

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**

**“DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO ASFÁLTICO  
UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE  
MERLIN PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR  
EN LA AVENIDA MUNICIPAL, TRAMO: ÓVALO CUZCO Ca.  
LOS ÁLAMOS, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN  
LANCHIPA, TACNA – 2021”**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. SANDRA VANESSA MAMANI QUENTA**

**Para optar por el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**TACNA – PERÚ**

**2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO ASFÁLTICO  
UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN  
PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR  
EN LA AVENIDA MUNICIPAL, TRAMO: ÓVALO CUZCO Ca.  
LOS ÁLAMOS, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN  
LANCHIPA, TACNA – 2021”

Tesis sustentada y aprobada el día 17 de enero de 2023 estando integrado el Jurado Calificador por:

**PRESIDENTE** : .....  
Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero

**SECRETARIO** : .....  
Mtro. Ing. César Avendaño Jihuallanga

**VOCAL** : .....  
Dr. Ing. Alexander Nicolas Vilcanqui Alarcón

**ASESOR DE TESIS** : .....  
Mgr. Martín Paucara Rojas

NOMBRE DEL TRABAJO

**informe final corregido Sandra M. 4-4-20  
22.docx**

RECUENTO DE PALABRAS

**14990 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**71692 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**112 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**19.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 4, 2022 10:10 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 4, 2022 10:13 AM GMT-5****● 7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)
- Material citado

**Mgr. MARTIN PAUCARA ROJAS**

ASESOR

## DEDICATORIA

En primera instancia agradezco a mis padres, personas de gran sabiduría que se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro y haber logrado importantes objetivos como culminar el Desarrollo de mi tesis con éxito y obtener una afable titulación profesional

## AGRADECIMIENTO

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

## ÍNDICE

	Página
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
1.1 Planteamiento del Problema .....	4
1.2 Formulación del Problema.....	10
1.2.1 <i>Problema general</i> .....	10
1.2.2 <i>Problemas específicos</i> .....	10
1.3 Justificación de la Investigación .....	11
1.4 Objetivos .....	14
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	14
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	14
1.5 Hipótesis general.....	15
1.5.1 <i>Hipótesis general</i> .....	15
1.5.2 <i>Hipótesis específicas</i> .....	15
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>16</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 Antecedentes del problema .....	16
2.2 Bases teóricas.....	20

2.2.1	<i>Determinación de la rugosidad del pavimento asfáltico</i> .....	20
2.2.1.1	<i>Serviciabilidad</i> .....	20
2.2.1.2	<i>Cálculo de la transitabilidad mediante el IRI</i> .....	21
2.2.1.3	<i>Rugosidad</i> .....	22
2.2.1.4	<i>Escalas y características del IRI</i> .....	22
2.2.2	<i>Rugosímetro de MERLIN</i> .....	23
2.2.3	<i>Aplicativo ABAKAL en teléfonos inteligentes</i> .....	31
2.2.3.2	<i>Ubicación del teléfono inteligente</i> .....	33
2.2.3.3	<i>Tipos de cálculo</i> .....	34
2.2.3.4	<i>Generación de informe con el aplicativo</i> .....	35
2.3	<i>Definición de conceptos</i> .....	37
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>39</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....		<b>39</b>
3.1	<i>Tipo y diseño de investigación</i> .....	39
3.1.1	<i>Tipo de investigación</i> .....	39
3.1.2	<i>Nivel de la investigación</i> .....	39
3.2	<i>Población y/o muestra de estudio</i> .....	39
3.2.1	<i>Población</i> .....	39
3.2.2	<i>Muestra</i> .....	40
3.3	<i>Operacionalización de variables</i> .....	40
3.3.1	<i>Variable dependiente</i> .....	40
3.3.2	<i>Variable independiente</i> .....	41

