

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO
PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN
LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023**

TESIS

Presentada por:

Bach. HEYDI MARELIN HANCCO CARLO

Para optar por el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Tacna – Perú

2024


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia


Escuela Profesional de Ingeniería Civil


**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO
PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN
LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNIBG, TACNA - 2023**

Tesis sustentada y aprobada el día 02 de ABRIL de 2024 estando integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE : 
Ph.D. Ing. Edwin Martin Pino Vargas

SECRETARIO : 
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

VOCAL : 
Dr. Ing. Martin Paucara Rojas

ASESOR DE TESIS : 
Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero**, en condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N°760-2023-FIAG/UNJBG de la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA – 2023”**, presentado por la Bachiller Heydi Marelin Hancco Carlo, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software Antiplagio **TURNITIN** cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es 18%, por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis, la cual esta de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los tramites correspondientes y para publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los tramites respectivos para su obtención del título profesional.



Firma de Asesor

DNI N°: 00444587

Nombre y apellidos del asesor: **Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero**

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico primeramente a DIOS quien supo guiarme por el buen camino, y ser mi fiel compañero. A mi hermosa familia que gracias a ellos soy lo que soy hoy en día, mis padres JULIO HANCCO y MARGARITA CARLO quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento en cada decisión que tome en este trayecto de mi vida sin ellos no hubiera podido llegar y ser la persona que soy ellos siempre me inculcaron los valores, mis principios ser muy perseverante y nunca rendirme en la vida y a mi querida hermana JOMARA HANCCO quien siempre se preocupa por mí y a mi querida mascota BEBA.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primera mente a DIOS y a mis padres que gracias a su apoyo incondicional eh llegado a este logro no fue fácil pero como dicen nada es imposible con perseverancia y esfuerzo estoy muy feliz de concluir una meta más en mi vida esto no hubiera sido posible sin el amor de mis padres ellos siempre estuvieron conmigo en todo momento apoyándome día a día los amo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.2.1 <i>Problema general</i>	7
1.2.2 <i>Problemas específicos</i>	7
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	10
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	10
1.5 HIPÓTESIS GENERAL.....	11
1.5.1 <i>Hipótesis general</i>	11
1.5.2 <i>Hipótesis específicas</i>	11
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	13
2.2 BASES TEÓRICAS.....	23
2.2.1 <i>Evaluación de la Rugosidad del pavimento asfáltico</i>	23

2.2.1.1	<i>Transitabilidad</i>	24
2.2.1.2	<i>Cálculo de la transitabilidad mediante el IRI</i>	25
2.2.1.3	<i>Rugosidad</i>	26
2.2.1.4	<i>Causas posibles de la rugosidad</i>	26
2.2.1.5	<i>Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos</i>	27
2.2.1.6	<i>Índice de Rugosidad Internacional (IRI)</i>	28
2.2.1.7	<i>Escalas y características del IRI</i>	28
2.2.2	<i>Rugósímetro MERLIN</i>	30
2.3	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	38
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		40
3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	40
3.1.1	<i>Tipo de investigación</i>	40
3.1.2	<i>Diseño de la investigación</i>	40
3.1.3	<i>Nivel de la investigación</i>	41
3.2	POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	41
3.2.1	<i>Población</i>	41
3.2.2	<i>Muestra</i>	41
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
3.3.1	<i>Variable dependiente</i>	42
3.3.2	<i>Variable independiente</i>	42
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	44
3.4.1	<i>Técnicas</i>	44

3.4.2	<i>Materiales</i>	49
3.4.3	<i>Instrumentos</i>	49
3.5	ANÁLISIS DE DATOS.....	49
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		52
4.1	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD UTILIZANDO EL EQUIPO MERLIN	52
4.1.1	<i>Lecturas obtenidas del equipo MERLIN</i>	52
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS		69
5.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA RUGOSIDAD OBTENIDOS CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN	69
CONCLUSIONES		75
RECOMENDACIONES		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		79
ANEXOS.....		83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Zona de investigación, Vias interiores UNJBG L=1,65 km.	5
Figura 2 Ingreso principal a UNJBG, desgaste de agregados alta rugosidad.....	5
Figura 3 Zona de estudio, pérdida de finos en la carpeta asfáltica.....	6
Figura 4 Zona de estudio, desgaste de finos.....	6
Figura 5 Zona de estudio, desgaste en la capa de rodadura ingreso escuela Metalurgia...7	
Figura 6 Escala empleada por el Banco Mundial.....	29
Figura 7 Uso del rugosímetro de MERLIN.....	30
Figura 8 Detalles del MERLIN.....	31
Figura 9 Partes del equipo MERLIN.....	31
Figura 10 Medición de las desviaciones en función a la cuerda AB.....	32
Figura 11 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones.....	33
Figura 12 Formato para recolección datos de campo.....	35
Figura 13 Histograma de la distribución de frecuencias.....	37
Figura 14 Calibración del equipo MERLIN.....	45
Figura 15 Inicio de la prueba por carriles.....	45
Figura 16 Evaluación IRI por tramos.....	46
Figura 17 Evaluación carril derecho tramo I.....	46
Figura 18 Evaluación de la rugosidad tramo II.....	47

Figura 19 Evaluación de la rugosidad tramo III	47
Figura 20 Evaluación de la rugosidad tramo IV	48
Figura 21 Finalización de la evaluación de la rugosidad.....	48
Figura 22 Datos de campo obtenidos cada 400 m.	50
Figura 23 Cálculo del valor IRI en tramo de 400 m.	51
Figura 24 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y transitabilidad tramo I, ensayo 1	54
Figura 25 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo I, ensayo 2	56
Figura 26 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo I, ensayo 3	58
Figura 27 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo I, ensayo 4	60
Figura 28 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 1	62
Figura 29 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 2	64
Figura 30 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 3	66
Figura 31 Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad	

tramo II, ensayo 468

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Índice de transitabilidad	25
Tabla 2 Transitabilidad mediante el IRI	26
Tabla 3 Valores de IRI (m/km).....	29
Tabla 4 Operacionalización de variables.....	43
Tabla 5 Datos de campo, tramo de ensayo 1 en la progresiva 0+000 – 0+400	53
Tabla 6 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo I, ensayo 1	54
Tabla 7 Hoja de campo, tramo de ensayo 2 en la progresiva 0+400 – 0+800	55
Tabla 8 Cálculo de la rugosidad y transitabilidad tramo I, ensayo 2.....	56
Tabla 9 Hoja de campo, tramo de ensayo 3 en la progresiva 0+800 – 1+200.....	57
Tabla 10 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo I, ensayo 3.....	58
Tabla 11 Hoja de campo, tramo de ensayo 4 en la progresiva 1+200 – 1+600.....	59
Tabla 12 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo I, ensayo 4.....	60
Tabla 13 Hoja de campo, tramo de ensayo 1 en la progresiva 0+000 – 0+400.....	61
Tabla 14 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad, tramo II, ensayo 1	62
Tabla 15 Hoja de campo, tramo de ensayo 2 en la progresiva 0+400 – 0+800.....	63
Tabla 16 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad, tramo II, ensayo 2	64
Tabla 17 Hoja de campo, tramo de ensayo 3 en la progresiva 0+800 – 1+200.....	65
Tabla 18 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 3	66
Tabla 19 Hoja de campo, tramo de ensayo 4 en la progresiva 1+200 – 1+600.....	67

Tabla 20 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 4	68
Tabla 21 Resumen de los resultados de los valores IRI determinados con el equipo MERLIN	70
Tabla 22 Calificación del estado del pavimento.....	70
Tabla 23 Resumen de los resultados de los valores PSI-transitabilidad.....	71
Tabla 24 Calificación de l transitabilidad.....	71

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el valor de la rugosidad del pavimento asfáltico para la mejorar el tránsito de vehiculos en los accesos interiores de la UNJBG mediante el rugosímetro MERLIN en una longitud de 1,65 km.

El objetivo de la investigación fue evaluar los valores de la rugosidad IRI del pavimento asfáltico para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023. La investigación es Aplicada, porque implica el uso y aplicación de conocimientos relevantes para el diseño de campo, realizado en un ambiente natural sin manipular variables para determinar la rugosidad del pavimento, en un tramo longitudinal de 1 650 m. calzada variable de 6,00 a 6,60 m. y un carril de 3.00 m, obteniendo como resultado un valor IRI promedio de los accesos interiores de la UNJBG utilizando el rugosímetro MERLIN igual a 4,71 m/km.

El valor IRI determinado en el pavimento asfáltico mediante el rugosímetro MERLIN, analizando los carriles izquierdo y derecho a partir de la puerta de ingreso principal Av. Miraflores, determinado el valor IRI promedio con el MERLIN califica el estado de la calzada como MALO, también califica la transitabilidad en base al valor IRI promedio igual a 2,165, calificando la transitabilidad como REGULAR. Por lo tanto, se

recomendó, rehabilitar o reconstruir la capa asfáltica, utilizando carpeta asfáltica en frío o un tratamiento superficial de la capa asfáltica con emulsiones asfálticas.

Palabras Clave: IRI, MERLIN, Transitabilidad, Nivel de servicio, Fallas en el pavimento.

ABSTRACT

In this research, the value of the roughness of the asphalt pavement was evaluated to improve vehicle traffic in the interior accesses of the UNJBG using the MERLIN roughness meter over a length of 1.65 km.

The objective of the research was to evaluate the IRI roughness values of the asphalt pavement for the improvement of vehicular traffic in the interior accesses of the UNJBG, Tacna - 2023. The research is Applied, because it involves the use and application of relevant knowledge to the field design, carried out in a natural environment without manipulating variables to determine the roughness of the pavement, in a longitudinal section of 1,650 m. Variable roadway from 6.00 to 6.60 m. and a 3.00 m lane, resulting in an average IRI value of the interior accessories of the UNJBG using the MERLIN roughness meter equal to 4.71 m/km.

The IRI value determined in the asphalt pavement using the MERLIN roughness meter, analyzing the left and right lanes starting from the main entrance door Miraflores Avenue, determined the average IRI value with the MERLIN qualifies the condition of the road as BAD, it also qualifies the walkability based on the average IRI value equal to 2.165, qualifying the walkability as REGULAR. Therefore, it is recommended to

rehabilitate or reconstruct the asphalt layer, using cold asphalt binder or a surface treatment of the asphalt layer with asphalt emulsions.

Keywords: IRI, MERLIN, Walkability, Service level, Pavement failures.

INTRODUCCIÓN

Los problemas de transporte público y los graves problemas de movilidad que enfrenta actualmente la ciudad de Tacna obligan a docentes, estudiantes y personal de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann a utilizar vehículos como medio de transporte para llegar al campus universitario. Porque los cambios dramáticos en el volumen y la dirección del tráfico dentro de las universidades son predecibles. Estos cambios en el flujo de tráfico, así como el aumento en el número de estudiantes y profesores en los últimos años, han requerido la colocación de estructuras pavimentadas en los accesos internos a todos los departamentos existentes de la universidad, y debido a la presencia de calzadas con una vida útil de más de 20 años, fue necesario evaluar las condiciones de rugosidad para determinar la accesibilidad existente de las vías internas del campus universitario, primera institución de educación superior en la ciudad de Tacna.

En la vía estudiada se logró determinar la rugosidad del pavimento asfáltico mediante el MERLIN para calificar la condición funcional del pavimento asfáltico y determinar la transitabilidad en los accesos interiores de la UNJBG, determinando así la calificación del pavimento como MALO y la transitabilidad. recibida se califica de REGULAR

La investigación está comprendido en 5 capítulos,

En el primer capítulo desarrollamos el planteamiento del problema, formulación del problema, los objetivos generales y específicos, así como la hipótesis general y específicos.

En el segundo capítulo, desarrollamos el marco teórico, definiendo antecedentes, marcos teóricos y definiciones de conceptos.

El tercer capítulo, desarrolla el marco metodológico, tipo, diseño y nivel de estudio, población, muestra, manejo de variables, métodos y herramientas para la recolección y análisis de datos de la investigación.

El cuarto capítulo, presenta los resultados obtenidos utilizando el rugosímetro MERLIN.

El quinto capítulo amplía la discusión de los resultados, teniendo en cuenta los valores IRI específicos obtenidos utilizando MERLIN para el contraste con los resultados de los autores indicados en los antecedentes.

Concluimos con el desarrollo de las conclusiones y las recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas de transporte público y los graves problemas de movilidad que enfrenta actualmente la ciudad de Tacna obligan a docentes, estudiantes y empleados de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann a utilizar vehículos como medio de transporte para llegar al campus universitario. Porque son predecibles los cambios drásticos en los volúmenes de tráfico y los destinos dentro de las universidades. Estos cambios en el flujo vehicular, sumado al aumento en el número de estudiantes y docentes en los últimos años, han obligado a la colocación de estructuras pavimentadas en los accesos internos de todas las facultades existentes de la universidad, y debido a la presencia de pavimentos con servicio de vida de más de 20 años, fue necesario evaluar las condiciones de rugosidad para determinar la accesibilidad existente de las vías internas del campus universitario, primera casa superior de estudios en la ciudad de Tacna.

En la evaluación preliminar se puede apreciar que en la circulación interna de la universidad presenta daños y fallas en el pavimento los que aumentan el riesgo

de generar en los vehículos en movimiento, incomodidad, inseguridad causando estrés en el conductor.

Actualmente el método más común para medir la regularidad del perfil longitudinal de una vía es el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) utilizando el Rugosímetro MERLIN. Es necesario utilizar métodos modernos para desarrollar programas de infraestructura vial con un buen diseño estructural del pavimento y técnicas de construcción correctas para extender la vida útil del pavimento y reducir el mantenimiento programado a solo mantenimiento de rutina.

El uso de la metodología tradicional, el rugosímetro MERLIN, que nos ayuda a determinar el valor de la rugosidad en la circulación interna de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, en una longitud de 1.65 Km., en la calzada de circulación vehicular, considerando en la evaluación el carril derecho y el carril izquierdo, dando inicio en el ingreso principal por la Av. Miraflores, para determinar la transitabilidad en el interior del Campus Universitario.

Figura 1

Zona de investigación, vías interiores de la UNJBG L= 1.65 Km.



Nota. Figura que representa la zona de investigación Accesos internos UNJBG, tomado del Google Earth

Figura 2

Ingreso principal a UNJBG, desgaste de agregados alta rugosidad



Nota. Figura que muestra el ingreso a UNJBG, donde se visualiza alta rugosidad

Figura 3

Zona de estudio, perdida de finos en la carpeta asfáltica.



Nota. Figura que muestra la pedida de finos en el frontis de la Escuela de Ingeniería Civil

Figura 4

Zona de estudio, desgaste de finos.



Nota. Figura que muestra el desgaste de finos hacia los estacionamientos de la Facultad de Ciencias

Figura 5

Zona de estudio, desgaste en la capa de rodadura ingreso a Escuela Profesional de Metalurgia.



Nota. Figura que muestra baches en la vía hacia la Escuela de Metalurgia

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cómo la evaluación de la rugosidad del pavimento asfáltico mejorará la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023?

1.2.2 Problemas específicos

a) ¿Cómo se determina la evaluación de la rugosidad en el pavimento asfáltico para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023?

b) ¿Cómo se determina la rugosidad en el pavimento asfáltico utilizando el rugosímetro de MERLIN para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023?

c) ¿ De qué manera el valor de la rugosidad determina la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La evaluación para conocer el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), usando el Rugosímetro de MERLIN, nos ayudará a determinar la rugosidad presente en el pavimento flexible, considerando que las vías en el interior de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, el pavimento asfáltico presentan fallas y desgaste, lo que provoca incomodidad y el tiempo largo de transporte, sino se interviene estas vías asfaltadas incrementará los costos de operación y mantenimiento. Las vías interiores presentan diversas fallas en la capa de rodadura, por lo que urge realizar una evaluación de la rugosidad en un tramo de 1.65 Km. y finalmente determinar la calificación del pavimento y la transitabilidad vehicular.

Conocer el valor de la rugosidad es crucial ya que ayuda a determinar el tipo de intervención posible a planificar, ya sea mantenimiento rutinario, periódico, reparación o reconstrucción, y entonces resulta interesante utilizar un Rugosímetro

MERLIN que calcule la rugosidad, como instrumento versátil y económico.

Existen en el mercado dispositivos muy avanzados cuyos resultados son óptimos a la hora de determinar la rugosidad de calles, avenidas o carreteras, pero el costo es alto, por eso es necesario utilizar el rugosímetro MERLIN para realizar mediciones oportunas en rugosidad.

Para lograr los objetivos de la investigación se utilizó la normativa peruana vigente, como el Manual de Suelos, Geología, Ingeniería Geotécnica y Pavimentos, Manual de Especificaciones Técnicas Generales EG-2013, Norma CE-010 - y manual de Mantenimiento Urbano. La aplicación del método MERLIN contribuye a una comprensión más fácil, rápida y económica de las condiciones de las carreteras, y los resultados de la investigación van más allá de su importancia para contribuir a mejores soluciones para el tráfico de vehículos en las vías internas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

En lo que respecta a la parte social, los resultados del estudio beneficiarán a los estudiantes de ingeniería civil quienes tendrán todo el material de investigación como material de referencia para futuras ideas. También cubre a estudiantes, profesores y personal no docente de diferentes departamentos ya que les permitirá conocer el estado de la vía y a conductores y peatones afectados ya que las vías

internas del campus universitario se encuentran en mal estado. El objetivo es encontrar soluciones alternativas que mejoren las medidas de comodidad y seguridad de los implicados.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar los valores de la rugosidad del pavimento asfáltico para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la evaluación de la rugosidad en el pavimento asfáltico para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023.

- b) Determinar el valor de la rugosidad del pavimento asfáltico utilizando el rugosímetro de MERLIN para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023.

- c) Determinar la transitabilidad vehicular en función del valor de la rugosidad calculado para la mejora en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna - 2023.

