

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL
DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y
APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA**

TESIS

Presentada por:

Bach. Reynaldo Rúbens Callosani Navarro

Bach. Yean Carlos Castillo Zapana

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE
EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO
ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610,
SAMA - TACNA”

Tesis sustentada y aprobada el día 17 de junio del 2026 estando integrado el
Jurado Calificador por:

PRESIDENTE


.....
Dr. Ing. Martin Paucara Rojas

SECRETARIO


.....
Mtro. Ing. Delvit Alexander Ticona Canlla

VOCAL


.....
Mtro. Ing. Lucy Miriam Flores Calderón

ASESOR DE TESIS


.....
Mtro. Ing. Lucy Miriam Flores Calderón

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Mag. Ing. Lucy Miriam Flores Calderón, en mi condición de asesora acreditada por la Resolución de Facultad N° 659-2025-FIAG/UNJBG del 26 de noviembre del 2025, de la Tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA". Presentado por el Bach. Reynaldo Rúbens Callosani Navarro y Bach. Yean Carlos Castillo Zapana, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 09%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de Ingeniero Civil, para su publicación en el Repositorio Institucional.

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

Tacna, 13 de mayo del 2026



FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos: Mag. Ing. Lucy Miriam Flores Calderón

DNI: 76722790



FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Reynaldo Rúbens Callosani Navarro

DNI: 76979279



FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Yean Carlos Castillo Zapana

DNI: 76604146



DEDICATORIA

A Dios, a mi familia, compañeros, amigos, a mi padre Agustín Castillo, a mi madre Cristina Zapana por su inmenso apoyo incondicional a lo largo de mis estudios académicos.

Bach. Yean Carlos Castillo Zapana

A Dios, A mi padre, Ruben Callosani, a mi madre Elsa Navarro, hermanos por su apoyo constante e incondicional.

Compañeros y amigos por acompañarme en todo el proceso de formación profesional.

Bach. Reynaldo Rúbens Callosani Navarro

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por brindarnos la oportunidad de desarrollarnos profesionalmente.

A nuestros docentes y a nuestro asesor de tesis por compartir sus conocimientos, tiempo y experiencias con nosotros.

RESUMEN

La presente investigación determinó el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de un pavimento flexible mediante la comparación entre un teléfono inteligente equipado con la aplicación ABAKAL IRI y el rugosímetro de Merlín. El estudio se desarrolló en la vía TA-610, ubicada en el distrito de Sama, considerando una longitud de evaluación de 2 km por cada carril. El objetivo consistió en comparar los valores del IRI obtenidos con ambos equipos para evaluar la condición superficial del pavimento y formular propuestas de intervención acordes con el estado determinado.

Para ello, se realizaron cinco ensayos en cada carril con el rugosímetro de Merlín, cubriendo una longitud de 400 m por ensayo. Los resultados mostraron un IRI de 6.46 m/km para el carril derecho y de 5.90 m/km para el carril izquierdo, con un promedio general de 6.18 m/km. Posteriormente, mediante un teléfono inteligente con la aplicación ABAKAL IRI, se obtuvo un IRI de 6.50 m/km para el carril derecho y de 6.07 m/km para el carril izquierdo, alcanzándose un promedio de 6.29 m/km. La comparación entre ambos métodos evidenció una diferencia promedio de 0.11 m/km, lo que demostró la confiabilidad del aplicativo para la evaluación de la rugosidad superficial. Finalmente, el valor promedio del IRI permitió determinar que el pavimento presentó una condición de vía muy mala y un nivel de transitabilidad malo, según el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI), por lo que se justificó la ejecución de trabajos de reconstrucción.

Palabras clave: Índice Internacional de Rugosidad (IRI), rugosímetro de Merlín, ABAKAL IRI, pavimento flexible.

ABSTRACT

This research determined the International Roughness Index (IRI) of a flexible pavement by comparing the results obtained using a smartphone equipped with the ABAKAL IRI app and a Merlin roughness tester. The study was conducted on the TA-610 highway, located in the Sama district, with an evaluation length of 2 km per lane. The objective was to compare the IRI values obtained with both devices to assess the pavement's surface condition and formulate intervention proposals based on the determined condition.

To this end, five tests were performed on each lane using the Merlin roughness tester, covering a length of 400 m per test. The results showed an IRI of 6.46 m/km for the right lane and 5.90 m/km for the left lane, with an overall average of 6.18 m/km. Subsequently, using a smartphone with the ABAKAL IRI application, an IRI of 6.50 m/km was obtained for the right lane and 6.07 m/km for the left lane, reaching an average of 6.29 m/km. The comparison between both methods showed an average difference of 0.11 m/km, demonstrating the reliability of the application for evaluating surface roughness. Finally, the average IRI value indicated that the pavement presented a very poor road condition and a poor level of trafficability, according to the Pavement Serviceability Index (PSI), thus justifying the execution of reconstruction work.

Keywords: International Roughness Index (IRI), Merlin roughness meter, ABAKAL IRI, flexible pavement.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
I. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. DESCRIPCION Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	22
1.2.1.PROBLEMA GENERAL	22
1.2.2.PROBLEMA ESPECIFICO	22
1.3. OBJETIVOS	22
1.3.1.OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2.OBJETIVO ESPECIFICOS	23
1.4. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	24
1.5. ALCANCES	25
1.6. LIMITACIONES	26
1.7. HIPOTESIS.....	26
1.7.1.HIPOTESIS GENERAL	26
1.7.2.HIPOTESIS ESPECIFICA	26
1.8. SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES ...	27

1.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	27
1.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE	27
1.9. DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	27
II. CAPITULO II: MARCO TEORICO	28
2.1. ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIO REALIZADOS	28
2.1.1. Antecedentes internacionales	28
2.1.2. Antecedentes nacionales	31
2.1.3. Antecedentes locales	35
2.2. BASES TEORICAS.....	39
2.2.1. Pavimento	39
2.2.2. Clasificación de pavimentos	39
2.2.3. Rugosidad	41
2.2.4. Índice de Serviabilidad.....	42
2.2.5. Clasificación de equipos para la medición del IRI	44
2.2.6. Equipos para la medición de la rugosidad	46
2.2.7. Rugosímetro de Merlín	47
2.2.8. Aplicativo ABAKAL IRI.....	51
2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	53
III. CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	55

3.1. METODOLOGIA Y TECNICAS UTILIAZADAS	55
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACION	55
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACION	56
3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	56
3.2. POBLACION Y MUESTRA.....	57
3.2.1. POBLACION.....	57
3.2.2. MUESTRA	57
3.3. PROCEDIMIENTO.....	58
3.3.1. PROCESAMIENTO DE DATOS CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN	58
3.3.2. PROCESAMIENTO DE DATOS CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI.	64
IV. CAPITULO IV: RESULTADOS	66
4.1. CALCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN	67
4.2. CALCULO DEL IRI CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI	99
V. CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS	105
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL IRI CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN	105
5.1.1. LA CLASIFICACIÓN DE ESTADO DE PAVIMENTO SEGÚN VALORES DE IRI CON EL RUGOSIMETRO DE MERLIN.....	106

5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL IRI CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI.....	107
5.2.1. CLASIFICACIÓN DE ESTADO DE PAVIMENTO SEGÚN VALORES DE IRI MEDIANTE EL APLICATIVO ABAKAL IRI...	109
5.3. ANALISIS DE RESULTADOS DE IRI OBTENIDOS CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y EL APLICATIVO ABAKAL IRI.	110
5.4. ANÁLISIS DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD Y TRANSITABILIDAD CON EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y EL APLICATIVO ABAKAL IRI.....	113
5.5. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE SIMILITUD ENTRE EL RUGOSIMETRO DE MERLIN Y EL APLICATIVO ABAKAL IRI RESPECTO A INVESTIGACIONES ANTERIORES.....	117
VI. CONCLUSIONES	118
VII. RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS	119
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	120
MATRIZ DE CONSISTENCIA	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de Índice de serviciabilidad segun PSI</i>	42
Tabla 2 <i>Valores para determinar el estado vial en Perú según la rugosidad.</i>	44
Tabla 3 <i>Equipos utilizados en la medición de la rugosidad de pavimento.</i>	46
Tabla 4 <i>Calculo IRI utilizando la aplicación ABAKAL IRI, Carril Derecho.</i>	100
Tabla 5 <i>Calculo IRI utilizando la aplicación ABAKAL IRI, Carril Izquierdo.</i>	102
Tabla 6 <i>Resumen de resultados IRI con el Rugosímetro de Merlín.</i>	105
Tabla 7 <i>Clasificación de estado vial según IRI.</i>	106
Tabla 8 <i>Estado vial del pavimento flexible la Vía TA-610 obtenidos por el cálculo del IRI con el Rugosímetro de MERLIN.</i>	107
Tabla 9 <i>Resumen de IRI obtenido con el aplicativo ABAKAL IRI.</i>	108
Tabla 10 <i>Resumen estado vial de la Vía TA-610 según el IRI obtenido mediante ABAKAL IRI.</i>	109
Tabla 11 <i>Porcentaje de similitud IRI calculado mediante el Rugosímetro de Merlín y Aplicativo ABAKAL IRI.</i>	110
Tabla 12 <i>Índice de serviciabilidad - Transitabilidad</i>	113
Tabla 13 <i>Resultado de Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad utilizando el Rugosímetro de Merlín.</i>	114
Tabla 14	115

Tabla 15	<i>Comparación de Transitabilidad obtenidas con el</i>	
	<i>Rugosímetro de Merlín y ABAKAL IRI.</i>	116

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura. 1 Ubicación zona de estudio, TA-610 L=2km para cada carril.</i>	
.....	20
<i>Figura. 2 Via de estudio, Zona de ingreso TA-610, desprendimiento de finos.....</i>	21
<i>Figura. 3 Patologías de la Via, agrietamiento y perdida de finos de superficie de rodadura.</i>	21
<i>Figura. 4 Escala estándar empleada por el banco Mundial para la clasificación de vías en función del IRI</i>	43
<i>Figura. 5 Esquema del Rugosímetro de MERLIN.</i>	48
<i>Figura. 6 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento.</i>	50
<i>Figura. 7 Formato para la recolección de datos de campo.</i>	50
<i>Figura. 8 Interfaz aplicativo ABAKAL IRI</i>	52
<i>Figura. 9 Formato de registro de lecturas con Rugosímetro de Merlín.</i>	
.....	59
<i>Figura. 10 Calibración del Rugosímetro de Merlín.</i>	59
<i>Figura. 11 Inicio de lecturas carril derecho (Ida).</i>	61
<i>Figura. 12 Lectura de datos de tramos siguientes-Carril derecho</i>	61
<i>Figura. 13 Lectura de datos de tramos siguientes-Carril derecho II...</i>	62
<i>Figura. 14 Finalización de lectura de campo carril derecho - 2km.....</i>	62
<i>Figura. 15 Inicio de lecturas carril Izquierdo (vuelta).....</i>	63

<i>Figura. 16</i>	<i>Lectura de datos de tramos siguientes-Carril Izquierdo...</i>	<i>63</i>
<i>Figura. 17</i>	<i>Lectura de datos de tramos siguientes-Carril Izquierdo II.</i>	<i>63</i>
<i>Figura. 18</i>	<i>Instalación de aplicativo ABAKAL IRI.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura. 19</i>	<i>INICIO para comenzar el registro de datos.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura. 20</i>	<i>Presiona PARAR y posteriormente DETENER para culminar el registro de datos.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura. 21</i>	<i>Datos registrados en campo, Carril derecho-Tramo 01</i>	<i>68</i>
<i>Figura. 22</i>	<i>Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 01.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura. 23</i>	<i>Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 01.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura. 24</i>	<i>Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 02.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura. 25</i>	<i>Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 02.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura. 26</i>	<i>Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 02.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura. 27</i>	<i>Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 03.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura. 28</i>	<i>Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 03.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura. 29</i>	<i>Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 03.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura. 30</i>	<i>Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 04.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura. 31</i>	<i>Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 04.....</i>	<i>78</i>

<i>Figura. 32 Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 04.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura. 33 Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 05.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura. 34 Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 05.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura. 35 Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 05.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura. 36 Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 01.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura. 37 Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 01.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura. 38 Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 01.</i>	<i>85</i>
<i>Figura. 39 Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 02.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura. 40 Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 02.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura. 41 Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 02.</i>	<i>88</i>
<i>Figura. 42 Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 03.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura. 43 Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 03.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura. 44 Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 03.</i>	<i>91</i>
<i>Figura. 45 Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 04.....</i>	<i>92</i>

<i>Figura. 46 Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 04.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura. 47 Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 04.</i>	<i>94</i>
<i>Figura. 48 Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 05.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura. 49 Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 05.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura. 50 Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 05.</i>	<i>97</i>
<i>Figura. 51 Valores de IRI obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Carril Derecho.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura. 52 Evaluación del IRI con el aplicativo ABAKAL IRI, Carril Derecho.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura. 53 Valores de IRI obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Carril Izquierdo.</i>	<i>103</i>
<i>Figura. 54 Evaluación del IRI con el aplicativo ABAKAL IRI, Carril Izquierdo.</i>	<i>103</i>
<i>Figura. 55 Resultados IRI obtenidos con el Rugosímetro de Merlín y el Aplicativo ABAKAL IRI.</i>	<i>112</i>

INTRODUCCION

El desarrollo económico de un país estuvo estrechamente relacionado con la calidad de su infraestructura vial, ya que esta permitió la conexión entre poblaciones, reduciendo los costos de transporte y los tiempos de traslado entre comunidades.

Una vía en buen estado resultó beneficiosa para las poblaciones que hicieron uso de ella; sin embargo, las vías que presentaron diferentes patologías, producto del incremento del parque automotor, pudieron afectar y poner en riesgo la seguridad de los usuarios.

Para conocer el estado técnico de una vía, se realizaron estudios e investigaciones que implicaron tiempo y presupuesto. En este contexto, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se utilizó como una herramienta estándar para determinar el estado funcional de las vías.

El presente estudio realizó un análisis comparativo del IRI en pavimento flexible mediante el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI, con la finalidad de evidenciar el estado del pavimento de la vía evaluada.

La presente investigación estuvo dividida en ocho capítulos.

En el capítulo I se describió el problema de estudio mediante el planteamiento y formulación de interrogantes; asimismo, se presentó la justificación, los objetivos generales y específicos, y las hipótesis de la investigación.

En el capítulo II se presentaron los antecedentes de la investigación a nivel local, nacional e internacional, así como el marco teórico y las bases conceptuales empleadas.

En el capítulo III se detalló la metodología empleada, incluyendo el tipo y diseño de investigación, el ámbito de estudio, la población y muestra, así como las técnicas, instrumentos y procedimientos utilizados.

En el capítulo IV se presentaron los resultados obtenidos del cálculo del IRI mediante el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI.

En el capítulo V se realizó la discusión de los resultados, incluyendo la clasificación del estado del pavimento, el índice de serviciabilidad, la transitabilidad y el análisis de similitud porcentual en comparación con investigaciones previas.

En el capítulo VI se presentaron las conclusiones de la investigación.

En el capítulo VII se formularon las recomendaciones o sugerencias derivadas del estudio.

En el capítulo VIII se consignaron las referencias bibliográficas utilizadas en la investigación.

I. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

La infraestructura vial constituye un pilar fundamental para el desarrollo económico y social de un país, debido a que facilita el desplazamiento de personas y el transporte de mercancías. En los países con sistemas de transporte más desarrollados, los costos logísticos son significativamente menores; en contraste, en América Latina, las carreteras en mal estado o con desvíos frecuentes incrementan los costos de traslado de bienes y personas (Rivera, 2015).

En las infraestructuras viales, el deterioro del pavimento asfáltico es un fenómeno recurrente ocasionado por diversos factores, entre ellos las condiciones climáticas, la calidad de los materiales empleados durante la construcción y el volumen del tránsito vehicular. Como consecuencia, se reduce la vida útil del pavimento y se incrementan las necesidades de conservación y rehabilitación (Caillagua et al., 2025).

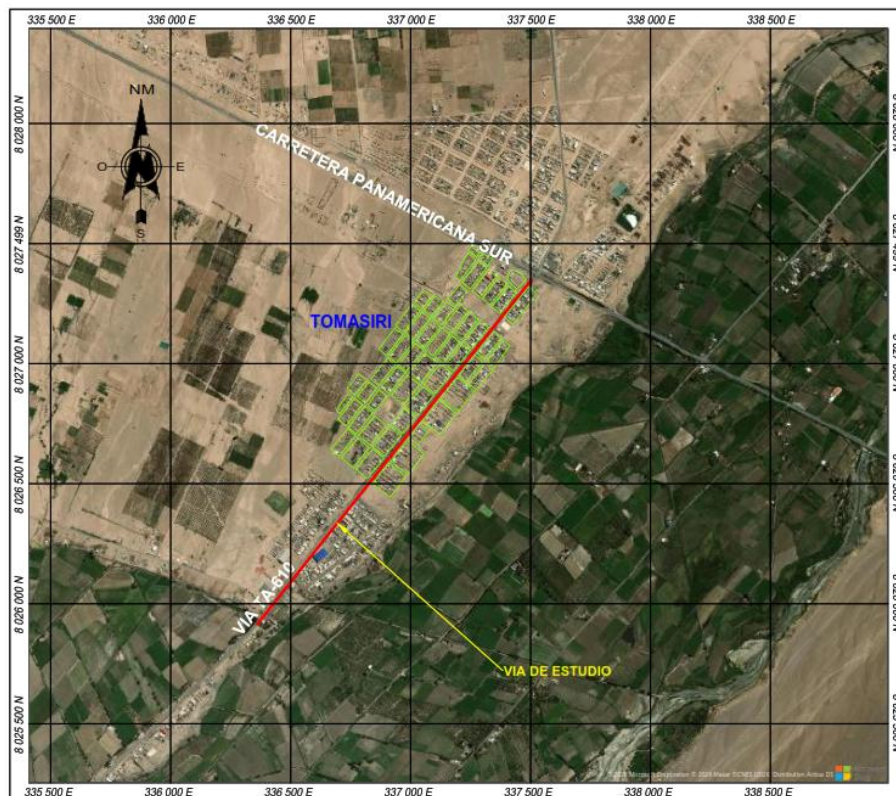
De manera preliminar, la vía TA-610 presentó un evidente desgaste y diversas patologías en la superficie de rodadura, las cuales podrían afectar la circulación vehicular y aumentar el riesgo de accidentes de tránsito debido a la ausencia de un diagnóstico técnico que permitiera conocer su condición funcional.

Asimismo, la irregularidad de la superficie de rodadura incidió directamente en la velocidad de circulación, la seguridad vial y los costos de operación de los vehículos. En ese sentido, la evaluación del estado del pavimento permitió establecer propuestas de conservación acordes con las condiciones identificadas (Díaz, 2023).

Por ello, la presente investigación realizó el análisis de la rugosidad de la superficie de rodadura de la vía TA-610, la cual posee una calzada de 6.00 m de ancho, distribuida en dos carriles. La evaluación comprendió una longitud de 2 km por cada carril, lo que permitió identificar las deficiencias del pavimento y determinar su condición superficial.

Figura 1

Ubicación zona de estudio, TA-610 L=2km para cada carril.