3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	41
3.4.1	<i>Técnicas</i> .....	41
3.4.2	<i>Procesamiento y análisis de datos</i> .....	42
3.5	Análisis de datos .....	52
3.5.1	<i>Materiales</i> .....	52
3.5.2	<i>Instrumentos</i> .....	53
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>54</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>54</b>
4.1	Resultado del cálculo de la rugosidad utilizando el rugosímetro de MERLIN	54
4.1.1	<i>Lecturas obtenidas del rugosímetro de MERLIN</i> .....	54
4.2	Resultado del cálculo de la rugosidad utilizando el aplicativo ABAKAL IRI.	75
4.2.1	<i>Datos obtenidos del aplicativo ABAKAL IRI</i> .....	75
<b>Comportamiento del IRI – Calzada de ingreso .....</b>		<b>76</b>
<b>Figura 38.....</b>		<b>77</b>
<b><i>Desplazamiento por la calzada de ingreso utilizando ABAKAL</i>.....</b>		<b>77</b>
4.2.2	<i>Comportamiento del IRI – Calzada de salida</i> .....	78
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>81</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>81</b>
5.1	Análisis de los resultados de la rugosidad obtenidos con el rugosímetro de MERLIN:.....	81
Tabla 19.....		81

5.2 Análisis de los resultados de la rugosidad obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI	83
5.3 Análisis comparativo de la rugosidad y la transitabilidad entre las metodologías aplicadas MERLIN y ABAKAL IRI.....	85
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Zona de investigación, Av. Municipal L=1.85 km. ....	7
Figura 2 Pérdida de finos en la avenida Municipal. ....	8
Figura 3 Perdida de finos en la capa superficial del pavimento .....	8
Figura 4 Presencia de parchado en la Av. Municipal. ....	9
Figura 5 Presencia del desgaste en la capa superficial . ....	10
Figura 6 Escala estándar para calificar el pavimento según el IRI.....	23
Figura 7 Uso del rugosímetro de MERLIN. ....	24
Figura 8 Partes del rugosímetro de MERLIN.....	25
Figura 9 Partes del instrumento .....	25
Figura 10 Medición de las desviaciones de la superficie .....	26
Figura 11 Tablero de valores para determinar las desviaciones .....	27
Figura 12 Hoja de campo.....	28
Figura 13 Histograma de frecuencias para calcular rango D.....	29
Figura 14 Modelo de cuarto de coche .....	31
Figura 15 Aplicativo ABAKAL .....	32
Figura 16 Ubicación del telefono en el vehiculo.....	33
Figura 17 Métodos de cálculo con el ABAKAL .....	34

Figura 18 Informe registrada en el aplicativo IRI.csv .....	35
Figura 19 Informe en google earth IRI.kml.....	36
Figura 20 Inicio de ensayo, óvalo Cusco.....	42
Figura 21 Evaluación de la rugosidad en la calzada de salida.....	43
Figura 22 Evaluación final en el tramo Óvalo Cusco.....	44
Figura 23 Calibración del aplicativo ABAKAL en la Av. Municipal.....	46
Figura 24 Evaluación con el aplicativo ABAKAL ingreso de la Av. Municipal.....	49
Figura 25 Evaluación de la rugosidad en el tramo final Av. Municipal.....	50
Figura 26 Calibración del aplicativo ABAKAL en la Av. Municipal.....	51
Figura 27 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 1.....	56
Figura 28 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 2.....	58
Figura 29 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 3.....	60
Figura 30 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 4.....	62
Figura 31 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 1, ensayo 5.....	64
Figura 32 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 2, ensayo 1.....	66
Figura 33 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 2, ensayo 2.....	68
Figura 34 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 2, ensayo 3.....	70
Figura 35 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 2, ensayo 4.....	72
Figura 36 Cálculo de la rugosidad y la transitabilidad tramo 2, ensayo 5.....	74
Figura 37 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m. calzada de ingreso .....	77

