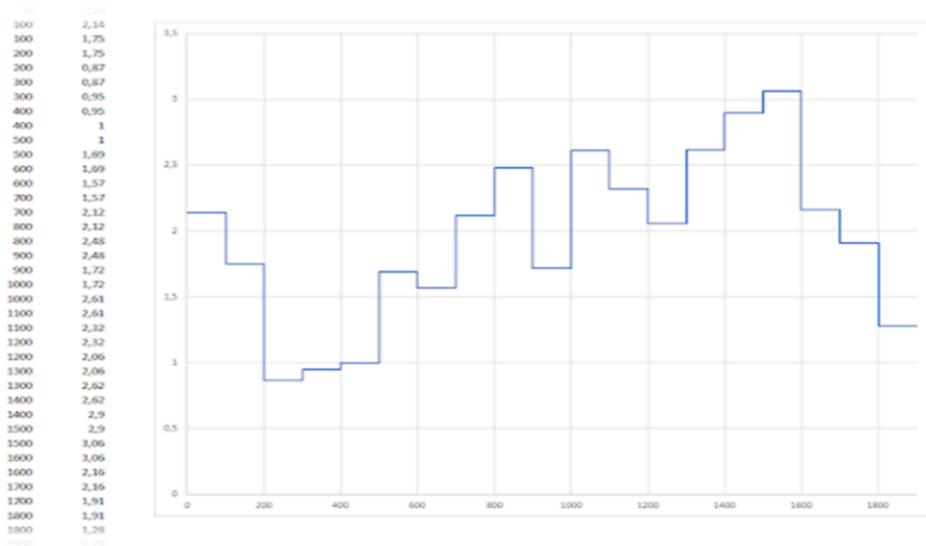
1. "informe IRI.csv" es una hoja de cálculo y es valioso para generar gráficos.
2. "informe IRI2.csv" datos donde su uso es más adecuado en la generación de

tabla de control.

- "informe IRI.kml" está diseñado el desplazamiento de evaluación en Google Earth

Figura 20

Informe IRI.csv.



Nota. [28].

Tabla 6

Resultados Informe IRI2.csv.

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
42,453633	-8,677348	110	75,35	0	2,14
42,454028	-8,676213	108	75,82	100	1,75
42,454396	-8,675086	114	72,00	200	0,87
42,454814	-8,673987	119	73,30	300	0,95
42,455341	-8,672945	124	76,32	400	1
42,456012	-8,671988	129	80,24	500	1,69
42,456741	-8,671048	137	78,12	600	1,57
42,457411	-8,670161	142	71,78	700	1,59
42,458005	-8,669230	146	73,55	800	2,12

Nota. [28].

Figura 21

Informe IRI.kml.



Nota. [28].

2.2.3 SISTEMA VIAL DE TRANSPORTES.

En consonancia con el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de Tacna para el período 2014-2023, se propone la implementación de un Sistema Vial Urbano integral, donde la red de vías tiene como objetivo primordial atender las demandas presentes y venideras de tráfico y transporte en la ciudad. La estructuración de este sistema vial busca garantizar una conexión fluida entre los distintos sectores del área urbana, promoviendo así su integración efectiva con el resto de la región y el país.

2.2.3.1 Estructura del sistema vial urbano.

El Sistema Vial Urbano de Tacna está estructurado en una red vial primaria y secundaria, siguiendo la clasificación vial establecida en el plan vigente. El plan del Sistema Vial Urbano representa esta red según su jerarquía, distinguiendo entre carreteras existentes y proyectadas. Además, las carreteras se clasifican utilizando un sistema de codificación para establecer un marco de tipología y niveles de transporte vehicular.

Tabla 7*Clasificación y Codificación de Vías*

Estructura	Clasificación	Código
Red Vial Primaria	Vías internacionales	VIN
	Vías interregionales	VIR
	Vías interprovinciales	VIP
Red Vial Secundaria	Vías arteriales	VAR
	Vías colectoras	VC
	Vías locales	VL

Nota. Tomado de [29]

Tabla 8*Vías Arteriales*

Vías arteriales - VA	
Nº	Nombre de vías
1	Av. Litoral
2	Av. Ejército
3	Av. Tarapacá
4	Av. Caplina
5	Av. Manuel a. Odría
6	Av. Panamericana sur
7	Av. Bohemia tacneña
8	Av. Cristo rey
9	Av. Los poetas
10	Ca. Tarata y los precursores
11	Av. La cultura
12	Av. Municipal
13	Av. Von Humboldt
14	Av. Jorge Basadre Grohmann oeste
15	Av. Cuzco
16	Ca. Vicente Dagnino
17	Av. Gregorio Albarracín
18	Av. Augusto B. Leguía
19	Av. Jorge Basadre Grohmann sur
20	Av. Jorge Basadre Grohmann norte
21	Av. Jorge Basadre Grohmann este
22	Av. Grau
23	Av. Bolognesi
24	Av. Celestino Vargas
25	Ca. Gregorio Albarracín
26	Ca. Patricio Meléndez
27	Av. Basadre y Forero
28	Av. Industrial
29	Ca. Daniel Alcides Carrión
30	Av. Gustavo pinto
31	Prolongación de la Av. Pinto
32	Ca. José Torre Tagle
33	Av. Haití
34	Av. Gregorio Albarracín
35	Av. Mariano Necochea
36	Av. Canadá
37	Av. Internacional

Nota. Tomado de [29].

2.2.3.2 Sistema de transporte.

Según [30], desde una perspectiva amplia, el ámbito del transporte exhibe una amplia variedad de categorías, que incluyen el transporte de carga y pasajeros, tanto público como privado, así como el transporte privado y el transporte público, entre otras.

a). Transporte público urbano

Según [30], los sistemas de transporte público urbano se encargan de facilitar el traslado de personas dentro de las ciudades, siendo comunes en la mayoría de áreas urbanas buses medianos y buses grandes. En muchos países, este servicio suele ser gestionado por las autoridades municipales, aunque también pueden otorgarse permisos de operación a empresas o individuos para su operación. Además de ser un componente fundamental de la vida urbana, el transporte público contribuye a la reducción de la contaminación ambiental al disminuir la necesidad de utilizar automóviles para los desplazamientos personales. Esto facilita el acceso a quienes no disponen de vehículo propio y deben hacer recorridos extensos hasta llegar a su destino.

Según [31], refiere que es fundamental contar con un registro que proporcione información detallada sobre los diversos tipos de transporte público disponibles en la zona de investigación. Esto implica considerar información sobre paraderos de buses, la frecuencia, la capacidad y estado de las unidades, así como las rutas de recorrido, entre otros aspectos. Dentro de estos tipos de transporte se incluyen buses, autobuses, camioneta rural y el especial taxis.

b). Transporte privado

Según [31], se refiere a servicios de transporte contratados de forma individual, no disponibles para el público en general. Estos servicios no se adhieren a rutas, horarios o velocidades preestablecidas, adaptándose a las necesidades específicas del cliente.

En contraste con el transporte público, el transporte privado permite al usuario seleccionar la ruta y el horario según su conveniencia, y la velocidad está determinada por el viajero dentro de los límites legales y de la vía.

En el transporte público, la oferta la conforman los elementos del sistema operado por un ente público o privado: vehículos, estaciones, rutas, horarios y personal. En cambio, el transporte privado se caracteriza por una oferta más individualizada, compuesta por las vías disponibles y los vehículos particulares de los usuarios.

Este tipo de transporte incluye bicicletas, motocicletas y todo tipo de vehículo automotor.

c). Transporte de carga

Según [30], el transporte de carga se adapta a las necesidades específicas de cada cliente mediante acuerdos comerciales personalizados, ya sean formales o informales. Esto permite atender una amplia gama de requerimientos y preferencias, incluso en el caso de traslados recurrentes. El transporte de carga se desarrolla bajo dos esquemas operativos principales: envío y distribución. El esquema de envío se enfoca en el traslado puntual de una carga de un punto a otro, mientras que la distribución implica la entrega de mercancías a múltiples destinos.

2.2.3.3 Transporte regular de personas.

El transporte regular implica la movilización de personas siguiendo una frecuencia y ruta establecidas. Este servicio permite la recogida y la entrega de pasajeros en paradas predefinidas.

a). Transporte Regular de Personas: Se refiere a un tipo del transporte público de pasajeros que se lleva a cabo de manera regular, continua, general y uniforme para satisfacer las necesidades colectivas de viaje en una ruta específica. Esta modalidad se regula mediante una resolución de autorización y puede ofrecerse en dos variantes: Servicio Normal y Servicio Diferenciado, empleando vehículos que cumplan con las normativas estipuladas en el Reglamento Nacional de Vehículos y otras disposiciones normativas vigentes. [30]

b). Transporte Especial de Personas: Se trata de una variante del tipo de transporte público que no se caracteriza por su regularidad, continuidad,

generalidad, obligatoriedad o uniformidad. Esta modalidad se concede a los transportistas mediante una autorización y puede incluir variantes como el transporte turístico terrestre, el transporte de trabajadores, el transporte de estudiantes y el servicio de taxi. [30]

2.2.3.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

La Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM), según la norma E-867, define la rugosidad como la desviación de un pavimento en relación con una superficie plana. Esta rugosidad afecta la dinámica del vehículo, la calidad del viaje, la carga dinámica y el drenaje. Además, la rugosidad puede entenderse como la irregularidad de la superficie de la carretera, lo que provoca una aceleración vertical no deseada y, en consecuencia, un viaje incómodo [31].

El Banco Mundial ha establecido el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) como una medida estándar para evaluar la regularidad del pavimento. Expresado en metros por kilómetro, el IRI refleja la influencia del perfil longitudinal de una carretera en la calidad de la experiencia de conducción. [22].

2.2.3.4.1 Escalas y características del IRI

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se expresa en unidades de metros por kilómetro y oscila entre 0 y 20 metros por kilómetro. Una calificación de 0 metros por kilómetro indica una vía excelente, mientras que una calificación de 20 metros por kilómetro indica una vía extremadamente difícil de transitar.

Tabla 9

Valor IRI (m/km) para su calificación

Estado	Buena	Regular	Mala	Rechazar	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		
Perú	< 2.8	2.8 – 4.0	4.0 – 5.0		

Nota. Tabla que muestra los IRI utilizados para pavimentos nuevos [32]

2.2.3.5 Determinación de la transitabilidad basado en el IRI.

La transitabilidad se refiere a cómo percibe el usuario el nivel de servicio que ofrece un pavimento, por lo que es importante recopilar sus opiniones para evaluar el estado del pavimento. Sin embargo, el análisis de la superficie del pavimento presenta dificultades conceptuales, ya que depende de la forma en que se realice la evaluación, ya sea centrándose en su condición estructural o funcional, e incluso si se aborda el problema sin el uso de herramientas o métodos de evaluación estandarizados.

En el cálculo de la transitabilidad del pavimento, se utiliza un parámetro conocido como Índice de Desempeño del Servicio (PSI, por sus siglas en inglés), que determina la condición funcional o rendimiento actual del pavimento en servicio. Este concepto fue desarrollado por técnicos de pruebas en carretera de la AASHO en 1957. El PSI utiliza una escala de 0 a 5 para evaluar los valores, donde las condiciones óptimas corresponden al valor máximo [33]

Tabla 10

Calificación de la transitabilidad

Valor	Calidad
5	Muy buena
4	Muy buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Nota. Esta tabla muestra la escala del índice de transitabilidad, tomado de la Guía AASHTO

2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

ROADROID:

Aplicación diseñada para dispositivos Android que permite supervisar el estado de las carreteras, junto con un mapa en línea que utiliza códigos de color para representar los resultados de la rugosidad.

TOTALPAVE:

Aplicación en el teléfono inteligente, donde el sistema detecta cualquier pequeño movimiento significativo del teléfono para estimar el valor IRI de las áreas por las que pasa.

ABAKAL:

Esta aplicación te permite evaluar la rugosidad de las carreteras utilizando los sensores de vibración y GPS de tu dispositivo Android, proporcionando el IRI.

Transitabilidad:

Calidad funcional de la vía es percibida directamente por los usuarios. Esta calidad se define, en términos generales, por la capacidad de la vía para permitir un tránsito fluido, seguro y a una velocidad apropiada para su categoría.

Índice de rugosidad:

Es una herramienta fundamental para evaluar la calidad del pavimento en términos de su irregularidad, se expresa en m/km o in/mi, el IRI proporciona información crucial para determinar la necesidad de mantenimiento o mejoras en las carreteras.

Vías Arteriales:

Red vial principal o arterial que proporciona enlace entre la ciudad y la red vial nacional, así como entre distintas zonas de la ciudad, afianzando de este modo el modelo de desarrollo urbano propuesto.

Transporte público urbano:

Transporte público disponible para el uso general de la población y que operan en rutas y horarios preestablecidos, contribuyendo a la reducción del tráfico y emisiones de gases contaminantes.

Transporte regular de personas:

Modalidad de servicio de transporte público de personas que se realizan de manera regular, continua, general, obligatoria y uniforme para satisfacer las necesidades generales de desplazamiento colectivo, a través de rutas determinadas mediante una resolución de autorización [30].

Calidad del Servicio:

Puntualidad, la limpieza, la higiene y la comodidad son aspectos fundamentales que todo servicio de transporte terrestre debe ofrecer para cumplir con los estándares mínimos de calidad y satisfacer las expectativas de los usuarios.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

Las metodologías de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente influyen negativamente en la determinación de la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- a) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ROADROID resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024.
- b) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación TOTALPAVE resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.
- c) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ABAKAL resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.
- d) La determinación de la transitabilidad mediante los valores obtenidos con la aplicación ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL permitirán definir el tipo de intervención en la Av. Internacional, Tacna – 2024.