Nota. Ubicación de la Vía de estudio TA-610, distrito de Sama, provincia y departamento de Tacna.

Figura 1

Via de estudio, Zona de ingreso TA-610, desprendimiento de finos.



Nota. La figura representa el estado de la superficie de rodadura al inicio de la Vía TA-610.

Figura 3

Patologías de la Via, agrietamiento y perdida de finos de superficie de rodadura.



Nota. La figura muestra los agrietamientos y perdida de finos que presenta la Vía TA-610 en su longitud.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera el análisis comparativo del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento mediante el rugosímetro de merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, permitirá dar propuesta de solución en la Vía TA-610, Sama – Tacna?

1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICO

¿Cuál es el valor del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento mediante el Rugosímetro de Merlín, en la Vía TA-610, Sama - Tacna?

¿Cuál es el valor del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento mediante el aplicativo ABAKAL IRI, en la Vía TA-610, Sama - Tacna?

¿Existe semejanza entre los valores calculados de Índice de Rugosidad del Pavimento mediante el Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, en la Vía TA-610, Sama - Tacna?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el Análisis comparativo del IRI mediante el rugosímetro Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, para dar propuestas de solución de la Vía TA-610, Sama-Tacna.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICOS

Determinar el IRI del pavimento de la Vía TA-610, Sama - Tacna, mediante mediciones directas con el rugosímetro Merlín.

Determinar el IRI del pavimento de la Vía TA-610, Sama - Tacna, utilizando el aplicativo ABAKAL IRI.

Comparar los valores de Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento obtenidos mediante el Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, en la Vía TA-610, Sama - Tacna.

1.4. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

La presente investigación tendrá una justificación teórica, metodológica y social. Desde el punto de vista teórico, permitirá ampliar la comprensión de los conceptos y parámetros relacionados con el cálculo del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) mediante el uso del rugosímetro de Merlín y del aplicativo ABAKAL IRI. Asimismo, la comparación de ambos métodos facilitará la evaluación de la rugosidad superficial del pavimento. La vía TA-610 presenta, de manera preliminar, daños visibles en la superficie de rodadura, los cuales generan un mayor esfuerzo mecánico en los vehículos que transitan por la zona, disminuyen el confort de los usuarios e incrementan los costos de operación vehicular si no se ejecutan intervenciones oportunas.

Desde el punto de vista metodológico, el análisis comparativo de los valores del IRI permitirá clasificar la condición de transitabilidad de la vía TA-610. En función de los resultados obtenidos, se formularán propuestas de intervención, tales como actividades de mantenimiento o reconstrucción, con el propósito de garantizar la seguridad vial y mejorar el confort de los usuarios (Saksena & Adikusuma, 2025).

Asimismo, el empleo del rugosímetro de Merlín y del aplicativo ABAKAL IRI constituirá una alternativa viable frente a equipos de mayor complejidad tecnológica, como los escáneres o sensores especializados, debido a que permitirá obtener valores representativos del IRI con menores costos

operacionales. En consecuencia, estas metodologías podrán ser utilizadas para evaluar el estado funcional de los pavimentos y determinar el tipo de intervención más adecuado para su conservación (Castro et al., 2021).

Finalmente, desde el enfoque social, la investigación proporcionará un diagnóstico técnico del estado de la vía TA-610, cuya superficie de rodadura evidencia un deterioro visible que afecta la seguridad, la comodidad y la movilidad de los usuarios, así como de la población asentada en la zona de estudio. En ese sentido, los resultados servirán de base para proponer alternativas de solución orientadas a mejorar las condiciones de transitabilidad y fortalecer la seguridad vial.

1.5. ALCANCES

La presente investigación tuvo un alcance local y se desarrolló en la vía TA-610, ubicada en el distrito de Sama, provincia y departamento de Tacna. El estudio comprendió la evaluación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) con la finalidad de determinar la condición superficial del pavimento asfáltico y clasificar su estado funcional. Para ello, se emplearon el rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI como métodos de medición de la rugosidad. La evaluación se realizó en una longitud de 2 km por cada carril, lo que permitió obtener información representativa sobre el estado de la superficie de rodadura de la vía en estudio.

1.6. LIMITACIONES

La presente investigación presentó limitaciones operativas relacionadas con el flujo vehicular existente en la vía TA-610, lo que condicionó la disponibilidad de tiempo para realizar las mediciones con el rugosímetro de Merlín. En consecuencia, los ensayos se ejecutaron durante periodos de baja afluencia vehicular, con el propósito de garantizar la seguridad del personal de campo y asegurar la confiabilidad de los datos obtenidos para el cálculo del Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Esta condición limitó la frecuencia de las mediciones y prolongó el tiempo requerido para la ejecución del trabajo de campo.

1.7. HIPOTESIS

1.7.1. HIPOTESIS GENERAL

La evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento, utilizando el rugosímetro Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, permitirá formular soluciones para la vía TA-610, Sama - Tacna.

1.7.2. HIPOTESIS ESPECIFICA

- La determinación del valor del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del pavimento asfáltico, utilizando el rugosímetro de Merlín, brindara mediciones precisas para el diagnóstico del estado superficial de la vía TA-610, Sama - Tacna.

- La determinación del valor del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del pavimento asfáltico, utilizando el aplicativo ABAKAL IRI, permitirá obtener resultados confiables que contribuyan a la evaluación del estado de la vía TA-610, Sama - Tacna.

- La comparación de los valores obtenidos del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), mediante el rugosímetro de Merlín y aplicativo ABAKAL IRI, contribuirá a validar la confiabilidad de ambos métodos y a fortalecer la evaluación del pavimento en la vía TA-610, Sama - Tacna.

1.8. SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES

1.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable independiente (X): Aplicación del Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI.

1.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Variable dependiente (Y): Cálculo de Índice de Rugosidad Internacional

1.9. DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

Variable independiente (X):

- Rugosímetro de Merlín: Dispositivo portátil de alta precisión que mide la rugosidad del pavimento mediante tecnología láser o mecánica,

capturando perfiles superficiales para determinar el Índice de Rugosidad Internacional.

- Aplicativo ABAKAL IRI: Herramienta computacional que procesa datos de rugosidad con algoritmos estandarizados, generando valores precisos de IRI, utilizando el sistema GPS y sensor de movimientos de dispositivos inteligentes.

Variable dependiente (Y): Representa un indicador cuantificable para determinar la calidad en pavimentos provocado por el deterioro o desgaste en su vida útil.

II. CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIO REALIZADOS

2.1.1. Antecedentes internacionales

Saksena y Adikusuma (2025), en su artículo titulado A Comparative Evaluation of International Roughness Index (IRI) Techniques between Mobile Laser Scanner (MLS) and Dipstick, tuvieron como propósito evaluar la efectividad del escaneo láser móvil (Mobile Laser Scanner, MLS) en comparación con el método convencional Dipstick para la medición del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en pavimentos. La investigación se desarrolló en diversos tramos viales del distrito de Garut, Indonesia, donde se compararon los valores del IRI obtenidos mediante ambos métodos, analizando su nivel de

concordancia y evaluando aspectos operativos relacionados con la eficiencia y la cobertura de medición.

Los resultados evidenciaron una alta concordancia entre ambos procedimientos, con una desviación promedio de aproximadamente 0.18 m/km y diferencias que oscilaron entre 0,01 y 1,00 m/km, lo que indicó niveles aceptables de precisión. Asimismo, el sistema MLS demostró una mayor eficiencia operativa, al alcanzar una cobertura de entre 40 y 100 km por día, en comparación con el método Dipstick, cuya capacidad de evaluación fue considerablemente menor.

Los autores concluyeron que la integración de tecnologías modernas con métodos tradicionales optimiza los procesos de evaluación de la rugosidad superficial de los pavimentos, por lo que recomendaron su aplicación conjunta para mejorar la gestión, el mantenimiento y la conservación de la infraestructura vial.

Parianta et al. (2024), en su estudio titulado *Integration of Road Roughness Measurement Between Specialized Instrumentation and an Android-Based Application*, tuvieron como propósito evaluar la rugosidad de los pavimentos mediante la integración de equipos especializados y una aplicación móvil basada en un teléfono inteligente. Para ello, compararon los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) obtenidos con el dispositivo Roughometer III

y la aplicación Roadroid, utilizando mediciones realizadas en un tramo de 10 km de pavimento rígido, con registros efectuados cada 10 m.

Los resultados evidenciaron una correlación positiva moderada entre ambos métodos ($R^2 = 0.47$), lo que indicó que las aplicaciones móviles constituyen una alternativa viable y de bajo costo para la evaluación preliminar de la condición superficial de los pavimentos. Asimismo, los autores señalaron que el uso de los sensores incorporados en los teléfonos inteligentes permitió recolectar datos de manera continua, eficiente y económica, facilitando la toma de decisiones relacionadas con la gestión y el mantenimiento de la infraestructura vial.

Finalmente, concluyeron que la incorporación de tecnologías accesibles en la evaluación de la rugosidad optimiza el monitoreo de las carreteras y contribuye a una mejor planificación de las intervenciones de mantenimiento, favoreciendo la conservación de la infraestructura vial y mejorando las condiciones de seguridad y confort para los usuarios.

Álvarez y Rivero (2012), en el estudio titulado Instrumento electrónico para la estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático MERLIN, tuvieron como propósito diseñar un sistema que permitiera automatizar la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) mediante la instrumentación del equipo MERLIN. Para ello, incorporaron sensores de aceleración y dispositivos electrónicos capaces de registrar las

irregularidades del perfil longitudinal del pavimento, así como el desplazamiento del equipo durante el proceso de medición, lo que permitió el procesamiento automatizado de la información.

Los resultados evidenciaron que los valores de IRI obtenidos mediante el sistema implementado presentaron una alta correspondencia con los obtenidos a través del método convencional. En términos globales, se registraron valores de 6.78 m/km mediante procesamiento en software, 6.77 m/km con el sistema electrónico y 7.02 m/km con el equipo tradicional. Las diferencias observadas se mantuvieron en aproximadamente 3 % en promedio, mientras que en algunos tramos específicos de 100 m alcanzaron variaciones cercanas al 9 %, sin afectar de manera significativa la consistencia de los resultados.

En consecuencia, se concluyó que el sistema propuesto permite estimar el IRI con un nivel adecuado de precisión, constituyendo una alternativa eficiente que reduce los tiempos de procesamiento y los costos asociados a las evaluaciones de campo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Depaz y Flores (2023), en su estudio titulado Sistema Roadroid en la evaluación de la serviciabilidad vial, analizaron la efectividad del uso de la aplicación Roadroid para la evaluación de la condición funcional de una vía, específicamente en la carretera PE-3N, tramo Huaraz–Carhuaz. La

investigación adoptó un enfoque cuantitativo de tipo aplicado y comparó los resultados obtenidos mediante el sistema Roadroid con los generados a través del método tradicional de nivel y mira, utilizados para el cálculo del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).

Los resultados evidenciaron una correlación altamente fuerte en los valores del IRI, con un coeficiente de Pearson de 0.954, así como una correlación buena en los valores del PSI, lo que demostró la confiabilidad del aplicativo en la evaluación de la serviciabilidad vial.

En consecuencia, los autores concluyeron que el sistema Roadroid constituye una alternativa eficiente, económica y de fácil aplicación para el monitoreo de la condición de las vías. Asimismo, su implementación permite optimizar los procesos de evaluación de carreteras y la planificación del mantenimiento vial, garantizando condiciones adecuadas de seguridad y confort para los usuarios.

Oblitas et al. (2021), en su artículo de revisión sistemática titulado Índice de Regularidad Internacional e Índice de Condición de Pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos, tuvieron como propósito analizar las características del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para la evaluación del nivel de serviciabilidad en pavimentos flexibles.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo documental y revisó 20 artículos científicos seleccionados de bases de datos como DOAJ, Redalyc, Dialnet y SciELO, los cuales fueron publicados durante los últimos 15 años. A partir del análisis de la información, se identificó que el IRI, con valores que oscilan entre 0 y 12 m/km según el Banco Mundial, permite medir la regularidad superficial del pavimento y el confort de circulación. Por su parte, el PCI, con una escala de 0 a 100 establecida por la norma ASTM D6433, evalúa la condición del pavimento mediante la inspección visual de las fallas presentes en la superficie.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo documental y revisó 20 artículos científicos seleccionados de bases de datos como DOAJ, Redalyc, Dialnet y SciELO, los cuales fueron publicados durante los últimos 15 años. A partir del análisis de la información, se identificó que el IRI, con valores que oscilan entre 0 y 12 m/km según el Banco Mundial, permite medir la regularidad superficial del pavimento y el confort de circulación. Por su parte, el PCI, con una escala de 0 a 100 establecida por la norma ASTM D6433, evalúa la condición del pavimento mediante la inspección visual de las fallas presentes en la superficie.

Fonseca (2025), en su trabajo de investigación titulado Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro Merlín, método topográfico y aplicativo TotalPave, tuvo como propósito central determinar la efectividad comparativa de dichas técnicas en la estimación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en la vía LA-116, en el tramo que une Pomalca con el centro poblado Casa de Madera, en el departamento de Lambayeque, Perú.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con alcance comparativo y diseño no experimental de corte transversal. Para la recolección de datos, se realizaron mediciones en una extensión total de 4 km para cada método de evaluación. El rugosímetro de Merlín se aplicó en tramos de 400 m, el levantamiento topográfico mediante nivel y mira se ejecutó en segmentos de 320 m por cada sentido de circulación, mientras que el aplicativo digital TotalPave se utilizó en subdivisiones de 100 m, aprovechando los sensores integrados en dispositivos móviles.

Los resultados evidenciaron que el valor promedio del IRI obtenido mediante el rugosímetro de Merlín fue de 3.07 m/km. Asimismo, se determinó una relación estadística entre el aplicativo TotalPave y el método del rugosímetro, con un coeficiente de determinación R^2 de 0.7337. De igual manera, la concordancia entre el método del rugosímetro y el levantamiento topográfico con nivel y mira alcanzó un 95.99 %.

En consecuencia, se concluyó que el aplicativo TotalPave presentó el mayor nivel de efectividad operativa, evidenciando además una reducción aproximada del 82 % en los costos de evaluación y una mayor eficiencia en el proceso de recolección de datos (hasta 60 km/h). Estos resultados respaldaron su uso como una herramienta viable para la evaluación expedita y de bajo costo del estado superficial de los pavimentos, facilitando la toma de decisiones en la gestión vial.

2.1.3. Antecedentes locales

Paucara et al. (2024), en su artículo titulado *Evaluation of Pavement Irregularities Using a Mobile Application*, tuvieron como propósito determinar la condición superficial del pavimento mediante el cálculo del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) utilizando la aplicación móvil TotalPave en la vía TA-642, ubicada en la región de Tacna, Perú.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo–exploratorio. Para ello, se realizaron mediciones cada 400 m a lo largo de 12.8 km de vía, empleando los sensores de aceleración y el sistema de posicionamiento global (GPS) integrados en un dispositivo móvil. Esta metodología permitió obtener información continua sobre las irregularidades presentes en la superficie de rodadura.

Los resultados evidenciaron un IRI promedio de 3.78 m/km, con valores de 3.65 m/km en el carril izquierdo y 3.91 m/km en el carril derecho. Asimismo, se obtuvo un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) promedio de 2.58. Estos valores permitieron clasificar el pavimento en condición regular, de acuerdo con la normativa peruana vigente, lo que evidenció la presencia de irregularidades que afectan el confort de los usuarios.

En consecuencia, los autores concluyeron que la condición del pavimento justifica la implementación de acciones de mantenimiento, con el fin de mejorar la transitabilidad, la seguridad vial y la calidad del servicio de la infraestructura.

Chura y Flores (2024), en su tesis de licenciatura titulada Análisis del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante el rugosímetro de Merlín y la aplicación ABAKAL IRI en la avenida Mariano Necochea, Tacna–2023, tuvieron como propósito analizar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de un pavimento flexible mediante el empleo del rugosímetro de Merlín y la aplicación ABAKAL IRI en la avenida Mariano Necochea, ubicada en la ciudad de Tacna.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de alcance comparativo, mediante la aplicación de ambos métodos de evaluación sobre el tramo de estudio, con el propósito de comparar los valores del IRI obtenidos y determinar la condición superficial del pavimento.

Los resultados evidenciaron un valor de IRI de 6.444 m/km obtenido con el rugosímetro de Merlín y de 6.069 m/km mediante la aplicación ABAKAL IRI. La diferencia entre ambos métodos fue mínima, lo que demostró una adecuada concordancia en la estimación de la rugosidad superficial del pavimento.

En consecuencia, los autores concluyeron que los valores obtenidos permitieron clasificar el pavimento en una condición entre **mala** y **muy mala**, de acuerdo con los criterios establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para la evaluación del estado funcional de las vías. Asimismo, señalaron que la aplicación ABAKAL IRI constituye una alternativa confiable y de bajo costo para la determinación del IRI en pavimentos flexibles.

Cardoza y Paucara (2025), en su investigación titulada Estimación del valor IRI con metodologías de evaluación basada en teléfonos inteligentes para la mejora del transporte regular de personas en el Perú, tuvieron como propósito evaluar la rugosidad superficial del pavimento mediante el uso de aplicaciones móviles basadas en teléfonos inteligentes para la estimación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y empleó una metodología basada en el uso de los sensores integrados de los dispositivos móviles, principalmente el acelerómetro y el sistema de posicionamiento global (GPS), para calcular el IRI en un tramo aproximado de 3.4 km de la avenida

Internacional, ubicada en la región de Tacna, Perú. Asimismo, se realizó un análisis comparativo entre las aplicaciones Roadroid, TotalPave y ABAKAL IRI, con el propósito de evaluar la concordancia de los valores obtenidos.

Los resultados evidenciaron una adecuada concordancia entre las tres aplicaciones, lo que respaldó su confiabilidad como alternativas técnicas de bajo costo para la evaluación de la rugosidad superficial de los pavimentos. Además, se determinó que la vía evaluada presentó una condición general deficiente, con valores promedio del IRI que permitieron clasificarla en estado **malo**, lo que justificó la implementación de acciones de mantenimiento y rehabilitación para mejorar la transitabilidad y prolongar la vida útil del pavimento.

En consecuencia, los autores concluyeron que las aplicaciones basadas en teléfonos inteligentes constituyen herramientas confiables, económicas y de fácil implementación para la evaluación del estado funcional de los pavimentos, favoreciendo la gestión vial y la toma de decisiones en materia de conservación de carreteras.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Pavimento

Según Montejo (2002), un pavimento es una estructura conformada por un conjunto de capas superpuestas, diseñadas y construidas técnicamente con materiales apropiados y debidamente compactados, cuya función es soportar y distribuir las cargas generadas por el tránsito hacia las capas inferiores del terreno, garantizando condiciones adecuadas de seguridad, comodidad y durabilidad.