1.5 HIPÓTESIS GENERAL

1.5.1 Hipótesis general

La evaluación de los valores de la rugosidad del pavimento asfáltico mejorará la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna 2023.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a) La evaluación de los valores de la rugosidad en el pavimento asfáltico para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna – 2023, son deficientes.
- b) La determinación del valor de la rugosidad en el pavimento asfáltico obtenido con el rugosímetro de MERLIN ayudará a optimizar la transitabilidad vehicular en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna – 2023.

- c) La determinación de la transitabilidad vehicular en función del valor de la rugosidad calculado para la mejora en los accesos interiores de la UNJBG, Tacna – 2023, permitirá caracterizar el tipo de intervención.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

a) Revista Científica

En el artículo científico titulado “Hacia un Campus Universitario Inteligente. Caso de Estudio: Aplicación para la movilidad dentro del Campus Meléndez de la Universidad del Valle”, desde el concepto de ciudades inteligentes hasta el análisis de modelos de campus inteligentes, generando herramientas para apoyar la movilidad dentro de los campus universitarios con el apoyo de la información geográfica y las TIC. Las preguntas que aborda esta herramienta son: "¿Dónde está?" y "¿Cómo llego allí?". Tomando un campus de 100 hectáreas y 18 kilómetros de caminos y pistas, están organizados en un sistema de información geográfica, base de datos espacial y accesible a través de aplicaciones móviles y web. Una vez introducidos los parámetros de la consulta al sistema, se construye una respuesta que identifica el destino y cómo llegar por la ruta más corta en el mapa base de la Universidad del Valle, la distancia entre los puntos de origen y destino, y el tiempo de viaje. Hay un peatón entre ellos. Sig Web se desarrolló utilizando Geoserver como servidor de mapas, en interfaz con la biblioteca Leaflet para JavaScript y utilizando los motores de bases de datos PostgreSQL y PostGIS. Finalmente,

construimos un SIG web y una aplicación móvil para el sistema operativo Android que puede funcionar en línea y fuera de línea y se desarrollaron utilizando con framework Apache Córdoba junto con framework 7 y las bibliotecas de folletos. UVManos es el nombre que recibe la aplicación web y móvil, el primer paso del concepto de campus inteligente a través del cual se ubica y mueve toda la comunidad universitaria, facilitando así su movimiento dentro de la universidad. (Rincón-Romero, M., Muñoz-Herrera, W. y Leal-Guancha, R., 2022)

En el artículo científico titulado “Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin” publicado en Scielo, se demuestra que medir el Índice Internacional de Rugosidad IRI utilizando el perfilómetro estático MERLIN es un factor importante para determinar las condiciones de la carretera. La necesidad de automatizar la recopilación de datos y los cálculos del IRI in situ identificó los principales requisitos del proyecto. Para obtener los cambios relativos a la cuerda media se utilizó un acelerómetro, que midió la trayectoria determinando la rotación de las ruedas de un perfilómetro estático MERLIN. Las pruebas realizadas arrojaron resultados satisfactorios, reduciendo los costos operativos y el tiempo de procesamiento de datos. (Alvarez, S. y Rivero, R., 2021)

En el artículo científico titulado “Caracterización de la movilidad vehicular y peatonal en la Universidad Técnica de Manabí” publicado en la revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología, esto muestra que la congestión de vehículos y peatones es un problema común en muchas ciudades del mundo, exacerbado por una distribución espacial inadecuada y el incumplimiento de las leyes y regulaciones de tránsito existentes. El propósito de este estudio es describir la movilidad vehicular y peatonal dentro del campus principal de la Universidad Técnica de Manabí, identificar problemas y proponer posibles soluciones para mejorar la movilidad en la institución y sus alrededores. La metodología se basa en la implementación de aforos vehiculares y peatonales en las cinco entradas y salidas de la institución durante una semana, un conteo de espacios disponibles en las áreas de estacionamiento y la implementación de una encuesta virtual a una muestra amplia de usuarios de la institución. La agencia. Los resultados muestran que el desplazamiento peatonal, en gran parte procedente del transporte público, es el principal modo de acceso hacia y desde la universidad, seguido del vehículo ligero. (Nasareno, C.; Macías, A.; Delgado, D. y Ortiz, E., 2020)

En el artículo científico titulado “Análisis de la gestión del tráfico en el campus de la Universidad del Ecuador”, dijo que los problemas de transporte público y los graves problemas de movilidad que vive actualmente la ciudad de Quito obligan a

docentes, estudiantes y empleados de la Universidad Central del Ecuador a utilizar vehículos como medio de transporte para llegar al campus universitario, por lo que el volumen y destino del tráfico producen cambios. Estos cambios en el flujo de tráfico, unidos al aumento del número de estudiantes y profesores en los últimos años, han obligado a actualizar el Plan de Gestión del Tráfico en el Campus Universitario para determinar: el número exacto de vehículos que entran por las diferentes puertas, diaria y semanalmente; establecer el flujo de vehículos de entrada y salida de filas; determinar cuántos vehículos ingresan mediante tarjetas magnéticas y cuántos vehículos pagan por hora o puntos; determinar el número de espacios de estacionamiento existentes en el campus universitario, la calidad del servicio que brinda y su eficiencia. Las actualizaciones del tráfico se realizaron en dos fases en el sitio, la primera recopilando información de entrada y salida de vehículos en cada entrada a la UCE, y la segunda mediante el diagnóstico de todos los espacios de estacionamiento existentes en los predios universitarios. (Jaya, S. y Coronel, M., 2017)

En el artículo científico titulado “SmartRoadSense: Collaborative Road Surface Condition Monitoring”. El estado del pavimento se considera una actividad fundamental en la gestión de la infraestructura de transporte. Se han propuesto muchas soluciones de investigación para monitorear e inspeccionar automáticamente la calidad del pavimento. La mayoría de ellos utilizan costosos

sensores integrados en vehículos o se centran principalmente en detectar anomalías específicas durante las actividades de seguimiento. En este artículo, describimos el diseño de un sistema colaborativo de monitoreo de la calidad del pavimento. La arquitectura general incluye la integración de una aplicación móvil personalizada, un sistema de base de datos georreferenciado y una interfaz visual. El estado de la superficie de la carretera se resume mediante parámetros de rugosidad calculados mediante algoritmos de procesamiento de señales que se ejecutan en el dispositivo móvil. Los valores de rugosidad calculados luego se transfieren y almacenan en un sistema de información geo-backend, que permite el procesamiento de trazas agregadas y la visualización de las condiciones de la carretera. El enfoque propuesto introduce un sistema totalmente integrado adecuado para monitorear aplicaciones en un entorno escalable y colaborativo. (Alessandroni, G. Klopfenstein, C. Delpriori, S. Dromedari, M. Luchetti, G. Paolini, B., ... Bogliolo, A., 2014)

b) Tesis

Según Limay Romero (2021), “Análisis del índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca – Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de MERLIN”, estudio para verificar las condiciones de transitabilidad, servicio y confort con el objetivo de obtener resultados que, luego de correlacionarlos y compararlos, obtengan valores numéricos que den una calificación real del estado de la vía. La investigación comenzó con una inspección

visual in situ, mediciones de tráfico, mediciones topográficas de ambas vías y luego, junto con el equipo de MERLIN, la medición de irregularidades cada dos metros (equivalente a una revolución de la rueda) en un recorrido de 400 m., procesando estos datos y obteniendo los resultados como base o ejemplo de investigación que sirva de apoyo a futuras investigaciones, diseño y construcción de pavimentos asfálticos para dar solución a los diferentes defectos constructivos. Asimismo, con base en los resultados obtenidos, se determinaron los valores de rugosidad en unidades IRI de la siguiente manera: para el camino de ida (Cajamarca – Baños del Inca) el valor IRI es de 1.07 m/km; para el camino de retorno (Baños del Inca – Cajamarca) tiene un valor de 1,10 m/km. Por lo tanto, podemos estar seguros que a partir de las mediciones del Rugosímetro MERLIN, el dispositivo nos proporciona estos datos y resultados no sólo como una herramienta fácil de usar y de bajo costo, sino también como datos eficientes.

Según Gonzalo, J. y Beingolea, H. (2021), “ Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna-2021”, en el cual se expresa que el objetivo del estudio es determinar la rugosidad de pavimentos flexibles a través de la aplicación ABAKAL para teléfonos inteligentes y el rugosímetro MERLIN en la Avenida Internacional, el estudio pertenece al tipo de aplicación de métodos cuantitativos, utilizando métodos tradicionales y aplicaciones en el Smartphone, considerando un

diseño exploratorio Descriptivo, se determinó que la rugosidad del IRI del camino derecho es igual a 4.07 m/km y la del camino izquierdo es igual a 5.14 m/km, utilizando el IRI promedio de 4.60 m/km contribuye a la calificación nacional de pavimento flexible BAD. Para obtener el IRI usando la aplicación ABAKAL, usando el modelo Samsung Galaxy Note 10, obtenemos el resultado del IRI para el camino derecho igual a 4,38 m/km y el resultado del IRI para el camino izquierdo igual a 4,49 m/km, para comparar con MERLIN obtenemos el IRI. El valor ponderado es igual a 4,44 m/km. Los valores obtenidos indican que los resultados obtenidos por la aplicación son similares a los del rugosímetro MERLIN y, por tanto, son datos fiables.

Según Zeballos, G. y Vizcarra, C. (2021), “Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna - 2020”, el objetivo es determinar la rugosidad de pavimentos flexibles mediante la aplicación ROADROID y el rugosímetro MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna - 2020, el estudio es de tipo aplicación y diseño exploratorio descriptivo, utilizando el método tradicional MERLIN, la rugosidad obtenida en el carril derecho IRI igual a 3.63 m/km y en el carril izquierdo es 3,41 m/km, por lo que utilizando el valor promedio obtenido es igual a 3,52 m/km, este valor ayuda a clasificar el estado de la superficie de la carretera como

regular. Analizado a través de la aplicación ROADROID, el valor de eIRI obtenido para el carril derecho utilizando un Samsung Galaxy S7 fue de 3,73 m/km, y el valor de eIRI para el carril izquierdo fue de 3,44 m/km. En comparación con el método tradicional MERLIN, el valor medio eIRI es igual a 3,59 m/km, determinándose que el valor eIRI de la aplicación es similar a MERLIN.

Según Chambilla-Velasquez, E. y Ramos-Deza, Y. (2021), “Evaluación de pavimento flexible mediante método del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo IRI-Calc_Free en la avenida Simón Bolívar, Puno”, el propósito de este estudio es evaluar el pavimento flexible de la Avenida Simón Bolívar de la ciudad de Puno mediante el método del rugosímetro Merlin y la aplicación IRI-Calc-Free. La metodología es aplicada, de diseño no experimental y de nivel cuantitativo. La localidad está formada por la Avenida Simón Bolívar, que incluye carriles izquierdo y derecho y tiene una longitud de 3,20 kilómetros. Las muestras se midieron mediante el método del rugosímetro MERLÍN, 32 unidades de muestra de 400ml cada una. Para aplicaciones IRI-Calc, los carriles izquierdo y derecho tienen 6,4 km. Los resultados obtenidos mediante el método del rugosímetro Merlin tienen un IRI de 3,28 en el primer carril, clasificándolo como normal, y un IRI promedio de 3,51 en el segundo carril, clasificándolo como normal. Para la aplicación IRI-Calc-Free, el primer carril 3.85 la clasifica como regular y el segundo carril 4.21 la

clasifica como mala. Las conclusiones entre los valores de IRI entre el rugosímetro MERLÍN y la aplicación IRI-Calc-Free son muy cercanas.

Según Manco (2020), “Análisis de la variabilidad del índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera Baños del Inca-Llacanora, utilizando el equipo MERLÍN y la aplicación ROADROID en un Smartphone”, el objetivo fue analizar las diferencias que existen entre los resultados de la aplicación Roadroid y MERLIN para medir el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de la carretera Baños del Inca – Llacanora, dividiéndolos en muestras representativas de 400 m. Para determinar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para dos carriles: para el carril derecho tenemos $IRI_p = 1,94$ m/km, $eIRI = 2,40$ m/km y $PSI = 3,51$; para el carril izquierdo $IRI_p = 2,34$ m/km, $eIRI = 2,73$ m/km, $PSI = 3,26$, la transitabilidad de ambos carriles es "buena". Al comparar los resultados de los dos métodos, obtuvimos una variabilidad que oscila entre 0.00% y 156.95%, con coeficientes de determinación (R^2) de 0.2276 y 0.4044 para el carril derecho e izquierdo, respectivamente; esto representa una correlación positiva baja.

Según Reyes (2020) “Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN”, se investigaron las similitudes existentes entre las mediciones de regularidad superficial o Índice Internacional de Rugosidad IRI de la superficie del pavimento

de la Avenida La Prensa en el estado de Jipijapa; se analizó el rugosímetro MERLIN mediante dos aplicaciones móviles y el software de análisis ProVAL Vial. Todos estos dispositivos miden la regularidad de la superficie de la carretera, pero el software de análisis de carreteras y la aplicación móvil ProVAL son herramientas innovadoras y muy útiles en el mercado para analizar carreteras y calcular el IRI respectivamente, mientras que el rugosímetro MERLIN es un buen equipo según la Banco Mundial, este equipo es ampliamente conocido y utilizado en nuestra región y se caracteriza por ser uno de los equipos más precisos a la hora de realizar este tipo de pruebas. Para efectos del estudio se realizaron pruebas de regularidad superficial en el pavimento del Boulevard La Prensa desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 0+945 utilizando un rugosímetro MERLIN, aplicación TotalPave IRI, aplicación calculadora IRI. Finalmente, se realizó un análisis mediante el software ProVAL basado en encuestas realizadas previamente. Lecturas tomadas del IRI determinaron que la rugosidad de la Avenida la Prensa varía en un rango de 2 m/km. Clasificarlo como pavimento nuevo. La correlación del IRI con el PSI nos da un valor de idoneidad de 3,31, reflejando el valor cualitativo de la transitabilidad, clasificándola como buena.

Según Pomasonco de la Cadena (2010), “Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN monitoreo de conservación carretera cañete-Huancayo Km.110+000 al Km. 112+000”, considera fundamental la determinación

de la rugosidad (IRI) y su resultado para calificar el estado funcional de la vía (transitabilidad). La pregunta de investigación es determinar la transitabilidad representativa y mejorar las condiciones de confort de los usuarios de la vía estudiados. Se recomienda utilizar los valores de rugosidad como indicador para mejorar el confort y la transitabilidad como mejora de la capacidad de la vía. Finalmente, los resultados de la evaluación mediante el rugosímetro MERLIN nos ayudan a determinar el tipo de intervención que requiere la vía investigada, así como entender qué métodos son los más adecuados para que sus resultados se adapten a las condiciones y realidades de las carreteras de nuestro país.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Evaluación de la Rugosidad del pavimento asfáltico

La rugosidad es "Evaluar la desviación de una superficie determinada respecto de un plano teórico, cuyas dimensiones influyen en la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, las cargas dinámicas y las propiedades de drenaje. Por ejemplo: perfil longitudinal, perfil transversal." (ASTM, 2012).

El IRI es la acumulación de movimientos verticales que experimenta la suspensión cuando las ruedas (una cuarta parte del coche) viajan a 80 km/h, y el

índice de confort de rodadura es un parámetro de la superficie de la carretera que siente el usuario. (Caro, F. y Peña, G., 2012).

El Índice Internacional de Rugosidad, comúnmente conocido como IRI (Índice Internacional de Rugosidad), es un estándar estadístico de rugosidad propuesto por el Banco Mundial en 1986 como parámetro de referencia para medir la calidad de la capa de rodadura de las carreteras.

2.2.1.1 Transitabilidad

Es la percepción que tiene el usuario del nivel de servicio que brinda un pavimento. Por eso hay que medir sus opiniones para valorar la calidad del pavimento. Existen dificultades conceptuales en la medición de la calidad de un pavimento porque depende de la evaluación que se realice, si el interés es la condición estructural o funcional de su superficie, incluso si el problema se aborda sin el uso de herramientas o métodos de evaluación estandarizados.

Para evaluar la transitabilidad del pavimento se utiliza un parámetro llamado Performance Service Index (PSI), que determina la condición funcional o desempeño actual del pavimento en servicio, concepto desarrollado por los técnicos de pruebas en carretera de la AASHO en 1957. PSI utiliza un rango de 0 a 5 para evaluar los valores, correspondiendo las condiciones óptimas al valor máximo. (Pomasonco de la Cadena, 2010)

Tabla 1

Índice de transitabilidad

Índice de Transitabilidad	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

2.2.1.2 Cálculo de la transitabilidad mediante el IRI

La determinación de los valores IRI por tamos de 400 m. en campo luego ser procesados los valores IRI por calzada o por carril, se determina el valor IRI ponderado.

Los datos de campo de la sección de estudio se deben obtener de acuerdo al intervalo de desviación, luego se calcula el rango "D" para comprender la distribución de frecuencia de las lecturas obtenidas y se aplican los factores de corrección correspondientes a la calibración del equipo, finalmente para determinar la transitabilidad en función del IRI ponderado, se utiliza la ecuación de Williams Paterson. (Sologorre, 2005)

Tabla 2

Transitabilidad mediante el IRI

PSI	Transitabilidad
0 – 1	Muy mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

Nota. Esta tabla muestra el rango de valores PSI calculado en razón del IRI, tomado de (Sachún, 2016)

2.2.1.3 Rugosidad

Se define como irregularidades en la superficie de la carretera que tienen un impacto directo en el deterioro de las calles y carreteras y de sus usuarios, al tiempo que impactan negativamente en la calidad de conducción de los vehículos, la seguridad y los costos operativos. El Banco Mundial propone un método para medir la rugosidad llamado Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que normalmente oscila entre 0 (carretera ideal, sin defectos) y 12 (carretera completamente intransitable). Este parámetro es muy utilizado para medir la rugosidad superficial de un pavimento, que es la suma de los valores absolutos de los desplazamientos verticales a lo largo de una sección dividida por su longitud.