3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1 Identificación de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE

Metodologías de evaluación del pavimento basado en teléfonos inteligentes

3.2.1.1 Dimensiones

- Parámetros de evaluación
- Cálculo valor IRI

3.2.1.2 Indicadores

- Índice de rugosidad Internacional obtenido con ROADROID
- Índice de rugosidad Internacional obtenido con TOTALPAVE
- Índice de rugosidad Internacional obtenido con ABAKAL
- Calificación del estado del pavimento

3.2.1.3 Escala

- $IRI < 2.8$: Bueno
- $2.8 < IRI < 4.0$: Regular
- $4.0 < IRI < 5.0$: Malo
- $IRI > 5.0$: Muy Malo

3.2.2 Identificación de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE

Mejora del transporte regular de personas

3.2.2.1 Dimensiones

- Evaluación funcional
- Calificación funcional

3.2.2.2 Indicadores

- Transitabilidad
- Índice PSI basado en el valor IRI
- Análisis y calificación de la transitabilidad

3.2.2.3 Escala

- $PSI < 1$: Muy Mala
- $1 \leq PSI < 2$: Mala
- $2 \leq PSI < 3$: Regular
- $3 \leq PSI < 4$: Buena
- $PSI \geq 4$: Muy Buena

Tabla 11*Operacionalización de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
		Parámetros de evaluación	Aplicativo ROADROID, TOTALPAVE Y ABAKAL
METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO BASADO EN TELÉFONOS INTELIGENTES	Conjunto de técnicas y procedimiento que utilizan los sensores y capacidad de los teléfonos inteligentes para medir y analizar la condición del pavimento.	Cálculo valor IRI	Índice de rugosidad Internacional obtenido con ROADROID Índice de rugosidad Internacional obtenido con TOTALPAVE Índice de rugosidad Internacional obtenido con ABAKAL Calificación del estado del pavimento
MEJORA DEL TRANSPORTE REGULAR DE PERSONAS	Conjunto de acciones y estrategias destinadas a mejorar la transitabilidad, optimizando la eficiencia, comodidad, seguridad y accesibilidad del servicio de transporte público y privado utilizado habitualmente por la población.	Evaluación funcional	Índice de transitabilidad presente en función del valor IRI
		Calificación funcional	Análisis y calificación de la transitabilidad

Nota. Elaboración propia

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es de tipo aplicada, donde los resultados buscaron acrecentar el fundamento teórico que se conoce respecto al estudio de las variables para posteriormente buscar una solución al problema. Al respecto, [34], considera que la investigación de tipo aplicada constituye un enfoque en el ámbito científico que se dedica a aplicar de manera práctica los conocimientos teóricos y científicos con el fin de abordar problemas específicos o atender necesidades concretas.

3.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación estar basado en un nivel descriptiva - exploratoria, frente a ello, [35] indica que es descriptivo porque implica la observación y la descripción de los acontecimientos con el objetivo de gestionar la adquisición de nuevas teorías de manera sistemática y metódica, con el propósito exclusivo de ampliar el saber. Es exploratorio porque busca acercarse al estudio para profundizar en su alcance y establecer prioridades para investigaciones futuras. La base de la investigación es la recopilación de datos directamente en el lugar mediante aplicaciones en teléfonos inteligentes, donde los valores IRI se presentan en formatos de cálculo, gráficos circulares y gráficos de barras.

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño es no experimental, frente a esto, [34] se refiere a las formas de responder a las preguntas planteadas en la investigación, las cuales están relacionados con la definición de la estrategia que se debe seguir en la búsqueda de soluciones a los interrogantes planteados, utilizando estrategias documentales y de trabajo de campo; profundizando la comprensión de investigaciones anteriores, a través de medios impresos, audiovisuales o electrónicos, en lugar de recopilar información directa del investigador o información directa de campo, sin manipular ni controlar la variabilidad.

3.6 ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se llevó a cabo en la jurisdicción de la Región Tacna, distrito Alto de la Alianza y distrito de Ciudad Nueva, en el periodo social del segundo trimestre del año 2024, en el que se recopilaron información sobre las variables presentes en la investigación en la evaluación de pavimentos utilizando aplicaciones de uso en teléfonos inteligentes en la avenida Internacional.

3.7 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1 Unidad de estudio

Se considera la avenida Internacional, desde la Av. Jorge Basadre Grohmann hasta el camino vecinal TA-621, con una longitud de 3 475 metros, de dos calzadas y cada calzada cuenta con dos carriles de circulación y se extiende desde el distrito de Alto de la Alianza hasta el distrito de Ciudad Nueva en la Región Tacna.

3.7.2 Población:

Se consideran todas las vías arteriales principales de ingreso al distrito de Ciudad Nueva. Al respecto, [34] refiere que la población es la totalidad de elementos o individuos que comparten características específicas y que son el foco de atención en un estudio de investigación.

3.7.3 Muestra:

La muestra de investigación es la Avenida Internacional en toda su longitud de 3,475 m. de dos calzadas cada una, de dos carriles de circulación, que comprende desde la Av. Jorge Basadre Grohmann distrito de Alto de la Alianza hasta el camino vecinal TA-621 distrito de Ciudad Nueva, se utilizó un muestreo intencional por ser apropiado en seleccionar tramos específicos que presenten características particulares como diferentes niveles de deterioro o condiciones de tráfico.

3.8 PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.8.1 Procedimiento

Basándonos en los informes proporcionados por las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL respecto al Índice de Rugosidad Internacional (IRI), procesamos la información recopilada usando el Excel.

Para determinar el valor IRI en el recorrido de la Av. Internacional, que se extiende iniciando en el distrito de Alto de la Alianza prolongando al distrito de Ciudad Nueva, se llevaron a cabo pruebas en ambas calzadas, izquierda y derecha, cada 100 metros. Del mismo modo, el manejo de los datos finales para determinar los resultados de IRI ponderado se realiza utilizando Excel.

Finalmente, utilizando los datos ponderados del IRI, evaluamos las condiciones de transitabilidad a lo largo de toda la Av. Internacional.

3.8.2 Técnicas

Se empleó la metodología que consiste en utilizar teléfonos inteligentes con sistema operativo Android y aplicativos ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL para evaluar el índice de rugosidad del pavimento. A partir de los valores de IRI obtenidos, se calculó la transitabilidad y se determinó la intervención necesaria para mejorar el transporte regular de personas en la avenida Internacional.

-Formatos de campo

-Observación

-Informe generado por la aplicación ROADROID

-Informe generado por la aplicación TOTALPAVE

-Informe generado por la aplicación ABAKAL

3.8.3 Instrumentos

-Teléfono inteligente

-Odómetro manual

-Vehículo para evaluación

-Cámara fotográfica

-Soporte de teléfono

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

Una vez reunido la información bibliográfica se preparan las aplicaciones del teléfono inteligente para su evaluación del pavimento flexible mediante la determinación del valor IRI en la avenida Internacional y determinar su transitabilidad del transporte regular de personas, siguiendo las siguientes acciones:

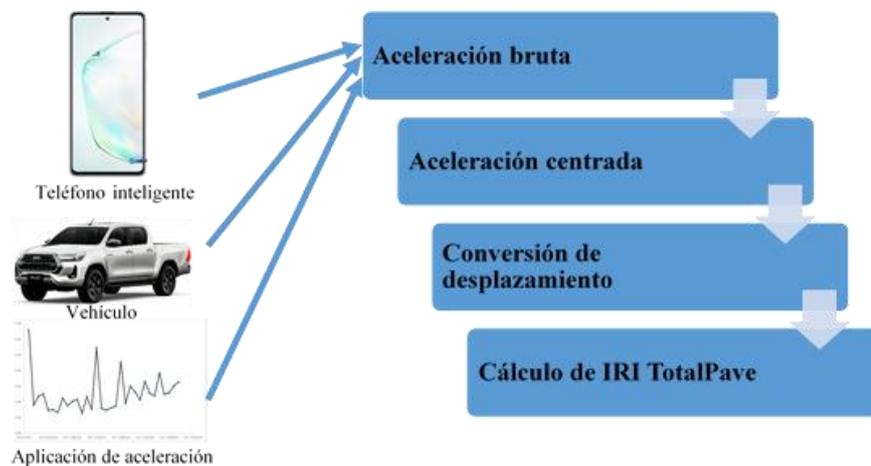
Primero, se establecieron los contactos con las empresas TOTALPAVE, de Canadá, ROADROID, de Suecia y ABAKAL de España (aplicación libre), para la obtención de los usuarios y contraseña, cumpliendo con el registro y pago.

Segundo, se muestra el procedimiento de la forma como se obtuvo los registros del valor IRI de acuerdo a la metodología ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL, mostrado en la figura.

Tercero, para determinar el valor IRI en la avenida Internacional, se llevaron a cabo pruebas en ambas calzadas, izquierda y derecha, cada 100 metros a velocidades que varían de 40 a 60 km/h. Del mismo modo, el procesamiento de los datos o cálculos ponderados se realiza utilizando Excel.

Figura 22

Recopilación de datos utilizando ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL



Nota. Proceso de obtención de datos, adaptado de [36]

Figura 23

Vehículo utilizado para la recopilación de datos utilizando ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL



Nota. Se visualiza el vehículo y en el parabrisas el portador del teléfono inteligente, junto al investigador en el vehículo utilizado modelo Toyota Corona

Figura 24

Nivelación de la aplicación ROADROID



Nota. Se muestra el momento de la nivelación culminada de la aplicación ROADROID en el teléfono inteligente modelo Samsung Galaxy S9

Figura 25

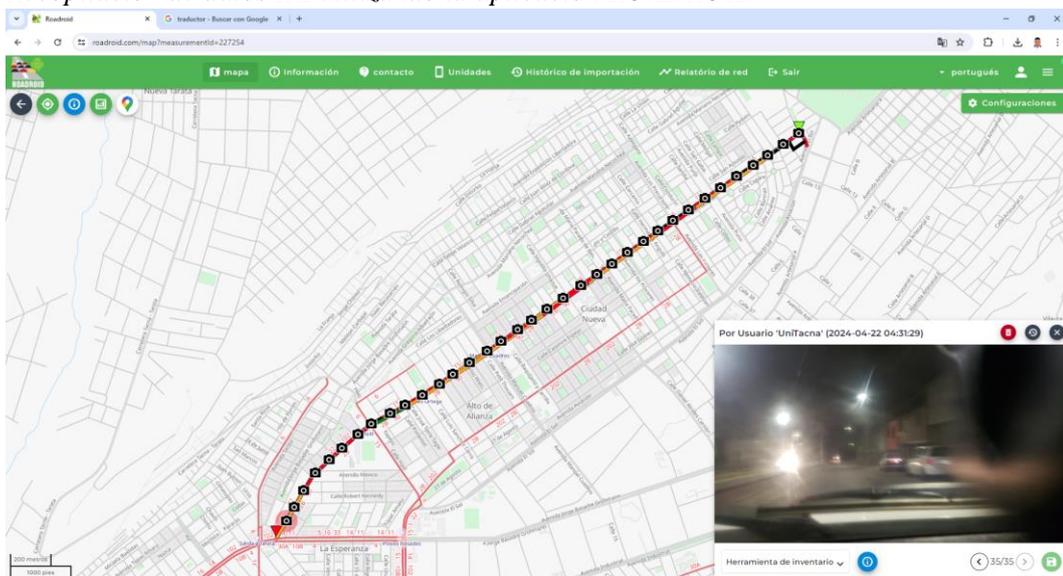
Configuración de la aplicación ROADROID



Nota. Se muestra el momento de la configuración de la aplicación ROADROID en el teléfono inteligente modelo Samsung Galaxy S9, listo para iniciar la evaluación.

Figura 26

Recopilación de datos IRI utilizando la aplicación ROADROID



Nota. Se muestra el momento de la recopilación de datos IRI con la aplicación ROADROID en la avenida Internacional

Figura 27*Configuración de la aplicación ABAKAL*

Nota. Se muestra el momento de la configuración de la aplicación ABAKAL en el teléfono inteligente modelo Samsung Galaxy S9, listo para iniciar la evaluación

Figura 28*Recopilación de datos utilizando la aplicación ABAKAL*

Nota. Se muestra el momento de la recopilación de datos IRI con la aplicación ABAKAL en la avenida Internacional, calzada derecha de subida

Figura 29

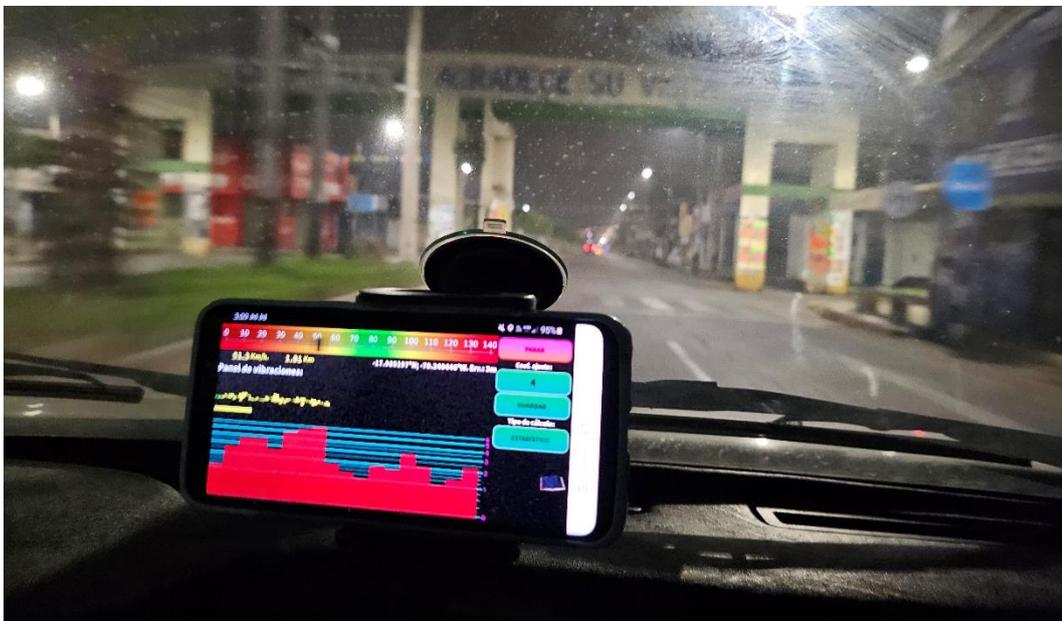
Recopilación de datos IRI utilizando la aplicación ABAKAL, calzada derecha



Nota. Se muestra el momento de la recopilación de datos IRI con la aplicación ABAKAL en la avenida Internacional, calzada derecha de subida