2.2.2. Clasificación de pavimentos

Los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semi rígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

a) Pavimentos flexibles:

Según Montejo (2002), los pavimentos flexibles están conformados por una carpeta de rodadura de mezcla asfáltica apoyada sobre una base y una subbase, constituidas por materiales granulares. No obstante, la estructura del pavimento puede variar de acuerdo con las características del proyecto, por lo que, en determinados casos, es posible prescindir de alguna de estas capas sin afectar su funcionamiento.

b) Pavimentos semi rígidos:

Montejo (2002) señala que los pavimentos semirrígidos presentan una estructura similar a la de los pavimentos flexibles; sin embargo, una de sus capas es estabilizada mediante la incorporación de aditivos, tales como asfalto, emulsiones asfálticas, cemento, cal o productos químicos. El empleo de estos materiales tiene como finalidad mejorar las propiedades mecánicas de los materiales locales, incrementar la capacidad estructural del pavimento y reducir los costos de construcción.

c) Pavimentos rígidos:

Según Montejo (2002), los pavimentos rígidos están conformados por una losa de concreto hidráulico apoyada directamente sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado. Debido a la elevada rigidez y al alto módulo de elasticidad del concreto hidráulico, las cargas provenientes del tránsito se distribuyen sobre un área más amplia, reduciendo los esfuerzos transmitidos a las capas inferiores. Asimismo, la resistencia del concreto a los esfuerzos de tracción favorece el comportamiento estructural del pavimento, incluso cuando la subrasante presenta zonas con menor capacidad de soporte.

d) Pavimentos articulados:

Montejo (2002) señala que los pavimentos articulados están constituidos por una capa de bloques prefabricados de concreto (adoquines), colocados sobre una delgada capa de arena, la cual descansa sobre una base granular o, en algunos casos, directamente sobre la subrasante. Este tipo de pavimento se caracteriza por facilitar la distribución de las cargas, permitir el reemplazo individual de los adoquines deteriorados y ofrecer una alternativa eficiente para vías con tránsito ligero y moderado.

2.2.3. Rugosidad

La rugosidad se define como el conjunto de irregularidades o variaciones que presenta la superficie de un pavimento con respecto a una superficie plana ideal o de referencia. Estas irregularidades influyen directamente en la calidad de circulación, el confort de los usuarios, la dinámica de los vehículos, las cargas dinámicas transmitidas a la estructura del pavimento y la eficiencia del sistema de drenaje. En consecuencia, la rugosidad constituye uno de los principales indicadores utilizados para evaluar el estado funcional de un pavimento (ASTM E867, 2006).

2.2.4. Índice de Serviabilidad

Según Coronado (2002), el Índice de Serviabilidad (PSI) es un indicador que permite evaluar el nivel de servicio que ofrece un pavimento, considerando el grado de comodidad y seguridad percibido por los usuarios durante la circulación. Este índice refleja el estado funcional de la superficie de rodadura y su capacidad para proporcionar condiciones adecuadas de transitabilidad.

En la actualidad, el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) constituye uno de los principales parámetros empleados para estimar la serviabilidad de los pavimentos, debido a que existe una relación directa entre la rugosidad superficial y el nivel de servicio que ofrece la vía. Por ello, el IRI se utiliza ampliamente como indicador técnico para evaluar la condición funcional de los pavimentos y apoyar la toma de decisiones relacionadas con su conservación y mantenimiento.

Tabla 1

Clasificación de Índice de serviabilidad segun PSI

Indice de Serviabilidad (PSI)	Clasificación
5 - 4	Muy buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy mala

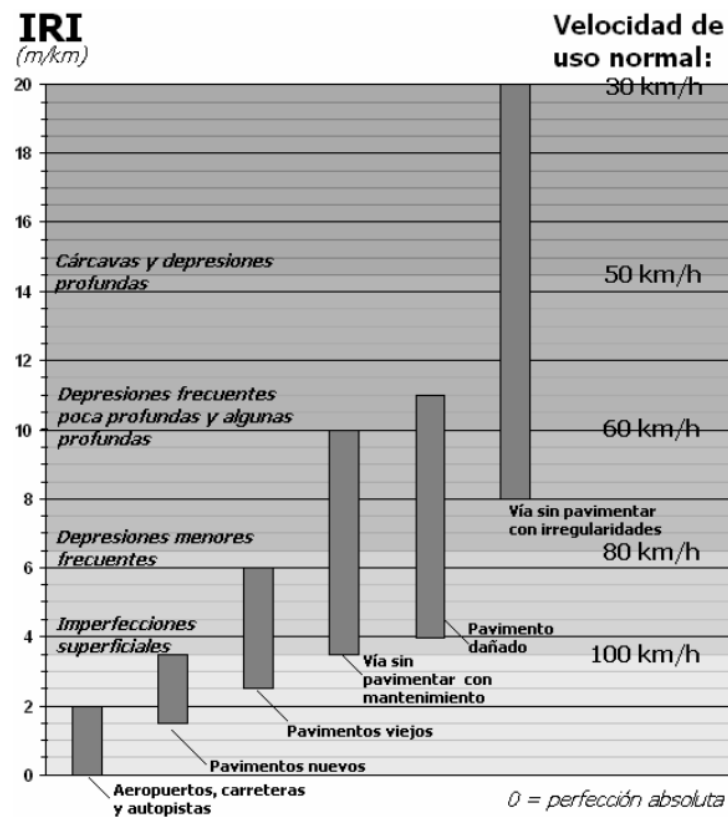
Nota. Elaboración propia con base en AASHTO (1993).

Por su parte, el IRI corresponde a un modelo matemático diseñado para calcular el movimiento acumulado que experimenta la suspensión de un vehículo al desplazarse sobre una vía a una velocidad estándar de 80 km/h, lo que posibilita cuantificar la rugosidad y, con ello, el estado funcional del pavimento (Badilla, 2009).

En base a un estudio realizado por el Banco mundial se clasificaron los caminos en función de IRI.

Figura 2

Escala estándar empleada por el banco Mundial para la clasificación de vías en función del IRI



Nota. Elaboración propia con base en Banco Mundial (1994).

Tabla 2

Valores para determinar el estado vial en Perú según la rugosidad.

Estado	Pavimentada	No pavimentada
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < \text{IRI} \leq 2.80$	$0 < \text{IRI} \leq 6.00$
Regular	$2.80 < \text{IRI} \leq 4.00$	$6.00 < \text{IRI} \leq 8.00$
Malo	$4.00 < \text{IRI} \leq 5.00$	$8.00 < \text{IRI} \leq 10.00$
Muy malo	$5.00 < \text{IRI}$	$10.00 < \text{IRI}$

Nota. Elaboración propia con base en Ministerio de Transportes y

Comunicaciones (2013).

2.2.5. Clasificación de equipos para la medición del IRI

Según Gutiérrez (2004), la clasificación de los equipos utilizados para la medición de la rugosidad de los caminos se organiza en cuatro niveles, de acuerdo con su precisión y el método de obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI):

a) Clase 1: Perfiles de precisión

Corresponde a los equipos de mayor exactitud para la determinación del IRI. En el caso de los perfilómetros estáticos, el análisis del perfil longitudinal debe realizarse en intervalos menores a 250 mm. Para superficies muy lisas, la tolerancia en la medición de la elevación puede alcanzar 0.5 mm; sin embargo, en pavimentos con mayor rugosidad este valor puede incrementarse. Para garantizar

la precisión de los resultados, los perfilómetros de alta velocidad deben ser verificados mediante métodos de referencia, como el sistema de “mira y nivel”.

b) Clase 2: Otros métodos perfil métricos

Incluye los equipos que no alcanzan el nivel de exactitud y precisión requerido para la clase 1. En este caso, tanto los dispositivos como los procedimientos de medición deben ser calibrados mediante métodos independientes que aseguren la confiabilidad de los resultados.

c) Clase 3: IRI estimado a partir de ecuaciones de correlación

En esta categoría, el valor del IRI se obtiene mediante la aplicación de ecuaciones de correlación. Cabe señalar que cada equipo presenta propiedades dinámicas específicas, las cuales pueden variar con el tiempo, lo que influye en la precisión de los resultados obtenidos.

d) Clase 4: Evaluación subjetiva y equipos no calibrados.

Se refiere a los casos en los que el IRI se determina a partir de apreciaciones subjetivas basadas en la experiencia o inspección visual, o mediante el uso de equipos que no han sido calibrados. Esta

clase se emplea cuando no se requiere un alto nivel de precisión en la evaluación.

2.2.6. Equipos para la medición de la rugosidad

Existen diversos equipos que se utilizan para determinar la rugosidad de una vía y se describen en la siguiente tabla.

Tabla 3

Equipos utilizados en la medición de la rugosidad de pavimento.

Equipo	Precisión	Aplicación	Complejidad	Limitaciones
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco práctico y costos elevados para proyectos largos
Perfilógrafos	Medio	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red
Equipos tipo respuesta (RTRRMS)	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica del vehículo
Perfilómetro inercial	Muy alto	Monitoreo de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales	Muy compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Su principal uso es la evaluación de redes viales grandes

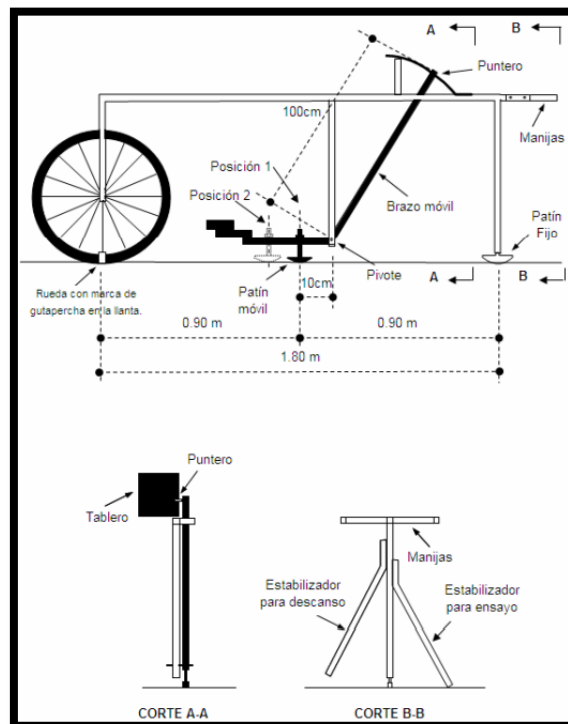
Nota. Elaboración propia con base en Badilla et al. (2008).

2.2.7. Rugosímetro de Merlín

El rugosímetro MERLIN es un instrumento versátil, sencillo y económico, diseñado para su aplicación en países en vías de desarrollo, como el Perú. Este equipo permite estimar la rugosidad del pavimento mediante procedimientos de medición prácticos y de bajo costo operativo. Asimismo, la correlación entre los resultados obtenidos con el MERLIN y la escala del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) presenta un alto grado de ajuste, evidenciado por un coeficiente de determinación cercano a la unidad ($R^2 = 0.98$), lo que demuestra su elevada confiabilidad en la estimación de la condición superficial del pavimento (Del Águila, 1999).

Figura 3

Esquema del Rugosímetro de MERLIN



Nota. Elaboración propia con base en Del Águila (1999).

El rugosímetro MERLIN consta de un marco estructural conformado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilitar su desplazamiento y operación, el elemento vertical delantero está constituido por una rueda, mientras que el elemento vertical posterior incorpora dos soportes laterales inclinados: uno ubicado en el lado derecho, utilizado para fijar el equipo al suelo

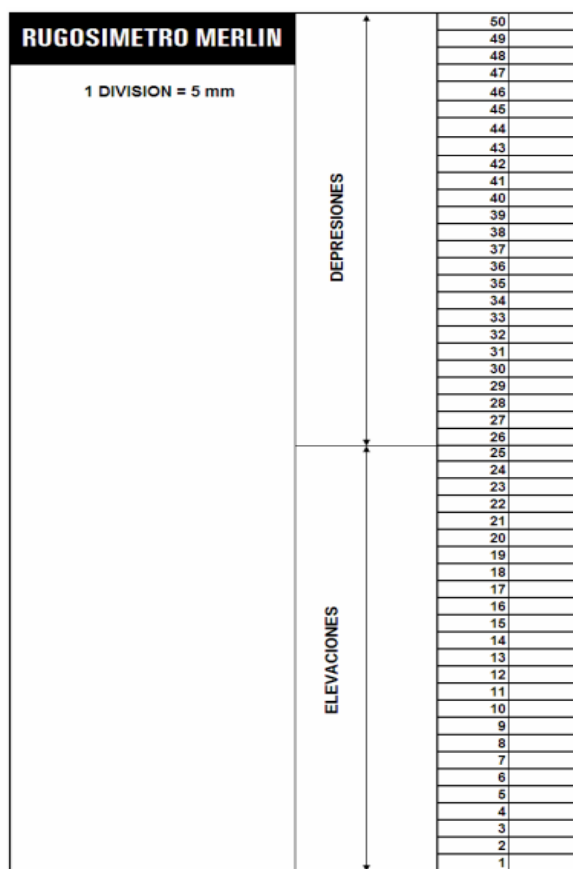
durante los ensayos, y otro en el lado izquierdo, empleado como apoyo para el reposo del instrumento.

El elemento horizontal se proyecta hacia la parte posterior mediante dos manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, facilitando su desplazamiento sobre la rueda de manera similar al funcionamiento de una carretilla. Asimismo, la relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es de 1 a 10, de modo que un desplazamiento vertical de 1 mm en el extremo inferior del patín móvil genera un movimiento de 1 cm en el puntero.

Para el registro de dichos desplazamientos, se utiliza una escala gráfica dividida en 50 segmentos, lo que permite una lectura precisa de las variaciones del puntero (véase la figura 6) (Del Águila, 1999).

Figura 4

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento.



Nota. Elaboración propia con base en Del Águila (1999).

Figura 5

Formato para la recolección de 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											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
											TIPO DE PAVIMENTO :
											AFRIMADO ☐
											BASE GRANULAR ☐
											BASE IMPRIMADA ☐
											TRAT. BICAPA ☐
											CARPETA EN FRIO ☐
											CARP. EN CALIENTE ☐
											RECAPEO ASFALTICO ☐
											SELLO ☐
											OTROS ☐
OBSERVACIONES : _____											

Nota. Elaboración propia con base en Del Águila (1999).

2.2.8. Aplicativo ABAKAL IRI

El aplicativo ABAKAL IRI permite estimar los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) a partir de las vibraciones registradas por un teléfono inteligente instalado en un vehículo en movimiento. Para ello, utiliza los sensores de aceleración del dispositivo, junto con el sistema de posicionamiento global (GPS), generando información del IRI en tramos de 100 metros.

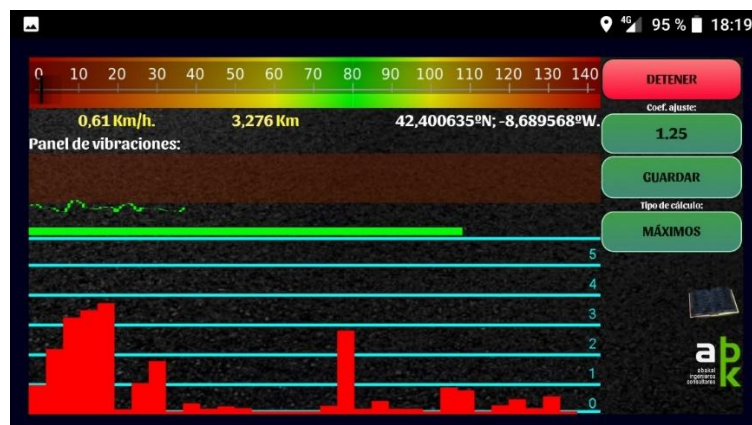
El procedimiento requiere que el vehículo mantenga una velocidad constante aproximada de 50 km/h. Asimismo, el teléfono debe colocarse de manera estable, preferentemente en el parabrisas del vehículo, a fin de garantizar un adecuado registro de datos y el correcto funcionamiento del software.

El sistema genera diferentes archivos de salida, de los cuales los principales son los siguientes:

- **IRI.csv**, que contiene la información necesaria para la elaboración de gráficos y procesamiento de datos.
- **IRI.kml**, que permite la visualización y exportación de los resultados en el programa Google Earth.

Figura 6

Interfaz aplicativo ABAKAL IRI



Nota. Fuente: ABAKAL (2026).

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

• PAVIMENTO

El término *pavimento* proviene del latín *pavimentum* y se refiere a la capa o conjunto de capas que conforman la superficie de una infraestructura vial o de un terreno acondicionado de forma artificial. Su función principal es servir de soporte al tránsito de personas, vehículos y cargas que circulan sobre él (Pérez & Gardey, 2023).

• TRANSITABILIDAD

La transitabilidad hace referencia a la calidad funcional que perciben los usuarios al desplazarse por una vía. Esta condición se relaciona con la capacidad de la carretera para permitir un tránsito fluido, seguro y a una velocidad acorde con su categoría funcional (PIARC, 2023).

• RUGOSIMETRO

El rugosímetro o perfilómetro es un equipo ampliamente utilizado en ingeniería para la medición de la rugosidad superficial de componentes y estructuras, especialmente en el ámbito de la infraestructura vial (Hinojosa & Reyes, 2001).

• SMARTPHONE

El teléfono inteligente, conocido también como *smartphone*, es un dispositivo portátil que integra las funciones de un teléfono móvil tradicional con las capacidades de una computadora de bolsillo. Cuenta con pantalla táctil,

sistema operativo y diversas aplicaciones que amplían sus funciones más allá de la comunicación (Equipo editorial, 2022).

- RUGOSIDAD

La rugosidad se define como la presencia de pequeñas irregularidades en una superficie, las cuales determinan su textura o acabado. Estas discontinuidades pueden describirse como patrones característicos presentes en las superficies físicas (Alves et al., 2011).

III. CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. METODOLOGIA Y TECNICAS UTILIAZADAS

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACION

Para el desarrollo de la presente investigación, se adoptó un enfoque de tipo aplicada, caracterizado por la orientación hacia el uso práctico de los conocimientos obtenidos. Este tipo de investigación implica la sistematización de la información y su posterior aplicación en la solución de problemas concretos derivados del estudio. En este sentido, la utilización de los resultados y conclusiones permite comprender la realidad de manera rigurosa, metódica y coherente (Murillo, 2008).

En el caso específico de la presente investigación, este enfoque se justifica por el análisis comparativo que se realizará entre el rugosímetro MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI en la vía TA-610, con el propósito de determinar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

En cuanto al enfoque de investigación, este corresponde al enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por su naturaleza secuencial y basada en la evidencia. Este enfoque implica la formulación de hipótesis y la identificación de variables problemáticas, las cuales son sometidas a prueba mediante procedimientos metodológicos previamente establecidos. Asimismo, las variables son medidas en condiciones controladas y específicas, lo que permite

obtener conclusiones objetivas respecto a las hipótesis planteadas (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACION

En lo que respecta al nivel de investigación, este corresponde al nivel descriptivo, ya que se orienta a identificar y describir la ocurrencia, así como los valores que adoptan una o más variables dentro del estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), este nivel permite caracterizar los fenómenos tal como se presentan en la realidad, sin intervenir en su modificación.

3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Para la presente investigación, se adoptó un diseño no experimental, debido a que, según Mertens (2007), este tipo de diseño se caracteriza por analizar variables que no son manipuladas de manera deliberada o cuya manipulación resulta compleja, observándolas en su contexto natural para su posterior análisis.