Figura 38 Desplazamiento por la calzada de ingreso utilizando ABAKAL.....	77
Figura 39 Comportamiento de los valores IRI cada 100 m. calzada de salida.....	79
Figura 40 Desplazamiento por la calzada de salida, utilizando ABAKAL.....	80
Figura 41 Desplazamiento de evaluación calzada de ingreso y salida .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Escala del índice de serviciabilidad.....	21
Tabla 2 Escala de la Transitabilidad .....	21
Tabla 3 Transitabilidad mediante el IRI .....	22
Tabla 4 Valores de IRI (m/km) .....	23
Tabla 5 Reporte del aplicativo IRI.csv .....	36
Tabla 6 Operacionalización de variables.....	45
Tabla 7 Hoja de campo, tramo de ensayo 1.....	55
Tabla 8 Hoja de campo, tramo de ensayo 2.....	57
Tabla 9 Hoja de campo, tramo de ensayo 3.....	59
Tabla 10 Hoja de campo, tramo de ensayo 4.....	61
Tabla 11 Hoja de campo, tramo de ensayo 5.....	63
Tabla 12 Hoja de campo, tramo de ensayo 1, calzada de salida.....	65
Tabla 13 Hoja de campo, tramo de ensayo 2.....	67
Tabla 14 Hoja de campo, tramo de ensayo 3.....	69
Tabla 15 Hoja de campo, tramo de ensayo 4.....	71
Tabla 16 Hoja de campo, tramo de ensayo 5.....	73
Tabla 17 Reporte del aplicativo ABAKAL, calzada de ingreso.....	76
Tabla 18 Reporte del aplicativo ABAKAL, calzada de salida .....	78

Tabla 19 Resumen de los resultados de los valores IRI, MERLIN.....	81
Tabla 20 Resultado de la rugosidad obtenido del aplicativo ABAKAL .....	82
Tabla 21 Calificación del estado del pavimento.....	83
Tabla 22 Resultados de la rugosidad obtenido del aplicativo ABAKAL.....	83
Tabla 23 Calificación del estado del pavimento.....	84
Tabla 24 Transitabilidad mediante el IRI.....	85
Tabla 25 Comparativo de los valores IRI y transitabilidad obtenidos con el MERLIN y el ABAKAL IRI.....	85

## RESUMEN

Los teléfonos inteligentes contienen una amplia gama de funciones, siendo en la actualidad una pieza indispensables del ser humano. En el campo de la ingeniería, los teléfonos inteligentes pueden usarse en las diferentes áreas, de las cuales en la presente investigación trataremos el uso del aplicativo ABAKAL, utilizando los sensores de vibración y el GPS de un Smartphone, para lograr la obtención de rugosidad del pavimento asfáltico en la Avenida Municipal, tramo: Óvalo Cusco – calle Los Álamos, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2021, para finalmente comparar los valores obtenidos del Smartphone con el metodología tradicional - Rugosímetro de Merlin.

La investigación es de tipo Aplicada, porque se quiere ampliar y generar conocimiento a partir de los datos del IRI y TRANSITABILIDAD VEHICULAR del pavimento flexible, usando el aplicativo ABAKAL y el rugosímetro de MERLIN, en un tramo longitudinal de 1,850 m. calzada de 7.20 m. y un carril de 3.60 m, obteniendo como resultado un IRI promedio de la avenida, considerando el aplicativo ABAKAL igual a 4.53 m/km y el rugosímetro de MERLIN igual a 4.56 m/km.

Se determinó el valor del IRI en el pavimento asfáltico usando el aplicativo ABAKAL en Smartphone como el Samsung Galaxy Note 10 considerando la velocidad de 40 a 60 km/h, por estar en zona de alto tráfico y el rugosímetro de MERLIN, analizando

las calzadas de ingreso y de salida, donde ambas metodologías califican el estado del pavimento como MALO, también califican de la transitabilidad de acuerdo a los valores calculados ABAKAL igual a 1.995 y MERLIN igual a 2.190, calificamos de REGULAR a MALA, por lo que se recomendó, rehabilitar o reconstruir a nivel de la carpeta asfáltica, utilizando carpeta asfáltica en frío o un tratamiento superficial a nivel de la capa de rodadura con emulsiones asfálticas.