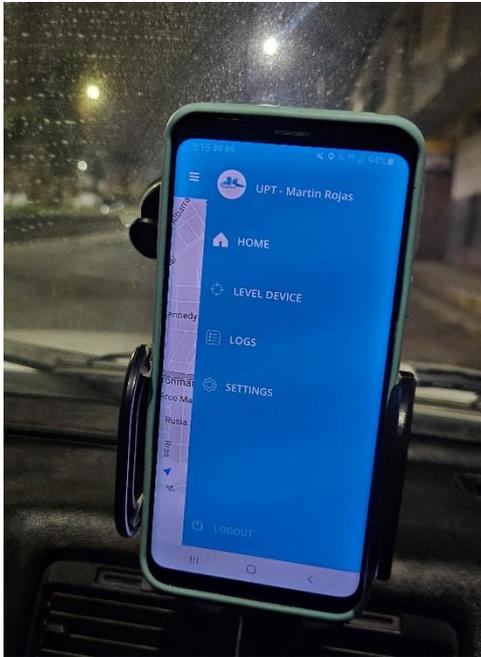
Figura 30

Recopilación de datos IRI utilizando la aplicación ABAKAL, calzada izquierda



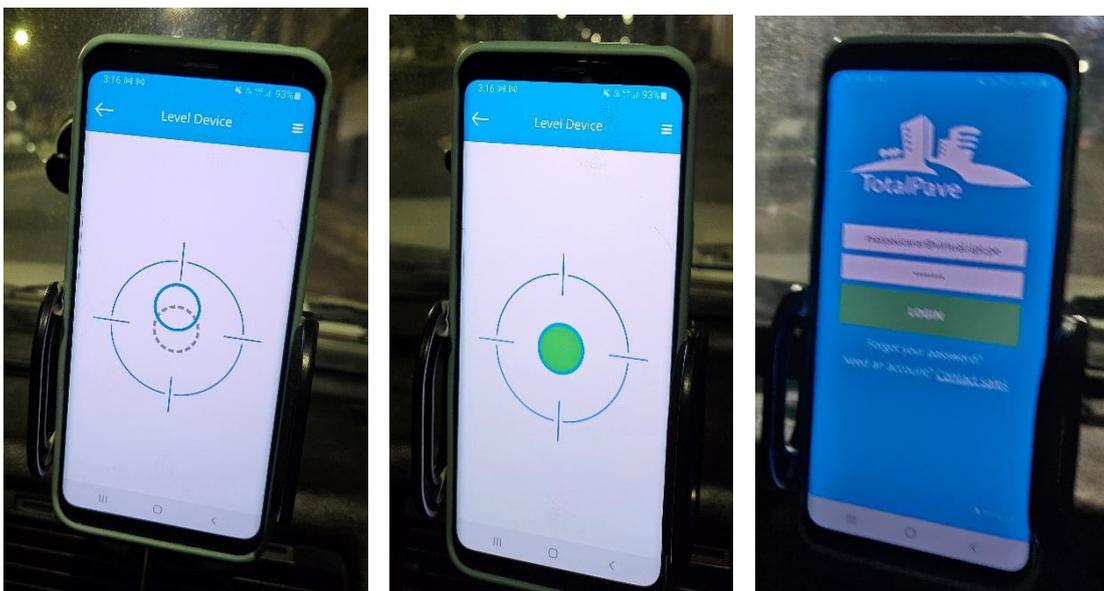
Nota. SE muestra el momento de la recopilación de datos IRI con la aplicación ABAKAL en la avenida Internacional, calzada izquierda de bajada

Figura 31
Configuración de la aplicación TOTALPAVE



Nota. Se visualiza el momento de la configuración de la aplicación TOTALPAVE en el teléfono inteligente modelo Samsung Galaxy S9

Figura 32
Nivelación Iniciada y Finalizada de la aplicación TOTALPAVE



Nota. Se visualiza el momento de la nivelación (a) y (b) de la aplicación TOTALPAVE en el teléfono inteligente modelo Samsung Galaxy S9, listo para iniciar la evaluación (c).

Figura 33

Recopilación de datos utilizando la aplicación TOTALPAVE



Nota. Se muestra el momento de la recopilación de datos IRI con la aplicación TOTALPAVE en la avenida Internacional, calzada derecha de subida

Figura 34

Recopilación de datos utilizando la aplicación TOTALPAVE



Nota. Se muestra el momento de la recopilación de datos IRI con la aplicación TOTALPAVE en la avenida Internacional, calzada izquierda de bajada

4.2 DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la presentación de los resultados en función de los valores determinados por cada aplicativo estructuramos de la siguiente manera:

- a) Tabla de valores IRI obtenido cada 100 m. de acuerdo al aplicativo utilizado.
- b) Figura de la correlación del valor IRI por calzada en función al aplicativo utilizado.
- c) Figura del desplazamiento considerando colores de acuerdo al valor IRI por aplicativo utilizado.
- d) Tabla de valores de la transitabilidad basados en el IRI determinado por aplicativo.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 VALOR IRI OBTENIDO DE LA APLICACIÓN ROADROID

El trabajo de campo se efectuó en ambas calzadas, derecha e izquierda, de la avenida Internacional. La Tabla 12 y Tabla 13 contiene mediciones de diferentes variables a lo largo de una ruta de 3400 metros, incluyendo latitud, longitud, distancia, velocidad, altitud, pendiente, eIRI (Índice de Rugosidad Estimado) y cIRI (Índice de Rugosidad Calculado).

Se observa que la velocidad promedio es de aproximadamente 50 km/h, con variaciones entre 34 y 60 km/h.

La altitud aumenta progresivamente de 633 a 751 metros, con una pendiente máxima del 6%. Los valores de eIRI y cIRI muestran variaciones a lo largo de la ruta, con valores entre 3.01 y 5.95 para eIRI, y entre 3.52 y 8.41 para cIRI.

Puntos con altos valores de eIRI y cIRI, que indican problemas en el estado de la calzada donde las variaciones bruscas en la velocidad indican problemas de tráfico o seguridad vial.

Este análisis de la Tabla 12 permitirá obtener una comprensión profunda de las características y condiciones de la avenida Internacional, lo cual puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones.

Tabla 12*Valores IRI obtenido con el aplicativo ROADROID calzada derecha*

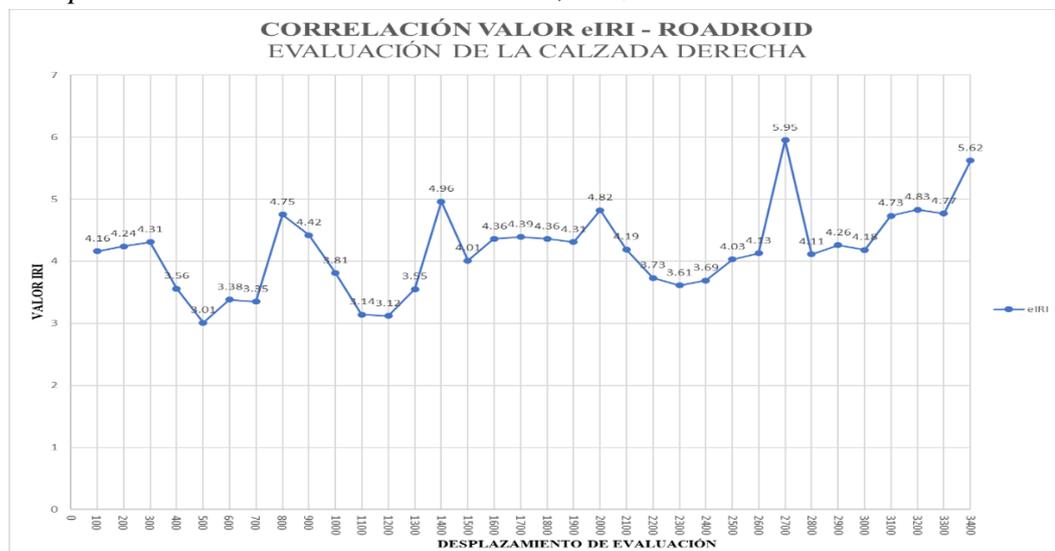
Latitude	Longitude	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI Calzada Derecha	cIRI	Roadroid
-17.99378	-70.250917	100	34	633	0	4.16	4.12	... 004internacional sub
-17.9930265	-70.25044306	200	42	634	2	4.24	4.24	... 004internacional sub
-17.9921868	-70.24992883	300	42	636	2	4.31	5.53	... 004internacional sub
-17.9914912	-70.24950291	400	42	637	2	3.56	4.89	... 004internacional sub
-17.9908746	-70.24887321	500	44	639	2	3.01	4.84	... 004internacional sub
-17.9902658	-70.24818766	600	49	641	2	3.38	4.58	... 004internacional sub
-17.9895525	-70.24734283	700	52	644	3	3.35	5.05	... 004internacional sub
-17.9889944	-70.24658092	800	50	650	6	4.75	3.52	... 004internacional sub
-17.9885918	-70.24578611	900	53	654	4	4.42	5.54	... 004internacional sub
-17.988137	-70.2448869	1000	60	660	6	3.81	3.61	... 004internacional sub
-17.9877305	-70.24417372	1100	60	665	5	3.14	5.85	... 004internacional sub
-17.9873014	-70.24349606	1200	60	668	4	3.12	5.33	... 004internacional sub
-17.9867118	-70.24257969	1300	60	672	4	3.55	5.31	... 004internacional sub
-17.9862676	-70.24191487	1400	60	676	4	4.96	4.76	... 004internacional sub
-17.9856914	-70.24102805	1500	54	679	3	4.01	5.46	... 004internacional sub
-17.9852826	-70.24040779	1600	54	684	5	4.36	5.64	... 004internacional sub
-17.9847182	-70.23955836	1700	53	690	6	4.39	5.44	... 004internacional sub
-17.984186	-70.23874646	1800	53	694	5	4.36	5.23	... 004internacional sub
-17.9836238	-70.23791877	1900	54	699	5	4.31	4.46	... 004internacional sub
-17.9832124	-70.23731009	2000	49	703	4	4.82	4.62	... 004internacional sub
-17.9825806	-70.23641061	2100	48	707	3	4.19	6.64	... 004internacional sub
-17.9821349	-70.23575573	2200	48	710	3	3.73	7.40	... 004internacional sub
-17.9815392	-70.23487411	2300	46	715	5	3.61	5.56	... 004internacional sub
-17.9810052	-70.23411264	2400	41	720	5	3.69	4.93	... 004internacional sub
-17.9804492	-70.23328163	2500	47	725	4	4.03	5.60	... 004internacional sub
-17.9800094	-70.23262974	2600	46	729	4	4.13	5.10	... 004internacional sub
-17.9794755	-70.23184864	2700	43	734	5	5.95	5.48	... 004internacional sub
-17.9789938	-70.23111416	2800	49	739	5	4.11	8.41	... 004internacional sub
-17.9785065	-70.23038666	2900	52	743	4	4.26	7.18	... 004internacional sub
-17.9779917	-70.22960244	3000	46	745	2	4.18	4.86	... 004internacional sub
-17.9774533	-70.22878524	3100	46	747	1	4.73	6.65	... 004internacional sub

-17.9769151	-70.22793968	3200	49	749	3	4.83	4.85	... 004internacional sub
-17.9764134	-70.22720383	3300	40	751	1	4.77	4.58	... 004internacional sub
-17.9759206	-70.22645966	3400	45	745	-6	5.62	7.48	... 004internacional sub

Nota. En la tabla se muestra el valor IRI obtenido con la aplicación ROADROID en la calzada derecha

Figura 35

Comportamiento del valor IRI cada 100 m; calzada derecha



Nota. Se muestra como es el desplazamiento del valor IRI en la calzada derecha de la Av. Internacional

Figura 36

Desplazamiento por la calzada derecha utilizando aplicativo ROADROID



Nota. En la figura se muestra cómo se desplaza la evaluación por la Av. Internacional acuerdo al valor IRI por colores utilizados por ROADROID

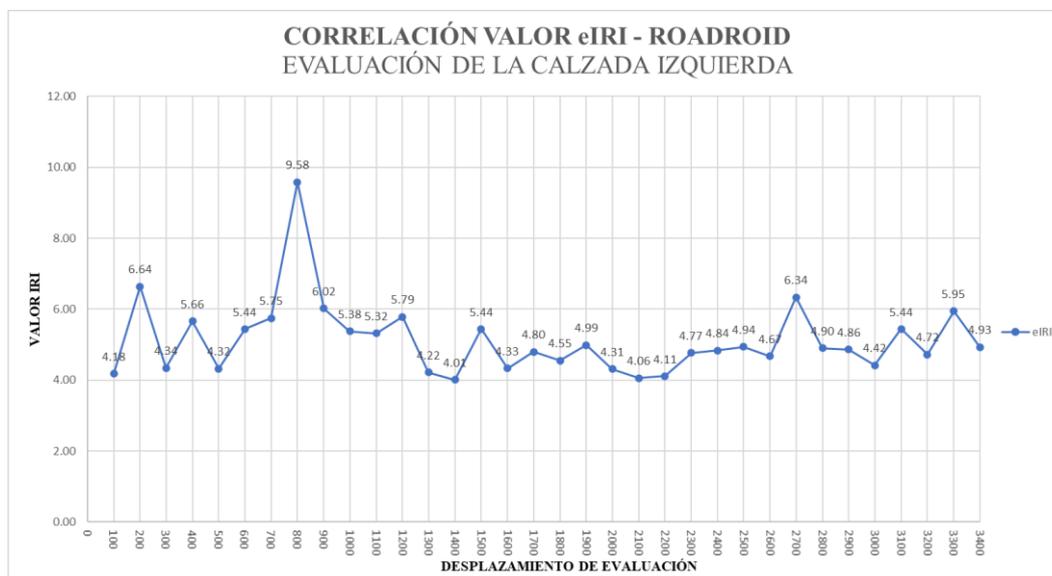
Tabla 13*Valor IRI determinado con la aplicación ROADROID calzada izquierda*