2.2.1.4 Causas posibles de la rugosidad

Pueden ocurrir irregularidades en las capas de carga de pavimentos nuevos

y existentes debido a la falta de políticas de mantenimiento o errores durante la construcción de la carretera; puede producirse deformación si no se toman las medidas de control adecuadas.

2.2.1.5 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Los estudios muestran que existen muchos factores que influyen en la rugosidad de la superficie del pavimento, los más relevantes son:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico de vehículos.
- Espesor del pavimento. • Número de estructura.
- Propiedades del hormigón asfáltico utilizado: huecos, gravedad específica, contenido de asfalto.
- Características ambientales: temperatura promedio, precipitación (días lluviosos), índice de heladas, número de días superiores a 32°C.
- Propiedades de la matriz granular, como contenido de humedad y porcentaje de material que pasa por un tamiz de malla 200.
- Propiedades de la subrasante como índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limo y arcilla y porcentaje de material que pasa a través de malla 200.
- Alcance y gravedad de los daños al pavimento.

2.2.1.6 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

La Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM) define la rugosidad en la norma E-867 como la desviación de un pavimento respecto de una superficie plana, que afecta la dinámica del vehículo, la calidad de marcha, la carga dinámica y el drenaje. La rugosidad también puede definirse como la distorsión de la superficie de la carretera, que provoca una aceleración vertical indeseable y, por tanto, una conducción incómoda (Perera, R. y Khon, S., 2002).

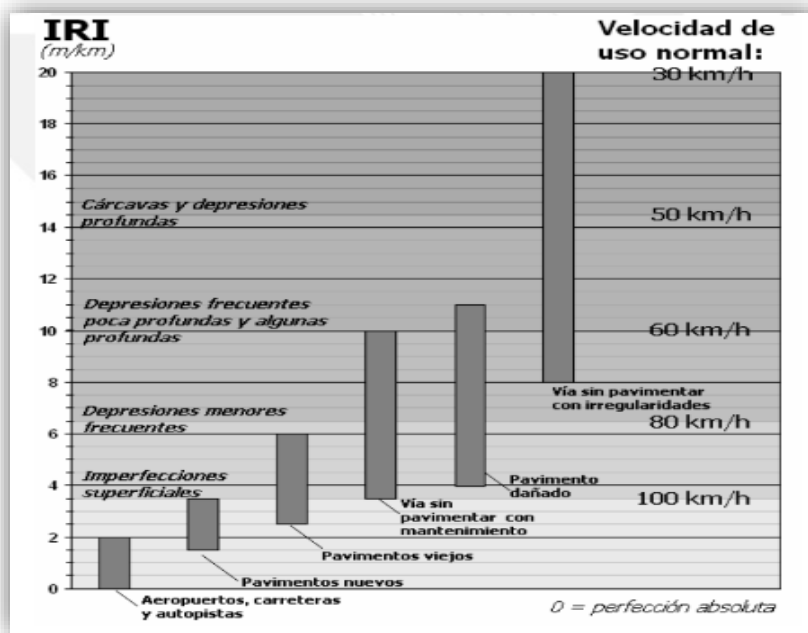
El IRI es una medida de regularidad del pavimento, propuesta por el Banco Mundial como estadística de rugosidad estándar para determinar el efecto del perfil longitudinal de una carretera sobre la calidad de rodado, expresada en metros por kilómetro. (Sayers, M. ; Karamihas, S., 1998).

2.2.1.7 Escalas y características del IRI

El IRI tiene unidades de m/km, varía de 0 a 20 m/km, cuando el IRI es 0 m/km es una vía excelente y cuando el IRI es 20m/km totalmente malo para transitar.

Figura 6

Escala empleada por el Banco Mundial



Nota. Tomado del Banco Mundial de acuerdo a la velocidad de uso

Tabla 3

Valores de IRI (m/km)

País	Bueno	Regular	Malo	Rechazo	Recepción
EE.UU	< 2.4	2.4 – 4.7	> 4.7		
España	0 – 2.5	2.5 – 4.0	> 5.0	2.85	1.85
Chile	0 – 3.0	3.0 – 3.6	> 4.0	2.50	2.5
Honduras	< 3.5	3.5 – 6.0	> 6.0		
Uruguay	< 3.9	4.0 – 6.0	> 4.6		
Perú	< 2.5	2.5 – 4.5	> 4.5	> 2.5	

Nota. Tabla que muestra los IRI utilizados para pavimentos nuevos (Alvarenga, 2002)

2.2.2 Rugósímetro MERLIN

Instrumento versátil, sencillo y económico diseñado para su uso en países en desarrollo. Fue introducido en el Perú en 1993 y para junio de 1999 existían más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras. El método de medición utilizado por MERLIN, ya que el dispositivo está diseñado como una variante de un perfilómetro estático y califica como método de Clase 2 debido a la alta precisión de sus resultados.

El coeficiente de determinación de la escala de correlación de los resultados obtenidos utilizando MERLIN versus IRI es en realidad igual a 1 ($R^2=0,98$). Debido a su alta precisión, sólo superada por el método de topografía (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos sensibles (integradores cóncavos y convexos, medidores de Metz, etc.) lo recomiendan para la calibración de rugósímetros.

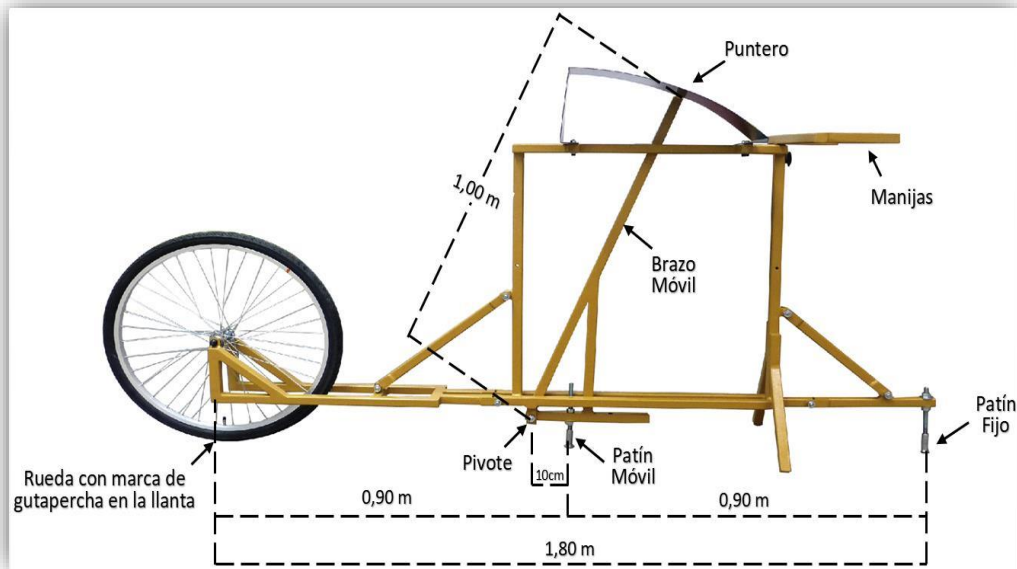
Figura 7
Uso del Rugosímetro Merlín



Nota. En la figura se muestra la forma de uso del MERLIN, el operador que indica la lectura y el asistente que realiza la anotación de la lectura

Figura 8

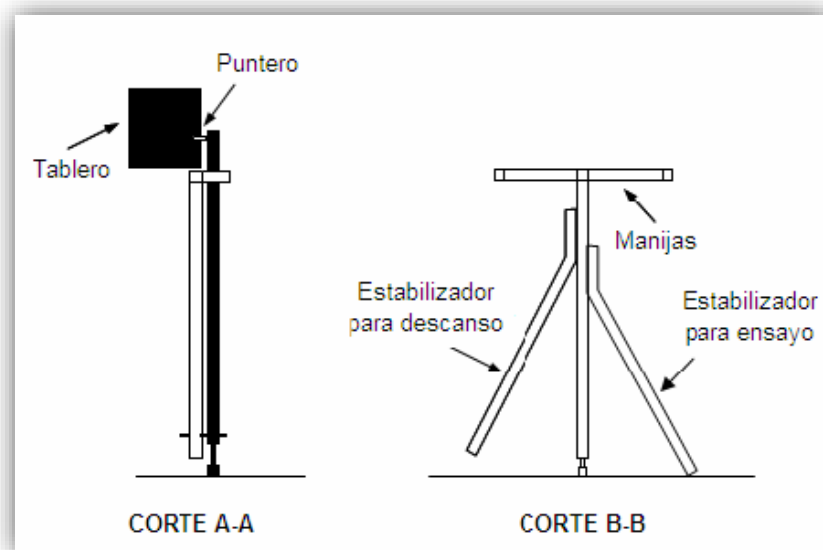
Detalles del MERLIN



Nota. Tomado de (Del Aguila, 1999)

Figura 9

Partes del equipo MERLIN



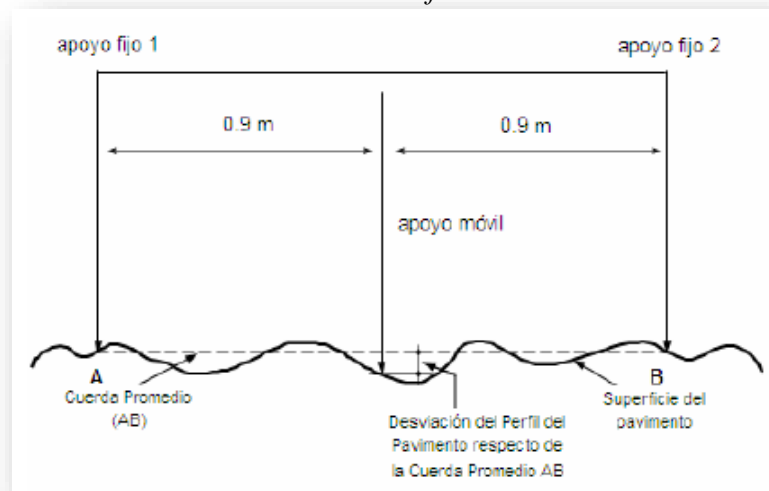
Nota. (Del Aguila, 1999)

El equipo MERLIN mide el desplazamiento vertical entre el pavimento y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. Este desplazamiento se llama "deflexión de la cuerda media"

El equipo MERLÍN tiene dos pies separados 1,8m que se apoyan sobre una superficie y miden su rugosidad en base a las huellas de las ruedas (marcas que dejan las ruedas). Con un trineo de prueba móvil colocado en el medio de la carretera entre los pies, MERLIN mide la distancia vertical "y" entre la superficie de la carretera y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que conecta las bases de los pies. Los resultados se registran en una mesa montada en la máquina y se toman mediciones repetidas a lo largo de la vía de la rueda. Cuando se completa la observación, se retira la tabla y se genera un histograma en la tabla. El "ancho" (en milímetros) del histograma (D) representa la rugosidad en la escala MERLIN. (Del Aguila, 1999).

Figura 10

Medición de las desviaciones en función a la cuerda AB.



Nota. (Del Aguila, 1999)

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, la varilla vertical sobresale hacia abajo, pero no llega al suelo, y el brazo móvil pivota en su extremo inferior. El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el suelo mediante un patín roscado regulable para adaptarse a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior remata en un puntero o indicador que se desliza por el borde de la tabla, en función de la posición del extremo inferior del patín en movimiento cuando hace contacto con la carretera.

La relación del brazo entre el pivote de la corredera móvil y el extremo inferior del puntero de pivote es 1:10, de modo que un movimiento vertical de 1 mm en el extremo inferior de la corredera móvil produce un desplazamiento de 1 cm. puntero. Se utiliza una escala gráfica de 50 segmentos con un espesor de 5 mm para registrar el movimiento del puntero. Esta escala se fija al borde de la placa sobre la que se desliza el puntero. (Del Aguila, 1999)

Figura 11

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones.



Nota. Tomado de Del Aguila (1999)

2.2.2.1 Modo de uso

Para realizar la prueba, dos personas trabajan juntas, un operador conduce el equipo y toma lecturas, y un asistente registra las lecturas. Asimismo, se deberá seleccionar un tramo de 400 m de longitud en uno de los carriles de la vía. Las mediciones se realizan contra trazas de flujo externas.

Para determinar el valor de rugosidad se realizan 200 observaciones de "irregularidades presentes en la superficie de la carretera" (desviaciones de la cuerda central), cada una de las cuales fue detectada por el patín móvil MERLÍN y mostrada en secuencia, el cual desliza el puntero sobre la escala de la placa para producir una lectura.

El equipo debe ser estacionado y observado periódicamente, generalmente cada 2m, en la práctica se utiliza como referencia para solucionar el problema la circunferencia de la rueda MERLIN, que es aproximadamente de este tamaño, es decir, la rueda gira una vez después de cada prueba.

Durante cada observación, el instrumento debe colocarse sobre la superficie de la carretera sostenido por tres puntos fijos e inmutables: la rueda, el soporte trasero fijo y el estabilizador. La posición del puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, que se registrará en el formato de campo como se muestra. El formato consta de una cuadrícula de 20 filas y 10 columnas; comenzando en el cuadro (1,1), los datos se completan de arriba a abajo y de izquierda a derecha. (Del Aguila, 1999)

Figura 12

Formato para recolección datos de campo

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
TRAMO : _____ FECHA : _____
CARRIL : _____

ENSAYO N° KM + HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											AFRIMADO <input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4											BASE IMPERMEABLE <input type="checkbox"/>
5											TRAT. RECAPA <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
7											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RECAPAS ASFALTICO <input type="checkbox"/>
9											SELLO <input type="checkbox"/>
10											OTROS <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

Nota. Tomado de Del Aguila (1999)

2.2.2.2 Cálculo de la rugosidad

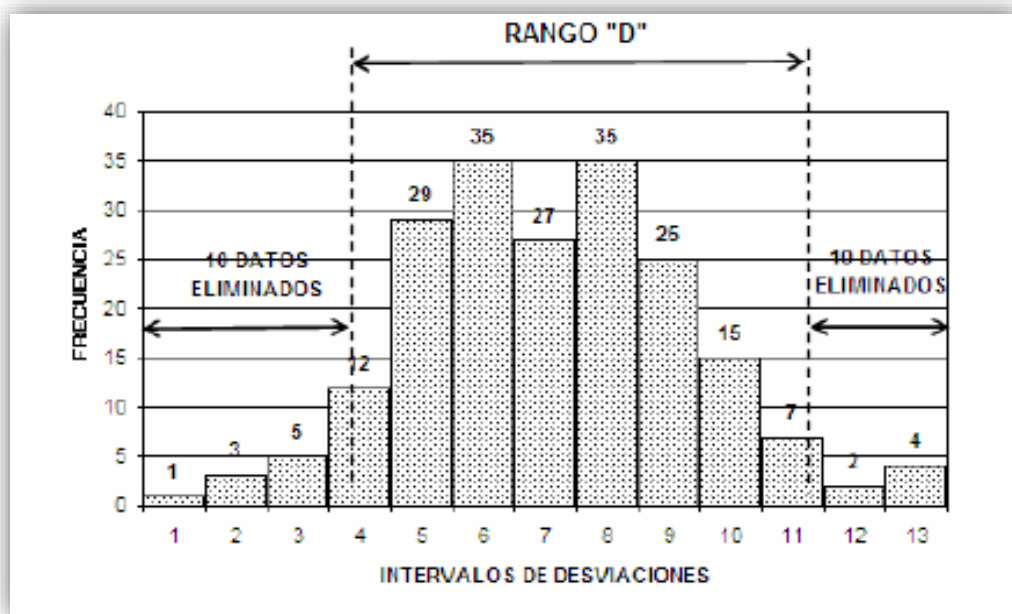
Como se mencionó anteriormente, para generar los 200 datos necesarios para determinar el valor de rugosidad, se utiliza una escala arbitraria de 50 unidades

colocada en la placa del medidor de rugosidad para registrar los 200 pasos recorridos por la aguja del brazo móvil del medidor de rugosidad. Medidor de rugosidad. Cuando el contorno del terreno coincida con la línea central o cuerda, la división número 25 debe corresponder a la posición central del puntero en el tablero. Si las distintas posiciones del puntero coinciden o están próximas a la línea divisoria 25 (baja dispersión), el ensayo demostrará que el perfil de la superficie de la carretera es igual o próximo a una línea recta (baja rugosidad). Por otro lado, si el puntero adopta repetidamente posiciones alejadas de la división 25 (alta dispersión), se muestra un perfil de la superficie de la carretera con muchos puntos de inflexión (alta rugosidad).

La distribución de los datos obtenidos por MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencia de las lecturas o posiciones tomadas por el puntero, que se puede representar en forma de histograma con fines educativos (abajo). Posteriormente, tras descartar el 10% de los datos correspondientes a posiciones del puntero no representativas o inestables, se estableció un rango de valores agrupados por intervalo de frecuencia (D). Elimina eficazmente el 5% inferior (10 puntos de datos) y el 5% superior (10 puntos de datos) del histograma. (Del Aguila, 1999)

Figura 13

Histograma de la distribución de frecuencias



Nota. Tomado de Del Aguila (1999)

Una vez eliminados los datos, el "ancho del histograma" se calcula en unidades de escala, teniendo en cuenta las puntuaciones que puedan resultar de la eliminación de datos. Por ejemplo, en la Figura 13, en el extremo inferior del histograma, debido al impacto de descartar 10 datos, se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y 1 de los 12 datos pertenece al intervalo 4, por lo que el resultado es el mismo $11/12 = 0,92$. Una situación similar ocurre en el extremo superior del histograma, donde la unidad decimal equivale a $3/7=0,43$. Por lo tanto, nuestro rango es igual a $0,92+6+0,43 = 7,35$ unidades.

El rango D determinado debe expresarse en milímetros multiplicando el número de unidades calculado por el valor milimétrico de cada unidad.

$$\text{Rango D} = 7.35 \times 5\text{mm} = 36.75\text{mm}.$$

Factor de corrección.

$$\text{F.C.} = (\text{EP} \times 10) / (\text{Li} - \text{Lf}) \times 5$$

Donde:

EP = Espesor de la pastilla

Li = Posición inicial del puntero.