**Palabras Claves:** IRI, ABAKAL, Transitabilidad, Evaluación superficial.

## ABSTRACT

Smartphones contain a wide range of functions, currently being an indispensable part of the human being. In the field of engineering, smartphones can be used in different areas, of which in the present investigation we will deal with the use of the ABAKAL application, using the vibration sensors and the GPS of a Smartphone, to obtain the roughness of the asphalt pavement on Municipal Avenue, section: Óvalo Cusco – Los Álamos street, Gregorio Albarracín Lanchipa district, Tacna – 2021, to finally compare the values obtained from the Smartphone with the traditional methodology - Merlin roughness meter.

The research is of the Applied type, because we want to expand and generate knowledge from the data of the IRI and VEHICULAR PASSAGE of the flexible pavement, using the ABAKAL application and the MERLIN roughness meter, in a longitudinal section of 1,850 m. 7.20 m driveway. and a 3.60 m lane, obtaining as a result an average IRI of the avenue, considering the ABAKAL application equal to 4.53 m/km and the MERLIN roughness meter equal to 4.56 m/km.

The IRI value in the asphalt pavement was determined using the ABAKAL application on Smartphones such as the Samsung Galaxy Note 10, considering the speed of 40 to 60 km/h, due to being in a high-traffic area, and the MERLIN roughness meter, analyzing the roadways of entrance and exit, where both methodologies qualify the state

of the pavement as BAD, they also qualify the passability according to the calculated values ABAKAL equal to 1.995 and MERLIN equal to 2.190, we qualify REGULAR to BAD, for which it was recommended, rehabilitate or rebuild at the level of the asphalt layer, using cold asphalt layer or surface treatment at the level of the wearing course with asphalt emulsions.

**Keywords:** IRI, ABAKAL, Trafficability, Superficial evaluation.

## INTRODUCCIÓN

La capacidad de mantener una estructura de pavimento en servicio y condiciones aceptables, desde el punto de vista estructural y funcional, está relacionado con muchos factores que muchas veces no son explícitos y cambian con el tiempo (Bianchini, 2012).

Actualmente, los principales dispositivos de prueba para la rugosidad del camino se pueden dividir en tres categorías: sistemas de medición de perfil en contacto, sistema de medición de rugosidad del camino del tipo de respuesta y sistema de evaluación subjetiva. El sistema de medición del perfil puede proporcionar una elevación del perfil de la carretera relativamente preciso y reproducible que se puede convertir en varios índices de rugosidad, pero lleva mucho tiempo y requiere un alto costo de depuración y operación. Los sistemas de tipo respuesta, requieren empleo de equipo lo cual aumenta el costo y la complejidad de la medición (Álvarez & Rivero, 2012). Y finalmente el resultado de la prueba de los sistemas de evaluación subjetiva que se basa en la habilidad del inspector.

Actualmente, los teléfonos inteligentes han integrado cada vez más variedades de sensores inteligentes (por ejemplo, GPS, sensor de aceleración 3D, giroscopio y sensor magnético), que pueden proporcionar un enfoque atractivo para la medición de la rugosidad de las carreteras (Zhang et al., 2021).

El Software ABAKAL utiliza los sensores de vibración y el GPS de Android que se encuentran en los teléfonos inteligentes y procesa resultados de valores IRI cada 100 m. La metodología que utilizan los Smartphone es el modelo de cuarto de automovil, que es una representación de una rueda posterior de un coche, mediante la masa, el resorte, el amortiguador y la flexibilidad de la llanta. En el modelo de cuarto de coche se mide los movimientos verticales atribuibles a las irregularidades en el perfil longitudinal. La velocidad de prueba debe ser constante y centrada en los 40 a 60km/h.