Latitudo	Longitudo	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI Calzada Izquierda	cIRI	Roadroid
-17.975204	-70.225514	100	37	750	0	4.18	4.35	... 005internacional baj
-17.9757303	-70.2262746	200	46	755	4	6.64	3.06	... 005internacional baj
-17.9762456	-70.2270641	300	55	757	2	4.34	7.91	... 005internacional baj
-17.9766911	-70.2277317	400	53	755	-2	5.66	9.39	... 005internacional baj
-17.97721	-70.2285379	500	45	751	-4	4.32	9.46	... 005internacional baj
-17.9777636	-70.2293438	600	50	748	-3	5.44	7.96	... 005internacional baj
-17.9782817	-70.2301178	700	54	744	-4	5.75	8.07	... 005internacional baj
-17.9788465	-70.231003	800	45	739	-4	9.58	9.07	... 005internacional baj
-17.9793144	-70.2317078	900	45	736	-4	6.02	12.94	... 005internacional baj
-17.9797994	-70.2324596	1000	56	731	-5	5.38	10.14	... 005internacional baj
-17.9802828	-70.2331543	1100	61	727	-4	5.32	8.75	... 005internacional baj
-17.9808165	-70.2339436	1200	61	722	-5	5.79	6.86	... 005internacional baj
-17.9813691	-70.2347413	1300	58	718	-5	4.22	5.02	... 005internacional baj
-17.9818609	-70.2354649	1400	60	713	-4	4.01	6.09	... 005internacional baj
-17.9823857	-70.236241	1500	59	710	-4	5.44	7.36	... 005internacional baj
-17.9828892	-70.2369912	1600	53	705	-4	4.33	8.72	... 005internacional baj
-17.9833995	-70.2377869	1700	58	700	-6	4.80	5.25	... 005internacional baj
-17.9839196	-70.2385455	1800	60	694	-5	4.55	4.59	... 005internacional baj
-17.984478	-70.239394	1900	60	690	-4	4.99	6.46	... 005internacional baj
-17.9850529	-70.2402625	2000	60	688	-2	4.31	7.36	... 005internacional baj
-17.9854731	-70.2408955	2100	60	684	-3	4.06	5.28	... 005internacional baj
-17.9860817	-70.2418378	2200	60	680	-4	4.11	6.79	... 005internacional baj
-17.9864766	-70.242433	2300	60	677	-4	4.77	5.47	... 005internacional baj
-17.9870377	-70.2432615	2400	60	671	-5	4.84	6.64	... 005internacional baj
-17.9875952	-70.2441379	2500	60	666	-6	4.94	7.44	... 005internacional baj
-17.9880857	-70.2450353	2600	60	661	-5	4.67	7.81	... 005internacional baj
-17.9884263	-70.2456789	2700	58	659	-2	6.34	8.03	... 005internacional baj
-17.9888287	-70.2464553	2800	60	653	-6	4.90	7.70	... 005internacional baj
-17.989423	-70.2472916	2900	60	649	-4	4.86	9.07	... 005internacional baj
-17.9901479	-70.2481476	3000	60	645	-4	4.42	10.82	... 005internacional baj
-17.9906526	-70.2487074	3100	60	642	-3	5.44	8.92	... 005internacional baj
-17.9912834	-70.2494044	3200	56	639	-3	4.72	8.32	... 005internacional baj
-17.9919407	-70.2498626	3300	60	636	-3	5.95	10.70	... 005internacional baj
-17.9927263	-70.2503234	3400	60	633	-3	4.93	7.60	... 005internacional baj

Nota. En la tabla se muestra el valor IRI obtenido con la aplicación ROADROID en la calzada izquierda

Figura 37

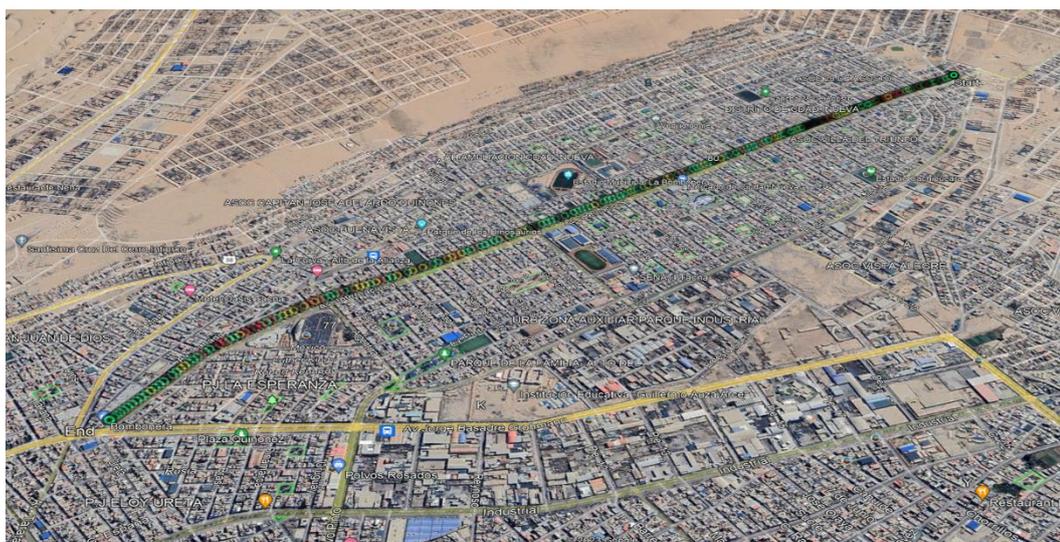
Comportamiento del valor IRI cada 100 m; calzada izquierda



Nota. En la figura se muestra el desplazamiento de cada valor IRI por la calzada izquierda

Figura 38

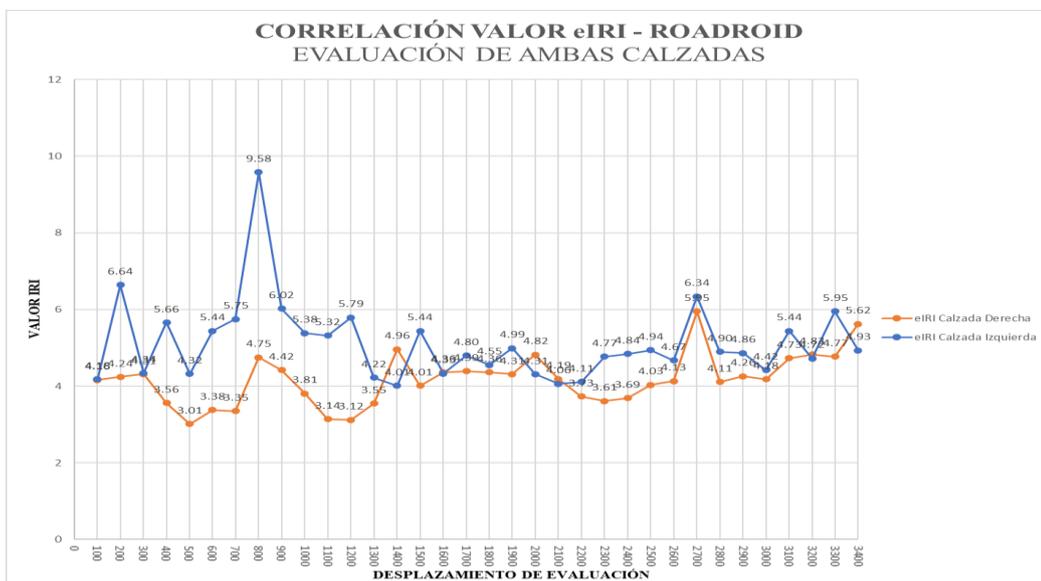
Desplazamiento de la evaluación por la calzada izquierda usando ROADROID



Nota. En la figura se muestra el recorrido por la Av. Internacional por colores de acuerdo al valor IRI

Figura 39

Comportamiento del valor IRI cada 100 m; en ambas calzadas



Nota. En la figura se muestra el valor IRI comparado cada 100m, en ambas calzadas

Figura 40

Desplazamiento por ambas calzadas usando la aplicación ROADROID



Nota. En la figura se visualiza el recorrido por ambas calzadas en la Av. Internacional por colores en función al valor IRI

4.3.2 VALOR IRI OBTENIDO DE LA APLICACIÓN TOTALPAVE

La evaluación se realizó en ambas calzadas, derecha e izquierda, de la avenida Internacional. La Tabla 14 y Tabla 15 muestra mediciones del IRI en tramos de 100 metros hasta los 3.4 km de la Av. Internacional.

Los valores de IRI oscilan entre 3.00 y 8.15, lo que indica que el estado de la calzada presenta variaciones a lo largo del recorrido, también hay tramos con IRI relativamente bajos (por debajo de 4.0), lo que indica una superficie de rodadura en buen estado, mientras que otros tramos presentan IRI más alto (por encima de 6.0), lo que indica una superficie más irregular.

Al analizar la evolución del IRI a lo largo de la avenida Internacional, no se observa una tendencia clara, sino más bien fluctuaciones en los valores, donde se pueden identificar en los primeros 200 metros los valores más altos de IRI (6,26 y 8,15) y entre los kilómetros 0+300 y 1+100 hay una serie de tramos con IRI relativamente bajo (entre 3,00 y 4,25), luego a partir del kilómetro 1+600 hay un aumento gradual en los valores de IRI, llegando a 4,93 en el tramo final.

Los tramos con IRI más alto (por encima de 6.0) podrían ser considerados como puntos críticos, ya que indican una superficie de rodadura irregular que podría afectar la comodidad y seguridad de los usuarios.

Específicamente, los tramos entre los kilómetros 0+000 y 0+200, así como el tramo entre los kilómetros 1+600 y 1+800, presentan los valores más altos de IRI de la avenida Internacional que requieren mayor atención en cuanto al estado de la calzada y deben ser priorizados para su rehabilitación y mejora de la infraestructura vial.

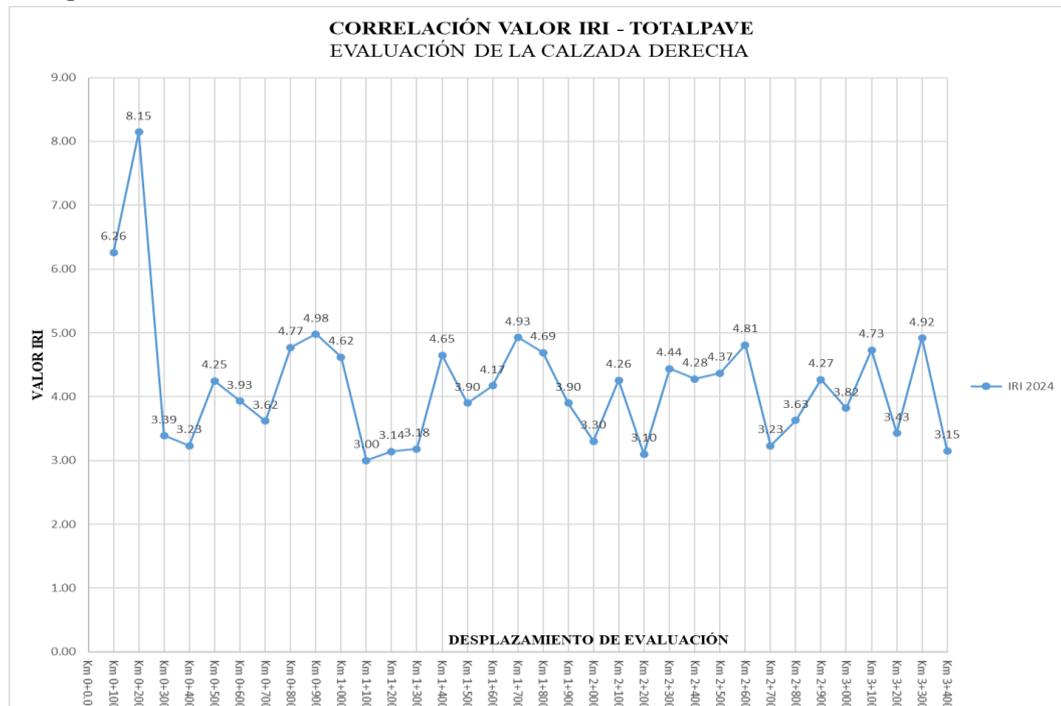
Tabla 14*Valores IRI obtenido con la aplicación TOTALPAVE calzada derecha*

Fecha de evaluación	Zona de evaluación	Longitud	Progresiva inicio	Progresiva final	IRI Calzada Derecha
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+0.00	Km 0+100.00	6.26
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+100.00	Km 0+200.00	8.15
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+200.00	Km 0+300.00	3.39
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+300.00	Km 0+400.00	3.23
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+400.00	Km 0+500.00	4.25
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+500.00	Km 0+600.00	3.93
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+600.00	Km 0+700.00	3.62
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+700.00	Km 0+800.00	4.77
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+800.00	Km 0+900.00	4.98
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+900.00	Km 1+000.00	4.62
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+000.00	Km 1+100.00	3.00
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+100.00	Km 1+200.00	3.14
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+200.00	Km 1+300.00	3.18
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+300.00	Km 1+400.00	4.65
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+400.00	Km 1+500.00	3.90
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+500.00	Km 1+600.00	4.17
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+600.00	Km 1+700.00	4.93
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+700.00	Km 1+800.00	4.69
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+800.00	Km 1+900.00	3.90
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+900.00	Km 2+000.00	3.30
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+000.00	Km 2+100.00	4.26
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+100.00	Km 2+200.00	3.10
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+200.00	Km 2+300.00	4.44
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+300.00	Km 2+400.00	4.28
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+400.00	Km 2+500.00	4.37
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+500.00	Km 2+600.00	4.81
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+600.00	Km 2+700.00	3.23
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+700.00	Km 2+800.00	3.63
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+800.00	Km 2+900.00	4.27
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+900.00	Km 3+000.00	3.82
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+000.00	Km 3+100.00	4.73
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+100.00	Km 3+200.00	3.43
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+200.00	Km 3+300.00	4.92
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+300.00	Km 3+400.00	3.15

Nota. En la tabla se muestra el valor IRI obtenido usando la aplicación TOTALPAVE en la calzada derecha