Lf = Posición final del puntero.

Cálculo del Rango D corregido.

$$\text{Dc} = \text{D} \times \text{FC}$$

Calculo de IRI

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.047\text{D}$$

2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

- **NIVEL DE SERVICIO**

Es una medida cualitativa del retraso promedio por vehículo en función de diversos movimientos y, en resumen, mide la calidad de la vía para los usuarios en condiciones de operación. (Paucara-Rojas, 2018)

- **CONSERVACIÓN VIAL**

Lograr niveles de servicio adecuado, durabilidad, seguridad y máxima

eficiencia manteniendo el carácter estético de la construcción.

- **TRANSITABILIDAD**

Nivel de servicio en carretera que garantiza el tráfico normal de vehículos durante un período de tiempo determinado.

- **IRI**

El Índice Internacional de Rugosidad es un parámetro que mide el estado funcional más típico de una capa de desgaste de un pavimento.

- **RUGOSIMETRO MERLIN**

Instrumento diseñado específicamente para medir la rugosidad de la superficie de la carretera, una variación del perfilómetro estático, que puede ser de color amarillo o negro. Plegable para fácil embalaje y transporte.

- **AFORO VEHICULAR**

Conteo encaminado a clasificar y comprender el número de vehículos que circulan por una vía en un momento determinado.

- **BACHE**

Depresiones de diversos tamaños que aparecen en la capa de rodadura debido a la desintegración insitu.

- **FALLAS EN EL PAVIMENTO**

Diversas condiciones que existen en la superficie que pueden causar daños a la estructura del pavimento.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación

Aplicada, porque implica el uso y aplicación de conocimientos relevantes para el diseño de campo, realizado en un ambiente natural sin manipular variables para determinar la rugosidad del pavimento. Utilizando métodos como el equipo MERLIN. (Maldonado, 2015)

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es no experimental y se refiere a responder las preguntas planteadas en el estudio de manera relevante para la definición de la estrategia seguida en la búsqueda, utilizando estrategias de investigación bibliográfica para abordar las preguntas planteadas y el estudio. ;es decir, una comprensión más profunda de trabajos previos, información y datos difundidos a través de medios impresos, audiovisuales o electrónicos, y por otro lado, la recolección de datos directamente del investigador o de la realidad en la que ocurrió el evento, sin manipulación ni controlar lo que es variable. (Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, M., 2010)

3.1.3 Nivel de la investigación

Se considera Nivel descriptiva - exploratoria porque implica observar y describir eventos con el objetivo de dirigir la adquisición de nuevos conocimientos de manera sistemática y metódica con el único propósito de ampliar los conocimientos; exploratoria porque tiene como objetivo profundizar más en una investigación recientemente finalizada. Investigar e identificar prioridades para futuras investigaciones. El estudio se basa en la recolección de datos de campo a través de un formato de evaluación registrado, cuyos resultados se presentan en formato calculado, gráficos circulares y gráficos de barras. (Maldonado, 2015)

3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

3.2.1 Población

La población para el estudio son todas las vías internas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

3.2.2 Muestra

La muestra de estudio son las vías internas de circulación vehicular de acceso a las diferentes facultades de la UNJBG. Para tomar las muestras de valor IRI en el pavimento asfáltico en una longitud de 1.65 km, es necesario:

Toma de muestras valor IRI con el equipo MERLIN

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable dependiente

Mejora de la transitabilidad vehicular

- Definición conceptual:
Disponibilidad de uso adecuado del pavimento.
- Definición operacional:
Condición funcional que varía en una escala de 0 a 5, es decir de muy malo a muy bueno.

Indicadores

- Transitabilidad
- Serviciabilidad
- Transitabilidad en función del IRI
- Parámetros de evaluación
- Calificación de la transitabilidad.

3.3.2 Variable independiente

Evaluación de la rugosidad del pavimento asfáltico

Definición conceptual:

El rugosímetro MERLIN es un método para determinar la rugosidad de pavimentos asfálticos basado en el IRI calculado para la calificación de

transitabilidad.

- Definición operacional:

Índice de rugosidad internacional, cuyo rango de calificación es de 0 a 12.

Indicadores

- Parámetros de evaluación
- Cálculo de la rugosidad IRI
- Equipo MERLIN.
- Esquema del rugosímetro
- Rango D
- PSI en relación del IRI

Tabla 4

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Evaluación de la rugosidad del pavimento asfáltico	El equipo MERLIN determina la rugosidad de pavimentos asfálticos basado en el IRI calculado para la calificación de transitabilidad.	Parámetros de evaluación	Equipo MERLIN
		Cálculo del índice de rugosidad	Calculo del rango D Correlación D versus IRI IRI ponderado Índice de transitabilidad en función del IRI
Mejora de la transitabilidad vehicular	Viene a ser la disponibilidad de uso adecuado del pavimento asfáltico	Parámetros de evaluación	Transitabilidad Serviciabilidad Transitabilidad en función del IRI
		Calificación	Calificación de la transitabilidad

Nota. En la tabla se muestra las dos variables con sus respectivas dimensiones y sus indicadores

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas: Metodología del equipo MERLIN

Instrumento: Equipo MERLIN

3.4.1 Técnicas

El uso del equipo MERLIN para recopilar datos de los dos carriles usado en la circulación vehicular en los accesos internos de la UNJBG, en una longitud de evaluación de 400 m y medir continuamente 200 datos cada dos metros a lo largo de toda la vía para obtener el valor IRI ponderado en m/km. Los datos obtenidos son procesados y calculados mediante hojas de cálculo EXCEL.

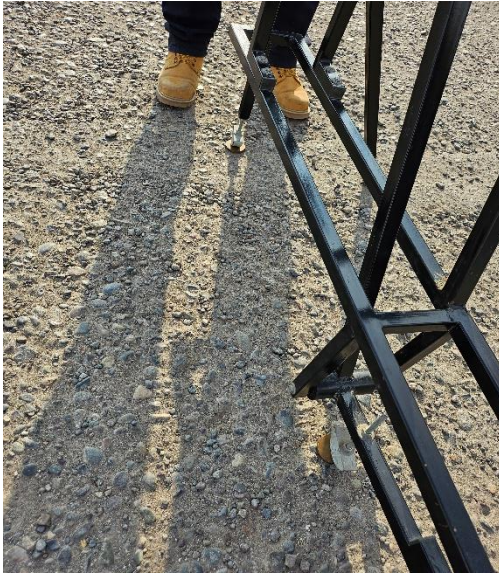
Evaluación de campo

Se realizó la evaluación de la rugosidad en campo utilizando equipo MERLIN, para la recolección de datos en campo para la investigación fue desarrollado por el tesista con apoyo de un personal técnico, los ensayos se desarrollaron el miércoles 07 de febrero de 2024, el equipo de trabajo estuvo conformado por:

- Bach. Heydi Hanco Carlo
- Operador del Equipo MERLIN
- Asistente de campo

Figura 14

Calibración del equipo



Nota. En la figura se muestra forma de calibración del equipo utilizando las pastillas de bronce

Figura 15

Inicio de la prueba por carriles



Nota. En la figura se muestra el inicio de la evaluación del IRI, carril derecho

Figura 16

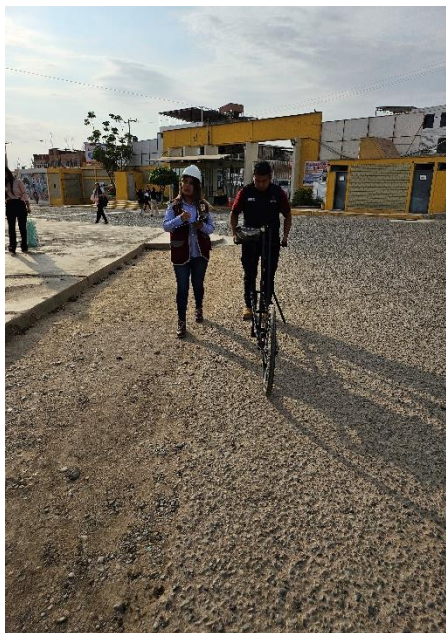
Evaluación IRI por tramos



Nota. En la figura se muestra el inicio de la evaluación del IRI, carril izquierdo

Figura 17

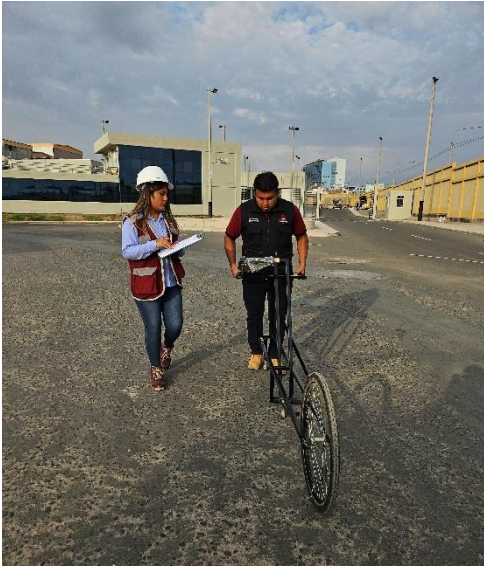
Evaluación carril derecho tramo I



Nota. En la figura se muestra la evaluación de la rugosidad

Figura 18

Evaluación de la rugosidad tramo II



Nota. En la figura se muestra evaluación de la rugosidad

Figura 19

Evaluación de la rugosidad tramo III



Nota. En la figura continua la evaluación de la rugosidad

Figura 20

Evaluación de la rugosidad tramo IV



Nota. En la figura se muestra evaluación de la rugosidad

Figura 21

Finalización de la evaluación de la rugosidad



Nota. En la figura se muestra la evaluación del tramo final

3.4.2 Materiales

- PC, impresora
- Reportes de Campo
- Odómetro manual
- Regla
- Conos de seguridad
- Plano de distribución.
- Fichas de Observación.

3.4.3 Instrumentos

- Equipo MERLIN.
- Guías de observación y formatos de campo
- Cámara fotográfica.

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

Para analizar la información obtenida en el informe determinado por el equipo MERLIN, se analizan los valores del IRI para cada tramo de 400 m de la vía, utilizando una hoja de cálculo EXCEL para generar gráficos, tablas y resúmenes para obtener el IRI promedio. Valor IRI en la vía de circulación interno de la UNJBG, para determinar un análisis final de evaluación objetiva de la circulación de vehículos y proponer posibles opciones de intervención para mejorar la accesibilidad.

Figura 22

Datos de campo obtenidos cada 400 m.

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

HOJA DE CAMPO

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+000 al 0+400
CARRIL: DERECHO

Nº DE ENSAYO: 1
FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN											TIPO DE PAVIMENTO:	
1	33	16	20	20	25	25	32	26	25	23	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	22	22	26	19	19	16	36	27	25	28	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	15	25	24	31	19	23	22	27	26	18	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	27	33	26	24	32	28	27	25	35	25	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	25	30	19	26	24	48	33	29	33	31	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	22	27	30	27	31	50	31	28	30	22	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	22	18	16	21	25	23	32	21	35	20	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	21	23	23	33	28	24	23	26	30	23	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	25	28	28	22	30	29	28	23	27	30	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	23	29	17	22	35	24	23	20	34	29		
11	24	21	18	23	22	26	27	21	32	30		
12	33	32	29	29	46	28	30	30	29	19		
13	19	1	32	22	26	24	28	29	29	23		
14	18	24	30	32	24	25	33	24	28	28		
15	22	17	25	20	20	30	16	26	26	25		
16	24	22	23	12	25	28	29	31	20	20		
17	24	21	26	9	27	23	24	34	22	27		
18	26	22	29	20	23	21	15	31	30	19		
19	15	22	31	30	32	26	19	28	24	21		
20	25	16	24	28	33	33	25	34	28	36		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota. En la figura se muestra las 200 lecturas obtenido con el equipo MERLIN

Figura 23

Cálculo del valor IRI en tramo de 400 m.

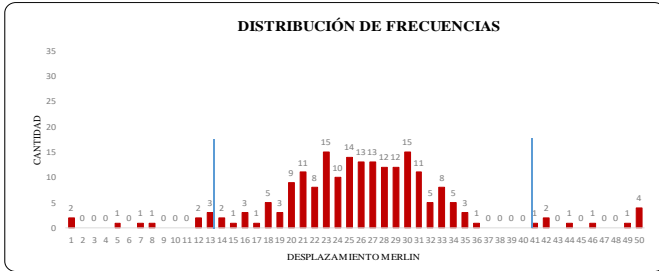
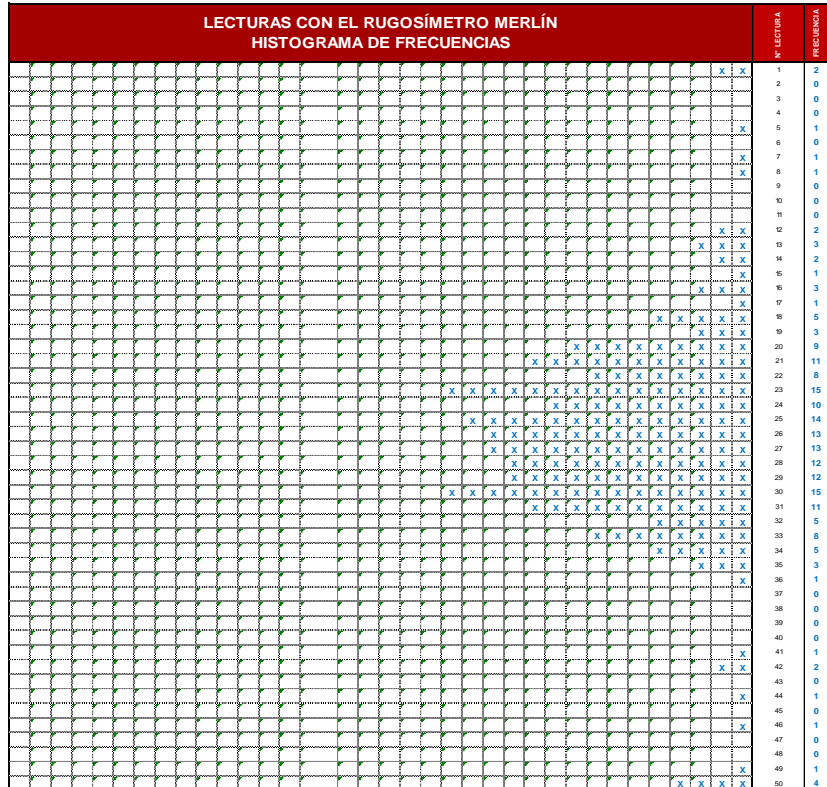


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	IV	PROGRESIVA:	Km 1+200.00 al Km 1+600.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	23	18	16	36	29	20	33	27	21	20
2	25	26	25	17	30	29	26	14	20	31
3	42	16	23	28	27	32	19	24	29	28
4	32	27	26	13	33	24	27	13	31	12
5	28	18	8	25	21	21	15	30	27	1
6	30	23	29	31	30	50	23	31	34	23
7	25	23	29	25	30	22	34	32	32	26
8	24	27	22	50	31	30	25	25	50	26
9	30	24	24	29	13	26	27	31	22	20
10	33	19	33	33	27	25	18	31	28	31
11	23	28	25	29	26	12	34	21	21	22
12	29	21	22	19	24	21	42	5	23	32
13	35	30	22	27	22	28	29	25	34	41
14	31	30	30	20	1	28	21	49	20	24
15	26	25	30	24	28	14	21	26	44	7
16	28	33	23	23	26	20	23	35	16	28
17	27	22	33	24	27	46	30	28	29	50
18	28	25	18	23	24	35	27	30	25	29
19	21	26	29	31	21	28	18	23	20	30
20	23	23	34	20	33	25	27	26	31	30

FACTOR DE CORRECIÓN	F.C. _{IRI} = 1.10
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"	
D = (E1 + CE + ES) x 5 mm	
Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.	
E1 = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR	
CÁLCULO DEL "IRI"	
D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485D
RESULTADOS	
Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECCIÓN:	1.10
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	115.000 mm
RANGO CORREGIDO "Dcor":	126.500 mm
RUGOSIDAD IRI:	6.551 m/Km
Observaciones:	



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	6.551 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	1.52
CLASIFICACIÓN DEL PSI	MALO

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	1.52
CONVERSIÓN A PCI	30.4
CLASIFICACIÓN DEL PCI	MALO

Nota. Hoja de cálculo para determinar el valor de la rugosidad - IRI

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD UTILIZANDO EL EQUIPO MERLIN

Con base en la información de campo utilizando el equipo MERLIN, primero se tomaron las lecturas de la medición de rugosidad, considerando que cada tramo de prueba estaba a 400 m y cada lectura se tomó a dos metros, como resultado tuvimos 200 lecturas. Se utilizó una hoja de cálculo Excel para procesar y determinar la rugosidad de 4 tramos de prueba del carril derecho y 4 tramos de prueba del carril izquierdo, en una longitud de investigación de 1,65 Km para determinar los valores de la rugosidad y la transitabilidad en los accesos interiores de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

4.1.1 Lecturas obtenidas del equipo MERLIN

Para cada tramo de evaluación por progresivas que corresponden a las lecturas obtenidas del carril derecho y carril izquierdo, en tramos de 400 m. y datos cada 2 m., se detallan seguidamente:

CARRIL DERECHO

Tabla 5

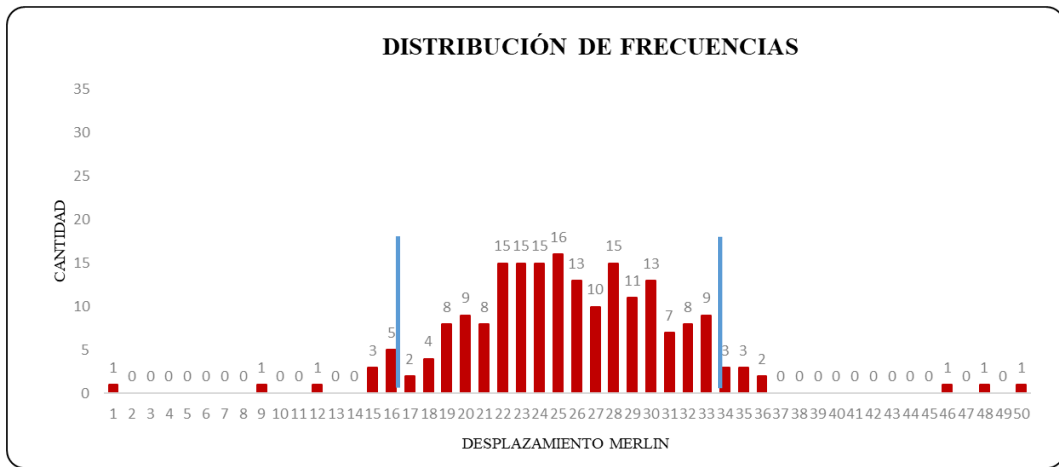
Datos de campo, tramo de ensayo 1 en la progresiva 0+000 – 0+400

LECTURAS EN CAMPO										
1	33	16	20	20	25	25	32	26	25	23
2	22	22	26	19	19	16	36	27	25	28
3	15	25	24	31	19	23	22	27	26	18
4	27	33	26	24	32	28	27	25	35	25
5	25	30	19	26	24	48	33	29	33	31
6	22	27	30	27	31	50	31	28	30	22
7	22	18	16	21	25	23	32	21	35	20
8	21	23	23	33	28	24	23	26	30	23
9	25	28	28	22	30	29	28	23	27	30
10	23	29	17	22	35	24	23	20	34	29
11	24	21	18	23	22	26	27	21	32	30
12	33	32	29	29	46	28	30	30	29	19
13	19	1	32	22	26	24	28	29	29	23
14	18	24	30	32	24	25	33	24	28	28
15	22	17	25	20	20	30	16	26	26	25
16	24	22	23	12	25	28	29	31	20	20
17	24	21	26	9	27	23	24	34	22	27
18	26	22	29	20	23	21	15	31	30	19
19	15	22	31	30	32	26	19	28	24	21
20	25	16	24	28	33	33	25	34	28	36
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 1 en el carril derecho iniciando en la puerta principal por Av. Miraflores.