En relación con el corte de la investigación, este corresponde a un diseño transversal, puesto que, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la recolección de datos se realiza en un único momento del tiempo. En este sentido, los parámetros de diseño considerados en la presente investigación serán obtenidos en una sola ocasión, lo que permite describir la situación del objeto de estudio en un periodo específico.

Asimismo, el estudio se enmarca dentro del enfoque hipotético-deductivo, dado que permite contrastar la hipótesis planteada a partir de la relación entre las variables de estudio. Al respecto, Canpo (2011) señala que este método parte de la formulación de hipótesis derivadas de premisas generales y empíricas, las cuales posteriormente son sometidas a verificación mediante la evidencia obtenida, con el fin de aceptarlas o rechazarlas.

3.2. POBLACION Y MUESTRA

3.2.1. POBLACION

Con relación a la población, Ventura (2017) la define como el conjunto de elementos que forman parte de un estudio, con el propósito de establecer relaciones con los fenómenos que se desean analizar. En ese sentido, la población de la presente investigación está constituida por la vía TA-610, ubicada en el distrito de Sama.

3.2.2. MUESTRA

En lo que respecta a la muestra, Arias (2006) la define como un subgrupo representativo que forma parte de una población determinada. En este contexto, la muestra del presente estudio está conformada por un tramo de 2 kilómetros lineales en ambos sentidos de la vía TA-610, el cual fue seleccionado con el propósito de obtener los datos necesarios para el desarrollo del análisis comparativo del Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

3.3. PROCEDIMIENTO

3.3.1. PROCESAMIENTO DE DATOS CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

El procedimiento de medición mediante el rugosímetro de Merlín se basa en la recolección de 200 lecturas por cada tramo de 400 metros, considerando ambos sentidos de circulación de la vía, es decir, el carril de subida y el de bajada. Posteriormente, los datos obtenidos son procesados en una hoja de cálculo (Excel), con la finalidad de calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Finalmente, los resultados se analizan mediante cuadros comparativos que permiten interpretar la condición funcional del pavimento evaluado.

El procedimiento se desarrolla siguiendo los siguientes pasos:

- Se conforma un equipo de trabajo integrado por tres personas: una encargada de la manipulación del equipo, otra del registro de datos y una tercera responsable del apoyo en seguridad durante el levantamiento de información en campo.
- Como primer paso, se realiza la calibración del rugosímetro de Merlín antes del inicio de la toma de datos.
- Se preparan previamente los formatos de campo necesarios para el registro ordenado de la información recolectada durante el ensayo.

Figura 7

Formato de registro de lecturas con Rugosímetro de Merlín.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL
RUGOSIMETRO DE MERLIN

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL
TESIS: PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL
 IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

TRAMO: _____ **FECHA:** _____
CARRIL: _____ **HORA:** _____
DE ENSAYO: _____ **DATOS:** _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO ☐ BASE GRANULAR ☐ BASE AFIRMADA ☐ TRAT. BICAPA ☐ CARPETA EN FRIO ☐ CARPETA EN CALIENTE ☐ RECAPEO ASFALTICO ☐ SELLO ☐ OTROS ☐
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Nota. Elaboración propia.

- El ensayo inicia cuando el operador levanta el equipo sujetando las manijas y lo desplaza aproximadamente dos metros. Durante el recorrido, el operador se guía del símbolo marcado en la rueda del rugosímetro para controlar la distancia de avance.
- Una vez detenido el equipo, se procede a la lectura del puntero, registrando el valor correspondiente, el cual varía entre 1 y 50 en función del estado de la vía. Este procedimiento se repite de manera

continua hasta completar las 200 lecturas establecidas por cada tramo de 400 metros de longitud.

Figura 8

Calibración del Rugosímetro de Merlín.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 9

Inicio de lecturas carril derecho (Ida).



Nota. Elaboración Propia.

Figura 10

Lectura de datos de tramos siguientes-Carril derecho



Nota. Elaboración Propia.

Figura 11

Lectura de datos de tramos siguientes-Carril derecho II



Nota. Elaboración Propia.

Figura 12

Finalización de lectura de campo carril derecho - 2km.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 13

Inicio de lecturas carril Izquierdo (vuelta).



Nota. Elaboración Propia.

Figura 14

Lectura de datos de tramos siguientes-Carril Izquierdo.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 15

Lectura de datos de tramos siguientes-Carril Izquierdo II.



Nota. Elaboración Propia.

3.3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI.

- Para empezar, se instalar el aplicativo ABAKAL IRI en el teléfono inteligente.

Figura 16

Instalación de aplicativo ABAKAL IRI.

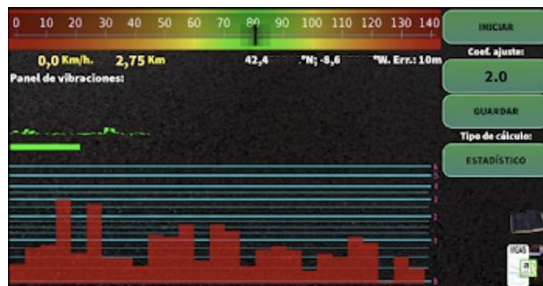


Nota. Elaboración Propia.

- Posteriormente se fija el teléfono inteligente en el vehículo.
- Configuramos en Coeficiente de Ajuste: 2.0
- Configuramos en tipo de cálculo ESTADÍSTICO
- Se da Inicio presionando el botón INICIO, donde el dispositivo realizara el registro de los datos mientras nos vamos desplazando con el vehículo a una velocidad entre 40-60 km/h.

Figura 17

INICIO para comenzar el registro de datos.



Nota. Elaboración Propia.

- Al llegar al final del recorrido pulsamos PARAR y finalmente DETENER, para posteriormente descargar los datos.

Figura 18

Presiona PARAR y posteriormente DETENER para culminar el registro de datos.



Nota. Elaboración Propia.

IV. CAPITULO IV: RESULTADOS

Para la obtención de las lecturas de campo y el posterior procesamiento de los resultados mediante el rugosímetro MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, se consideraron los siguientes criterios metodológicos:

- En la evaluación del carril derecho (sentido ascendente), se estableció como punto inicial la intersección de la vía TA-610 con la carretera Panamericana Sur, la cual, para fines de la investigación, se definió como la progresiva Km 0+000.00 del carril derecho.
- En cuanto a la evaluación del carril izquierdo, se tomó como punto de inicio el extremo final del carril derecho, manteniendo la continuidad de las progresivas establecidas, siendo la progresiva inicial Km 2+000.00.

4.1 CALCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

Para el cálculo del IRI mediante el rugosímetro de Merlín se evaluó tramos de 400 metros lo longitud, de cada tramo se analizaron 200 lecturas, para la presente investigación se realizó la evaluación de la calzada derecha e izquierda con una longitud de 2km cada uno.

Figura 19

Datos registrados en campo, Carril derecho-Tramo 01

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL
TESIS: PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI
 EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

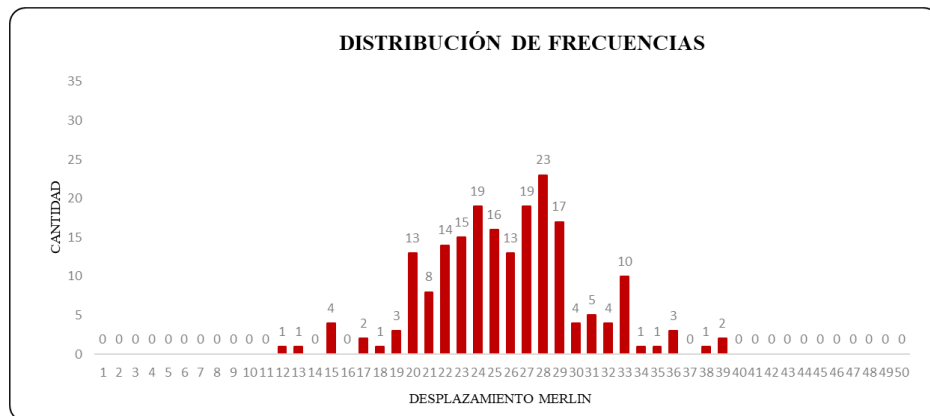
TRAMO: I **FECHA:** 30/01/2026
CARRIL: DERECHO **HORA:** 6:00 a. m.
N° DE ENSAYO 1 **DATOS:** LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	26	33	23	25	29	28	34	24	24	29	TIPO DE PAVIMENTO
2	21	27	19	24	21	22	28	26	32	27	
3	26	23	24	20	27	28	25	24	26	28	AFIRMADO ☐
4	36	24	28	29	29	28	25	33	23	29	BASE GRANULAR ☐
5	36	22	21	27	22	24	29	21	27	25	
6	28	20	23	28	32	29	26	27	33	38	BASE AFIRMADA ☐
7	20	29	25	20	27	36	24	31	31	33	
8	22	26	22	29	19	30	22	29	19	28	TRAT. BICAPA ☐
9	23	20	22	29	28	24	24	27	25	21	
10	27	25	22	24	30	28	15	28	23	29	CARPETA EN FRIO ☒
11	33	25	20	25	27	33	25	28	13	22	
12	22	24	20	27	20	28	35	33	15	30	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	27	27	20	20	21	39	21	26	24	18	
14	20	28	28	33	23	23	26	25	33	31	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	39	12	29	21	23	28	22	29	24	32	
16	31	25	24	26	22	22	15	23	26	28	SELLO ☐
17	17	26	33	23	24	27	15	26	27	25	
18	27	27	28	27	17	25	20	29	29	20	OTROS ☐
19	29	25	23	23	23	24	27	32	31	26	
20	24	23	28	28	25	30	22	28	28	24	

Nota. Elaboración Propia.

Figura 20

Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 01.



Nota. Elaboración Propia.

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 01.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 22

Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 02.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

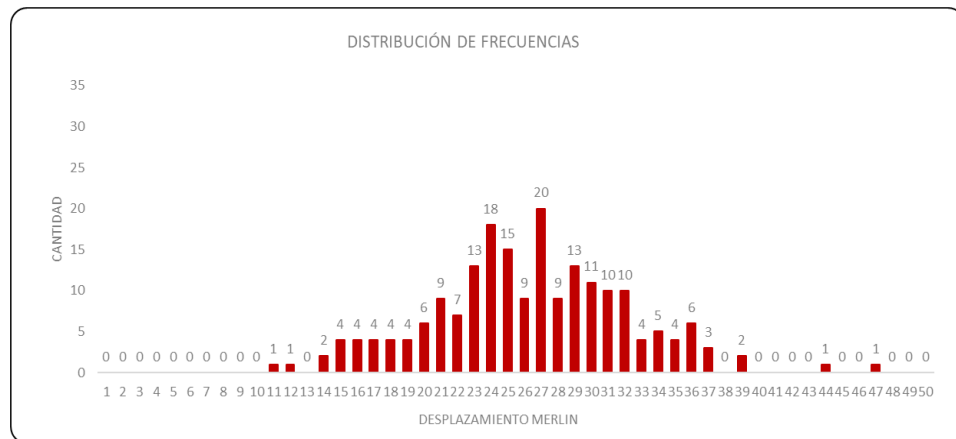
TRAMO:	II	FECHA:	30/01/2026
CARRIL:	DERECHO	HORA:	6:20 a. m.
Nº DE ENSAYO:	2	DATOS:	LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	25	32	27	25	26	31	24	26	27	TIPO DE PAVIMENTO
2	27	29	26	21	27	16	31	36	27	32	
3	29	30	34	30	19	27	35	31	26	25	AFIRMADO ☐
4	30	30	37	34	17	34	17	23	31	28	BASE GRANULAR ☐
5	30	31	27	24	24	14	20	24	33	25	
6	34	25	39	29	28	21	21	23	36	23	BASE AFIRMADA ☐
7	22	31	24	28	30	35	27	27	26	29	
8	26	23	29	24	23	35	28	21	32	23	TRAT. BICAPA ☐
9	26	16	23	23	24	44	20	25	34	47	
10	32	17	25	32	29	35	32	24	27	29	CARPETA EN FRIO ☒
11	25	28	28	31	32	28	31	20	33	22	
12	24	27	37	30	27	26	27	24	30	18	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	25	22	26	23	25	27	25	24	29	33	
14	27	30	15	29	32	27	14	27	36	16	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	27	22	17	31	31	37	20	24	24	22	
16	32	19	27	39	25	19	25	18	21	32	SELLO ☐
17	11	30	18	29	36	22	25	29	33	29	
18	28	23	16	15	22	23	30	24	24	19	OTROS ☐
19	21	20	15	23	24	20	21	27	21	12	
20	24	24	21	15	23	18	29	36	36	28	

Nota. Elaboración Propia.

Figura 23

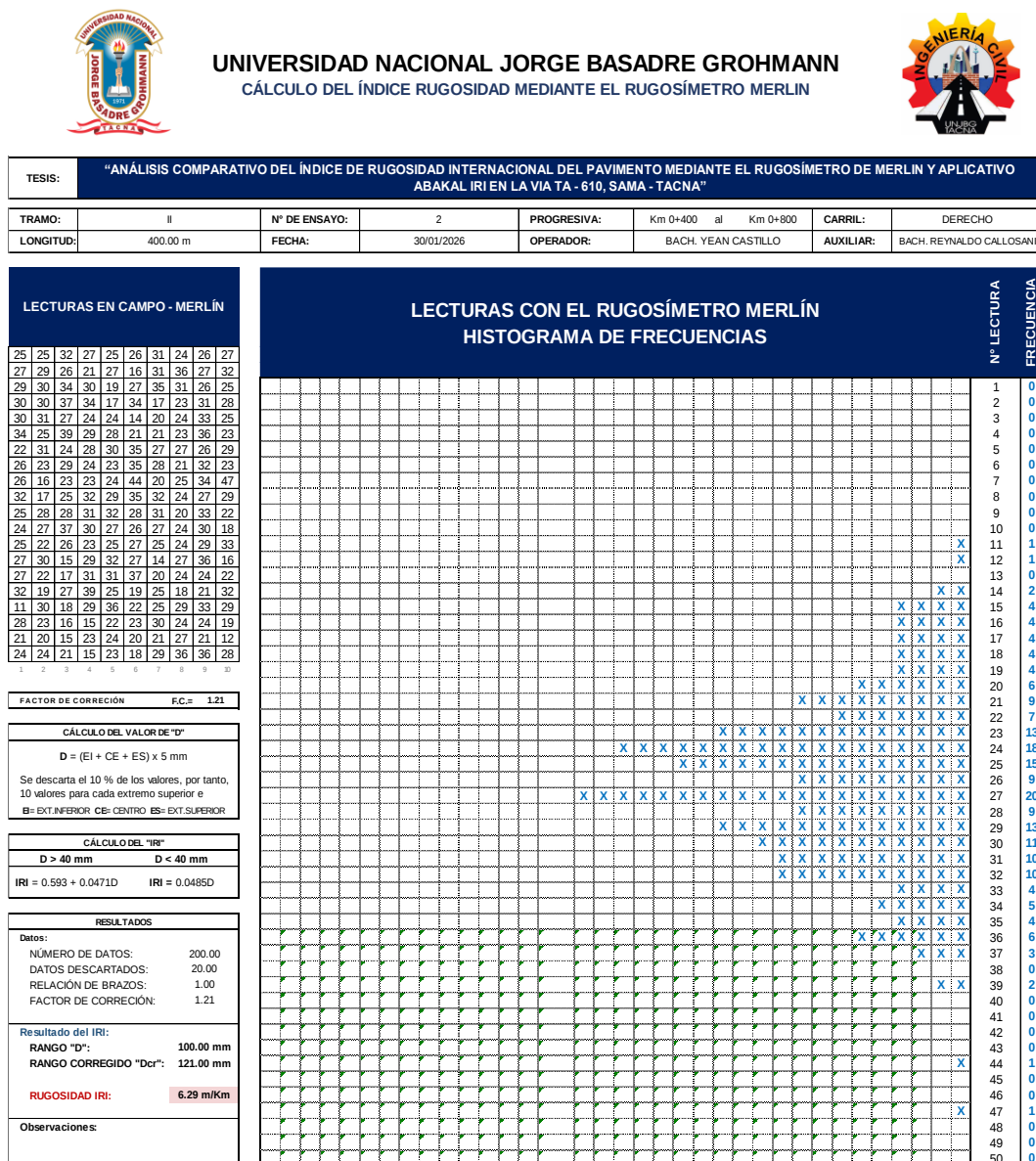
Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 02.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 24

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 02.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 25

Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 03.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

TESIS:

TRAMO: III
FECHA: 30/01/2026

CARRIL: DERECHO
HORA: 6:40 a. m.

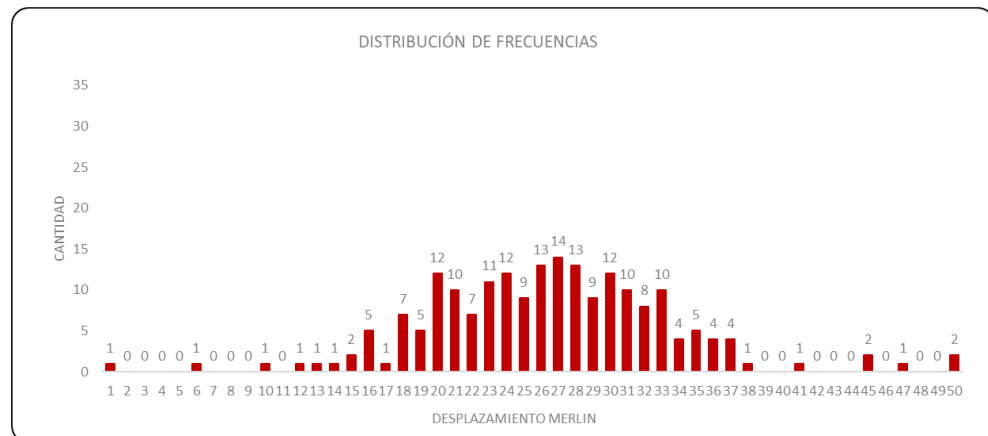
N° DE ENSAYO: 3
DATOS: LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	30	18	22	20	25	45	33	31	22	24	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO ☐ BASE GRANULAR ☐ BASE AFIRMADA ☐ TRAT. BICAPA ☐ CARPETA EN FRIO ☒ X CARPETA EN CALIENTE ☐ RECAPEO ASFALTICO ☐ SELLO ☐ OTROS ☐
2	28	33	19	29	29	27	23	31	30	33	
3	24	32	27	25	36	28	36	24	31	37	
4	20	23	28	29	30	18	20	6	29	30	
5	38	36	15	26	33	16	27	31	32	26	
6	32	25	27	28	29	26	16	23	12	16	
7	33	21	27	26	21	26	31	31	32	21	
8	28	26	31	30	22	47	33	20	26	20	
9	20	20	26	21	26	35	25	20	27	24	
10	25	31	29	32	26	27	35	28	32	27	
11	35	26	27	22	26	31	34	35	19	18	
12	27	21	19	30	18	23	16	33	33	23	
13	14	23	27	30	24	34	15	18	21	41	
14	24	20	24	22	21	16	10	28	24	22	
15	30	30	27	27	37	24	28	19	21	22	
16	29	25	24	17	32	25	28	28	50	23	
17	31	20	32	37	25	26	20	13	1	28	
18	33	30	27	25	19	20	37	34	50	21	
19	23	18	23	23	28	36	30	30	23	33	
20	29	45	24	24	35	28	18	21	29	34	

Nota. Elaboración Propia.