Figura 41

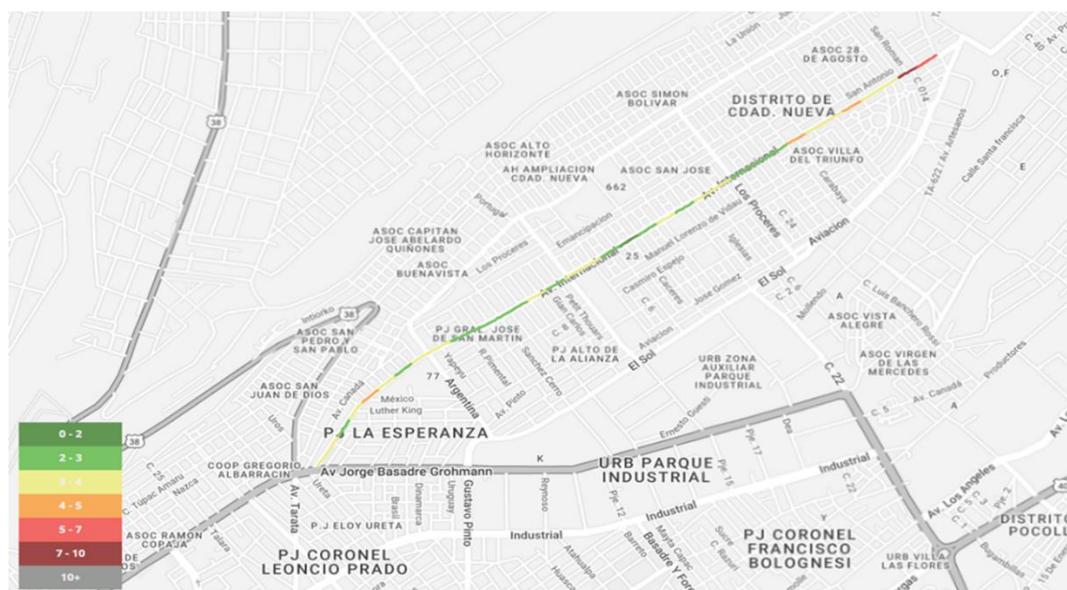
Comportamiento del valor IRI cada 100 m; calzada derecha



Nota. En la figura se visualiza el recorrido por valor IRI determinado en la calzada derecha

Figura 42

Recorrido de evaluación por la calzada derecha usando la aplicación TOTALPAVE



Nota. En la figura visualizamos el recorrido por la Av. Internacional por colores de acuerdo al valor IRI

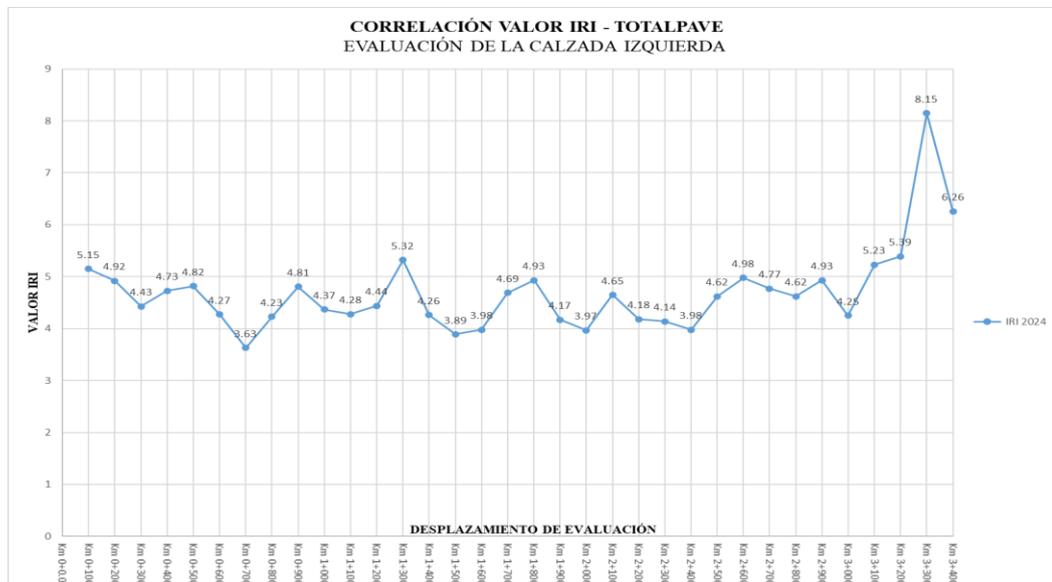
Tabla 15*Valor IRI determinado con la aplicación TOTALPAVE calzada Izquierda*

Fecha de evaluación	Zona de evaluación	Longitud	Progresiva inicio	Progresiva final	IRI Calzada izquierda
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+0.00	Km 0+100.00	5.15
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+100.00	Km 0+200.00	4.92
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+200.00	Km 0+300.00	4.43
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+300.00	Km 0+400.00	4.73
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+400.00	Km 0+500.00	4.82
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+500.00	Km 0+600.00	4.27
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+600.00	Km 0+700.00	3.63
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+700.00	Km 0+800.00	4.23
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+800.00	Km 0+900.00	4.81
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 0+900.00	Km 1+000.00	4.37
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+000.00	Km 1+100.00	4.28
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+100.00	Km 1+200.00	4.44
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+200.00	Km 1+300.00	5.32
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+300.00	Km 1+400.00	4.26
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+400.00	Km 1+500.00	3.89
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+500.00	Km 1+600.00	3.98
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+600.00	Km 1+700.00	4.69
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+700.00	Km 1+800.00	4.93
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+800.00	Km 1+900.00	4.17
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 1+900.00	Km 2+000.00	3.97
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+000.00	Km 2+100.00	4.65
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+100.00	Km 2+200.00	4.18
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+200.00	Km 2+300.00	4.14
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+300.00	Km 2+400.00	3.98
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+400.00	Km 2+500.00	4.62
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+500.00	Km 2+600.00	4.98
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+600.00	Km 2+700.00	4.77
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+700.00	Km 2+800.00	4.62
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+800.00	Km 2+900.00	4.93
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 2+900.00	Km 3+000.00	4.25
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+000.00	Km 3+100.00	5.23
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+100.00	Km 3+200.00	5.39
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+200.00	Km 3+300.00	8.15
7/05/2024	Av. Internacional	100 m.	Km 3+300.00	Km 3+400.00	6.26

Nota. En la tabla se muestra el valor IRI obtenido con la aplicación TOTALPAVE en la calzada izquierda

Figura 43

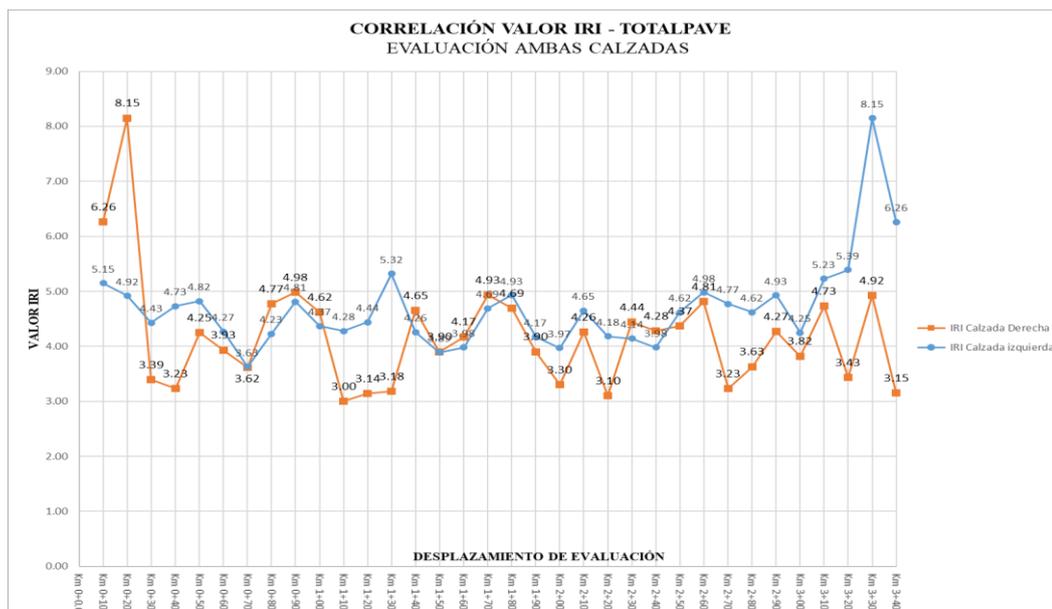
Comportamiento del valor IRI cada 100 m; calzada izquierda



Nota. En la figura se visualiza el recorrido por valor IRI determinado en la evaluación de la calzada izquierda

Figura 44

Comportamiento del valor IRI cada 100 m; en ambas calzadas



Nota. En la figura visualizamos el comparativo del valor IRI obtenidos cada 100m, en ambas calzadas

4.3.3 VALOR IRI OBTENIDO DE LA APLICACIÓN ABAKAL

La aplicación se efectuó en ambas calzadas, derecha e izquierda, de la avenida Internacional, utilizando la aplicación ABAKAL para calcular la rugosidad en unidades IRI.

La Tabla 16 y Tabla 17 contiene mediciones de diferentes variables a lo largo de la avenida Internacional en 3200 metros, incluyendo longitud, altitud, velocidad, desplazamiento y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la calzada derecha y calzada izquierda, donde la altitud aumenta progresivamente de 633 a 755 metros, con algunas fluctuaciones.

La velocidad promedio es de aproximadamente 50 km/h, con variaciones entre 40 y 58 km/h, obteniendo valores de IRI que oscilan entre 2,55 m/km y 6,00 m/km, lo que indica que el estado de la superficie vial presenta variaciones a lo largo de la avenida.

Se pueden identificar algunos puntos o tramos de la avenida Internacional que presentan valores de IRI más altos, lo que indica una superficie de rodadura más irregular; entre los kilómetros 0+900 y 1+000, donde el IRI alcanza un valor de 6,00 m/km y entre los kilómetros 2+200 y 2+300, donde el IRI también llega a 6,00 m/km.

Estos tramos podrían requerir una atención prioritaria para las acciones de mejora de acuerdo a los valores de IRI registrados en toda la avenida Internacional en términos de rehabilitación de la calzada.

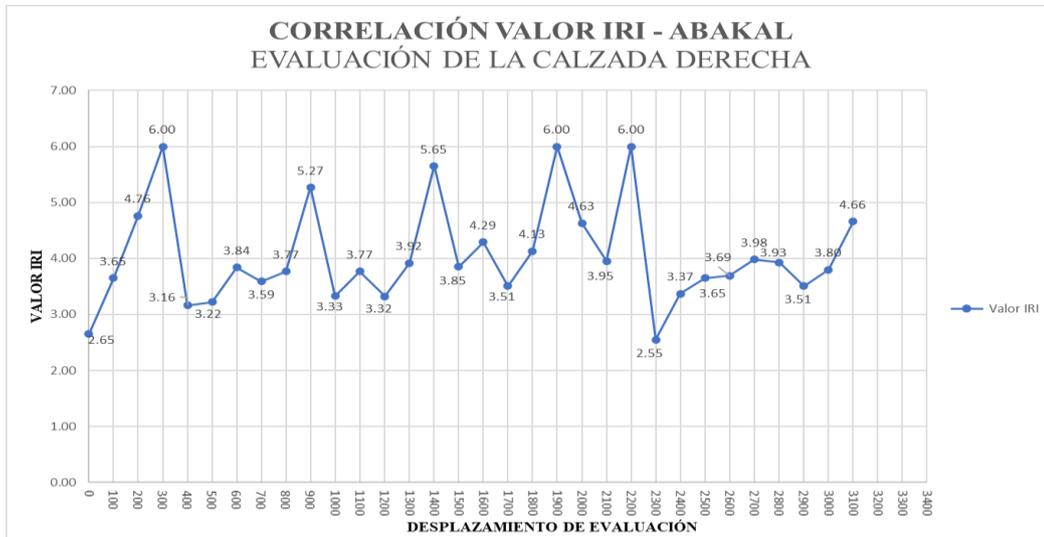
Tabla 16*Valor IRI determinado con la aplicación ABAKAL calzada derecha*

Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI Calzada Derecha
-70.250632	633	40	0	2.65
-70.250118	636	41	100	3.65
-70.249623	639	42	200	4.76
-70.248992	641	46	300	6.00
-70.248271	644	46	400	3.16
-70.247509	648	46	500	3.22
-70.246696	651	46	600	3.84
-70.245874	655	45	700	3.59
-70.244973	661	58	800	3.77
-70.24414	666	58	900	5.27
-70.243348	672	58	1,000.00	3.33
-70.242556	675	56	1,100.00	3.77
-70.241769	679	56	1,200.00	3.32
-70.240911	682	56	1,300.00	3.92
-70.240072	686	56	1,400.00	5.65
-70.23922	693	55	1,500.00	3.85
-70.238433	697	56	1,600.00	4.29
-70.237653	700	56	1,700.00	3.51
-70.236826	705	56	1,800.00	4.13
-70.236051	707	58	1,900.00	6.00
-70.235226	714	58	2,000.00	4.63
-70.234398	719	55	2,100.00	3.95
-70.233591	724	55	2,200.00	6.00
-70.232762	728	55	2,300.00	2.55
-70.231945	734	56	2,400.00	3.37
-70.231161	739	56	2,500.00	3.65
-70.230348	743	46	2,600.00	3.69
-70.229495	746	48	2,700.00	3.98
-70.228659	751	48	2,800.00	3.93
-70.227821	753	48	2,900.00	3.51
-70.227013	755	46	3,000.00	3.80
-70.226191	749	44	3,100.00	4.66
-70.225379	748	40	3,200.00	4.05

Nota. En la tabla se muestra el valor IRI obtenido en la evaluación utilizando la aplicación ABAKAL en la calzada derecha

Figura 45

Comportamiento del valor IRI cada 100 m; calzada derecha



Nota. En la figura visualizamos el desplazamiento del valor IRI determinado en la calzada derecha

Figura 46

Recorrido de evaluación por la calzada derecha utilizando aplicativo ABAKAL



Nota. En la figura visualizamos el recorrido por la Av. Internacional en función al valor IRI y por color