Figura 24

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 1



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y el valor IRI

Tabla 6

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	87,667	mm
Factor de Corrección	1,010	
Rango D corregido	88,543	mm
Valor IRI - Rugosidad	4,76	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	2,10	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 4,76 m/km, calificación del pavimento MALO y la transitabilidad (PSI) igual a 2,10, calificación REGULAR

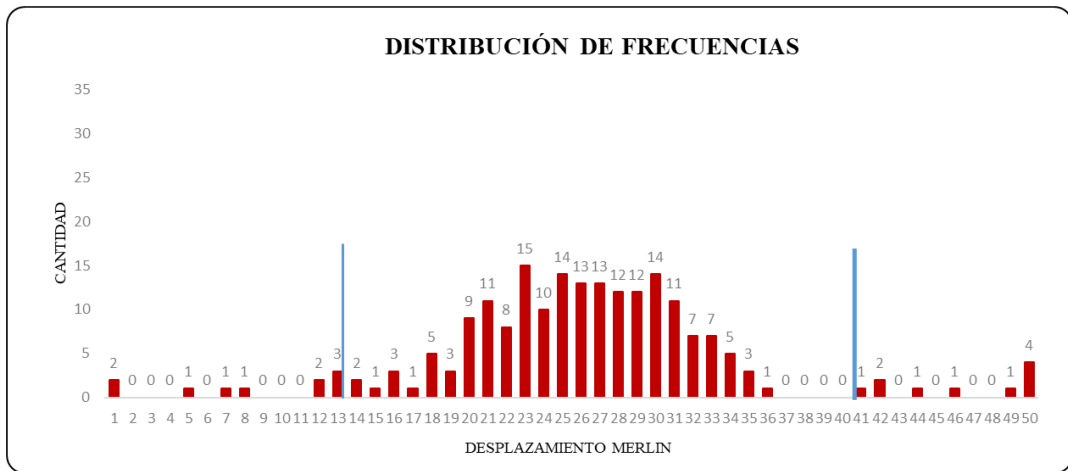
Tabla 7*Hoja de campo, tramo de ensayo 2 en la progresiva 0+400 – 0+800*

LECTURAS EN CAMPO										
1	32	30	24	25	30	28	32	42	25	23
2	23	21	28	27	28	26	31	35	29	23
3	19	24	27	23	23	18	27	16	26	18
4	23	26	25	22	33	25	30	30	21	28
5	33	24	22	29	29	8	26	23	25	16
6	34	29	18	33	23	30	30	22	22	25
7	33	29	50	25	31	25	13	28	17	36
8	31	23	24	23	24	20	27	20	19	29
9	27	13	31	30	30	21	33	27	30	29
10	33	21	24	27	26	28	1	22	24	26
11	25	26	30	22	50	21	24	32	29	20
12	25	28	35	46	20	14	26	28	21	12
13	18	27	25	34	23	15	27	19	26	33
14	27	18	27	30	23	21	21	29	42	34
15	31	31	25	32	31	30	13	24	14	27
16	26	23	30	28	35	26	49	25	5	21
17	28	22	50	32	34	27	31	29	20	21
18	31	20	25	29	16	44	20	34	23	21
30	31	20	26	26	23	1	12	28	31	20
20	32	30	29	50	28	7	24	41	32	22
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 2 en el carril derecho

Figura 25

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 2



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y valor IRI

Tabla 8

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	115,000	mm
Factor de Corrección	1,010	
Rango D corregido	116,150	mm
Valor IRI - Rugosidad	6,06	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	1,66	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 6,06 m/km, calificación del pavimento MALO y la transitabilidad (PSI) igual a 1,66, calificación MALO

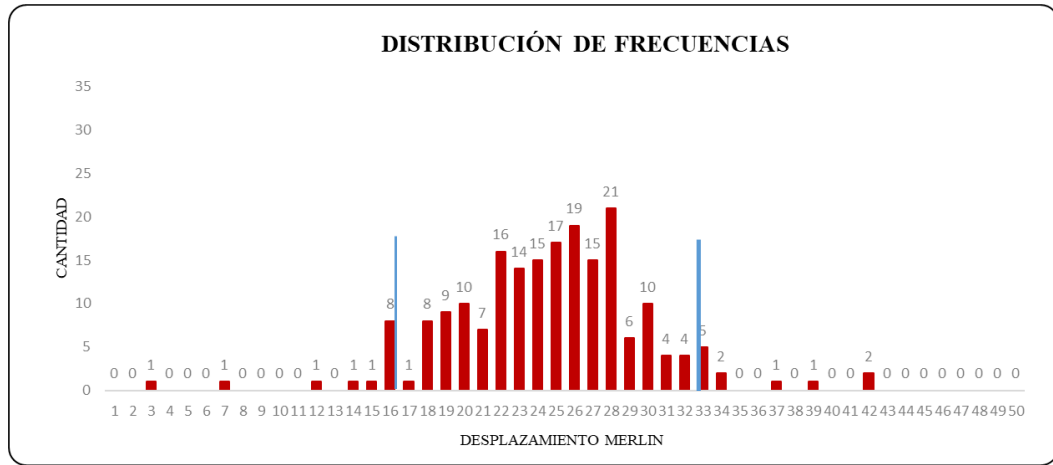
Tabla 9*Hoja de campo, tramo de ensayo 3 en la progresiva 0+800 – 1+200*

LECTURAS EN CAMPO										
1	18	16	27	26	29	27	23	28	26	30
2	25	23	27	16	28	19	15	26	26	31
3	20	18	23	21	23	26	17	27	22	26
4	20	39	33	29	22	30	20	26	30	25
5	19	20	24	23	30	16	26	20	30	25
6	30	19	19	18	28	19	28	24	20	27
7	21	28	20	33	28	12	16	22	23	28
8	28	20	30	24	27	24	29	42	25	25
9	22	3	24	27	29	26	25	24	25	31
10	18	31	24	28	28	27	27	31	21	34
11	21	28	25	32	28	19	26	22	19	26
12	25	37	26	25	22	30	23	25	25	21
13	22	32	23	22	7	29	21	25	28	28
14	21	28	34	27	32	20	23	24	24	24
15	19	23	23	28	33	25	16	20	24	26
16	22	33	16	27	33	24	18	22	24	27
17	23	24	23	18	16	27	22	26	22	22
18	23	29	25	28	30	22	16	24	25	26
30	32	22	30	26	28	18	14	25	28	28
20	22	28	19	42	27	18	26	26	26	27
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 3 en el carril derecho

Figura 26

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 3



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y valor IRI

Tabla 10

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	82,875	mm
Factor de Corrección	1,010	
Rango D corregido	83,704	mm
Valor IRI - Rugosidad	4,54	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	2,19	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 5,54 m/km, calificación del pavimento MALO y la transitabilidad (PSI) igual a 2,19, calificación REGULAR

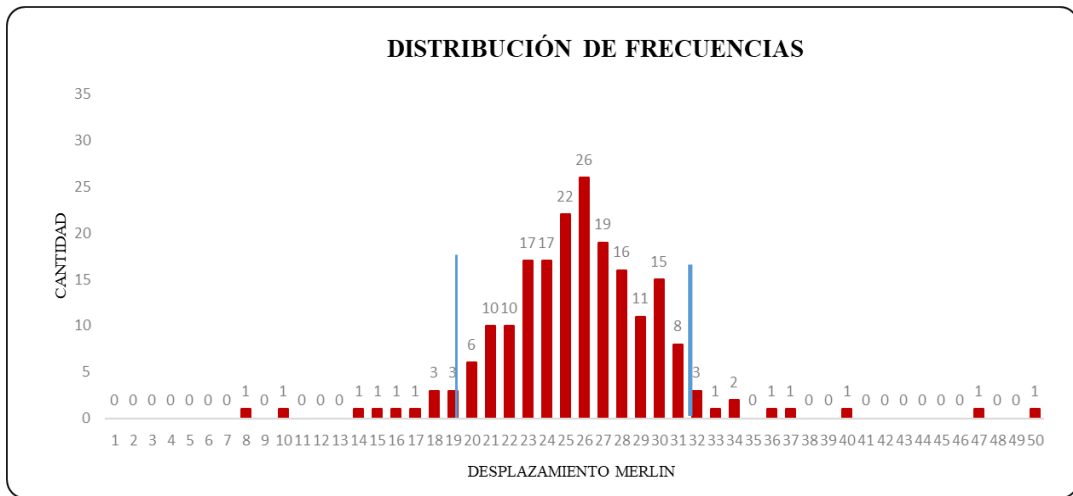
Tabla 11*Hoja de campo, tramo de ensayo 4 en la progresiva 1+200 – 1+600*

LECTURAS EN CAMPO										
1	25	14	22	34	31	23	25	24	30	28
2	18	21	23	29	23	26	22	29	23	34
3	23	25	26	28	30	18	27	26	30	25
4	24	30	16	30	29	25	24	27	26	22
5	28	24	30	28	19	30	27	23	29	25
6	33	26	28	25	28	23	22	26	30	27
7	25	25	40	37	50	19	27	27	30	22
8	26	25	27	47	8	24	26	26	25	29
9	27	31	28	31	31	25	36	23	21	17
10	25	30	25	31	28	22	28	28	21	27
11	27	26	30	24	30	23	29	26	18	29
12	25	22	21	23	31	24	25	31	25	24
13	32	23	27	28	23	24	27	23	25	26
14	29	21	24	21	32	26	26	26	26	25
15	27	26	24	21	21	25	24	27	20	24
16	28	27	30	28	23	20	20	26	29	24
17	27	26	27	21	20	27	26	24	25	22
18	28	26	28	28	23	22	30	30	20	29
30	19	25	26	27	15	21	24	23	32	26
20	10	26	26	31	20	26	24	22	29	23
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 4 en el carril derecho

Figura 27

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 4



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y valor IRI

Tabla 12

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	65,000	mm
Factor de Corrección	1,010	
Rango D corregido	65,650	mm
Valor IRI - Rugosidad	3,69	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	2,56	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 3,69 m/km, calificación del pavimento REGULAR y la transitabilidad (PSI) igual a 2,56, calificación REGULAR

CARRIL IZQUIERDO

Tabla 13

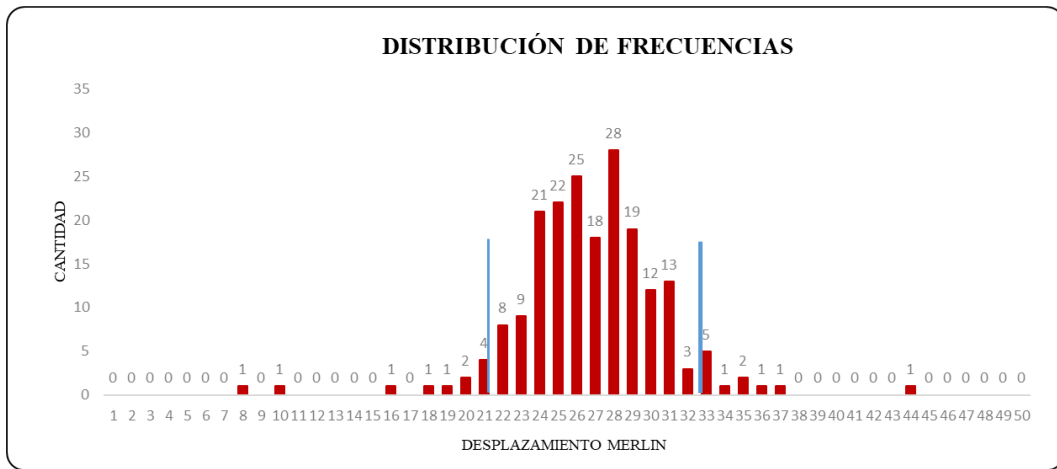
Hoja de campo, tramo de ensayo 1 en la progresiva 0+000 – 0+400

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

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 1 en el carril izquierdo

Figura 28

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 1



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y valor IRI

Tabla 14

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	57,250	mm
Factor de Corrección	1,100	
Rango D corregido	62,975	mm
Valor IRI - Rugosidad	3,56	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	2,62	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 3,56 m/km, calificación del pavimento REGULAR y la transitabilidad (PSI) igual a 2,62, calificación REGULAR

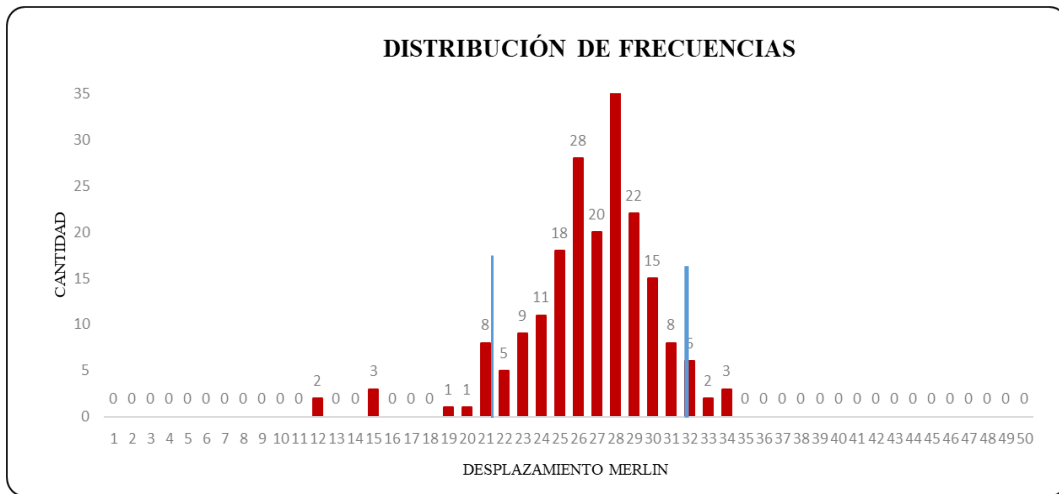
Tabla 15*Hoja de campo, tramo de ensayo 2 en la progresiva 0+400 – 0+800*

LECTURAS EN CAMPO										
1	25	29	21	28	28	31	15	15	34	26
2	24	23	30	26	28	26	20	28	12	28
3	26	28	28	24	25	24	25	26	30	28
4	26	22	26	21	28	28	23	26	29	30
5	25	25	24	24	28	25	26	30	28	29
6	23	32	28	27	26	23	19	21	28	24
7	24	23	32	26	27	29	21	33	29	25
8	28	22	28	29	26	21	28	28	25	28
9	26	28	25	21	30	34	26	25	28	29
10	22	26	30	24	24	30	22	26	26	28
11	25	28	29	25	28	27	26	27	28	27
12	23	29	25	27	29	24	28	24	22	21
13	30	26	26	28	29	28	27	29	32	26
14	27	26	32	27	27	29	28	29	29	28
15	27	31	25	26	29	30	28	25	31	27
16	27	29	28	25	23	31	29	26	27	27
17	26	23	29	28	28	31	30	30	30	26
18	26	29	27	30	28	12	27	32	29	21
19	29	31	27	23	33	30	32	15	31	25
20	25	31	26	28	28	34	27	27	28	30
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 2 en el carril izquierdo

Figura 29

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 2



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y valor IRI

Tabla 16

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	53,958	mm
Factor de Corrección	1,100	
Rango D corregido	59,354	mm
Valor IRI - Rugosidad	3,39	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	2,70	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 3,39 m/km, calificación del pavimento REGULAR y la transitabilidad (PSI) igual a 2,70, calificación REGULAR