Figura 26

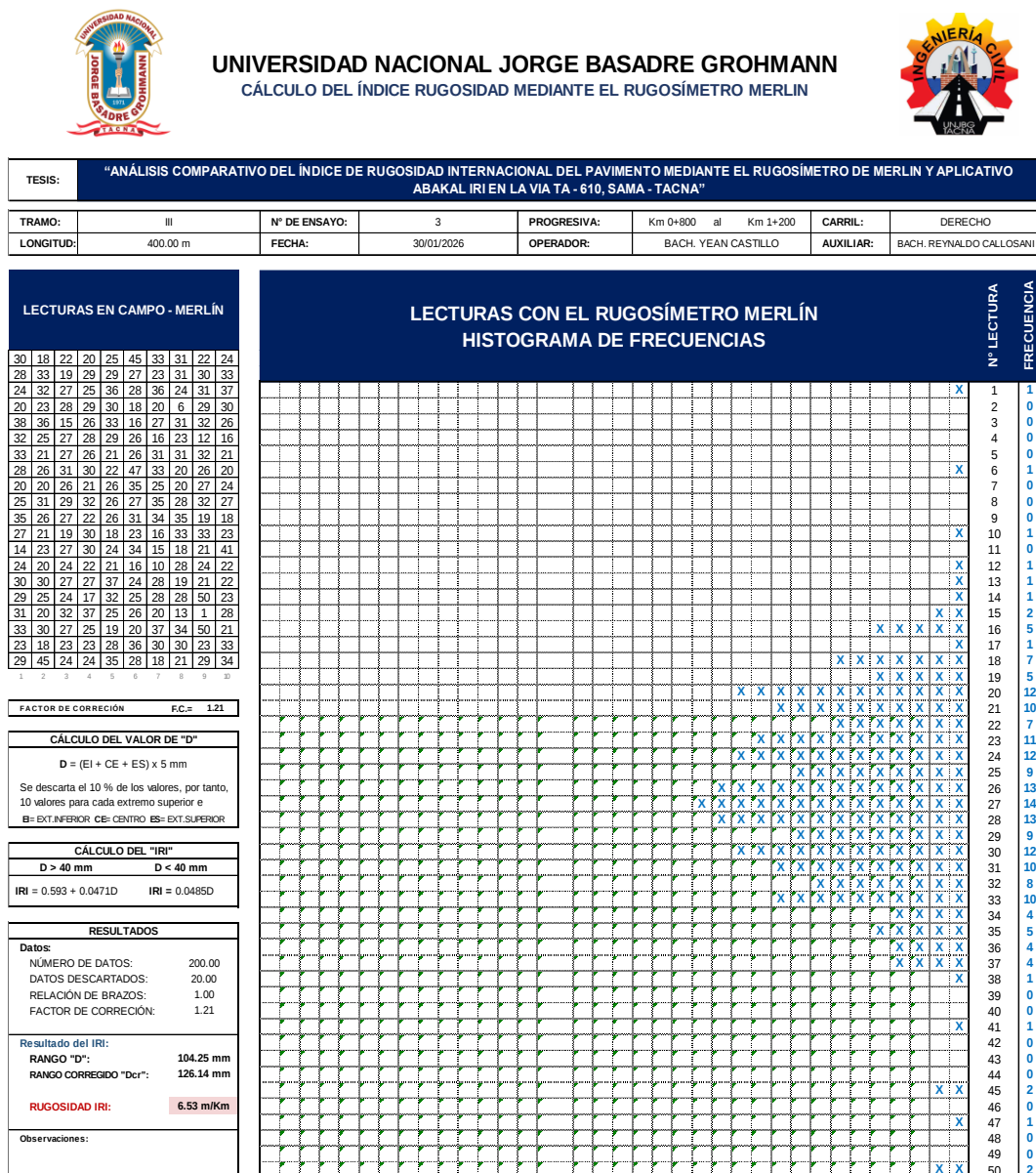
Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 03.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 27

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 03.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 28

Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 04.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

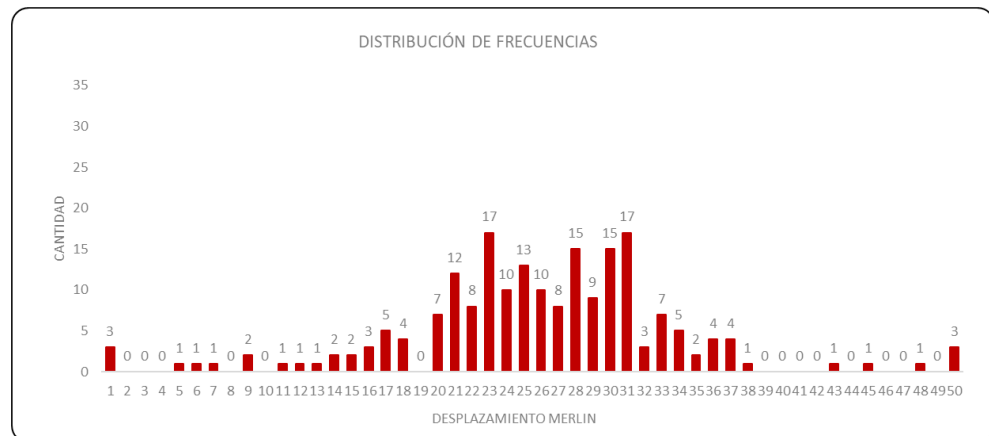
TESIS: TRAMO: IV
FECHA: 30/01/2026
CARRIL: DERECHO
HORA: 7:00 a. m.
N° DE ENSAYO: 4
DATOS: LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	15	32	29	29	18	28	21	31	23	TIPO DE PAVIMENTO
2	31	14	23	23	24	9	27	21	25	16	
3	34	24	23	1	31	23	36	32	23	25	AFIRMADO ☐
4	25	30	50	29	28	20	22	26	15	29	BASE GRANULAR ☐
5	28	21	1	20	29	23	28	31	31	26	
6	23	31	48	33	22	25	30	20	26	23	BASE AFIRMADA ☐
7	18	30	27	30	21	20	32	21	35	28	
8	30	30	31	31	27	17	22	37	33	21	TRAT. BICAPA ☐
9	30	43	29	28	24	20	21	37	26	27	
10	21	28	28	17	21	25	26	25	33	31	CARPETA EN FRIO ☒
11	23	27	30	34	45	30	20	24	26	24	
12	28	25	28	22	23	28	27	26	9	33	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	20	50	36	16	31	11	30	18	25	36	
14	23	27	28	31	22	25	35	29	30	31	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	13	34	33	37	25	26	30	28	23	22	
16	30	7	26	5	21	29	24	28	17	27	SELLO ☐
17	23	16	23	6	33	17	25	29	25	30	
18	38	1	17	14	31	31	37	34	34	24	OTROS ☐
19	28	18	31	31	12	24	31	23	24	24	
20	33	50	22	22	36	21	30	26	23	21	

Nota. Elaboración Propia.

Figura 29

Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 04.



Nota. Elaboración Propia.

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 04.



LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

Nº LECTURA	FRECUENCIA
1	3
2	0
3	0
4	0
5	1
6	1
7	1
8	0
9	2
10	0
11	1
12	1
13	1
14	2
15	2
16	3
17	5
18	4
19	0
20	7
21	1
22	8
23	1
24	1
25	1
26	1
27	8
28	1
29	9
30	1
31	1
32	3
33	7
34	5
35	2
36	4
37	1
38	1
39	0
40	0
41	0
42	0
43	1
44	0
45	0
46	0
47	0
48	1
49	0

79

Figura 31

Datos obtenidos en campo, Carril derecho-Tramo 05.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

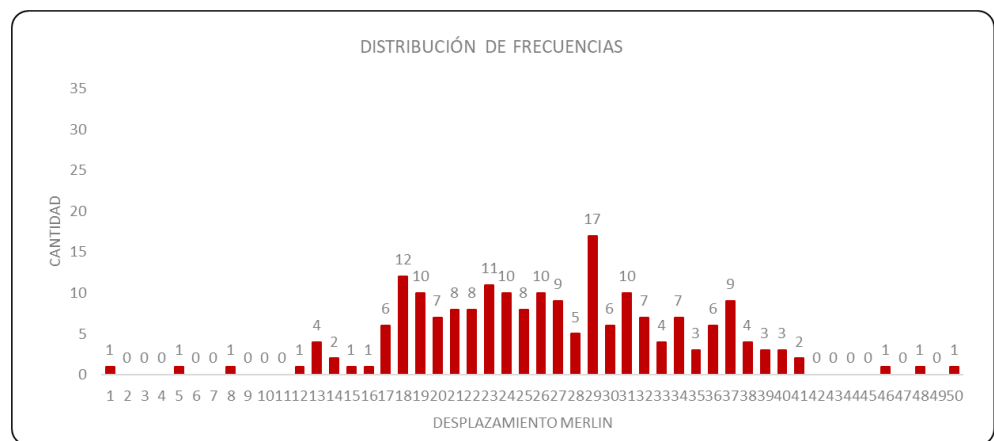
TESIS: FECHA:
30/01/2026
TRAMO: V **HORA:**
7:20 a. m.
CARRIL: DERECHO **DATOS:**
LECTURA CAMPO
N° DE ENSAYO 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	27	27	27	28	21	22	35	30	17	23	TIPO DE PAVIMENTO
2	34	18	23	40	40	30	30	19	34	27	
3	30	26	8	29	26	28	34	46	26	19	AFIRMADO ☐
4	21	21	17	39	34	18	32	20	29	21	BASE GRANULAR ☐
5	37	35	20	34	37	18	25	31	32	23	
6	24	37	18	29	29	22	35	19	29	23	BASE AFIRMADA ☐
7	29	23	23	17	36	21	1	31	20	23	
8	19	23	17	28	32	38	50	26	27	13	TRAT. BICAPA ☐
9	25	18	31	48	20	33	30	31	19	29	
10	17	32	12	21	15	18	29	31	26	38	CARPETA EN FRIO ☒
11	14	21	18	29	5	31	27	37	25	23	
12	33	21	27	37	19	25	34	22	26	32	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	38	19	24	41	22	24	22	23	25	19	
14	13	26	13	18	36	18	29	29	31	37	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	24	13	17	24	41	36	29	32	22	29	
16	24	38	22	33	37	19	31	28	24	25	SELLO ☐
17	26	31	23	20	16	29	20	18	26	36	
18	27	33	32	19	24	36	30	29	29	36	OTROS ☐
19	39	37	39	40	24	25	25	28	27	20	
20	26	34	24	18	14	31	22	29	18	37	

Nota. Elaboración propia

Figura 32

Gráfico de distribución de frecuencias, Carril derecho-Tramo 05.



Nota. Elaboración propia

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril derecho-Tramo 05.



Nota. Elaboración propia.

Figura 34

Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 01.

HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

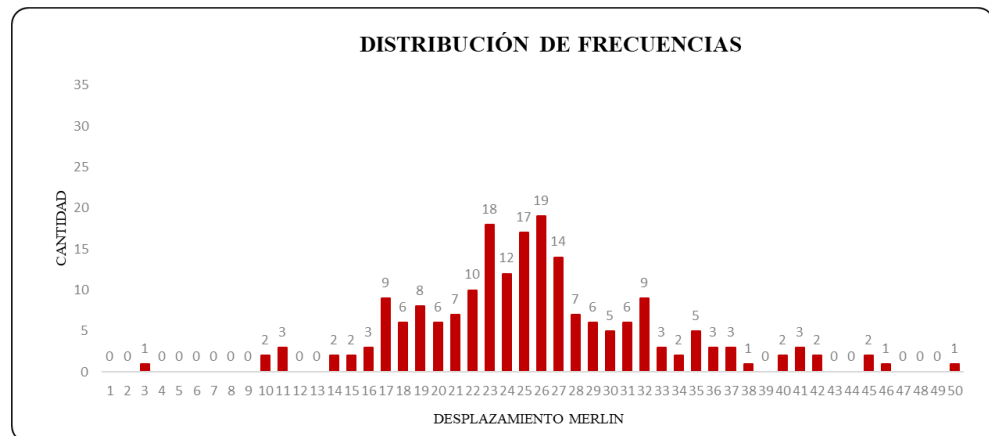
TRAMO: I FECHA: 30/01/2026
 CARRIL: IZQUIERDO HORA: 7:30 a. m.
 N° DE ENSAYO: 6 DATOS: LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	26	30	17	26	19	10	26	27	26	28	TIPO DE PAVIMENTO
2	27	22	32	38	27	21	25	23	25	34	
3	32	25	35	27	22	27	19	17	36	28	AFIRMADO ☐
4	19	24	25	11	19	26	18	27	26	32	BASE GRANULAR ☐
5	33	34	24	27	21	22	31	28	30	36	
6	30	18	23	23	45	17	22	33	20	40	BASE AFIRMADA ☐
7	19	26	25	28	37	31	17	32	46	33	
8	26	35	32	20	31	25	37	37	32	24	TRAT. BICAPA ☐
9	31	32	23	45	20	42	26	16	11	29	
10	27	30	17	24	27	18	27	26	15	23	CARPETA EN FRIO ☒
11	29	31	27	29	25	23	26	22	25	40	
12	26	24	24	22	25	26	17	36	25	16	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	22	24	25	23	17	35	22	22	19	31	
14	23	23	25	21	24	27	14	35	28	25	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	27	24	23	11	23	35	32	23	26	17	
16	17	32	29	41	18	41	41	18	42	23	SELLO ☐
17	20	24	28	25	23	25	21	16	23	19	
18	19	20	28	21	26	21	25	26	21	14	OTROS ☐
19	26	29	22	30	50	20	24	23	25	29	
20	23	26	18	27	24	10	26	15	23	3	

Nota. Elaboración propia.

Figura 35

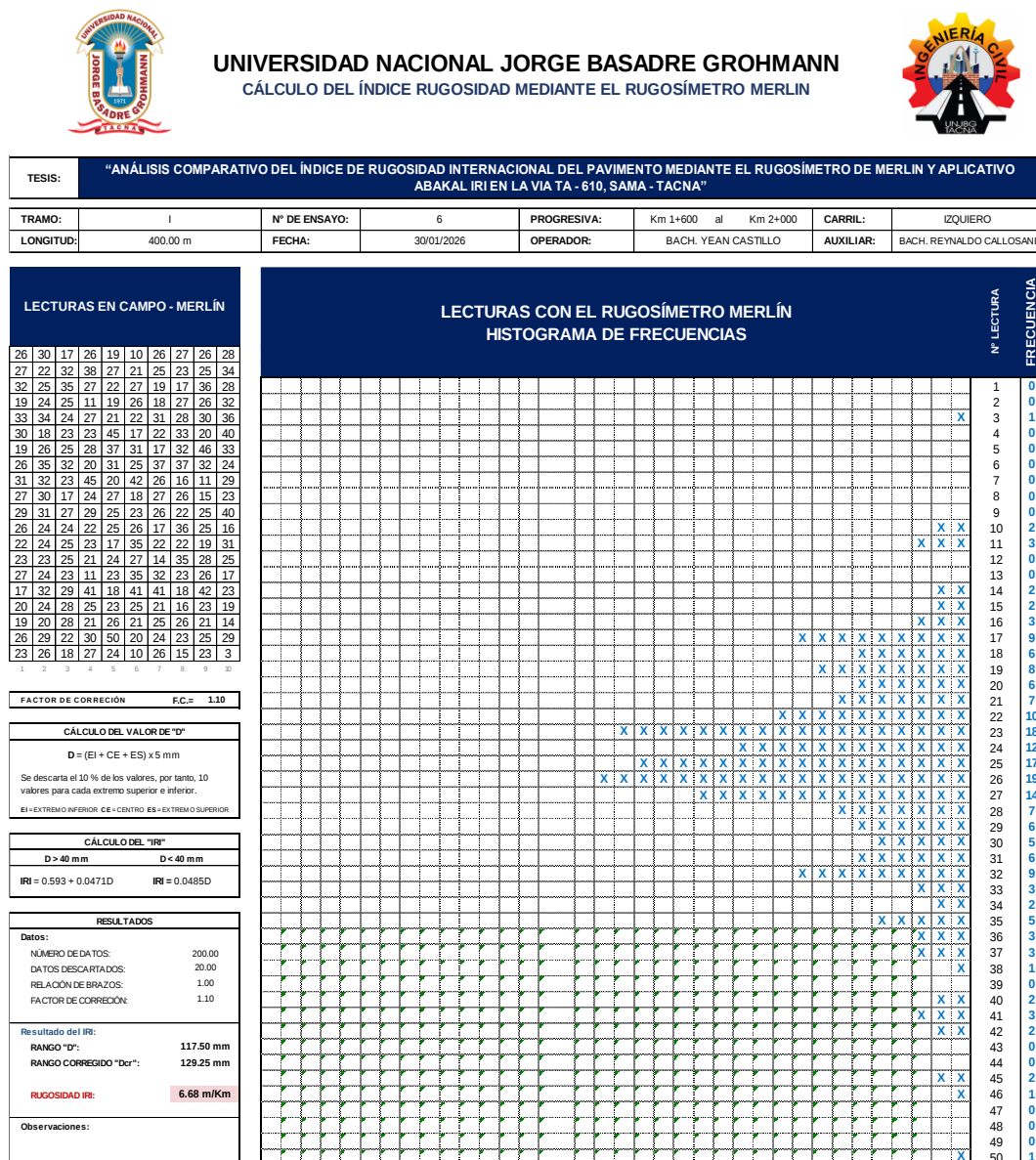
Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 01.



Nota. Elaboración propia.

Figura 36

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 01.



Nota. Elaboración propia.

Figura 37

Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 02.

**HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL
RUGOSIMETRO DE MERLÍN**

*ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL
PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y APLICATIVO ABAKAL
IRI EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA*

TESIS:

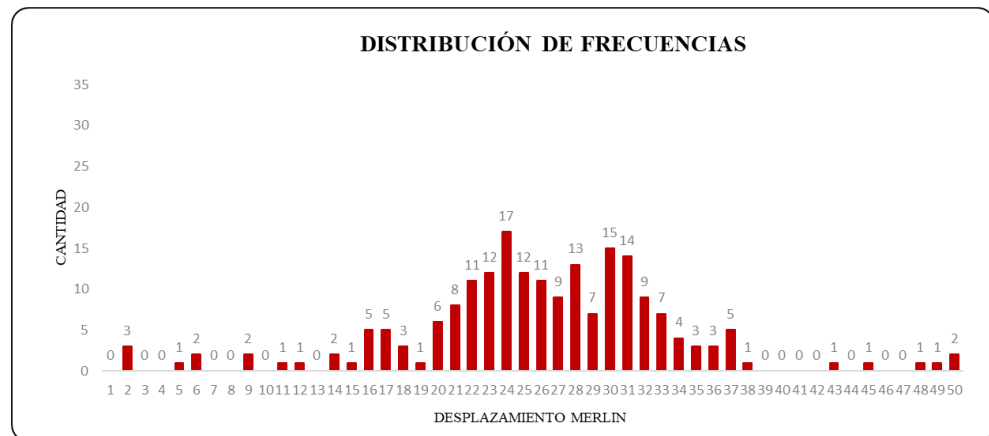
TRAMO: II **FECHA:** 30/01/2026
CARRIL: IZQUIERDO **HORA:** 7:50 a.m.
DE ENSAYO: 7 **DATOS:** LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	24	16	33	30	28	18	28	22	32	25	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO ☐ BASE GRANULAR ☐ BASE AFIRMADA ☐ TRAT. BICAPA ☐ CARPETA EN FRIO ☒ CARPETA EN CALIENTE ☐ RECAPEO ASFALTICO ☐ SELLO ☐ OTROS ☐
2	32	16	23	23	24	9	27	21	25	16	
3	35	24	23	2	31	23	36	32	23	25	
4	26	30	50	29	28	20	22	26	15	29	
5	27	21	2	20	29	23	28	31	31	26	
6	24	31	48	33	22	25	30	20	26	23	
7	19	30	27	30	21	20	32	21	35	28	
8	32	30	31	31	27	17	22	37	33	21	
9	32	43	29	28	24	20	21	37	26	27	
10	22	28	28	17	21	25	26	25	33	31	
11	23	27	30	34	45	30	20	24	26	24	
12	26	25	30	22	23	28	27	26	9	33	
13	22	50	37	16	31	11	30	18	25	36	
14	24	27	28	32	22	25	35	29	30	31	
15	14	34	33	36	25	26	30	28	23	22	
16	30	6	26	5	21	29	24	28	17	27	
17	24	16	23	6	33	17	25	29	25	30	
18	38	2	17	14	31	31	37	34	34	24	
19	30	18	31	31	12	24	31	23	24	24	
20	32	49	24	24	37	22	32	28	24	22	

Nota. Elaboración propia.

Figura 38

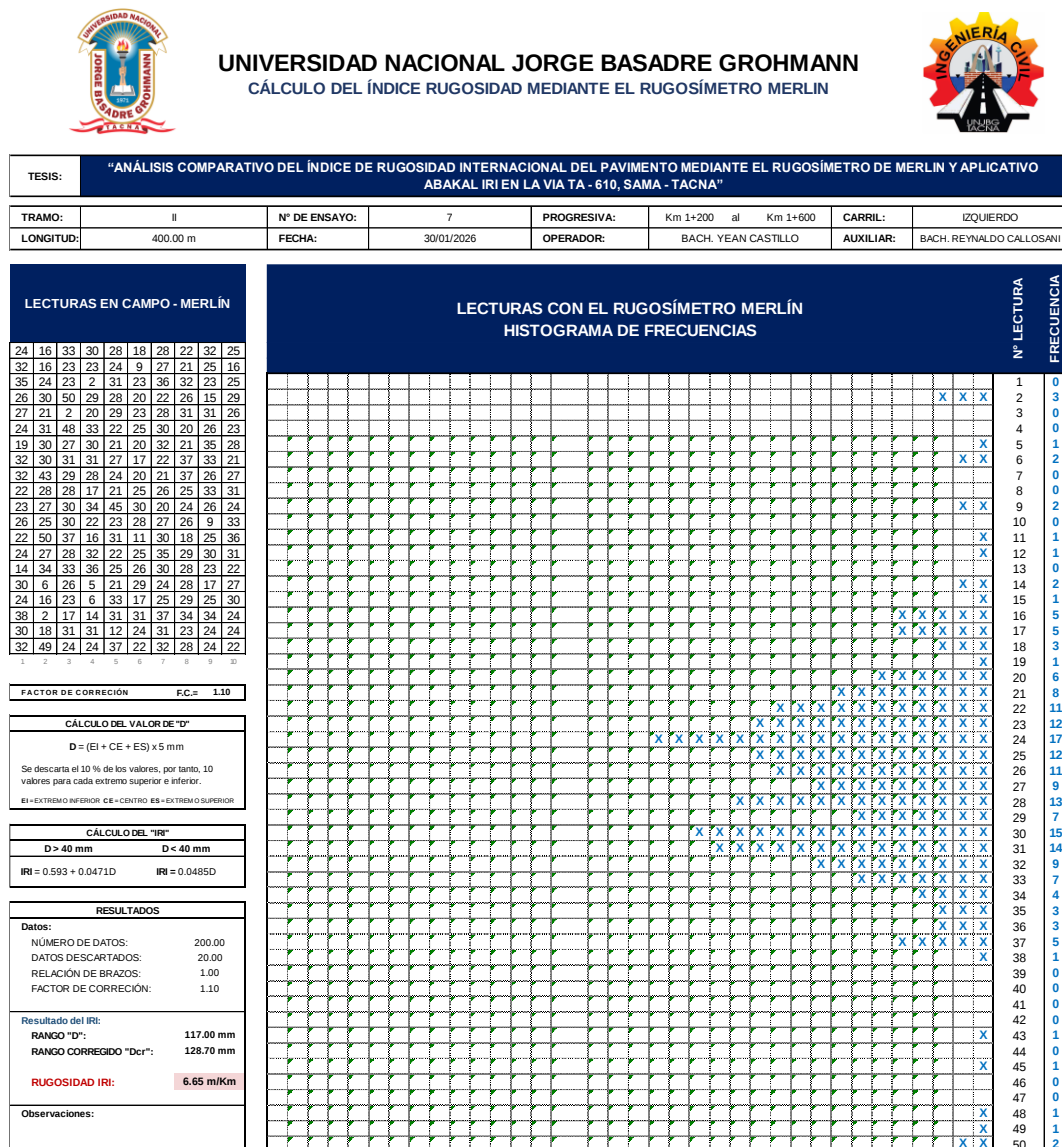
Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 02.



Nota. Elaboración propia.

Figura 39

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 02.



Nota. Elaboración propia.

Figura 40

Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 03.

HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y APLICATIVO ABAKAL IRI EN LA VÍA TA - 610, SAMA - TACNA"

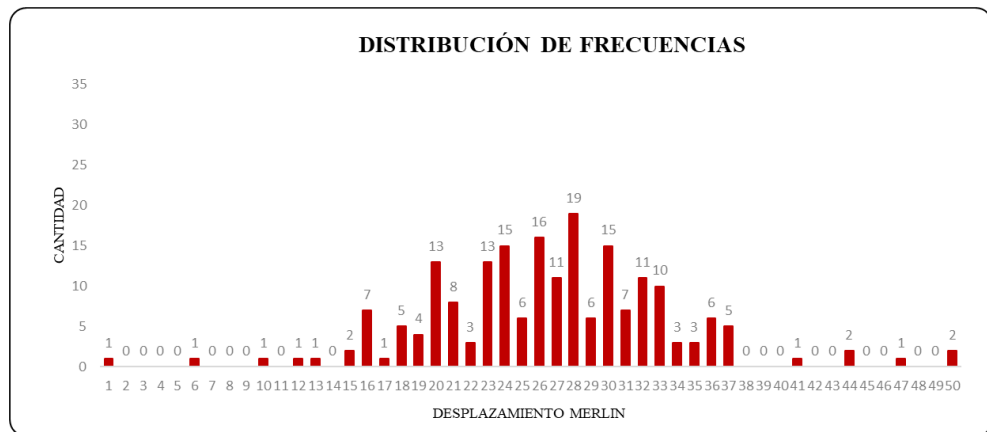
TRAMO: III FECHA: 30/01/2026
 CARRIL: IZQUIERDO HORA: 8:10 a. m.
 N° DE ENSAYO: 8 DATOS: LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	33	16	24	24	24	44	30	30	21	28	TIPO DE PAVIMENTO
2	28	32	20	28	29	28	23	31	30	33	
3	24	32	28	25	36	28	36	24	32	37	AFIRMADO ☐
4	20	24	28	29	30	18	20	6	29	30	BASE GRANULAR ☐
5	36	37	15	26	33	16	27	31	32	26	
6	32	26	27	28	29	26	16	23	12	16	BASE AFIRMADA ☐
7	32	21	27	26	21	26	31	31	32	21	
8	28	26	31	30	22	47	33	20	26	20	TRAT. BICAPA ☐
9	20	20	26	21	26	35	25	20	27	24	
10	26	31	29	32	26	27	35	28	32	27	CARPETA EN FRIO ☒
11	36	26	27	22	26	31	34	35	19	18	
12	28	21	19	30	18	23	16	33	33	23	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	16	23	27	30	24	34	15	18	23	41	
14	28	20	24	22	21	16	10	28	24	23	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	30	30	27	27	37	24	28	19	23	23	
16	30	25	24	17	32	25	28	28	50	23	SELLO ☐
17	33	20	32	37	25	26	20	13	1	28	
18	33	30	27	25	19	20	37	34	50	26	OTROS ☐
19	23	18	23	23	28	36	30	30	24	33	
20	28	44	24	24	36	30	20	21	29	33	

Nota. Elaboración propia.

Figura 41

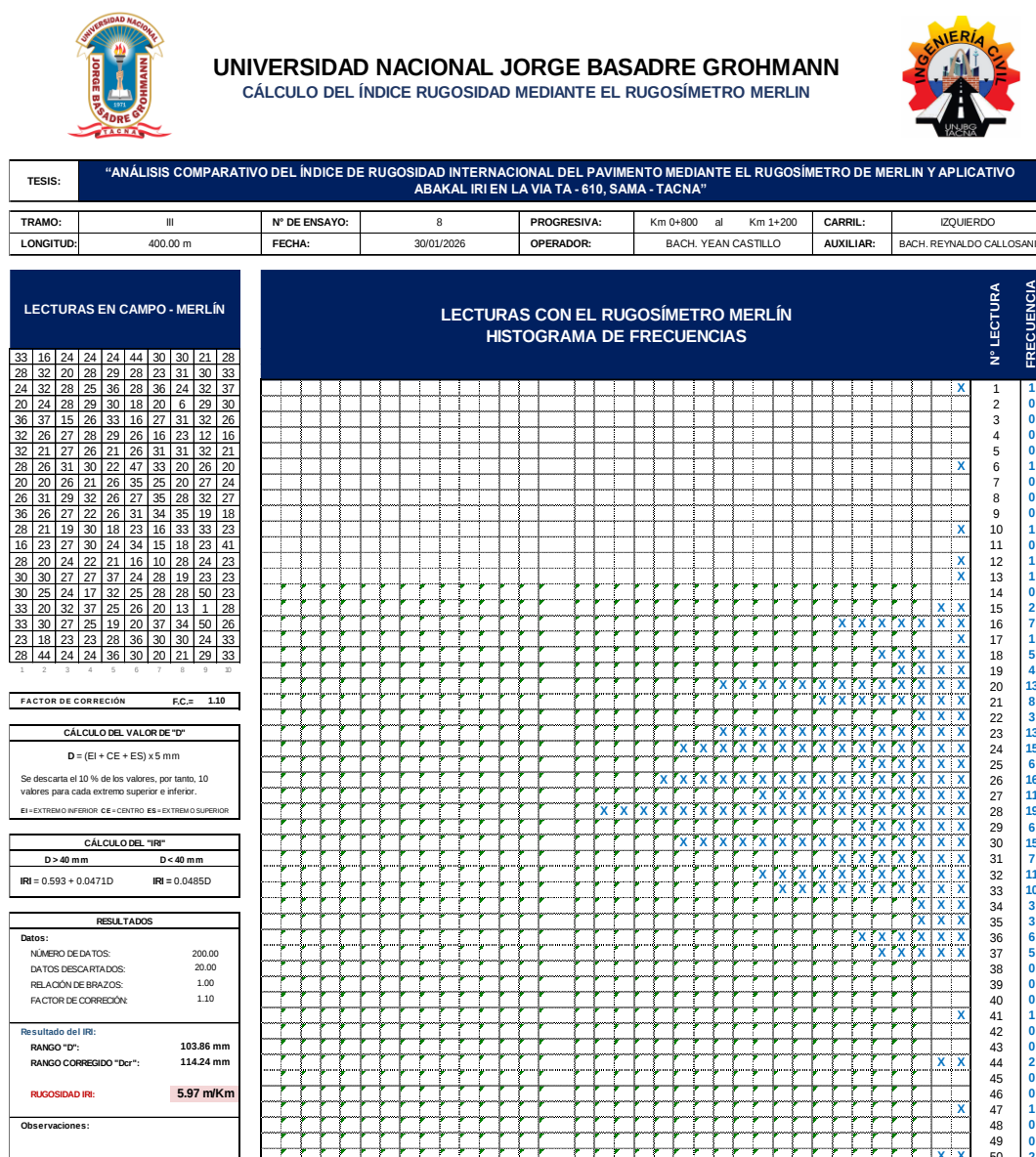
Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 03.



Nota. Elaboración propia.

Figura 42

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 03.



Nota. Elaboración propia.

Figura 43

Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 04.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO

*ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL
TESIS: PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI
 EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

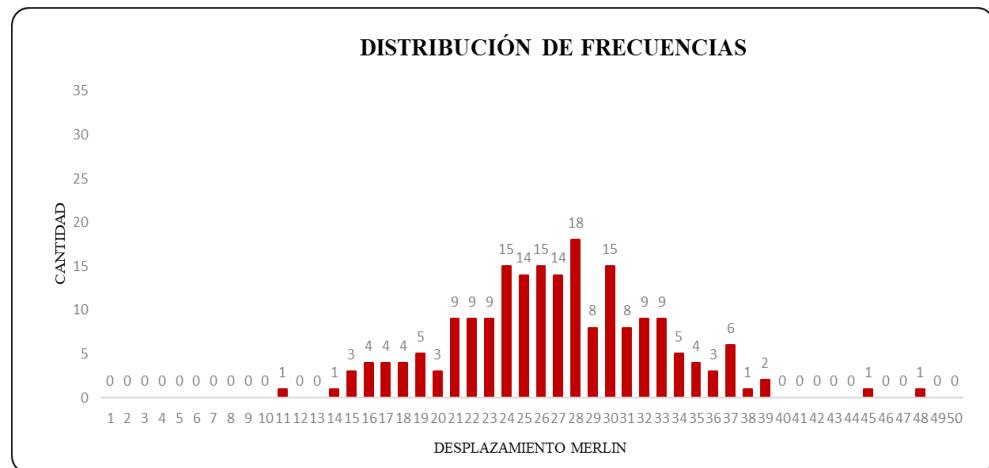
TRAMO:	IV	FECHA:	30/01/2026
CARRIL	IZQUIERDO	HORA:	8:30 a. m.
N° DE ENSAYO	9	DATOS:	LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	27	26	33	28	26	27	32	25	27	28	TIPO DE PAVIMENTO
2	27	30	27	22	28	17	32	37	28	33	
3	29	30	34	30	19	27	35	31	26	25	AFIRMADO ☐
4	31	30	37	34	17	34	17	23	31	29	BASE GRANULAR ☐
5	31	32	27	24	24	14	20	24	33	26	
6	34	26	39	29	28	21	21	23	36	24	BASE AFIRMADA ☐
7	22	31	24	28	30	35	27	27	26	30	
8	28	23	29	24	23	35	28	21	32	23	TRAT. BICAPA ☐
9	28	16	24	24	25	45	21	26	35	48	
10	32	17	26	33	30	36	33	25	26	30	CARPETA EN FRIO ☒
11	26	28	28	31	32	28	31	20	33	22	
12	26	27	37	30	27	26	27	24	30	18	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	26	22	26	23	25	27	25	24	29	34	
14	28	31	16	30	33	28	15	28	37	19	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	28	23	18	32	32	38	21	25	25	24	
16	32	19	27	39	25	19	25	18	21	33	SELLO ☐
17	11	30	18	29	36	22	25	29	33	29	
18	28	23	16	15	22	23	30	24	24	20	OTROS ☐
19	22	21	16	24	25	21	21	28	22	15	
20	25	25	22	26	24	19	30	37	37	30	

Nota. Elaboración propia.

Figura 44

Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 04.



Nota. Elaboración propia.

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 04.



LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN											
27	26	33	28	26	27	32	25	27	28		
27	30	27	22	28	17	32	37	28	33		
29	30	34	30	19	27	35	31	26	25		
31	30	37	34	17	34	17	23	31	29		
31	32	27	24	24	14	20	24	33	26		
34	26	39	29	28	21	21	23	36	24		
22	31	24	28	30	35	27	27	26	30		
28	23	29	24	23	35	28	21	32	23		
28	16	24	24	25	45	21	26	35	48		
32	17	26	33	30	36	33	25	26	30		
26	28	28	31	32	28	31	20	33	22		
26	27	37	30	27	26	27	24	30	18		
26	22	26	23	25	27	25	24	29	34		
28	31	16	30	33	28	15	28	37	19		
28	23	18	32	32	38	21	25	25	24		
32	19	27	39	25	19	25	18	21	33		
11	30	18	29	36	22	25	29	33	29		
28	23	16	15	22	23	30	24	24	20		
22	21	16	24	25	21	21	28	22	15		
25	25	22	26	24	19	30	37	37	30		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
FACTOR DE CORRECIÓN 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 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": 99.58 mm RANGO CORREGIDO "Dcr": 109.54 mm RUGOSIDAD IRI: 5.75 m/Km											
Observaciones: 											

94

Figura 46

Datos obtenidos en campo, Carril izquierdo-Tramo 05.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL
PAVIMENTO MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y APLICATIVO ABAKAL IRI
EN LA VIA TA - 610, SAMA - TACNA"

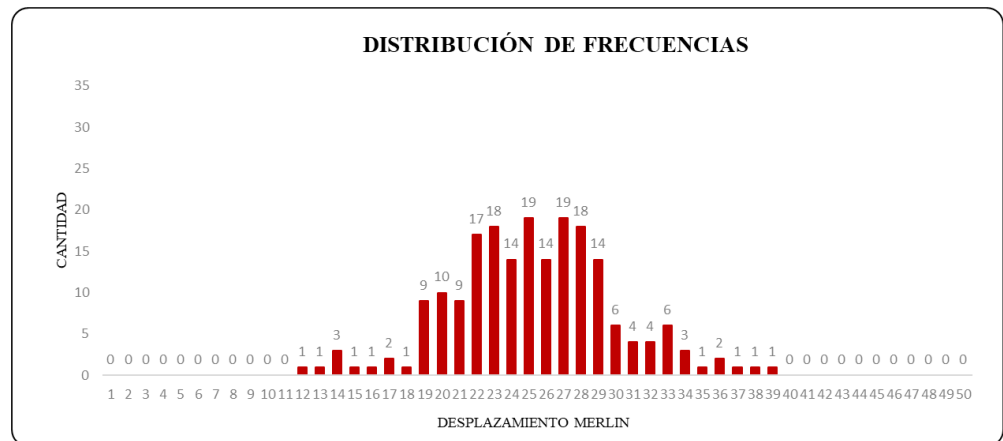
TRAMO:	V	FECHA:	30/01/2026
CARRIL:	IZQUIERDO	HORA:	8:50 a. m.
N° DE ENSAYO	10	DATOS:	LECTURA CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	32	22	24	28	27	33	23	23	28	TIPO DE PAVIMENTO
2	20	26	18	23	20	21	27	25	31	26	
3	26	23	24	20	27	28	25	24	26	28	AFIRMADO ☐
4	36	24	28	29	29	28	25	33	23	29	BASE GRANULAR ☐
5	36	22	21	27	22	24	29	21	27	25	
6	27	19	22	27	31	28	25	26	32	37	BASE AFIRMADA ☐
7	19	28	24	19	26	35	23	30	30	34	
8	22	26	22	29	19	30	22	29	19	28	TRAT. BICAPA ☐
9	23	20	22	29	28	24	24	27	25	21	
10	27	25	22	24	30	28	15	28	23	29	CARPETA EN FRIO ☒
11	33	25	20	25	27	33	25	28	13	22	
12	21	23	19	26	19	27	34	32	14	29	CARPETA EN CALIENTE ☐
13	26	26	19	19	20	38	20	25	23	17	
14	20	28	28	33	23	23	26	25	33	31	RECAPEO ASFALTICO ☐
15	39	12	29	21	23	28	22	29	24	32	
16	30	24	23	25	21	21	14	22	25	27	SELLO ☐
17	16	25	34	22	23	26	14	25	26	24	
18	27	27	28	27	17	25	20	29	29	20	OTROS ☐
19	28	24	22	22	22	23	26	31	30	25	
20	23	22	27	27	24	29	21	27	27	23	