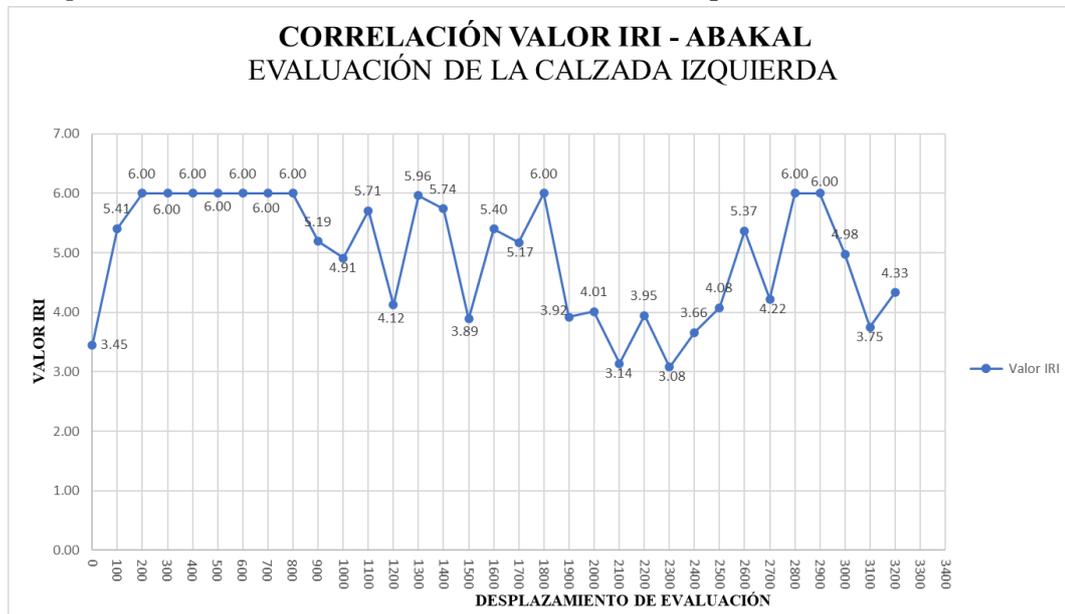
Tabla 17*Valor IRI determinado con la aplicación ABAKAL calzada Izquierda*

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI Calzada Izquierda
-17.975695	-70.226291	746	40	0	3.45
-17.97622	-70.227074	755	45	100	5.41
-17.976757	-70.227893	751	45	200	6.00
-17.97729	-70.22869	747	45	300	6.00
-17.977796	-70.229473	743	49	400	6.00
-17.978318	-70.230252	741	52	500	6.00
-17.978856	-70.231084	736	53	600	6.00
-17.979429	-70.231902	733	53	700	6.00
-17.979972	-70.232727	726	55	800	6.00
-17.980541	-70.233585	722	54	900	5.19
-17.981124	-70.234439	716	56	1,000.00	4.91
-17.981659	-70.235229	710	56	1,100.00	5.71
-17.982235	-70.236049	706	60	1,200.00	4.12
-17.98275	-70.236823	703	60	1,300.00	5.96
-17.983275	-70.237629	699	60	1,400.00	5.74
-17.983803	-70.238421	694	60	1,500.00	3.89
-17.984375	-70.239276	689	58	1,600.00	5.40
-17.984886	-70.240042	684	58	1,700.00	5.17
-17.98542	-70.240846	681	60	1,800.00	6.00
-17.985997	-70.241726	676	60	1,900.00	3.92
-17.98652	-70.242521	673	60	2,000.00	4.01
-17.987028	-70.243307	668	60	2,100.00	3.14
-17.987541	-70.244121	663	57	2,200.00	3.95
-17.988034	-70.245019	658	57	2,300.00	3.08
-17.988488	-70.245899	651	60	2,400.00	3.66
-17.988977	-70.246716	647	60	2,500.00	4.08
-17.98955	-70.247477	644	60	2,600.00	5.37
-17.990214	-70.248246	640	54	2,700.00	4.22
-17.990889	-70.248998	636	53	2,800.00	6.00
-17.991583	-70.249652	634	59	2,900.00	6.00
-17.992365	-70.250149	629	59	3,000.00	4.98
-17.993147	-70.250639	624	45	3,100.00	3.75
-17.993986	-70.251158	621	42	3,200.00	4.33

Nota. En la tabla se muestra el valor IRI cada 100 m. obtenido con la aplicación ABAKAL en la calzada izquierda

Figura 47

Comportamiento del valor IRI cada 100 m; calzada izquierda



Nota. En la figura se puede visualizar el desplazamiento de los valores IRI obtenidos en la evaluación de la calzada izquierda

Figura 48

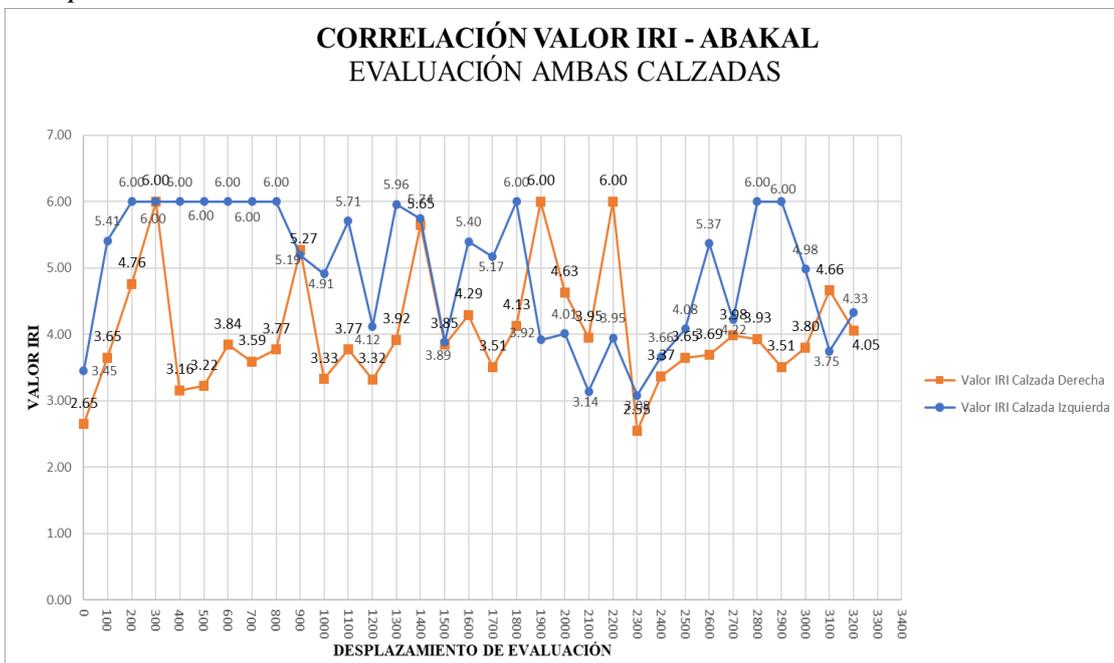
Recorrido de evaluación por la calzada izquierda utilizando la aplicación ABAKAL



Nota. En la figura visualizamos el recorrido por la Av. Internacional considerando colores de acuerdo al valor IRI

Figura 49

Comportamiento del valor IRI cada 100 m; en ambas calzadas



Nota. En la figura visualizamos el comparativo entre el valor IRI obtenidos cada 100m, en ambas calzadas

Figura 50

Recorrido de evaluación por ambas calzadas utilizando aplicativo ABAKAL



Nota. En la figura se visualiza el recorrido por ambas calzadas en la Av. Internacional por colores de acuerdo al valor IRI

4.3.4 VALOR PSI – TRANSITABILIDAD EN FUNCIÓN DEL IRI

La Tabla 18 muestra el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) medidos con las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL en distancias de 100 m. a lo largo de una vía.

Aplicación ROADROID:

El valor de eIRI (Índice de Rugosidad Estimado) en la calzada derecha varían entre 3.01 y 5.95, mientras que en la calzada izquierda varían entre 4.01 y 9.58.

Los valores de PSI en la calzada derecha oscilan entre 2.03 y 2.89, y en la calzada izquierda entre 0.88 y 2.34.

Aplicación TOTALPAVE:

El valor de IRI en la calzada derecha van de 3.00 a 8.15, y en la calzada izquierda de 3.63 a 6.26.

Los valores de PSI en la calzada derecha están entre 1.14 y 2.90, y en la calzada izquierda entre 1.60 y 2.30.

Aplicación ABAKAL:

Los valores de IRI en la calzada derecha fluctúan entre 2.55 y 6.00, y en la calzada izquierda entre 3.08 y 6.00.

Los valores de PSI en la calzada derecha oscilan entre 1.68 y 3.09, y en la calzada izquierda entre 1.68 y 2.86.

En general, los datos muestran que las tres aplicaciones proporcionan mediciones de IRI y PSI similares, aunque con algunas diferencias en los valores específicos. Esto sugiere que estas aplicaciones móviles pueden ser herramientas eficientes para evaluar la rugosidad y el estado del pavimento.

Tabla 18

Valores PSI obtenido en función del IRI obtenido con los aplicativos ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL

Distancia (m)	APLICACIÓN ROADROID				APLICACIÓN TOTALPAVE				APLICACIÓN ABAKAL			
	eIRI Calzada Derecha	eIRI Calzada Izquierda	PSI Calzada Derecha	PSI Calzada Izquierda	IRI Calzada Derecha	IRI Calzada Izquierda	PSI Calzada Derecha	PSI Calzada Izquierda	IRI Calzada Derecha	IRI Calzada Izquierda	PSI Calzada Derecha	PSI Calzada Izquierda
100	4.16	4.18	2.35	2.34	6.26	5.15	1.60	1.96	2.65	3.45	3.09	2.67
200	4.24	6.64	2.31	1.50	8.15	4.92	1.14	2.04	3.65	5.41	2.57	1.87
300	4.31	4.34	2.28	2.27	3.39	4.43	2.70	2.23	4.76	6.00	2.10	1.68
400	3.56	5.66	2.62	1.79	3.23	4.73	2.78	2.12	6.00	6.00	1.68	1.68
500	3.01	4.32	2.89	2.28	4.25	4.82	2.31	2.08	3.16	6.00	2.81	1.68
600	3.38	5.44	2.70	1.86	3.93	4.27	2.45	2.30	3.22	6.00	2.78	1.68
700	3.35	5.75	2.72	1.76	3.62	3.63	2.59	2.58	3.84	6.00	2.49	1.68
800	4.75	9.58	2.11	0.88	4.77	4.23	2.10	2.32	3.59	6.00	2.60	1.68
900	4.42	6.02	2.24	1.67	4.98	4.81	2.02	2.09	3.77	6.00	2.52	1.68
1000	3.81	5.38	2.50	1.88	4.62	4.37	2.16	2.26	5.27	5.19	1.92	1.95
1100	3.14	5.32	2.83	1.90	3.00	4.28	2.90	2.30	3.33	4.91	2.73	2.05
1200	3.12	5.79	2.84	1.74	3.14	4.44	2.83	2.23	3.77	5.71	2.52	1.77
1300	3.55	4.22	2.62	2.32	3.18	5.32	2.80	1.90	3.32	4.12	2.73	2.36
1400	4.96	4.01	2.03	2.41	4.65	4.26	2.15	2.30	3.92	5.96	2.45	1.69
1500	4.01	5.44	2.41	1.86	3.90	3.89	2.46	2.46	5.65	5.74	1.79	1.76
1600	4.36	4.33	2.26	2.28	4.17	3.98	2.34	2.42	3.85	3.89	2.48	2.46
1700	4.39	4.80	2.25	2.09	4.93	4.69	2.04	2.13	4.29	5.40	2.29	1.87
1800	4.36	4.55	2.26	2.19	4.69	4.93	2.13	2.04	3.51	5.17	2.64	1.95
1900	4.31	4.99	2.28	2.02	3.90	4.17	2.46	2.34	4.13	6.00	2.36	1.68
2000	4.82	4.31	2.08	2.28	3.30	3.97	2.74	2.43	6.00	3.92	1.68	2.45
2100	4.19	4.06	2.33	2.39	4.26	4.65	2.30	2.15	4.63	4.01	2.15	2.41
2200	3.73	4.11	2.54	2.37	3.10	4.18	2.85	2.34	3.95	3.14	2.44	2.83
2300	3.61	4.77	2.59	2.10	4.44	4.14	2.23	2.36	6.00	3.95	1.68	2.44
2400	3.69	4.84	2.56	2.07	4.28	3.98	2.30	2.42	2.55	3.08	3.14	2.86
2500	4.03	4.94	2.40	2.04	4.37	4.62	2.26	2.16	3.37	3.66	2.71	2.57
2600	4.13	4.67	2.36	2.14	4.81	4.98	2.09	2.02	3.65	4.08	2.57	2.38
2700	5.95	6.34	1.69	1.58	3.23	4.77	2.78	2.10	3.69	5.37	2.56	1.88
2800	4.11	4.90	2.37	2.05	3.63	4.62	2.58	2.16	3.98	4.22	2.42	2.32
2900	4.26	4.86	2.30	2.07	4.27	4.93	2.30	2.04	3.93	6.00	2.45	1.68
3000	4.18	4.42	2.34	2.24	3.82	4.25	2.50	2.31	3.51	6.00	2.64	1.68
3100	4.73	5.44	2.12	1.86	4.73	5.23	2.12	1.93	3.80	4.98	2.51	2.02
3200	4.83	4.72	2.08	2.12	3.43	5.39	2.68	1.88	4.66	3.75	2.14	2.53
3300	4.77	5.95	2.10	1.69	4.92	8.15	2.04	1.14	4.05	4.33	2.39	2.28
3400	5.62	4.93	1.80	2.04	3.15	6.26	2.82	1.60				

Nota. En la tabla visualizamos el valor de PSI en ambas calzadas evaluadas con los aplicativos usados por el teléfono inteligente

4.4 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Primero debe probarse la normalidad de los datos, para lo cual se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnov, de donde:

H₀: Los datos de las tres metodologías siguen una distribución normal.

H₁: Los datos de las tres metodologías no siguen una distribución normal.

Los valores obtenidos en la Tabla 1 precisan que el valor de “p” es superior al 5% de significancia, por tanto, los datos de las tres metodologías siguen una distribución normal, y se deben usar estadísticos paramétricos.

Tabla 19

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IRI Roadroid	0,143	66	0,082	0,857	66	0,070
IRI Totalpave	0,129	66	0,089	0,883	66	0,071
IRI Abakal	0,167	66	0,080	0,897	66	0,070

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. En la tabla se muestra el resultado del valor “p”

Contraste de Hipótesis específicas

- a) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ROADROID resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024.