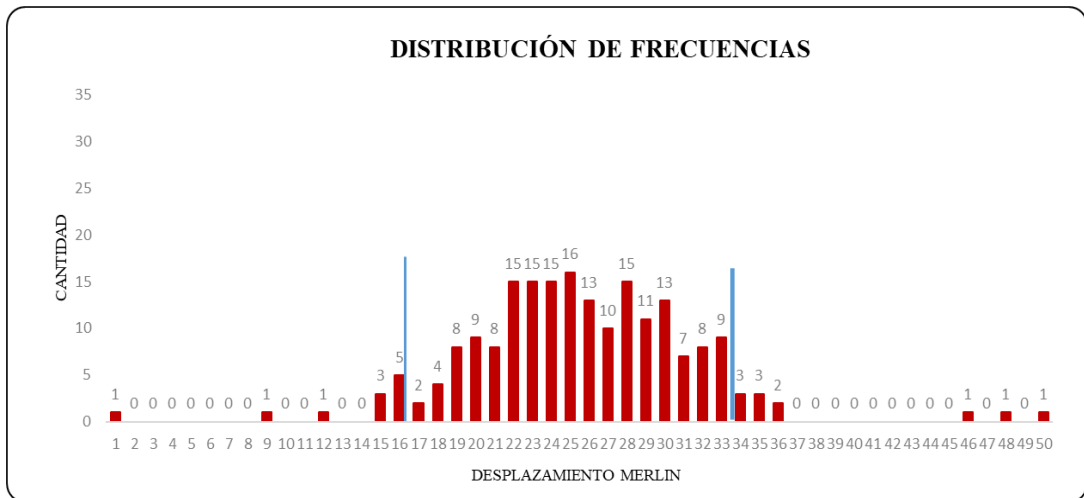
Tabla 17*Hoja de campo, tramo de ensayo 3 en la progresiva 0+800 – 1+200*

LECTURAS EN CAMPO										
1	23	18	31	20	30	30	23	25	27	21
2	25	26	33	35	27	32	29	26	22	24
3	26	27	29	21	23	21	29	26	34	28
4	32	22	33	32	28	27	28	16	24	19
5	25	23	48	23	29	26	24	30	23	26
6	25	19	24	25	30	22	26	20	27	32
7	20	31	26	21	22	23	22	20	9	30
8	20	24	19	16	28	18	32	25	26	31
9	16	25	30	18	28	21	1	17	21	22
10	33	15	25	22	25	24	19	22	24	15
11	28	25	22	23	29	19	28	20	19	36
12	25	35	30	30	34	29	28	20	30	28
13	27	25	28	26	20	30	24	31	31	34
14	36	27	31	23	23	30	33	29	15	25
15	16	28	50	24	24	28	25	28	21	33
16	19	32	31	28	35	46	24	25	23	33
17	19	24	27	33	22	29	32	12	20	28
18	26	26	30	23	17	29	30	23	29	24
19	22	33	27	23	29	32	24	22	22	16
20	22	27	22	21	23	33	18	24	26	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 3 en el carril izquierdo

Figura 30

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 3



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y valor IRI

Tabla 18

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	87,667	mm
Factor de Corrección	1,100	
Rango D corregido	96,433	mm
Valor IRI - Rugosidad	5,14	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	1,97	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 5,14 m/km, calificación del pavimento MALO y la transitabilidad (PSI) igual a 1,97, calificación MALO

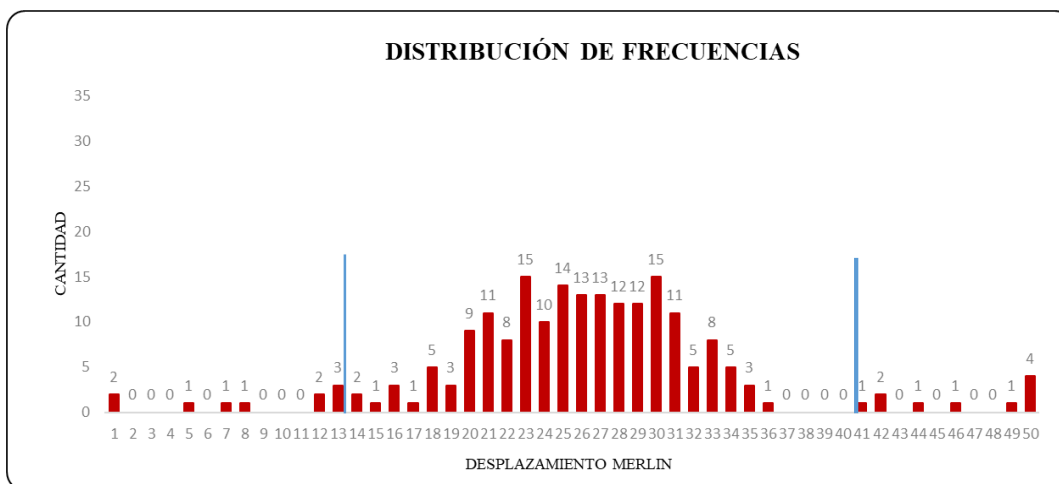
Tabla 19*Hoja de campo, tramo de ensayo 4 en la progresiva 1+200 – 1+600*

LECTURAS EN CAMPO										
1	23	18	16	36	29	20	33	27	21	20
2	25	26	25	17	30	29	26	14	20	31
3	42	16	23	28	27	32	19	24	29	28
4	32	27	26	13	33	24	27	13	31	12
5	28	18	8	25	21	21	15	30	27	1
6	30	23	29	31	30	50	23	31	34	23
7	25	23	29	25	30	22	34	32	32	26
8	24	27	22	50	31	30	25	25	50	26
9	30	24	24	29	13	26	27	31	22	20
10	33	19	33	33	27	25	18	31	28	31
11	23	28	25	29	26	12	34	21	21	22
12	29	21	22	19	24	21	42	5	23	32
13	35	30	22	27	22	28	29	25	34	41
14	31	30	30	20	1	26	21	49	20	24
15	26	25	30	24	28	14	21	26	44	7
16	28	33	23	23	26	20	23	35	16	28
17	27	22	33	24	27	46	30	28	29	50
18	28	25	18	23	24	35	27	30	25	29
19	21	26	29	31	21	28	18	23	20	30
20	23	23	34	20	33	25	27	26	31	30
	1	2	3	4	5	25	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 4 en el carril izquierdo

Figura 31

Distribución de frecuencias para el cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo II, ensayo 4



Nota. En la figura se muestra las frecuencias para el cálculo del rango D y valor IRI

Tabla 20

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

Parámetro	Valor	Unidad
Rango D	115,000	mm
Factor de Corrección	1,100	
Rango D corregido	126,500	mm
Valor IRI - Rugosidad	6,55	m/km
Valor PSI - Transitabilidad	1,52	

Nota. En la tabla se muestra los resultados del valor IRI 6,55 m/km, calificación del pavimento MALO y la transitabilidad (PSI) igual a 1,52, calificación MALO

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA RUGOSIDAD OBTENIDOS CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

Las evaluaciones realizadas en los accesos interiores de la UNJBG utilizando el equipo MERLIN, obteniendo los siguientes resultados: Carril derecho, IRI promedio es igual a 4,76 m/km, carril izquierdo, IRI promedio es igual a 4,66 m/km, los valores determinados en los ensayos realizados nos permiten obtener un IRI promedio de todo el tramo investigado, el valor IRI es igual a 4,71 m/km; cuyo resultado nos permitirá calificar el estado del pavimento para toda la longitud de los accesos interiores de la UNJBG, como MALA.

Por otro lado, es posible determinar la calidad de servicio que brinda en el momento evaluado los accesos interiores de la UNJBG, y ello se determina calculando el valor del PSI, en función del IRI y de acuerdo a los rangos de 0 – 5, utilizando la fórmula de Williams Paterson, se obtiene en cada tramo de evaluación, carril derecho PSI un promedio igual a 2,13, carril izquierdo, PSI un promedio igual a 2,20 y para determinar la calificación de la transitabilidad se obtiene el promedio del PSI igual a 2,17, valor que califica la transitabilidad como REGULAR..

Tabla 21
Resumen de los resultados de los valores IRI determinados con el equipo MERLIN

CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	ESTADO DEL PAVIMENTO	PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	ESTADO DEL PAVIMENTO
0+000 al 0+400	4,763	Malo	0+000 al 0+400	3,559	Regular
0+400 al 0+800	6,064	Malo	0+400 al 0+800	3,389	Regular
0+800 al 1+200	4,535	Malo	0+800 al 1+200	5,135	Malo
1+200 al 1+600	3,685	Regular	1+200 al 1+600	6,551	Malo
PROMEDIO	4,76		PROMEDIO	4,66	
IRI PROMEDIO:		4,71	m/km	MALO	

Nota. En la tabla se muestra el resumen de los resultados del valor IRI obtenidos con el equipo MERLIN

Tabla 22
Calificación del estado del pavimento

PAIS	ESTADO DEL PAVIMENTO		
	BUENO	REGULAR	MALO
EE.UU.	< 2.4	2.4 - 4.7	> 4.7
CHILE	0 - 3.0	3.0 - 4.0	> 4.0
HONDURAS	< 3.5	3.5 - 6.0	> 6.0
URUGUAY	< 3.9	4.0 - 4.6	> 4.6
PERÚ	< 2.5	2.5 - 4.5	> 4.5

Nota. Tomado de (Alvarenga, 2002)

De acuerdo al valor del IRI promedio se determina la calificación del estado del pavimento, en nuestro caso IRI promedio igual 4,71 m/km, por lo tanto, obtiene una CALIFICACIÓN MALO.

Tabla 23

Resumen de los resultados de los valores PSI - transitabilidad

CUADRO RESUMEN DE LA TRANSITABILIDAD					
CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
PROGRESIVA	PSI	TRANSITABILIDAD	PROGRESIVA	PSI	TRANSITABILIDAD
0+000 al 0+400	2.100	Regular	0+000 al 0+400	2.620	Regular
0+400 al 0+800	1.660	Mala	0+400 al 0+800	2.700	Regular
0+800 al 1+200	2.190	Regular	0+800 al 1+200	1.970	Mala
1+200 al 1+600	2.560	Regular	1+200 al 1+600	1.520	Mala
PROMEDIO	2.13		PROMEDIO	2.20	

PSI PROMEDIO 2.17
CALIFICACION DE LA TRANSITABILIDAD **REGULAR**

Nota. En la tabla se muestra el resumen de los resultados del valor PSI en función del valor IRI

Tabla 24

Calificación de la transitabilidad

PSI	TRANSITABILIDAD
0 - 1	MUY MALA
1 - 2	MALA
2 - 3	REGULAR
3 - 4	BUENA
4 - 5	MUY BUENA

Nota. Tomado de (Sachún, 2016)

De acuerdo al valor del PSI promedio se determina la calificación del estado de la transitabilidad, en nuestro caso PSI promedio igual 2,17, por lo tanto, obtiene una CALIFICACIÓN REGULAR.

Los valores determinados del índice de rugosidad internacional (IRI) en la

evaluación de la rugosidad utilizando el equipo MERLIN, permite mejorar la transitabilidad en los accesos interiores de la UNJBG, donde se obtuvo valor IRI promedio de 4,71 m/km, calificación del pavimento como MALO, y en función del valor IRI se obtiene la transitabilidad un PSI igual a 2,17 que lo califican como REGULAR, por lo tanto, podemos afirmar la necesidad de una rehabilitación a nivel de la capa de rodadura o tratamiento superficial.

Dichos resultados concuerdan con lo determinado por (Alvarez, S. y Rivero, R., 2021), donde se demuestra que medir el Índice Internacional de Rugosidad IRI utilizando el perfilómetro estático MERLIN es un factor importante para determinar las condiciones de la carretera. La necesidad de automatizar la recopilación de datos y los cálculos del IRI in situ identificó los principales requisitos del proyecto. Para obtener los cambios relativos a la cuerda media se utilizó un acelerómetro, que midió la trayectoria determinando la rotación de las ruedas de un perfilómetro estático MERLIN. Las pruebas realizadas arrojaron resultados satisfactorios, reduciendo los costos operativos y el tiempo de procesamiento de datos.

De forma similar existe concordancia con los resultados encontrados por (Limay Romero, 2021), donde indican que los resultados obtenidos, se determinaron los valores de rugosidad en unidades IRI de la siguiente manera: para

el camino de ida (Cajamarca – Baños del Inca) el valor IRI es de 1.07 m/km; para el camino de retorno (Baños del Inca – Cajamarca) tiene un valor de 1,10 m/km. Por lo tanto, podemos estar seguros que a partir de las mediciones del Rugosímetro MERLIN, el dispositivo nos proporciona estos datos y resultados no sólo como una herramienta fácil de usar y de bajo costo, sino también como datos eficientes.

También existe concordancia con los resultados obtenidos por (Chambilla Velasquez, E. y Ramos Deza, Y., 2021), quienes concluyen que los resultados obtenidos mediante el método del rugosímetro Merlin tienen un IRI de 3,28 en el primer carril, clasificándolo como normal, y un IRI promedio de 3,51 en el segundo carril, clasificándolo como normal. Para la aplicación IRI-Calc-Free, el primer carril 3.85 la clasifica como regular y el segundo carril 4.21 la clasifica como mala. Las conclusiones entre los valores de IRI entre el rugosímetro MERLÍN y la aplicación IRI-Calc-Free son muy cercanas.

También existe concordancia con los resultados obtenidos por (Zeballos, G. y Vizcarra, C., 2021), donde concluyeron que utilizando un método innovador apto para teléfonos inteligentes (ROADROID), en comparación con los métodos tradicionales, con el objetivo de determinar la rugosidad de pavimentos flexibles utilizando el equipo MERLIN y la aplicación ROADROID, se obtuvo un valor de IRI en el carril derecho igual a 3,63. m/km y 3,73 m/km, mientras que los valores

del IRI del carril izquierdo son iguales a 3,52 m/km y 3,44 m/km. Verificándose que los valores IRI obtenidos por la aplicación son similares a los determinados por el equipo MERLIN.

De forma similar existe concordancia con los resultados encontrados por (Manco, 2020), quien concluye indicando que los resultados: para el carril derecho tenemos $IRI_p = 1,94$ m/km, $eIRI = 2,40$ m/km y $PSI = 3,51$; para el carril izquierdo $IRI_p = 2,34$ m/km, $eIRI = 2,73$ m/km, $PSI = 3,26$, la transitabilidad de ambos carriles es "buena". Al comparar los resultados de los dos métodos, obtuvimos una variabilidad que oscila entre 0.00% y 156.95%, con coeficientes de determinación (R^2) de 0.2276 y 0.4044 para el carril derecho e izquierdo, respectivamente; esto representa una correlación positiva baja.

Finalmente, en concordancia con los resultados encontrados por (Reyes, 2020), quien concluye indicando que los resultados obtenidos con el uso del rugosímetro de MERLIN y la aplicación TotalPave IRI, finalmente efectuar una evaluación con software ProVal para determinar la rugosidad de la avenida La Prensa donde varía en un rango de 2 m/km, clasificándose como pavimento NUEVO y la correlación del IRI con el PSI nos da un valor de idoneidad de 3,31, reflejando el valor cualitativo de la transitabilidad, calificándola como BUENA.

CONCLUSIONES

1. En la investigación se determinó la evaluación de los valores de la rugosidad del pavimento asfáltico para la mejora de la transitabilidad vehicular en los accesos internos de la UNJBG, Tacna - 2023, en una longitud de 1,65 km, para obtener valores del IRI cada 400 m. utilizando el rugosímetro MERLIN.
2. Se determinó en función del valor del IRI calculado la evaluación de la rugosidad en el pavimento asfáltico para mejorar la transitabilidad en los accesos interiores de la UNJBG, en una longitud de 1,65 km, en calzada aproximada de 6,60 m, obteniendo un IRI promedio igual a 4,71 m/km; el cual permite calificar el estado del pavimento asfáltico como MALO para toda la longitud evaluada en los accesos internos de la UNJBG.
3. Con el rugosímetro de MERLIN se determinó el valor de IRI del pavimento asfáltico de los accesos internos de la UNJBG con el fin de mejorar la fluidez del tránsito vehicular. El tramo analizado abarca una longitud de 1 650 metros. Los resultados revelaron que el IRI promedio en los accesos internos, el carril derecho igual a 4,76 m/km, mientras que el carril izquierdo tenía un IRI promedio de 4,66 m/km. En general, todo el tramo evaluado tuvo un IRI promedio de 4,71 m/km. Con base en estos datos se determinó que el estado

del pavimento asfáltico a lo largo de todos los accesos internos de la UNJBG fue catalogado como MALO

4. El estado de transitabilidad vehicular de los accesos internos de la UNJBG se evaluó mediante el rugosímetro de MERLIN, que proporcionó los valores IRI cada 400 m, lo que permitió calificar la condición del pavimento y evaluar la transitabilidad y en función del valor IRI se obtiene la transitabilidad un PSI igual a 2,17 que lo califican como REGULAR, por lo tanto, podemos afirmar la necesidad de una rehabilitación a nivel de la capa de rodadura o tratamiento superficial.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, mediante la Escuela Profesional de Ingeniería Civil la adquisición de un Rugosímetro MERLIN. Equipo fundamental para evaluar la rugosidad de los pavimentos asfálticos y evaluar la transitabilidad de calles y carreteras. Los datos obtenidos de estas evaluaciones pueden ser de gran ayuda para tomar decisiones sobre proyectos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción.
2. Se recomienda a las autoridades de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, utilizar los valores IRI determinados en la evaluación de los accesos internos de la universidad con el rugosímetro MERLIN para programar actividades de mantenimiento y proyectos de inversión para rehabilitar a nivel de la capa asfáltica, debido a la calificación del pavimento como MALO
3. Se recomienda a los organismos de Proyectos de Inversión competentes de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann elaborar un estudio de Pre-Inversión o Perfil de proyecto que ayuden a programar el mantenimiento rutinario o periódico de las vías internas de su jurisdicción.