Nota. Elaboración propia

Figura 47

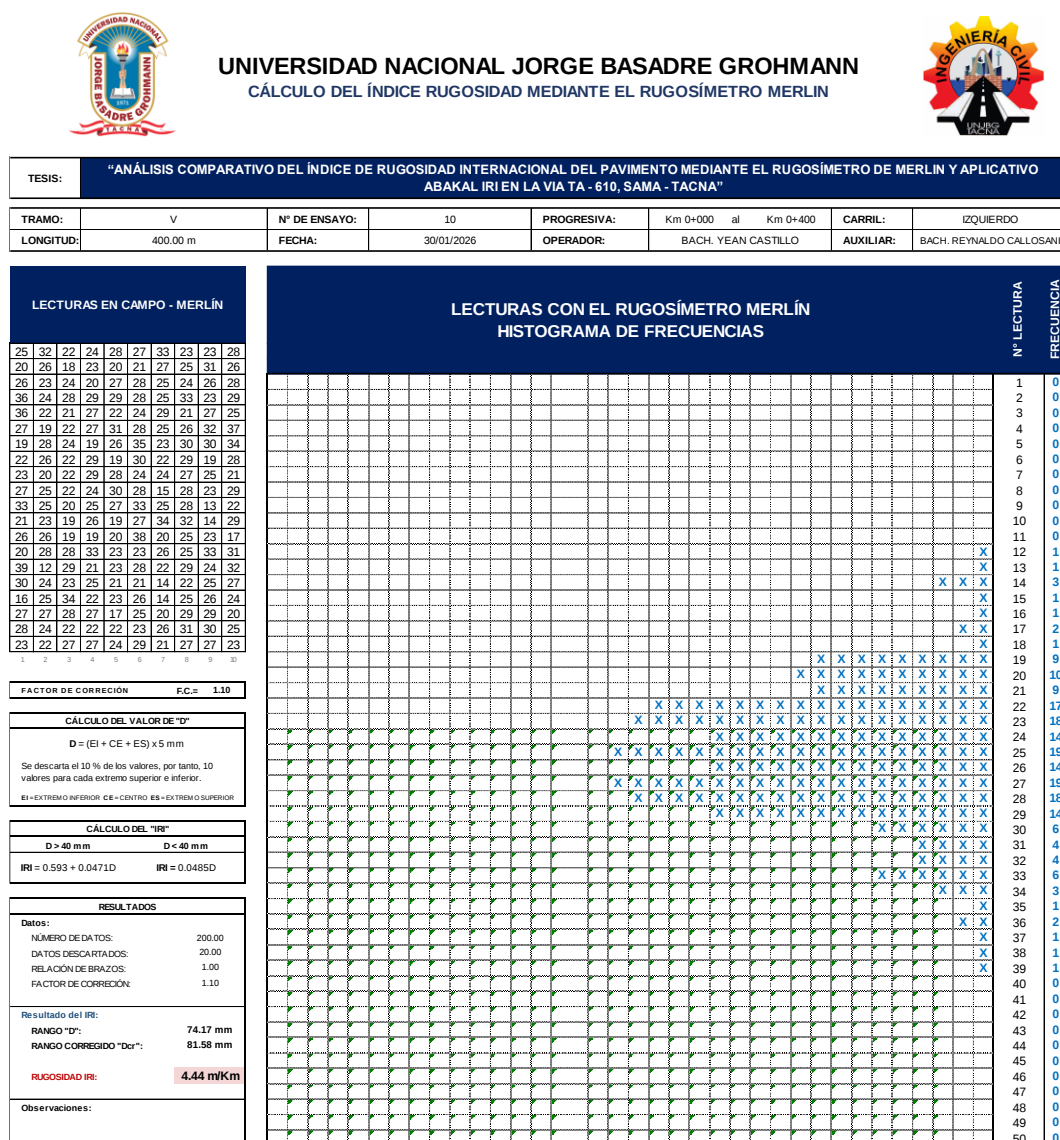
Gráfico de distribución de frecuencias, Carril izquierdo-Tramo 05.



Nota. Elaboración propia.

Figura 48

Cálculo del (IRI) con el rugosímetro de MERLÍN, Carril izquierdo-Tramo 05.



Nota. Elaboración propia.

Las tablas anteriores muestran los valores obtenidos del IRI obtenidos con el uso del rugosímetro de Merlín, los cuales son:

- De la figura 23, en el carril derecho, tramo 01 (Progresiva km 0+000 al km 0+400), el valor de IRI es 4,72 m/km.
- De la figura 26, en el carril derecho, tramo 02 (Progresiva km 0+400 al km 0+800), el valor de IRI es 6,29 m/km.
- De la figura 29, en el carril derecho, tramo 03 (Progresiva km 0+800 al km 1+200), el valor de IRI es 6,53 m/km.
- De la figura 32, en el carril derecho, tramo 04 (Progresiva km 1+200 al km 1+600), el valor de IRI es 7,22 m/km.
- De la figura 35, en el carril derecho, tramo 05 (Progresiva km 1+600 al km 2+000), el valor de IRI es 7,53 m/km.
- De la figura 38, en el carril izquierdo, tramo 01 (Progresiva km 1+600 al km 2+000), el valor de IRI es 6,68 m/km.
- De la figura 41, en el carril izquierdo, tramo 02 (Progresiva km 1+200 al km 1+600), el valor de IRI es 6,65 m/km.
- De la figura 44, en el carril izquierdo, tramo 03 (Progresiva km 0+800 al km 1+200), el valor de IRI es 5,97 m/km.
- De la figura 47, en el carril izquierdo, tramo 04 (Progresiva km 0+400 al km 0+800), el valor de IRI es 5,75 m/km.

- De la figura 50, en el carril izquierdo, tramo 05 (Progresiva km 0+000 al km 0+400), el valor de IRI es 4,44 m/km.

4.2 CALCULO DEL IRI CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI

Se realizo la evaluación de la calzada al carril derecho y el carril izquierdo, da la Vía TA-610 partiendo con la intersección con la carretera Panamericana, el aplicativo calculo los valores de IRI con la imagen satelital correspondiente al recorrido realizado al momento de desplazarnos por la vía, se obtuvieron los resultados siguientes a cada 100 metros.

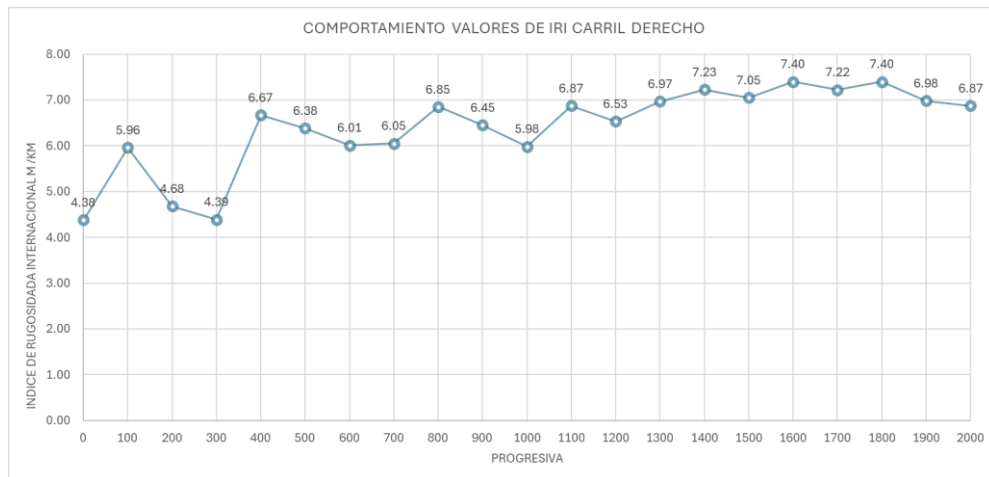
Tabla 4*Calculo IRI utilizando la aplicación ABAKAL IRI, Carril Derecho.*

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17.836184	-70.534046	469	48	0	4.38
-17.836924	-70.534650	468	57	100	5.96
-17.837641	-70.535274	467	64	200	4.68
-17.838459	-70.535977	466	57	300	4.39
-17.839232	-70.536632	465	55	400	6.67
-17.840000	-70.537282	463	56	500	6.38
-17.840771	-70.537938	462	57	600	6.01
-17.841563	-70.538615	461	58	700	6.05
-17.842321	-70.539259	460	55	800	6.85
-17.843043	-70.539867	459	51	900	6.45
-17.843833	-70.540547	456	43	1,000.00	5.98
-17.844585	-70.541183	453	45	1,100.00	6.87
-17.845280	-70.541765	451	52	1,200.00	6.53
-17.846015	-70.542388	450	56	1,300.00	6.97
-17.846742	-70.543009	449	52	1,400.00	7.23
-17.847341	-70.543494	448	47	1,500.00	7.05
-17.847449	-70.543608	448	52	1,600.00	7.40
-17.848225	-70.544277	447	45	1,700.00	7.22
-17.848968	-70.544959	446	44	1,800.00	7.40
-17.849623	-70.545644	446	41	1,900.00	6.98
-17.850335	-70.546393	444	47	2,000.00	6.87
PROMEDIO					6.40

Nota. Fuente: ABAKAL (2026).

Figura 49

Valores de IRI obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Carril Derecho.



Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI.

Figura 50

Evaluación del IRI con el aplicativo ABAKAL IRI, Carril Derecho.



Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI.

Tabla 5

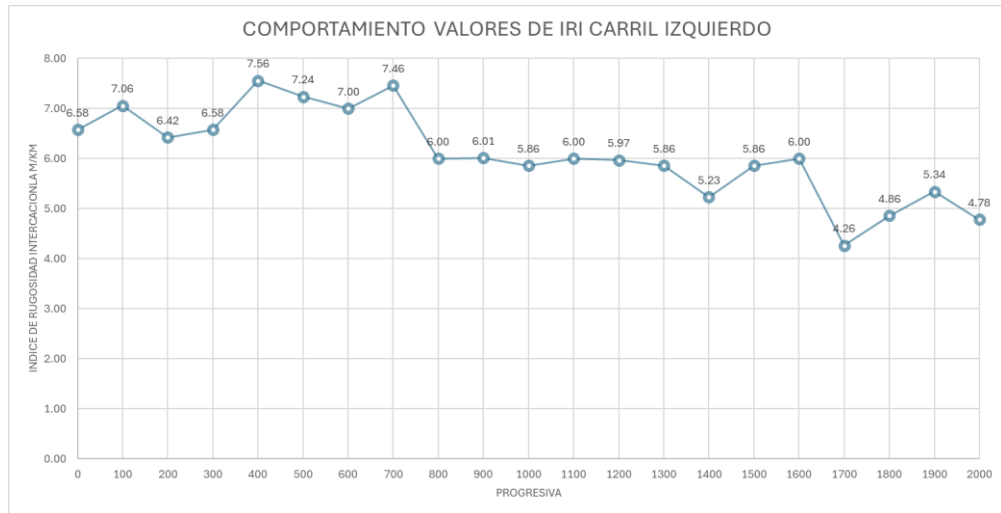
Calculo IRI utilizando la aplicación ABAKAL IRI, Carril Izquierdo.

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17.848864	-70.544801	444	44	0	6.58
-17.848107	-70.544138	444	45	100	7.06
-17.847341	-70.543494	447	47	200	6.42
-17.846593	-70.54285	448	50	300	6.58
-17.845882	-70.542254	448	52	400	7.56
-17.845181	-70.541653	449	50	500	7.24
-17.844459	-70.5410	451	45	600	7.00
-17.84372	-70.540407	452	43	700	7.46
-17.843009	-70.539787	454	40	800	6.00
-17.842236	-70.539146	456	55	900	6.01
-17.841421	-70.538446	458	63	1,000.00	5.86
-17.840705	-70.537835	459	62	1,100.00	6.00
-17.839959	-70.537218	461	63	1,200.00	5.97
-17.839228	-70.536579	462	62	1,300.00	5.86
-17.840000	-70.537282	463	56	1,400.00	5.23
-17.83850	-70.5360	464	64	1,500.00	5.86
-17.839232	-70.536632	465	55	1,600.00	6.00
-17.837727	-70.535308	466	65	1,700.00	4.26
-17.83700	-70.534692	467	61	1,800.00	4.86
-17.836232	-70.5340	468	52	1,900.00	5.34
-17.836184	-70.5340	469	48	2,000.00	4.78
PROMEDIO					6.09

Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI.

Figura 51

Valores de IRI obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Carril Izquierdo.



Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI.

Figura 52

Evaluación del IRI con el aplicativo ABAKAL IRI, Carril Izquierdo.



Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI.

Los resultados de IRI obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI se observan en las tablas mostradas anteriormente para cada carril, los valores promedios de IRI se muestran a continuación:

- De la Tabla 4. En el carril derecho se observa el valor promedio del Índice de Rugosidad Internacional de 6.40 m/km.
- De la Tabla 5. En el carril izquierdo se observa el valor promedio del Índice de Rugosidad Internacional de 6.09 m/km.

V. CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL IRI CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

Los resultados de IRI obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI se observan en las tablas mostradas anteriormente para cada carril, los valores promedios de IRI se muestran a continuación:

Tabla 6

Resumen de resultados IRI con el Rugosímetro de Merlín.

PROGRESIVA	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO
	IRI (m/km)	IRI (m/km)
km 0+000 - Km 0+400	4.72	4.44
km 0+400 - Km 0+800	6.29	5.75
km 0+800 - Km 1+200	6.53	5.97
km 1+200 - Km 1+600	7.22	6.65
km 1+600 - Km 2+000	7.53	6.68
PROMEDIO	6.46	5.90
IR PROMEDIO(m/km)	6.18	

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 6, se visualiza que se obtuvieron los valores de Índice de Rugosidad Internacional en los carriles derecho e izquierda de la Vía TA-610,

cuyo IRI promedio es 6.46 m/km para el carril derecho y un IRI promedio de 5.90 m/km para el carril izquierdo.

Por lo tanto, tenemos un valor promedio de IRI para la Vía TA-610 de 6.18 m/km, este resultado nos permitirá conocer el estado del pavimento flexible en el área de estudio.

5.1.1 LA CLASIFICACIÓN DE ESTADO DE PAVIMENTO SEGÚN VALORES DE IRI CON EL RUGOSIMETRO DE MERLIN.

Según el MTC (2013), en el Perú se puede clasificar el estado vial de las vías pavimentadas o no pavimentadas según el IRI, según la siguiente tabla.

Tabla 7

Clasificación de estado vial según IRI.

Estado	Pavimentada	No pavimentada
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < \text{IRI} \leq 2.80$	$0 < \text{IRI} \leq 6.00$
Regular	$2.80 < \text{IRI} \leq 4.00$	$6.00 < \text{IRI} \leq 8.00$
Malo	$4.00 < \text{IRI} \leq 5.00$	$8.00 < \text{IRI} \leq 10.00$
Muy malo	$5.00 < \text{IRI}$	$10.00 < \text{IRI}$

Nota. Adaptado de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcciones EG-2013” (MTC, 2013).

Según el IRI promedio obtenido con el rugosímetro de Merlín cuyo valor es de 6.18 m/km, podemos clasificar el estado vial de la Vía TA-610 como “Muy

malo”, tal como lo expresa la tabla de clasificación de estado vial según las especificaciones técnicas Generales para construcciones EG-2013 del MTC.

Tabla 8

Estado vial del pavimento flexible la Vía TA-610 obtenidos por el cálculo del IRI con el Rugosímetro de MERLIN.

PROGRESIVA	CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO	
	IRI (m/km)	ESTADO VIAL	IRI (m/km)	ESTADO VIAL
km 0+000 - Km 0+400	4.72	Malo	4.44	Malo
km 0+400 - Km 0+800	6.29	Muy malo	5.75	Muy malo
km 0+800 - Km 1+200	6.53	Muy malo	5.97	Muy malo
km 1+200 - Km 1+600	7.22	Muy malo	6.65	Muy malo
km 1+600 - Km 2+000	7.53	Muy malo	6.68	Muy malo
PROMEDIO	6.46	Muy malo	5.90	Muy malo
IR PROMEDIO(m/km)		6.18		
		Muy malo		

Nota. Elaboración propia.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL IRI CON EL APLICATIVO

ABAKAL IRI.

Los cálculos del IRI obtenidos mediante el aplicativo ABAKAL IRI, para representar mejor la comparación se unirán tramos de 400 metros tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9*Resumen de IRI obtenido con el aplicativo ABAKAL IRI.*

Distancia	CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
	Velocidad (km/h)	IRI (m/km)	IRI PROMEDIO (m/km)	Velocidad (km/h)	IRI (m/km)	IRI PROMEDIO (m/km)
0	48	4.38		44	6.58	
100	56.70	5.96		45.00	7.06	
200	63.54	4.68	5.43	46.73	6.42	6.91
300	57.46	4.39		50.40	6.58	
400	55.37	6.67		52.49	7.56	
500	56.41	6.38		50.15	7.24	
600	57.49	6.01	6.32	45.00	7.00	6.93
700	57.56	6.05		43.34	7.46	
800	54.97	6.85		40.21	6.00	
900	50.87	6.45		55.22	6.01	
1000	42.91	5.98	6.46	63.04	5.86	5.96
1100	45.00	6.87		62.46	6.00	
1200	51.91	6.53		62.96	5.97	
1300	55.62	6.97		62.28	5.86	
1400	51.91	7.23	7.16	56.41	5.23	5.74
1500	46.73	7.05		64.40	5.86	
1600	51.59	7.40		55.37	6.00	
1700	45.00	7.22		65.41	4.26	
1800	43.74	7.40	7.12	60.70	4.86	4.81
1900	41.00	6.98		52.06	5.34	
2000	46.62	6.87		47.88	4.78	
PROMEDIO	51.44		6.50	53.59		6.07
IRI PROMEDIO				6.28	m/Km	

Nota. Elaboración propia.