H₀ ≤ 4 (Satisfactorio)

H₁ > 4 (No satisfactorio)

Se obtuvo un valor de $t = 5,370$ y $p = 0,000$; puesto que el valor de “p” es inferior al 5% de significancia, se procede a rechazar H₀; por tanto, la metodología de

evaluación del pavimento con la aplicación ROADROID resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024.

Tabla 20

Prueba t para el caso IRI ROADROID

Valor de prueba = 4						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
IRI Roadroid	5,370	67	0,000	,64500	0,4053	0,8847

Nota. En la tabla se muestra el valor de t y significancia “p”

- b) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación TOTALPAVE resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.

$H_0 \leq 4$ (Satisfactorio)

$H_1 > 4$ (No satisfactorio)

Se obtuvo un valor de $t = 3,844$ y $p = 0,000$; puesto que el valor de “p” es inferior al 5% de significancia, se procede a rechazar H_0 ; por tanto, la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación TOTALPAVE resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024.

Tabla 21

Prueba t para el caso IRI TOTALPAVE

Valor de prueba = 4						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
IRI Totalpave	3,844	67	0,000	0,44029	0,2117	0,6689

Nota. En la tabla se muestra el valor de t y significancia “p”

- c) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ABAKAL resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.

$H_0 \leq 4$ (Satisfactorio)

$H_1 > 4$ (No satisfactorio)

Se obtuvo un valor de $t = 3,856$ y $p = 0,000$; puesto que el valor de “p” es inferior al 5% de significancia, se procede a rechazar H_0 ; por tanto, la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ABAKAL resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024.

Tabla 22

Prueba t para el caso IRI ABAKAL

Valor de prueba = 4						
					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Inferior	Superior
IRI Abakal	3,856	65	0,000	0,49833	0,2402	0,7565

Nota. En la tabla se muestra el valor de t y significancia “p”

- d) La determinación de la transitabilidad mediante los valores obtenidos con la aplicación ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL permitirán definir el tipo de intervención en la Av. Internacional, Tacna – 2024.

Analizando la Tabla 23, la aplicación ROADROID, obtuvo un IRI ponderado de 4.65 m/km, lo cual califica el estado del pavimento como MALO.

El PSI ponderado obtenido con ROADROID es de 2.16, lo que indica una calificación de REGULAR para la transitabilidad.

Con la aplicación TOTALPAVE, el IRI ponderado fue de 4.44 m/km, también calificado como MALO.

El PSI ponderado con TOTALPAVE fue de 2.23, lo que representa una transitabilidad REGULAR.

La aplicación ABAKAL arrojó un IRI ponderado de 4.50 m/km, nuevamente clasificado como MALO.

El PSI ponderado con ABAKAL fue de 2.21, lo que indica una transitabilidad REGULAR.

Dado que los valores de IRI ponderado obtenidos con las tres aplicaciones se encuentran en el rango MALO, y los valores de PSI ponderado indican una transitabilidad REGULAR, se puede concluir que la determinación de la transitabilidad mediante estos resultados sugiere que se requiere una REHABILITACIÓN de la Av. Internacional.

Por lo tanto, la hipótesis específica d), se comprueba, ya que los valores de IRI y PSI obtenidos con las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL permiten definir que la Av. Internacional necesita una **intervención de rehabilitación** para la mejora del servicio del transporte regular de personas.

Tabla 23

Determinación de la transitabilidad y tipo de intervención

APLICACION UTILIZADA	IRI y PSI	IRI Calzada Derecha	IRI Calzada Izquierda	Calificacion Estado del pavimento	PSI Calzada Derecha	PSI Calzada Izquierda	Calificación Estado de la Transitabilidad	Tipo de Intervención
ROADROID	IRI Ponderado	4.17	5.12	MALO	2.34	1.97	REGULAR	REHABILITACIÓN
	PSI Ponderado	4.65 m/km			2.16			
TOTALPAVE	IRI Ponderado	4.19	4.69	MALO	2.33	2.13	REGULAR	REHABILITACIÓN
	PSI Ponderado	4.44 m/km			2.23			
ABAKAL	IRI Ponderado	4.04	4.95	MALO	2.40	2.03	REGULAR	REHABILITACIÓN
	PSI Ponderado	4.50 m/km			2.21			

Nota. Elaboración propia

Para la calificación de la transitabilidad del pavimento flexible según el PSI se utilizó la Guía AASHTO contenido en la Tabla 24

Tabla 24*Calificación de la transitabilidad e intervención según valor PSI*

PSI	Calificación de la Transitabilidad	Tipo de Intervención
0 - 1	MUY MALA	Reconstrucción
1 - 2	MALA	Reconstrucción
2 - 3	REGULAR	Rehabilitación
3 - 4	BUENA	Rehabilitación
4 - 5	MUY BUENA	Mantenimiento

Nota. Tabla referencial del valor PSI tomado de la guía AASHTO

Contraste de Hipótesis general

Las metodologías de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente influyen negativamente en la determinación de la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.

En la Tabla 25 se tiene el reporte de la regresión lineal para el caso de la metodología ROADROID, donde el valor de $t = -41,158$ y $p = 0,000$, puesto que el valor de p es inferior al 5% de confianza, se procede a rechazar H_0 , lo cual implica que la metodología de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente ROADROID influye negativamente en la determinación de la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.

Tabla 25*Regresión lineal en el caso de la metodología ROADROID*

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,981 ^a	0,963	0,962	0,06731

a. Predictores: (Constante), IRI Roadroid

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	7,674	1	7,674	1694,013	0,000 ^b
Residuo	0,299	66	,005		
Total	7,973	67			

a. Variable dependiente: PSI Roadroid

b. Predictores: (Constante), IRI Roadroid

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
(Constante)	3,767	0,039		95,572	0,000
IRI Roadroid	-0,342	0,008	-0,981	-41,158	0,000

a. Variable dependiente: PSI Roadroid

En la Tabla 26 se tiene el reporte de la regresión lineal para el caso de la metodología TOTALPAVE, donde el valor de $t = -47,547$ y $p = 0,000$, puesto que el valor de p es inferior al 5% de confianza, se procede a rechazar H_0 , lo cual implica que la metodología de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente TOTALPAVE influye negativamente en la determinación de la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.

Tabla 26

Regresión lineal en el caso de la metodología TOTALPAVE

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,986 ^a	0,972	0,971	0,05851

a. Predictores: (Constante), IRI Totalpave

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	7,739	1	7,739	2260,680	0,000 ^b
	Residuo	0,226	66	0,003		
	Total	7,965	67			

a. Variable dependiente: PSI Totalpave

b. Predictores: (Constante), IRI Totalpave

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	3,858	0,034		112,322	0,000
	IRI	-0,360	0,008	-0,986	-47,547	0,000
	Totalpave					

a. Variable dependiente: PSI Totalpave

En la Tabla 27 se tiene el reporte de la regresión lineal para el caso de la metodología ABAKAL, donde el valor de $t = -99,320$ y $p = 0,000$, puesto que el valor de p es inferior al 5% de confianza, se procede a rechazar H_0 , lo cual implica que la metodología de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente ABAKAL influye negativamente en la determinación de la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.

Tabla 27

Regresión lineal en el caso de la metodología ABAKAL

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,997 ^a	0,994	0,993	0,03375

a. Predictores: (Constante), IRI Abakal

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	11,238	1	11,238	9864,368	0,000 ^b
Residuo	0,073	64	0,001		
Total	11,311	65			

a. Variable dependiente: PSI Abakal

b. Predictores: (Constante), IRI Abakal

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta			
1 (Constante)	4,027	0,018			218,723	0,000
IRI Abakal	-0,396	0,004	-0,997		-99,320	0,000

a. Variable dependiente: PSI Abakal

4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la Tabla 28 han permitido identificar que las metodologías de evaluación del pavimento basadas en el uso de teléfonos inteligentes tienen un impacto negativo en la determinación de la transitabilidad, lo que afecta la mejora del transporte regular de personas en la avenida Internacional. Los valores de IRI ponderado obtenidos fueron: 4,65 m/km con la aplicación ROADROID, 4,44 m/km con TOTALPAVE y 4,50 m/km con ABAKAL. Estos valores, que son similares, califican el estado superficial de la capa de rodadura como MALO y califica la transitabilidad como REGULAR. Una vez determinado el valor IRI, podemos concluir que es necesaria una intervención mediante rehabilitación en la superficie del pavimento.

Tabla 28

Resultados de las aplicaciones utilizadas

APLICACIÓN UTILIZADA		ROADROID	TOTALPAVE	ABAKAL
RUGOSIDAD	CALZADA DERECHA	4.17 m/km	4.19 m/km	4.04 m/km
	CALZADA IZQUIERDA	5.12 m/km	4.69 m/km	4.95 m/km
	IRI ponderado	4.65 m/km	4.44 m/km	4.50 m/km
	Calificación Estado del Pavimento	MALO	MALO	MALO
TRANSITABILIDAD	CALZADA DERECHA	2.34	2.33	2.40
	CALZADA IZQUIERDA	1.97	2.13	2.03
	PSI ponderado	2.16	2.23	2.21
	Calificación de la Transitabilidad	REGULAR	REGULAR	REGULAR

Nota. Visualizamos el valor de la rugosidad y la transitabilidad para efectos de análisis comparativa

En la tabla comparativa 28, de los resultados obtenidos sobre la rugosidad y la transitabilidad en la Av. Internacional, empleando las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL, se demuestra que estos ofrecen resultados similares. La diferencia en la transitabilidad obtenida es de 0.07 del PSI entre los resultados, y están cerca del valor 2, calificando la condición como MALA. Esto indica que el valor IRI obtenido por las aplicaciones son completamente confiables.

Estos resultados son consistentes con los obtenidos por [9], concluyeron que los resultados confirman la alta correlación entre los resultados del IRI generados por los métodos aplicados, expresados como un coeficiente de Pearson de 0,954; de manera similar, para los resultados del PSI generados por los dos métodos cuando la carretera está completamente extendida, generan coeficientes de Spearman para el lado derecho y Los carriles izquierdos de la vía son 0,772 y 0,553 respectivamente, mostrando una buena correlación. Se concluyó que el uso del sistema Roadroid para la evaluación de la disponibilidad vial en el tramo Huaraz – Calvaz de la autopista PE-3N es óptimo.

De manera similar, se observa concordancia con los resultados obtenidos por [10], donde concluyeron indicando que el método Roadroid propuesto es innovador en aplicaciones para teléfonos inteligentes y facilita la evaluación de la superficie de los pavimentos cuando sea necesario, lo cual es un método económico y de alto rendimiento que minimiza los requisitos de equipo. Como parte de su solidez, se realizó un análisis de correlación entre el método Laser Profiler y el método Roadroid, y este último promete ser una herramienta viable para determinar la regularidad y la regresión de la superficie del pavimento. Entre estos dos métodos se obtiene la ecuación para determinar un nuevo valor IRI más cercano al IRI obtenido por el perfilador láser.

Asimismo, se encuentra concordancia con los resultados obtenidos por [11], quienes concluyen que los operadores y clientes del sistema de transporte equipados con teléfonos inteligentes pueden registrar datos de aceleración lineal, velocidad y posición del vehículo, enviando los datos a los servidores RCT donde se procesa para determinar el estado funcional de la carretera. La solución permite un monitoreo global continuo del estado de la infraestructura vial para muchos usuarios del sistema de transporte, asegurando evaluaciones actualizadas.

De manera similar existe concordancia con los resultados obtenidos por [12], quien concluye indicando que las malas condiciones de la superficie de la carretera

influyen en la continuidad del transporte sostenible, como la congestión, las etapas de evaluación de las condiciones de la superficie de la carretera son mediante la evaluación de las condiciones de la carretera existente. Uno de los parámetros de desempeño del pavimento que se determina objetivamente es el valor IRI. Hoy en día, la tecnología barata y confiable utilizada para medir el valor IRI es Roadroid, que es una aplicación de Android desarrollada por una empresa en Suecia mediante el uso de un sensor de vibración incorporado en un teléfono inteligente que se coloca en el vehículo y el antiguo método manual se llama Índice de deterioro de la superficie (SDI), que se basa en observaciones visuales utilizando el método RCS. Con la variación de pavimento flexible y rígido que consiste en buenas y malas condiciones de la carretera y usando motocicletas, sedán y vehículos utilitarios deportivos, se encuentra que la correlación entre el valor IRI usando Roadroid y el valor SDI usando observación visual muestra una alta correlación, donde el r^2 es más alto y los valores al utilizar vehículos utilitarios deportivos (SUV) se comparan con los de automóviles pequeños y motocicletas. Se concluye que Roadroid puede utilizarse como base de datos para fines de planificación del mantenimiento de carreteras.

Estos resultados son consistentes con los obtenidos por [14], quien concluye indicando que todos los teléfonos inteligentes actuales integran muchos sensores útiles. Este estudio explora el uso de datos recopilados por sensores de teléfonos inteligentes en un entorno de vehículos en movimiento para evaluar su relación con la rugosidad real de la superficie de la carretera. Se ha realizado un experimento para recopilar datos de los sensores GPS y de aceleración de un teléfono inteligente. Se reveló que los datos del acelerómetro de los teléfonos inteligentes tienen una relación lineal con las condiciones de aspereza de la carretera, pero la fuerza de esta relación varía según los rangos de frecuencia. Los resultados de este artículo también confirman el gran potencial de los sensores de los teléfonos inteligentes para determinar las condiciones de la superficie de la carretera.