4. Se recomienda el uso del rugosímetro MERLIN, a los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, para el cálculo de la rugosidad en pavimentos que ayudará en la evaluación del estado funcional del pavimento flexible y el pavimento rígido y en función de ello el cálculo de la transitabilidad para la mejora del tránsito vehicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alessandroni, G. Klopfenstein, C. Delpriori, S. Dromedari, M. Luchetti, G. Paolini, B., ... Bogliolo, A. (2014). SmartRoadSense: Collaborative Road Surface Condition Monitoring. *Ubicomm*, 210-215.
- Alvarenga, E. (2002). *Indicadores de medición de la regularidad de un pavimento*. Republica del El Salvador: Ministerio de Obras Publicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano.
- Alvarez, S. y Rivero, R. (2021). Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(1), 49-55.
- ASTM, E.-0. (2012). *Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems*. EE.UU: ASTM International.
- Caro, F. y Peña, G. (2012). Análisis y criterios para el cálculo del índice de rugosidad internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. *Inteknia*, 57-72.
- Chambilla Velasquez, E. y Ramos Deza, Y. (2021). *Evaluación de pavimento flexible mediante método del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo IRI- Calc-Free en la avenida Simón Bolívar, Puno*. Puno: Universidad César Vallejo.

- Del Aguila, P. (1999). *Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad*. Merliner.
- Gonzalo, J. y Beingolea, H. (2021). *Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la avenida Internacional, Tacna-2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Jaya, S. y Coronel, M. (2017). Análisis de la gestión del tráfico en el campus de la Universidad Central del Ecuador. *Revista Anales*, 111-123 DOI: 10.29166/anales.v1i373.1341.
- Limay Romero, T. (2021). *Análisis del índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento de la vía Cajamarca - Baños del Inca, utilizando el Rugosímetro de MERLIN*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Maldonado, J. (2015). *La metodología de la Investigación, fundamentos*. Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras, p. 38.
- Manco, K. (2020). *Análisis de la variabilidad del índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera Baños del Inca-Llacanora, utilizando el equipo MERLIN y la aplicación ROADROID en un Smartphone*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

- Nasareno, C.; Macías, A.; Delgado, D. y Ortiz, E. (2020). Caracterización de la movilidad vehicular y peatonal en la Universidad Técnica de Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología*, 64-75
DOI: 10.33936/riemat.v5i2.2970.
- Paucara Rojas, M. (2018). *Evaluación del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones de la Av. Jorge Basadre Grehmann, utilizando Synchro V.8 - Tacna, 2018*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Perera, R. y Khon, S. (2002). Issues in Pavement Smoothness: A Summary Report. *NCHRP Web Document 42* (págs. 20-51). Plymouth, Michigan: TRB.
- Pomasonco de la Cadena, R. (2010). *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.
- Reyes, B. (2020). *Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN*. Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Rincón Romero, M.; Muñoz Herrera, W. y Leal Guancha, R. (2022). Hacia un Campus Universitario Inteligente. Caso de estudio: Aplicación para la movilidad dentro del Campus Meléndez de la Universidad del Valle. *Revista EIA*, 20(39), 1-27, <https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1607>.

- Sachún, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sayers, M. ; Karamihas, S. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Washington, USA.
- Sologorre, J. (2005). *Evaluación de la rugosidad de Pavimentos con uso del BUMP Integrator*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Zeballos, G. y Vizcarra, C. (2021). *Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugpsimtero de MERLIN para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera Ta-615, tramo: Puente El Peligro - Emp. PE-40, Tacna-2020"*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

ANEXOS

HOJA DE CAMPO Y CALCULO DE LA RUGOSIDAD E IRI

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN **HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+000 al 0+400
CARRIL: DERECHO

Nº DE ENSAYO: 1
FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	33	16	20	20	25	25	32	26	25	23
2	22	22	26	19	19	16	36	27	25	28
3	15	25	24	31	19	23	22	27	26	18
4	27	33	26	24	32	28	27	25	35	25
5	25	30	19	26	24	48	33	29	33	31
6	22	27	30	27	31	50	31	28	30	22
7	22	18	16	21	25	23	32	21	35	20
8	21	23	23	33	28	24	23	26	30	23
9	25	28	28	22	30	29	28	23	27	30
10	23	29	17	22	35	24	23	20	34	29
11	24	21	18	23	22	26	27	21	32	30
12	33	32	29	29	46	28	30	30	29	19
13	19	1	32	22	26	24	28	29	29	23
14	18	24	30	32	24	25	33	24	28	28
15	22	17	25	20	20	30	16	26	26	25
16	24	22	23	12	25	28	29	31	20	20
17	24	21	26	9	27	23	24	34	22	27
18	26	22	29	20	23	21	15	31	30	19
19	15	22	31	30	32	26	19	28	24	21
20	25	16	24	28	33	33	25	34	28	36
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

HOJA DE CAMPO

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+400 al 0+800

Nº DE ENSAYO: 2

CARRIL: DERECHO

FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	32	30	24	25	30	28	32	42	25	23
2	23	21	28	27	28	26	31	35	29	23
3	19	24	27	23	23	18	27	16	26	18
4	23	26	25	22	33	25	30	30	21	28
5	33	24	22	29	29	8	26	23	25	16
6	34	29	18	33	23	30	30	22	22	25
7	33	29	50	25	31	25	13	28	17	36
8	31	23	24	23	24	20	27	20	19	29
9	27	13	31	30	30	21	33	27	30	29
10	33	21	24	27	26	28	1	22	24	26
11	25	26	30	22	50	21	24	32	29	20
12	25	28	35	46	20	14	26	28	21	12
13	18	27	25	34	23	15	27	19	26	33
14	27	18	27	30	23	21	21	29	42	34
15	31	31	25	32	31	30	13	24	14	27
16	26	23	30	28	35	26	49	25	5	21
17	28	22	50	32	34	27	31	29	20	21
18	31	20	25	29	16	44	20	34	23	21
19	31	20	26	26	23	1	12	28	31	20
20	32	30	29	50	28	7	24	41	32	22
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMADA

TRAT. EN CAPA

CARPETA EN FRIO

CARPETA EN CALIENTE

RECAPEO ASFÁLTICO

SELLO

OTROS

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+800 al 0+1200
CARRIL: DERECHO

Nº DE ENSAYO: 3
FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	18	16	27	26	29	27	23	28	26	30
2	25	23	27	16	28	19	15	26	26	31
3	20	18	23	21	23	26	17	27	22	26
4	20	39	33	29	22	30	20	26	30	25
5	19	20	24	23	30	16	26	20	30	25
6	30	19	19	18	28	19	28	24	20	27
7	21	28	20	33	28	12	16	22	23	28
8	28	20	30	24	27	24	29	42	25	25
9	22	3	24	27	29	26	25	24	25	31
10	18	31	24	28	28	27	27	31	21	34
11	21	28	25	32	28	19	26	22	19	26
12	25	37	26	25	22	30	23	25	25	21
13	22	32	23	22	7	29	21	25	28	28
14	21	28	34	27	32	20	23	24	24	24
15	19	23	23	28	33	25	16	20	24	26
16	22	33	16	27	33	24	18	22	24	27
17	23	24	23	18	16	27	22	26	22	22
18	23	29	25	28	30	22	16	24	25	26
19	32	22	30	26	28	18	14	25	28	28
20	22	28	19	42	27	18	26	26	26	27
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+1200 al 0+1600
CARRIL: DERECHO

Nº DE ENSAYO: 4
FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	25	14	22	34	31	23	25	24	30	28
2	18	21	23	29	23	26	22	29	23	34
3	23	25	26	28	30	18	27	26	30	25
4	24	30	16	30	29	25	24	27	26	22
5	28	24	30	28	19	30	27	23	29	25
6	33	26	28	25	28	23	22	26	30	27
7	25	25	40	37	50	19	27	27	30	22
8	26	25	27	47	8	24	26	26	25	29
9	27	31	28	31	31	25	36	23	21	17
10	25	30	25	31	28	22	28	28	21	27
11	27	26	30	24	30	23	29	26	18	29
12	25	22	21	23	31	24	25	31	25	24
13	32	23	27	28	23	24	27	23	25	26
14	29	21	24	21	32	26	26	26	26	25
15	27	26	24	21	21	25	24	27	20	24
16	28	27	30	28	23	20	20	26	29	24
17	27	26	27	21	20	27	26	24	25	22
18	28	26	28	28	23	22	30	30	20	29
19	19	25	26	27	15	21	24	23	32	26
20	10	26	26	31	20	26	24	22	29	23
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+000 al 0+400
CARRIL: IZQUIERDO

Nº DE ENSAYO: 1
FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	26	29	31	27	30	22	33	26	26	25
2	8	24	28	22	31	27	27	26	28	22
3	16	28	27	21	35	24	25	24	25	25
4	25	23	24	21	31	30	28	25	28	31
5	29	27	27	24	33	24	24	24	28	33
6	28	29	10	30	30	27	30	29	26	31
7	26	27	31	32	23	22	27	31	30	30
8	27	25	24	28	44	22	29	30	29	28
9	24	22	27	24	26	23	28	25	28	28
10	29	27	23	24	23	27	27	25	30	25
11	25	26	26	34	28	31	29	24	28	26
12	23	26	31	27	29	21	26	35	28	29
13	24	26	31	28	19	37	29	18	24	29
14	23	29	29	27	24	22	25	25	29	28
15	29	24	29	27	23	25	29	25	25	28
16	26	20	27	22	25	28	26	32	28	28
17	28	28	26	21	30	31	28	24	26	30
18	26	24	28	36	25	31	26	32	28	31
19	25	20	26	28	25	24	33	29	25	26
20	23	26	24	33	26	28	30	25	26	26
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+400 al 0+800
CARRIL: IZQUIERDO

Nº DE ENSAYO: 2
FECHA: 5/02/2024

		LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
1		25	29	21	28	28	31	15	15	34	26
2		24	23	30	26	28	26	20	28	12	28
3		26	28	28	24	25	24	25	26	30	28
4		26	22	26	21	28	28	23	26	29	30
5		25	25	24	24	28	25	26	30	28	29
6		23	32	28	27	26	23	19	21	28	24
7		24	23	32	26	27	29	21	33	29	25
8		28	22	28	29	26	21	28	28	25	28
9		26	28	25	21	30	34	26	25	28	29
10		22	26	30	24	24	30	22	26	26	28
11		25	28	29	25	28	27	26	27	28	27
12		23	29	25	27	29	24	28	24	22	21
13		30	26	26	28	29	28	27	29	32	26
14		27	26	32	27	27	29	28	29	29	28
15		27	31	25	26	29	30	28	25	31	27
16		27	29	28	25	23	31	29	26	27	27
17		26	23	29	28	28	31	30	30	30	26
18		26	29	27	30	28	12	27	32	29	21
19		29	31	27	23	33	30	32	15	31	25
20		25	31	26	28	28	34	27	27	28	30
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+800 al 0+1200
CARRIL: IZQUIERDO

Nº DE ENSAYO: 3
FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	23	18	31	20	30	30	23	25	27	21
2	25	26	33	35	27	32	29	26	22	24
3	26	27	29	21	23	21	29	26	34	28
4	32	22	33	32	28	27	28	16	24	19
5	25	23	48	23	29	26	24	30	23	26
6	25	19	24	25	30	22	26	20	27	32
7	20	31	26	21	22	23	22	20	9	30
8	20	24	19	16	28	18	32	25	26	31
9	16	25	30	18	28	21	1	17	21	22
10	33	15	25	22	25	24	19	22	24	15
11	28	25	22	23	29	19	28	20	19	36
12	25	35	30	30	34	29	28	20	30	28
13	27	25	28	26	20	30	24	31	31	34
14	36	27	31	23	23	30	33	29	15	25
15	16	28	50	24	24	28	25	28	21	33
16	19	32	31	28	35	46	24	25	23	33
17	19	24	27	33	22	29	32	12	20	28
18	26	26	30	23	17	29	30	23	29	24
19	22	33	27	23	29	32	24	22	22	16
20	22	27	22	21	23	33	18	24	26	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"

SECTOR: 0+1200 al 0+1600
CARRIL: IZQUIERDO

Nº DE ENSAYO: 4
FECHA: 5/02/2024

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	23	18	16	36	29	20	33	27	21	20
2	25	26	25	17	30	29	26	14	20	31
3	42	16	23	28	27	32	19	24	29	28
4	32	27	26	13	33	24	27	13	31	12
5	28	18	8	25	21	21	15	30	27	1
6	30	23	29	31	30	50	23	31	34	23
7	25	23	29	25	30	22	34	32	32	26
8	24	27	22	50	31	30	25	25	50	26
9	30	24	24	29	13	26	27	31	22	20
10	33	19	33	33	27	25	18	31	28	31
11	23	28	25	29	26	12	34	21	21	22
12	29	21	22	19	24	21	42	5	23	32
13	35	30	22	27	22	28	29	25	34	41
14	31	30	30	20	1	26	21	49	20	24
15	26	25	30	24	28	14	21	26	44	7
16	28	33	23	23	26	20	23	35	16	28
17	27	22	33	24	27	46	30	28	29	50
18	28	25	18	23	24	35	27	30	25	29
19	21	26	29	31	21	28	18	23	20	30
20	23	23	34	20	33	25	27	26	31	30
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	II	PROGRESIVA:	Km 0+400.00 al Km 0+800.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	32	30	24	25	30	28	32	42	25	23
2	23	21	28	27	28	26	31	35	29	23
3	19	24	27	23	23	18	27	16	26	18
4	23	26	25	22	33	25	30	30	21	28
5	33	24	22	29	29	8	26	23	25	16
6	34	29	18	33	23	30	30	22	22	25
7	33	29	50	25	31	25	13	28	17	36
8	31	23	24	23	24	20	27	20	19	29
9	27	13	31	30	30	21	33	27	30	29
10	33	21	24	27	26	28	1	22	24	26
11	25	26	30	22	50	21	24	32	29	20
12	25	28	35	46	20	14	26	28	21	12
13	18	27	25	34	23	15	27	19	26	33
14	27	18	27	30	23	21	21	29	42	34
15	31	31	25	32	31	30	13	24	14	27
16	26	23	30	28	35	26	49	25	5	21
17	28	22	50	32	34	27	31	29	20	21
18	31	20	25	29	16	44	20	34	23	21
19	31	20	26	26	23	1	12	28	31	20
20	32	30	29	50	28	7	24	41	32	22

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 1.01

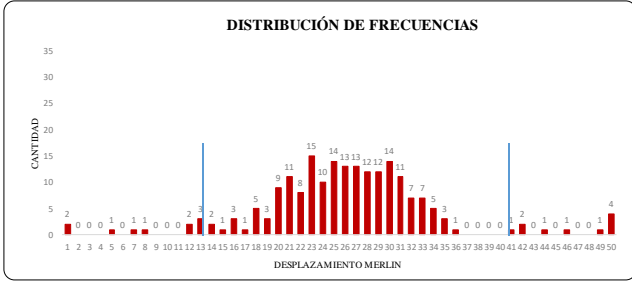
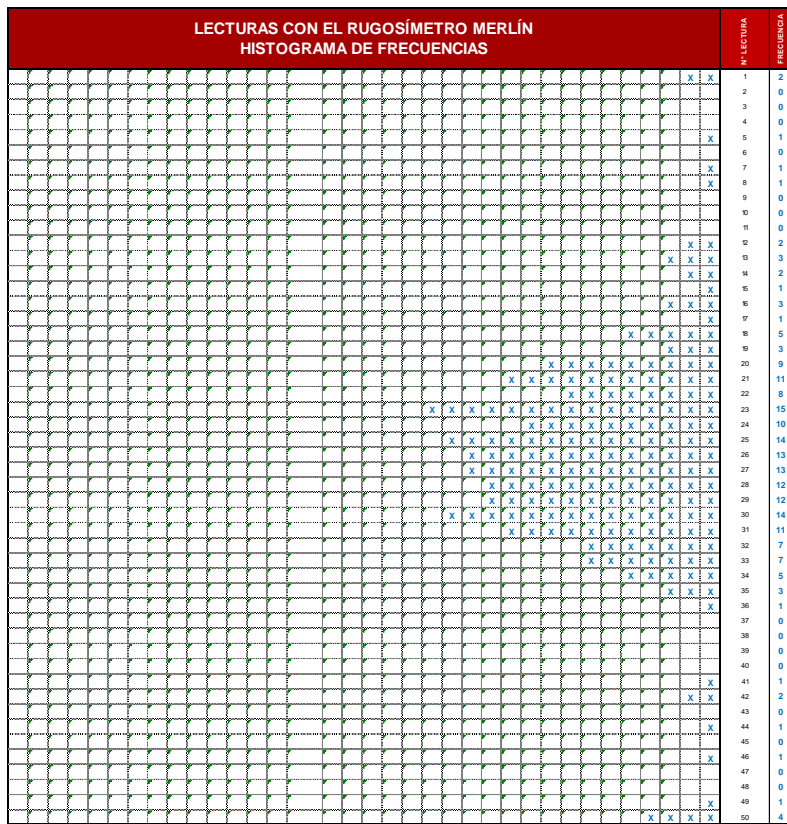
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 Ei = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACION DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.01

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 115.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dc": 116.150 mm
RUGOSIDAD IRI: 6.064 m/Km

Observaciones:



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULADIDAD INTERNACIONAL - IRI	6.064 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	1.66
CLASIFICACIÓN DEL PSI	MALO

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	1.66
CONVERSIÓN A PCI	33.2
CLASIFICACIÓN DEL PCI	MALO



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	III	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	18	16	27	26	29	27	23	28	26	30
2	25	23	27	16	28	19	15	26	26	31
3	20	18	23	21	23	26	17	27	22	26
4	20	39	33	29	22	30	20	26	30	25
5	19	20	24	23	30	16	26	20	30	25
6	30	19	19	18	28	19	28	24	20	27
7	21	28	20	33	28	12	16	22	23	28
8	28	20	30	24	27	24	29	42	25	25
9	22	3	24	27	29	26	25	24	25	31
10	18	31	24	28	28	27	27	31	21	34
11	21	28	25	32	28	19	26	22	19	26
12	25	37	26	25	22	30	23	25	25	21
13	22	32	23	22	7	29	21	25	28	28
14	21	28	34	27	32	20	23	24	24	24
15	19	23	23	28	33	25	16	20	24	26
16	22	33	16	27	33	24	18	22	24	27
17	23	24	23	18	16	27	22	26	22	22
18	23	29	25	28	30	22	16	24	25	26
19	32	22	30	26	28	18	14	25	28	28
20	22	28	19	42	27	18	26	26	26	27