5.2.1 CLASIFICACIÓN DE ESTADO DE PAVIMENTO SEGÚN

VALORES DE IRI MEDIANTE EL APLICATIVO ABAKAL IRI

El estado vial del pavimento según los valores de IRI obtenidos mediante el aplicativo ABAKAL IRI mediante la clasificación que nos brinda el ministerio de transporte se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 10

Resumen estado vial de la Vía TA-610 según el IRI obtenido mediante ABAKAL IRI.

PROGRESIVA	CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO	
	IRI (m/km)	ESTADO VIAL	IRI (m/km)	ESTADO VIAL
km 0+000 - Km 0+400	5.43	Muy malo	4.81	Malo
km 0+400 - Km 0+800	6.32	Muy malo	5.74	Muy malo
km 0+800 - Km 1+200	6.46	Muy malo	5.96	Muy malo
km 1+200 - Km 1+600	7.16	Muy malo	6.93	Muy malo
km 1+600 - Km 2+000	7.12	Muy malo	6.91	Muy malo
PROMEDIO	6.5	Muy malo	6.07	Muy malo
IR PROMEDIO(m/km)				
6.29				
Muy malo				

Nota. Elaboración propia.

Según los cálculos obtenidos, el IRI promedio es 6.29 m/km con el aplicativo ABAKAL IRI, por lo cual podemos clasificar el estado de la vía como “Muy malo” según las Especificaciones Técnicas Generales para la construcción EG-2013 del MTC.

5.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE IRI OBTENIDOS CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y EL APLICATIVO ABAKAL IRI.

Se determinará la similitud de los resultados obtenidos de Índice de Rugosidad Internacional con el Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI.

Tabla 11

Porcentaje de similitud IRI calculado mediante el Rugosímetro de Merlín y Aplicativo ABAKAL IRI.

PROGRESIVA	CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO	
	IRI (m/km)			
	Rugosímetro de Merlín	ABAKAL IRI	Rugosímetro de Merlín	ABAKAL IRI
km 0+000 - Km 0+400	4.72	5.43	4.44	4.81
km 0+400 - Km 0+800	6.29	6.32	5.75	5.74
km 0+800 - Km 1+200	6.53	6.46	5.97	5.96
km 1+200 - Km 1+600	7.22	7.16	6.65	6.93
km 1+600 - Km 2+000	7.53	7.12	6.68	6.91
PROMEDIO	6.46	6.50	5.9	6.07
% SIMILITUD	99.40%		97.20%	

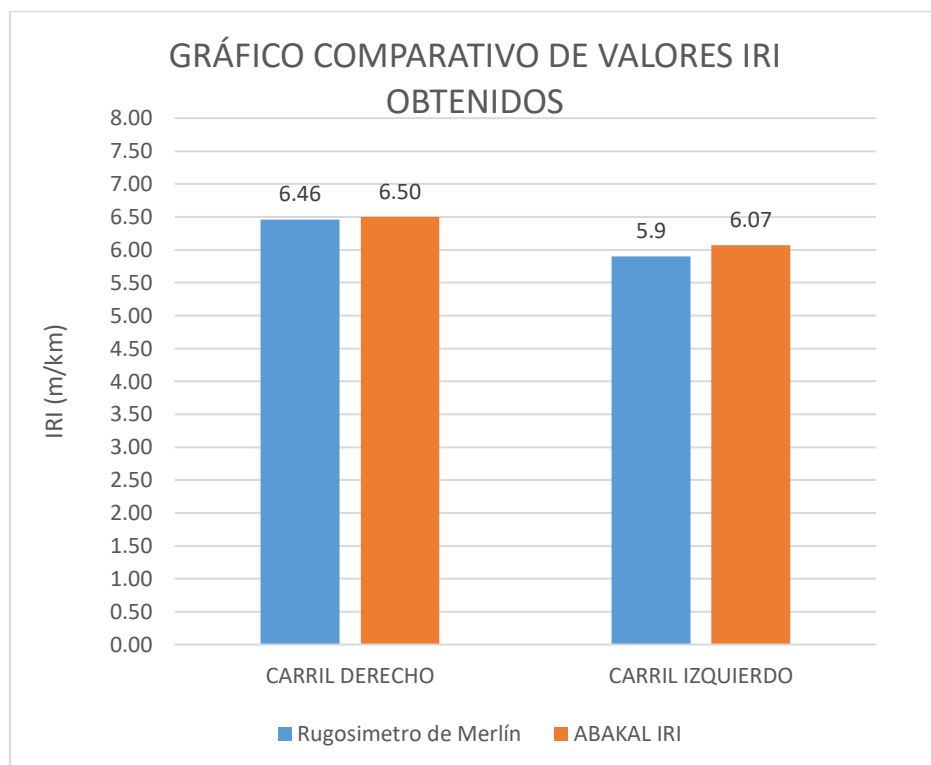
Nota. Elaboración propia

En la tabla 11, se puede visualizar que los valores de IRI promedio obtenidos son similares, para el carril derecho se calcula un 99.40 % de similitud, mientras que para el carril izquierdo un 97.20% de similitud.

La comparación de los valores de Índice de Rugosidad Internacional se puede observar en la siguiente grafica.

Figura 53

Resultados IRI obtenidos con el Rugosímetro de Merlín y el Aplicativo ABAKAL IRI.



Nota. Elaboración propia.

5.4 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD Y TRANSITABILIDAD CON EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y EL APLICATIVO ABAKAL IRI.

Según los cálculos obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional obtenidos con el Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, podemos determinar el Índice de Serviabilidad usando la fórmula de Willians Paterson:

$$PSI = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}}$$

El valor del PSI nos permitirá obtener la Transitabilidad de la vía. según la siguiente tabla.

Tabla 12

Índice de serviabilidad - Transitabilidad

Índice de Serviabilidad	Transitabilidad
0.00 - 1.00	Muy Mala
1.00 - 2.00	Mala
2.00 - 3.00	Regular
3.00 - 4.00	Buena
4.00 - 5.00	Muy buena

Nota. Adaptado de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets” (AASHTO, 1993).

Tabla 13

Resultado de Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad utilizando el Rugosímetro de Merlín.

PROGRESIVA	CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
	IRI (m/km)	PSI	Trans	IRI (m/km)	PSI	Trans
km 0+000 - Km 0+400	4.72	2.12	Regular	4.44	2.23	Regular
km 0+400 - Km 0+800	6.29	1.59	Mala	5.75	1.76	Mala
km 0+800 - Km 1+200	6.53	1.53	Mala	5.97	1.69	Mala
km 1+200 - Km 1+600	7.22	1.35	Mala	6.65	1.49	Mala
km 1+600 - Km 2+000	7.53	1.27	Mala	6.68	1.48	Mala
PROMEDIO	6.46	1.57	Mala	5.9	1.73	Mala
PSI PROMEDIO			1.65			
			Mala			

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 13, se puede observar que el índice de serviciabilidad promedio obtenido con los valores de IRI calculados con el rugosímetro de Merlín es 1.57 para el carril derecho lo que indica una transitabilidad “Mala”, y para el carril izquierdo un PSI promedio de 1.73 que indica una transitabilidad “Mala”.

Entonces el PSI promedio de la Vía TA-610 es de 1.65, indicando una transitabilidad “Mala” en el recorrido de estudio.

Tabla 14

Resultado de Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad utilizando el ABAKAL IRI.

PROGRESIVA	CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
	IRI (m/km)	PSI	Trans.	IRI (m/km)	PSI	Trans.
km 0+000 - Km 0+400	5.43	1.86	Mala	4.81	2.09	Regular
km 0+400 - Km 0+800	6.32	1.58	Mala	5.74	1.76	Mala
km 0+800 - Km 1+200	6.46	1.55	Mala	5.96	1.69	Mala
km 1+200 - Km 1+600	7.16	1.36	Mala	6.93	1.42	Mala
km 1+600 - Km 2+000	7.12	1.37	Mala	6.91	1.42	Mala
PROMEDIO	6.50	1.54	Mala	6.07	1.68	Mala
PSI PROMEDIO				1.61		
				Mala		

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 14, se puede observar que el índice de serviciabilidad promedio obtenido con los valores de IRI calculados con el aplicativo ABAKAL IRI es 1.54 para el carril derecho lo que indica una transitabilidad “Mala”, y para el carril izquierdo un PSI promedio de 1.68 que indica una transitabilidad “Mala”.

Entonces el PSI promedio de la Vía TA-610 es de 1.61, indicando una transitabilidad “Mala” en el recorrido de estudio.

Tabla 15

Comparación de Transitabilidad obtenidas con el Rugosímetro de Merlín y ABAKAL IRI.

PROGRESIVA	CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO	
	Transitabilidad			
	Rugosímetro de Merlín	ABAKAL IRI	Rugosímetro de Merlín	ABAKAL IRI
km 0+000 - Km 0+400	Regular	Mala	Regular	Regular
km 0+400 - Km 0+800	Mala	Mala	Mala	Mala
km 0+800 - Km 1+200	Mala	Mala	Mala	Mala
km 1+200 - Km 1+600	Mala	Mala	Mala	Mala
km 1+600 - Km 2+000	Mala	Mala	Mala	Mala
PROMEDIO	Mala	Mala	Mala	Mala

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 15, se puede visualizar que la clasificación de la Transitabilidad es “Mala” tanto con el Rugosímetro de Merlín como con el aplicativo ABAKAL IRI para el recorrido del área de estudio en la Vía TA-610.

5.5 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE SIMILITUD ENTRE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y EL APLICATIVO ABAKAL IRI RESPECTO A INVESTIGACIONES ANTERIORES

Según los cálculos obtenidos en la presente investigación, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), determinado mediante el Rugosímetro MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI, presenta una similitud del 99.4% en el carril derecho y del 97.20% en el carril izquierdo, considerando ambas metodologías.

Asimismo, Chura y Flores (2024) indican que, al calcular el IRI mediante el Rugosímetro MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, se obtuvo una semejanza del 94.18% entre los valores del IRI calculados por la aplicación ABAKAL IRI y los obtenidos con el Rugosímetro MERLIN, para la avenida Mariano Necochea en toda su extensión.

En consecuencia, se evidencia que el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional mediante el Rugosímetro MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI presenta porcentajes de similitud superiores al 90%, lo que refleja consistencia entre ambas metodologías.

VI. CONCLUSIONES

Al analizar los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) obtenidos mediante el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI, se evidencia que el estado del pavimento corresponde a una condición muy mala, presentando un índice de transitabilidad deficiente. Esto indica que el uso de ambas metodologías permite determinar de manera confiable el IRI del pavimento, lo que posteriormente facilita la propuesta de alternativas de solución para el pavimento flexible de la vía TA-610 (Sama – Tacna), tales como trabajos de rehabilitación y tratamiento integral de la capa de rodadura.

En el análisis realizado en la carretera TA-610, Sama – Tacna, mediante el rugosímetro de MERLIN, se obtuvo un valor de IRI de 6.18 m/km, el cual, según la clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013), corresponde a un estado de pavimento muy malo.

De igual manera, mediante el aplicativo ABAKAL IRI se obtuvo un valor de IRI de 6.29 m/km, el cual también se clasifica como **muy malo** según el MTC (2013).

Al comparar los resultados obtenidos con ambas metodologías, se evidencia una alta similitud en los valores de rugosidad, alcanzando un 99.4% en el carril derecho y un 97.20% en el carril izquierdo. En consecuencia, ambos métodos presentan consistencia en la evaluación del estado del pavimento, el cual no cumple condiciones adecuadas de transitabilidad.

VII. RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

Se recomienda realizar la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI en horarios de baja afluencia vehicular, con el fin de garantizar la seguridad de los operadores durante el trabajo de campo.

Asimismo, se sugiere a la Municipalidad Distrital de Sama y al Gobierno Regional de Tacna priorizar la ejecución de trabajos de rehabilitación integral en la vía TA-610, debido a que los valores de IRI obtenidos evidencian un estado de pavimento clasificado como “muy malo”, lo cual afecta significativamente la transitabilidad y seguridad vial.

De igual manera, se recomienda continuar utilizando tanto el rugosímetro de MERLIN como el aplicativo ABAKAL IRI en evaluaciones futuras, ya que ambas metodologías han demostrado alta confiabilidad y una similitud superior al 90% en los resultados del Índice de Rugosidad Internacional.

Finalmente, se sugiere ampliar el uso de estas metodologías de evaluación a otras vías ubicadas tanto en zonas urbanas como rurales, con el propósito de diagnosticar de manera más amplia el estado de conservación de la red vial.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.
- Achule, C. R. (2025). *Análisis comparativo entre la metodología PCI tradicional y la metodología IRI con sensores de teléfono inteligentes en la avenida Mariscal Castilla, distrito de Paucarpata, Arequipa*. Universidad Tecnológica del Perú.
- Alvarez, S., & Rivero, R. (2012). Instrumentos electrónicos para la estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*.
- Alves, M., Ferreira, B., & Leta, F. (2011). Evaluation of roughness parameters using image analysis from different optical and electronic microscopes. *Información Tecnológica*, 22(4), 129–146. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000400014>
- Angarita, L., & Juan, S. (2017). Comparación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) a partir de información obtenida por métodos fotogramétricos. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Episteme.
- ASTM E 867. (2006). *Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems*. Washington, D.C.

- Badilla, G. (2009). Determinación de la regularidad superficial de pavimento mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). *Infraestructura Vial*, (21), 30–37.
- Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008). *Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI*. Lanamme UCR.
- Caillagua, A., Sozoranga, J., León, P., & Delgado, M. (2025). Análisis del desgaste de pavimentos flexibles en caliente por envejecimiento: Propuesta de una metodología para una inspección visual. *Revista Tecnológica ESPOL*.
- Canpo, B. (2011). La lógica de la investigación científica. Segunda parte. *La Lámpara de Diógenes*, 12(22–23), 207–236.
- Cardoza, W., & Paucara, M. (2025). *Estimación del valor IRI con metodologías de evaluación basada en teléfonos inteligentes para la mejora del transporte regular de personas en el Perú*. Editorial Navegante.
- Castro, L., Muñoz, S., Paucar, J., & Ramírez, R. (2021). Tecnologías empleadas en la evaluación de pavimentos e impacto que han generado. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*.

- Chura, N., & Flores, V. (2024). *Análisis del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante el rugosímetro de Merlin y la aplicación ABAKAL IRI en la Av. Mariano Necochea, Tacna–2023*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Del Águila, P. (1999). Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión.
- Depaz, J., & Flores, H. (2023). *Sistema Roadroid en la evaluación de serviciabilidad vial*. Ciencia Latina Internacional.
- Díaz, J. M. (2023). *Evaluación de perfiles de pavimentos basados en la densidad espectral de potencia como un complemento al Índice de Rugosidad Internacional*. Provial.
- Equipo editorial, Etecé. (2022). Smartphone. <https://concepto.de/smartphone/>
- Fonseca, A. (2025). *Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro de MERLIN, método topográfico y aplicativo TotalPave*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Gutiérrez, T. A. (2004). *Índice de Regularidad Internacional*. Lanamme UCR.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw Hill.
- Hinojosa, M., & Reyes, M. (2001). La rugosidad de las superficies: Topometría. *Ingenierías, IV* (11).

- Mertens, D. (2007). Transformative paradigm, mixed methods and social justice. *Journal of Mixed Methods Research*, 1, 212–225.
<https://doi.org/10.1177/1558689807302811>
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá.
- MTC. (2013). *Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*. Lima.
- Murillo, W. (2008). La investigación científica. Monografías.
- Oblitas, B., Medina, I., & Paredes, C. (2021). Índice de rugosidad e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Revista ITECKNE*.
- Parianta, A., Utami, R., & Yudhzan, R. (2024). Integration of road roughness measurement between specialized instrumentation and an Android-based application. *Teknologi Ramah Lingkungan*.
- Paucara, M., Yapuchura, V., Condorchoa, J., Vicente, R., & Molero, N. (2024). Evaluation of pavement irregularities using a mobile application. *Journal of International Crisis and Risk Communication Research*.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2023). Pavimento - qué es, importancia, definición y concepto. <https://definicion.de/pavimento/>
- PIARC. (2023). Asociación Mundial de la Carretera.
- Rivera, J. (2015). La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país. Universidad de Piura.

Saksena, H., & Adikusuma, T. (2025). A comparative evaluation of International Roughness Index (IRI) techniques between mobile laser scanner and dipstick. *Jurnal Jalan Jembatan*.

Ventura, J. (2017). ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública*, 43(4), 648–649.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE E INDICADORES		MÉTODO	INSTRUMENTO	
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable 1: Aplicación del Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI.		TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:		
			Dimensiones	Indicadores			
¿De qué manera el análisis comparativo del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento mediante el rugosímetro de merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, permitirá dar propuesta de solución en la Vía TA-610, Sama – Tacna?	Determinar el Análisis comparativo del IRI mediante el rugosímetro Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, para dar propuestas de solución de la Vía TA-610, Sama-Tacna,	La evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento, utilizando el rugosímetro Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, permitirá formular soluciones para la vía TA-610, Sama - Tacna.	Captura y preparación de información	Uso de rugosímetro de merlín para la captura de datos			El tipo de investigación es aplicada y el diseño es no experimental con corte transversal
				Calidad de información capturada			
				Uso de aplicativo abakal IRI para captura de datos			
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas					
¿Cuál es el valor del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento mediante el Rugosímetro de Merlín, en la Vía TA-610, Sama - Tacna?	Determinar el IRI del pavimento de la Vía TA-610, Sama - Tacna, mediante mediciones directas con el rugosímetro Merlín.	La determinación del valor del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del pavimento asfáltico, utilizando el rugosímetro de Merlín, brindara mediciones precisas para el diagnóstico del estado superficial de la vía TA-610, Sama - Tacna.					
¿Cuál es el valor del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento mediante el aplicativo ABAKAL IRI, en la Vía TA-610, Sama - Tacna?	Determinar el IRI del pavimento de la Vía TA-610, Sama - Tacna, utilizando el aplicativo ABAKAL IRI.	La determinación del valor del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del pavimento asfáltico, utilizando el aplicativo ABAKAL IRI, permitirá obtener resultados confiables que contribuyan a la evaluación del estado de la vía TA-610, Sama - Tacna.	Variable 2: INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL		POBLACION Y MUESTRA	Formato de registro para evaluar la condición del pavimento, siguiendo la metodología del Índice de Rugosidad Internacional, empleando el rugosímetro de Merlín y aplicativo ABAKAL IRI.	
			Dimensiones	Indicadores			
¿Existe semejanza entre los valores calculados de Índice de Rugosidad del Pavimento mediante el Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, en la Vía TA-610, Sama - Tacna?	Comparar los valores de Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento obtenidos mediante el Rugosímetro de Merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, en la Vía TA-610, Sama - Tacna.	La comparación de los valores obtenidos del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), mediante el rugosímetro de Merlín y aplicativo ABAKAL IRI, contribuirá a validar la confiabilidad de ambos métodos y a fortalecer la evaluación del pavimento en la vía TA-610, Sama - Tacna.	ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONA L (M/KM)	Valor promedio IRI	La población comprende una extensión de 2KM de la vía TA-610 en SAMA en cada carril.		
				Distribución Valores IRI			
				Clasificación del estado de pavimento			