CONCLUSIONES

1. Se ha calculado el valor IRI utilizando metodologías basadas en teléfonos inteligentes para mejorar el transporte en la Av. Internacional, usando la aplicación ROADROID, donde se obtuvieron el valor IRI igual a 4,17 m/km en la calzada derecha y 5,12 m/km en la calzada izquierda. Utilizando TOTALPAVE, los valores promedio fueron 4,19 m/km en la calzada derecha y 4,69 m/km en la calzada izquierda, mientras que con ABAKAL, se obtuvieron valores promedio de 4,04 m/km en la calzada derecha y 4,95 m/km en la calzada izquierda. Por lo tanto, para evaluar la superficie del pavimento, se calculó un IRI ponderado para la avenida, resultando en 4,65 m/km con ROADROID, 4,44 m/km con TOTALPAVE y 4,50 m/km con ABAKAL, calificando el estado del pavimento como MALO.
2. Se calculó el valor IRI utilizando la aplicación ROADROID en teléfonos inteligentes Samsung Galaxy S9, a velocidades entre 40 y 60 km/h. Se observó que los valores del cIRI (IRI calculado) se aproximan más al eIRI (IRI estimado) a medida que aumenta la velocidad, siendo más similares a velocidades superiores a 60 km/h. En vías muy deterioradas, la diferencia entre eIRI y cIRI es mayor, en esta investigación, los valores obtenidos fueron 4,17 m/km y 5,12 m/km en la calzada derecha y 5,12 m/km y 7,63 m/km en la calzada izquierda, concluyendo que los valores de eIRI se ajustan mejor al IRI real de la avenida Internacional, obteniendo un valor IRI de 4,65 m/km, calificando la capa superficial del pavimento MALO, para toda la Av. Internacional.
3. Empleando la aplicación TOTALPAVE en teléfonos inteligentes, se midió el IRI a lo largo de 3.4 km de la avenida Internacional. Los resultados mostraron un IRI de 4,19 m/km en la calzada derecha y 4,69 m/km en la calzada izquierda, con valor IRI ponderado de 4,44 m/km. Estos valores califican la capa superficial del pavimento como MALO en términos generales de la Av. Internacional.

4. Utilizando la aplicación ABAKAL en teléfonos inteligentes, se midió el Índice de Regularidad Internacional (IRI) a lo largo de 3.4 km de la avenida Internacional. Los valores obtenidos fueron 4,04 m/km en la calzada derecha y 4,95 m/km en la calzada izquierda, con un IRI promedio de 4,50 m/km. Estos resultados califican la capa superficial del pavimento como MALO para toda la Av. Internacional.
5. La transitabilidad fue evaluada con los valores de IRI obtenidos por las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL, demostrando que las tres aplicaciones generan resultados similares tanto en la calificación de la capa superficial del pavimento como en la transitabilidad, las aplicaciones móviles resultan significativamente más económicas comparadas con las metodologías tradicionales. Comparando los valores obtenidos, eIRI = 4,65 m/km, IRI = 4,44 m/km e IRI = 4,50 m/km se observa una similitud donde las tres aplicaciones califican el estado del pavimento como MALO, mientras que la transitabilidad, con valores de 2,16, 2,23 y 2,21, difiere en 0.07 del PSI para clasificar la transitabilidad como REGULAR cercana a la calificación MALA, calificación que nos ayuda a proponer el tipo de intervención necesaria para la Av. Internacional.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere al Gobierno Regional de Tacna, así como a los gobiernos locales provinciales y distritales, el uso de las aplicaciones ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL en teléfonos inteligentes para evaluar la rugosidad superficial del pavimento y calificar la transitabilidad en calles y carreteras. Los resultados obtenidos ayudarán a planificar intervenciones necesarias como mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción. Estas aplicaciones no requieren personal calificado para determinar el valor IRI.
2. Se recomienda a la Municipalidad Distrital Alto de la Alianza y la Municipalidad Distrital de Ciudad Nueva, utilizar los valores de IRI obtenidos con la aplicación ROADROID para identificar las actividades de mantenimiento y/o reconstrucción, la metodología es confiable, económica y eficiente. En nuestra investigación, se determinó un IRI estimado de 4.65 m/km, calificando el pavimento como MALO.
3. Considerando que la avenida Internacional está bajo la jurisdicción de las municipalidades de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, se recomienda utilizar el IRI ponderado obtenido con la aplicación TOTALPAVE igual a 4,44 m/km para realizar un tratamiento superficial en la capa de rodadura mediante una rehabilitación con carpeta asfáltica en frío, se sugiere debido al IRI determinado, que califica el pavimento como MALO y la transitabilidad como REGULAR, cercana a MALA.
4. Se sugiere utilizar a los especialistas en evaluación de pavimentos y de gestión vial la aplicación para teléfonos inteligentes como ABAKAL, ya que ofrecen múltiples funciones actualizadas constantemente, proporcionando resultados más confiables, eficientes y económicos. Estas aplicaciones son ideales para estudiar en futuras investigaciones para evaluar el estado funcional de pavimentos, la transitabilidad y la

serviciabilidad vehicular, especialmente en carreteras donde se pueden circular a 80 km/h constantes.

5. Se recomienda a los gobiernos locales, la implementación de estas intervenciones, porque garantizará una mejora significativa en la calidad del pavimento y la transitabilidad de la avenida Internacional, optimizando al mismo tiempo los recursos disponibles. Las aplicaciones móviles han demostrado ser herramientas valiosas para el monitoreo y evaluación del pavimento, lo que permite planificar y priorizar adecuadamente las acciones de mantenimiento y rehabilitación.

REFERENCIAS

- [1] WEF, The Global Competitiveness Report 2018: Infraestructura de Transporte, Foro Economico Mundial, 2018.
- [2] L. Pillpe Sarmiento, Aplicación de un sistema de gestión de pavimentos urbano local a nivel de red mediante el Índice de Rugosidad Internacional IRI como variable de condición en la red vial del distrito de Concepción - Junín, Universidad Continental, 2018.
- [3] M. Van Oostrum, «Access, density and mix of informal settlement: Comparing urban villages in China and India,» *Cities*, vol. 117, p. 103334, 2021.
- [4] M. E. García Schilardi, «Evaluación de la dimensión Operativa del Transporte Colectivo en el área metropolitana de Mendoza, Argentina,» *Perspectiva geográfica*, vol. 22, n° 2, pp. 29-46, 2017.
- [5] J. Bazant S., «Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana,» vol. 19, n° 3, pp. 475-503, 2010.
- [6] P. Pérez, «Las heterogeneidades en la producción de la urbanización y los servicios urbanos en América,» *Territorios*, n° 34, pp. 87-112, 2016.
- [7] Aldás Flores, C. y Bustillos Maldonado, L.A., Aplicación móvil para localización ágil de transporte terrestre de carga liviana en la ciudad de Lacatunga, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [8] G. Badilla Vargas, «Aspectos y consideraciones importantes en el cálculo del índice de regularidad internacional IRI,» *Ingeniería*, vol. 20, n° 1-2, pp. 155-168, 2011.
- [9] Depaz Huertas, J. y Flores Granados, H., «Sistema Roadroid en la evaluación de la serviciabilidad vial,» *Ciencia Latina Internacional*, vol. 7, n° 3, pp. 3951-3968, 2023.
- [10] J. Velasquez Ramirez, «Caracterización y análisis del método ROADROID en la obtención del índice de rugosidad internacional (IRI) para la gestión de pavimentos,» *UNI tesis*, p. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/22100>, 2021.
- [11] M. Staniek, «Road pavement condition diagnostics using Smartphone-based data crowdssourcing in smart cities,» *Journal of traffic and transportation engineering*, pp. 8(4) 554-567, 2021.
- [12] Arofah, M.A. y Prahara, E., «Evaluate the accuracy of vehicle type on road surface

- condition survey using Roadroid application,» de *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Yakarta, Indonesia, 2021.
- [13] Lukman, M., Halim, H. y Saing, Z., «Los niveles de planicidad de una carretera flexible basada en el software Roadroid en Perintis Kemerdekaan Street Makassar,» de *III Conferencia sobre ingeniería civil y ambiental - ICCEE*, Bali, Indonesia, 2019.
- [14] Douangphachanh, V. y Oneyama, H., «Estimación del estado de rugosidad de la carretera desde teléfonos inteligentes en entornos realistas,» *13ª Conferencia Internacional de Telecomunicaciones ITS (ITST)*, pp. 433-439, 2018.
- [15] Cavalcante de Almeida, L. Lacerda de Oliveira, F. y Passos S., «Estudo da condicao de superficie em rodovias por meio do uso de aplicativo para smartphone,» *Transportes. Volume 25 número 2*, pp. 70 - 83, 2018.
- [16] Rondón Quintana, H.A. y Reyes Lizcano, F.A., Pavimentos, materiales, construcción y diseño, Perú: Macro E.I.R.L, 2015.
- [17] H. Solminihaç, Gestión de Infraestructura vial 3º Edición, Bogotá: Alfa y Omega, 2005.
- [18] Leguía, P. y Pacheco, H., Evaluación superficial del pavimento flexible por el metodo Pavemente Condition Index (PCI) en las vias arteriales: cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima), Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2016.
- [19] Telefónica, «Teléfonos inteligentes. abriendo las puertas al mundo digital,» *Fundación telefónica*, pp. 1-23, 2019.
- [20] GSMA, «Estado de la conectividad de internet móvil,» GSMA Association, GSMA Asia Pacific, 2021.
- [21] Roadroid., Roadroid, Road Surveys using smartphones, Essential for professionals. Essential Guide Pro2, Suecia: Essential Guide Pro2, 2020.
- [22] Sayers, M. ; Karamihas, S., The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles., Washington, USA, 1998.
- [23] Forslôf, L.; Jones, H., «Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones,» *Journal of Civil Emgineering and Arquitecture* 9, pp. 485-496, doi: 10.17265/1934-7359/2015.04.012 , 2015.
- [24] Roadroid, Roadroid - continuous road condition monitoring with smartphones. A

- multi-disciplinary approach to improve capacity & safety for road transport in Africa, South Africa: Pretoria, 2014.
- [25] B. Reyes, Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN, Manabí - Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2020.
- [26] V. Gondim, Influencia de la calidad del recubrimiento asfalto en la emisión de contaminantes de un vehículo ligero en Fortaleza-CE, Fortaleza - Brasil: Universidad Federal de Ceará, 2019.
- [27] Sayers, M. & Karamidas, S., The Little Book of Profiling, Michigan USA, 1988.
- [28] ABAKAL, Manual ABAKAL IRI Investigaciones en la obra civil, España: ABAKAL ingenieros consultores, S.L., 2020.
- [29] M. Paucara-Rojas, Evaluación del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones de la Av. Jorge Basadre Grohmann, utilizando Synchro V.8-Tacna, 2018, Tacna: Universidad Privada de Tacna, Escuela de Postgrado, 2018.
- [30] MTC, Reglamento Nacional de Administración de Transportes D.S. N° 017-2009-MTC, Lima-Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2009.
- [31] Perera, R. y Khon, S., «Issues in Pavement Smoothness: A Summary Report,» de *NCHRP Web Document 42*, Plymouth, Michigan, 2002.
- [32] E. Alvarenga, Indices de medición de la regularidad de un pavimento, Republica del El Salvador: Ministerio de Obras Publicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano, 2002.
- [33] R. Pomasonco de la Cadena, Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo Km. 110+000 al Km. 112+000, Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.
- [34] R. Hernandez y C. Mendoza, Metodología de la investigación, Mexico D.F: McGraw-Hill Interamericana,, 2018.
- [35] G. Baena, Metodología de la investigación, Mexico D.F: Grupo Editorial Patria, 2017.
- [36] C. Cameron, Innovative means of collecting international roughness index using smartphone technology, Inglaterra: University of New Brunswick, 2014.

- [37] PDU, Plan de Desarrollo Urbano 2014 - 2023, Tacna: Municipalidad Provincial de Tacna, 2014.
- [38] R. Cal y Mayor y J. Cárdenas, Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones, Mexico: alfaomega Grupo Editor, S.A., de C.V., 2007.
- [39] C. Pinto, Analisis y planteamiento de soluciones en el óvalo "Los Incas" - intersección de la Avenida Dolores con la Avenida Los Incas en la provincia de Arequipa., Arequipa, 2016.

APÉNDICE: MATRIZ DE CONSISTENCIA

METODOLOGIAS DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO BASADO EN EL TELÉFONO INTELIGENTE PARA MEJORAR EL TRANSPORTE REGULAR DE PERSONAS EN LA AV. INTERNACIONAL, TACNA - 2024.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
INTERROGANTE PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL		-Tipo de investigación: Aplicada
¿De qué manera las metodologías de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente permitirán determinar la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?	Determinar el valor IRI con las metodologías de evaluación basado en teléfonos inteligentes para la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.	Las metodologías de evaluación del pavimento basado en el teléfono inteligente influyen negativamente en la determinación de la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.		-Diseño de investigación: No Experimental
INTERROGANTES ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	Variable independiente (x): Metodologías de Evaluación del pavimento basado en Teléfonos inteligentes	-Diseño de investigación: Descriptiva exploratoria
a) ¿Cómo la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ROADROID influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?	a) Calcular el valor IRI con la aplicación ROADROID que influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.	a) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ROADROID resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.	Indicadores: - Índice de rugosidad Internacional obtenido con ROADROID - Índice de rugosidad Internacional obtenido con TOTALPAVE - Índice de rugosidad Internacional obtenido con ABAKAL - Calificación del estado del pavimento	-Ámbito de la investigación: Av. Internacional
b) ¿Cómo la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación TOTALPAVE influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?	b) Calcular el valor IRI con la aplicación TOTALPAVE que influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.	b) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación TOTALPAVE resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.	Variable dependiente (y): Mejora del transporte regular de personas	-Población: Vías arteriales principales de ingreso al distrito de Ciudad Nueva
c) ¿Cómo la metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ABAKAL influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024?	c) Calcular el valor IRI con la aplicación ABAKAL que influirá en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.	c) La metodología de evaluación del pavimento con la aplicación ABAKAL resulta no satisfactorio en la mejora del transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna - 2024.	Indicadores: - Índice de transitabilidad presente en función del valor IRI - Análisis y calificación de la transitabilidad	-Muestra: Av. Internacional, tramo: Av. Jorge Basadre G. – TA-621
d) ¿De qué manera el valor IRI obtenido con la aplicación ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL permite mejorar el transporte regular de personas en la Av. Internacional, Tacna – 2024?	d) Determinar la transitabilidad para la mejora del transporte regular de personas mediante los valores IRI obtenidos con la aplicación ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL en la Av. Internacional, Tacna - 2024	d) La determinación de la transitabilidad mediante los valores obtenidos con la aplicación ROADROID, TOTALPAVE y ABAKAL permitirán definir el tipo de intervención en la Av. Internacional, Tacna – 2024.		-Técnicas de recolección de datos: -Formatos de campo -Observación -Reporte del aplicativo ROADROID -Reporte del aplicativo TOTALPAVE -Reporte del aplicativo ABAKAL

Relevancia de la investigación:

CONTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN AL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS): ODS 11-COMUNIDADES Y CIUDADES SOSTENIBLES