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 1.01

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 Ei = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

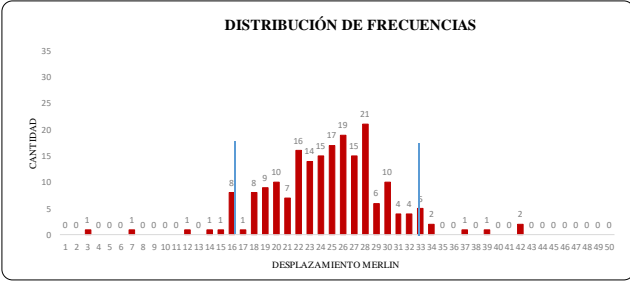
CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACION DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.01

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 82.875 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 83.704 mm
RUGOSIDAD IRI: 4.535 m/Km

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN											N.º LECTURA	FRECUENCIA	
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS													
1												1	0
2												2	0
3												3	1
4												4	0
5												5	0
6												6	0
7												7	1
8												8	0
9												9	0
10												10	0
11												11	0
12												12	1
13												13	0
14												14	1
15												15	1
16												16	8
17												17	1
18												18	8
19												19	9
20												20	10
21												21	7
22												22	16
23												23	14
24												24	15
25												25	17
26												26	19
27												27	15
28												28	21
29												29	6
30												30	10
31												31	4
32												32	4
33												33	5
34												34	2
35												35	0
36												36	0
37												37	1
38												38	0
39												39	1
40												40	0
41												41	0
42												42	2
43												43	0
44												44	0
45												45	0
46												46	0
47												47	0
48												48	0
49												49	0
50												50	0



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULACIÓN INTERNACIONAL - IRI	4.535 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.19
CLASIFICACIÓN DEL PSI	REGULAR

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.19
CONVERSIÓN A PCI	43.8
CLASIFICACIÓN DEL PCI	REGULAR



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	IV	PROGRESIVA:	Km 1+200.00 al Km 1+600.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN							
1	25	14	22	34	31	23	25
2	18	21	23	29	23	26	22
3	23	25	26	28	30	18	27
4	24	30	16	30	29	25	24
5	28	24	30	28	19	30	27
6	33	26	28	25	28	23	22
7	25	25	40	37	50	19	27
8	26	25	27	47	8	24	26
9	27	31	28	31	31	25	36
10	25	30	25	31	28	22	28
11	27	26	30	24	30	23	29
12	25	22	21	23	31	24	25
13	32	23	27	28	23	24	27
14	29	21	24	21	32	26	26
15	27	26	24	21	21	25	24
16	28	27	30	28	23	20	26
17	27	26	27	21	20	27	26
18	28	26	28	28	23	22	30
19	19	25	26	27	15	21	24
20	10	26	26	31	20	26	24

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 1.01

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 Ei = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

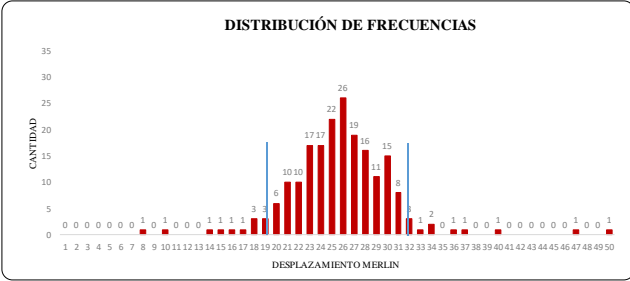
CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm} \quad D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D \quad IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACION DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.01

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 65.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 65.650 mm
RUGOSIDAD IRI: 3.685 m/Km

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN		N.º LECTURA	FRECUENCIA
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS			
1		1	0
2		2	0
3		3	0
4		4	0
5		5	0
6		6	0
7		7	0
8		8	1
9		9	0
10		10	1
11		11	0
12		12	0
13		13	0
14		14	1
15		15	1
16		16	1
17		17	1
18		18	3
19		19	3
20		20	6
21		21	10
22		22	10
23		23	17
24		24	17
25		25	22
26		26	26
27		27	19
28		28	16
29		29	11
30		30	15
31		31	8
32		32	3
33		33	1
34		34	2
35		35	0
36		36	1
37		37	1
38		38	0
39		39	0
40		40	1
41		41	0
42		42	0
43		43	0
44		44	0
45		45	0
46		46	0
47		47	1
48		48	0
49		49	0
50		50	1



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULAREDA INTERNACIONAL - IRI	3.685 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.56
CLASIFICACIÓN DEL PSI	REGULAR

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.56
CONVERSIÓN A PCI	51.2
CLASIFICACIÓN DEL PCI	REGULAR

CARRIL IZQUIERDO



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	I	PROGRESIVA:	Km 0+0.00 al Km 0+400.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

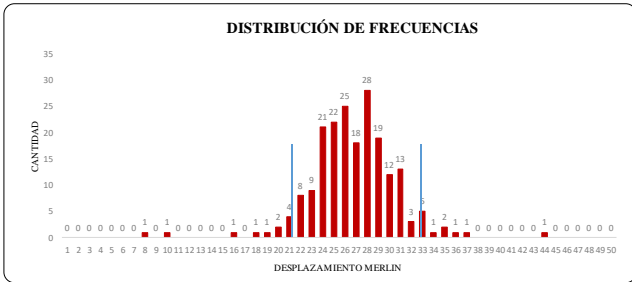
LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN																																								F. LECTURA	FRECUENCIA	
1	26	29	31	27	30	22	33	26	26	25	[Grid of 40x40 cells with 'X' marks representing measurements]																																								1	0
2	8	24	28	22	31	27	27	26	28	22																																									2	0
3	16	28	27	21	35	24	25	24	25	25																																									3	0
4	25	23	24	21	31	30	28	25	28	31																																									4	0
5	29	27	27	24	33	24	24	24	28	33																																									5	0
6	28	29	10	30	30	27	30	29	26	31																																									6	0
7	26	27	31	32	23	22	27	31	30	30																																									7	0
8	27	25	24	28	44	22	29	30	29	28																																									8	1
9	24	22	27	24	26	23	28	25	28	28																																									9	0
10	29	27	23	24	23	27	27	25	30	25																																									10	1
11	25	26	26	34	28	31	29	24	28	26																																									11	0
12	23	26	31	27	29	21	26	35	28	29																																									12	1
13	24	26	31	28	19	37	29	18	24	29																																									13	0
14	23	29	29	27	24	22	25	25	29	28																																									14	0
15	29	24	29	27	23	25	29	25	25	28																																									15	0
16	26	20	27	22	25	28	26	32	28	28																																									16	0
17	28	28	26	21	30	31	28	24	26	30																																									17	0
18	25	24	28	36	25	31	26	32	28	31																																									18	1
19	25	20	26	28	25	24	33	29	25	26																																									19	0
20	23	26	24	33	26	28	30	25	28	28																																									20	1

FACTOR DE CORRECCION	FC = 1.10
-----------------------------	-----------

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"	
D = (Ei + CE + ES) x 5 mm	
Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.	
Ei = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR	

CÁLCULO DEL "IRI"	
D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485D

RESULTADOS	
Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACION DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECCION:	1.10
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	57.250 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	62.975 mm
RUGOSIDAD IRI:	3.559 m/Km
Observaciones:	



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	3.559 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.62
CLASIFICACIÓN DEL PSI	REGULAR

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVIDADIDAD PRESENTE - PSI	2.62
CONVERSIÓN A PCI	52.4
CLASIFICACIÓN DEL PCI	REGULAR



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	II	PROGRESIVA:	Km 0+400.00 al Km 0+800.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN												
25	29	21	28	28	31	15	15	34	26			
24	23	30	26	28	26	20	28	12	28			
26	28	28	24	25	24	25	26	30	28			
26	22	26	21	28	28	23	26	29	30			
25	25	24	24	28	25	26	30	28	29			
23	32	28	27	26	23	19	21	28	24			
24	23	32	26	27	29	21	33	29	25			
28	22	28	29	26	21	28	28	25	28			
26	28	25	21	30	34	26	25	28	29			
22	26	30	24	24	30	22	26	26	28			
25	28	29	25	28	27	26	27	28	27			
23	29	25	27	29	24	28	24	22	21			
30	26	26	28	29	28	27	29	32	26			
27	26	32	27	27	29	28	29	29	28			
27	31	25	26	29	30	28	25	31	27			
27	29	28	25	23	31	29	26	27	27			
26	23	29	28	28	31	30	30	30	26			
26	29	27	30	28	12	27	32	29	21			
29	31	27	33	33	30	32	15	31	25			
25	31	26	28	28	34	27	27	28	30			

FACTOR DE CORRECCION F.C.= 1.10

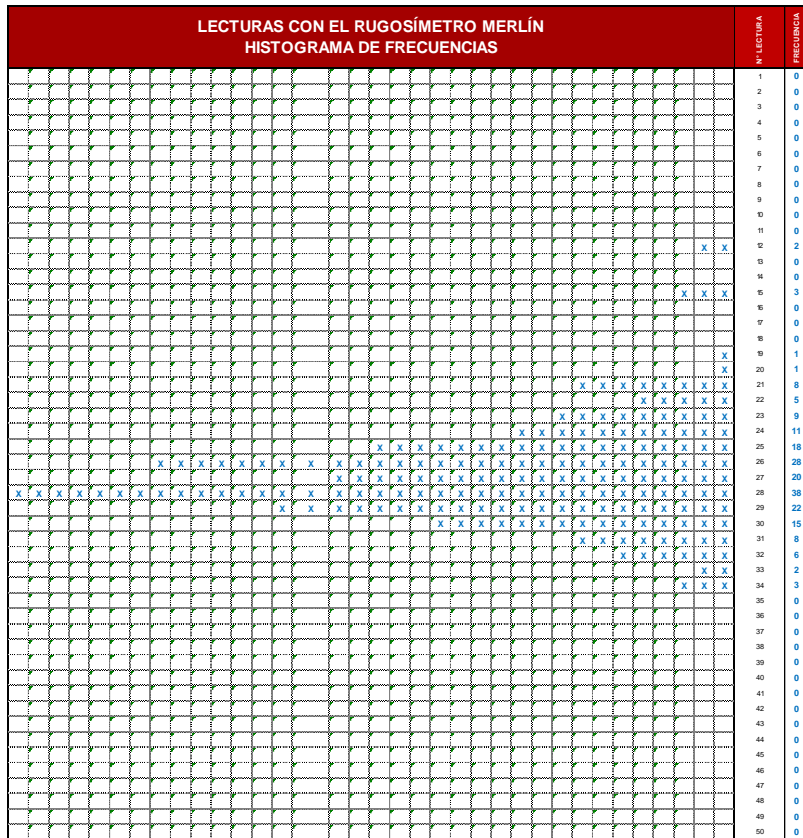
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI-EXTREMO INFERIOR CE-CENTRO ES-EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

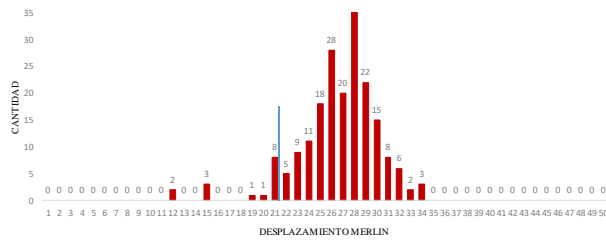
RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.10

Resultado del IRI:
RANGO "D": 53.958 mm
RANGO CORREGIDO "Der": 59.354 mm
RUGOSIDAD IRI: 3.389 m/Km

Observaciones:



DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULABILIDAD INTERNACIONAL - IRI	3.389 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.7
CLASIFICACIÓN DEL PSI	REGULAR

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.7
CONVERSIÓN A PCI	54
CLASIFICACIÓN DEL PCI	REGULAR



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	III	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	23	18	31	20	30	30	23	25	27	21
2	25	26	33	35	27	32	29	26	22	24
3	26	27	29	21	23	21	29	26	34	28
4	32	22	33	32	28	27	28	16	24	19
5	25	23	48	23	29	26	24	30	23	26
6	25	19	24	25	30	22	26	20	27	32
7	20	31	26	21	22	23	22	20	9	30
8	20	24	19	16	28	18	32	25	26	31
9	16	25	30	18	28	21	1	17	21	22
10	33	15	25	22	25	24	19	22	24	15
11	28	25	22	23	29	19	28	20	19	36
12	25	35	30	30	34	29	28	20	30	28
13	27	25	28	26	20	30	24	31	31	34
14	36	27	31	23	23	30	33	29	15	25
15	16	28	50	24	24	28	25	28	21	33
16	19	32	31	28	35	46	24	25	23	33
17	19	24	27	33	22	29	32	12	20	28
18	26	26	30	23	17	29	30	23	29	24
19	22	33	27	23	29	32	24	22	22	16
20	22	27	22	21	23	33	18	24	26	25

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 1.10

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 Ei = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS

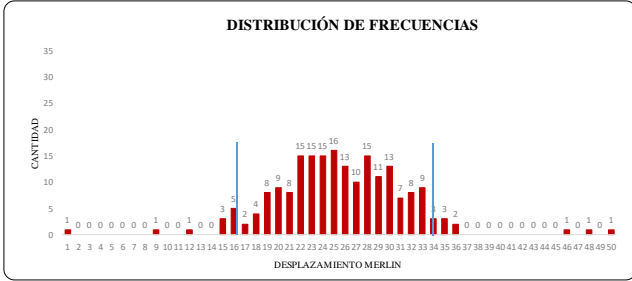
Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACION DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.10

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 87.667 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 96.433 mm

RUGOSIDAD IRI: 5.135 m/Km

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN		N.º LECTURA	FRECUENCIA
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS			
		1	1
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
		6	0
		7	0
		8	0
		9	1
		10	0
		11	0
		12	1
		13	0
		14	0
		15	3
		16	5
		17	2
		18	4
		19	8
		20	9
		21	8
		22	15
		23	15
		24	15
		25	16
		26	13
		27	10
		28	15
		29	11
		30	13
		31	7
		32	8
		33	9
		34	3
		35	3
		36	2
		37	0
		38	0
		39	0
		40	0
		41	0
		42	0
		43	0
		44	0
		45	0
		46	1
		47	0
		48	1
		49	0
		50	1



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	5.135 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	1.97
CLASIFICACIÓN DEL PSI	MALO

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	1.97
CONVERSIÓN A PCI	39.4
CLASIFICACIÓN DEL PCI	MALO



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LOS ACCESOS INTERIORES DE LA UNJBG, TACNA - 2023"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	IV	PROGRESIVA:	Km 1+200.00 al Km 1+600.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	5/02/2024	OPERADOR:	RLV	AUXILIAR:	BACH. HANCCO CARLO

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	23	18	16	36	29	20	33	27	21	20
2	25	26	25	17	30	29	26	14	20	31
3	42	16	23	28	27	32	19	24	29	28
4	32	27	26	13	33	24	27	13	31	12
5	28	18	8	25	21	21	15	30	27	1
6	30	23	29	31	30	50	23	31	34	23
7	25	23	29	25	30	22	34	32	32	26
8	24	27	22	50	31	30	25	25	50	26
9	30	24	24	29	13	26	27	31	22	20
10	33	19	33	33	27	25	18	31	28	31
11	23	28	25	29	26	12	34	21	21	22
12	29	21	22	19	24	21	42	5	23	32
13	35	30	22	27	22	28	29	25	34	41
14	31	30	30	20	1	26	21	49	20	24
15	26	25	30	24	28	14	21	26	44	7
16	28	33	23	23	26	20	23	35	16	28
17	27	22	33	24	27	46	30	28	29	50
18	28	25	18	23	24	35	27	30	25	29
19	21	26	29	31	21	28	18	23	20	30
20	23	23	34	20	33	25	27	26	31	30

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 1.10

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 Ei = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

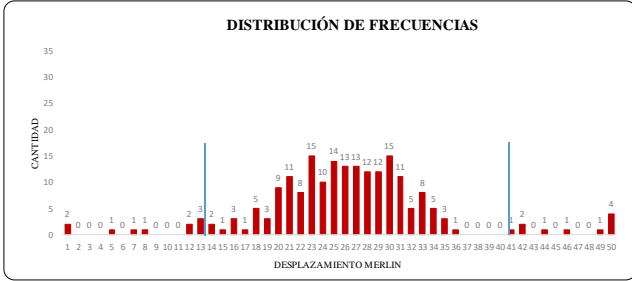
CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACION DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.10

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 115.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dc": 126.500 mm
RUGOSIDAD IRI: 6.551 m/Km

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN		HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS	
1			X X
2			
3			
4			
5			X
6			
7			X
8			X
9			
10			
11			
12			X X
13			X X X
14			X X
15			X
16			X X X
17			X X X
18			X X X
19			X X X X
20			X X X X X
21			X X X X X
22			X X X X X
23			X X X X X
24			X X X X X
25			X X X X X
26			X X X X X
27			X X X X X
28			X X X X X
29			X X X X X
30			X X X X X
31			X X X X X
32			X X X X X
33			X X X X X
34			X X X X X
35			X X X X
36			X X X
37			
38			
39			
40			
41			X
42			X X
43			
44			X
45			
46			X
47			
48			
49			X X X
50			X X X X



CONVERSIÓN A DE "IRI" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULADIDAD INTERNACIONAL - IRI	6.551 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	1.52
CLASIFICACIÓN DEL PSI	MALO

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	1.52
CONVERSIÓN A PCI	30.4
CLASIFICACIÓN DEL PCI	MALO