La rugosidad de la superficie de la carretera, es decir, la desviación de una superficie de una verdadera superficie plana (Miquel, 2006), pertenece a uno de los indicadores mas esenciales con respecto a la calidad del pavimento porque está altamente relacionada con la comodidad de un conductor, la seguridad de conducción, el consumo de combustible, costo de mantenimiento de carretera y vehículo y vida útil de las carreteras (Grabowski et al., 2018).

El estudio se realizó en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-Tacna, en la Avenida Municipal tramo Óvalo Cusco con Calle los Álamos. Dicha avenida contiene dos calzadas, dos carriles por sentido y un tramo longitudinal de evaluación de 1.85 Km. El objetivo de este estudio fue evaluar la rugosidad de una vía aplicando el software ABAKAL desde un Smartphone y comparar los resultados con el método convencional que es el rugosímetro de MERLÍN

(acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation).

El proceso de elaboración comprendió cinco pasos. En primer lugar, se recopiló datos en campo tanto con el uso de teléfonos inteligentes como el uso del equipo Merlín. En segundo lugar, se llevó a cabo el procesamiento de datos, y la transformación de datos entre las señales de aceleración adquiridas. Posteriormente, se obtuvo el IRI de los datos procesados. Finalmente se comparó los resultados de ambos métodos llegando a la conclusión que el uso del Software ABAKAL y la metodología tradicional muestran resultados similares. Con una calificación de índice de rugosidad del pavimento asfáltico como MALO y la transitabilidad vehicular considera de REGULAR a MALO.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del Problema

Los teléfonos inteligentes han demostrado su aplicabilidad en varios ámbitos de la ingeniería de transporte. En los últimos años, los sensores de los teléfonos inteligentes se están aprovechando en el campo de la estimulación de la ruta corta o de menor costo, los estudios de congestión del tráfico, etc (Parras, 2015).

Se están realizando muchas investigaciones para explorar la conveniencia de los sensores de teléfonos inteligentes en la evaluación de la rugosidad del pavimento.

Vittorio et al., (2014) instaló una aplicación en varios dispositivos (teléfonos inteligentes) que permitía el uso de sensores para monitorear el estado del pavimento de la carretera. El sistema se basa en una aplicación para teléfonos inteligentes Android que permite el pos-procesamiento de los datos brutos de aceleración midiendo el impulso de aceleración vertical, que corresponde a un evento de alta energía, etiquetado como “anomalía” en la superficie de la carretera. La velocidad de desplazamiento del vehículo de prueba osciló entre un mínimo de 25 a 40 km/h. Los resultados mostraron un alto rendimiento de la arquitectura del sistema

Eriksson et al., (2008) incorporó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para registrar trayectorias e identificar otras anomalías graves en la superficie de la carretera. Posteriormente, (KAWAMURA, 2006) introdujeron una pantalla de monitoreo para obtener la visualización en tiempo real de los índices de rugosidad de la carretera convertidos a partir de los datos del perfil definido.

Loizos y Plati (2008) consideraron parámetros como la velocidad del vehículo, las características del vehículo, etc. Los rangos de velocidad confiables de diferentes equipos de medición de rugosidad fueron un tema de investigación desde 1980. El modelo teórico, así como los resultados experimentales de Alessandroni et al., 2015 demostraron que los valores de potencia promedio de aceleración vertical obtenidos de los teléfonos inteligentes están entre 40 y 60 km/h (Janani et al., 2021).

Ahlin y Granlund (2002) implementaron un modelo de cuarto de automóvil para estimar el IRI y obtener una relación entre la aspereza de la carretera, la velocidad del vehículo y la vibración vertical de todo el cuerpo.

El uso de la metodología tradicional, como es llamado el uso del MERLIN y la aplicación del ABAKAL, nos ayudará a determinar el valor de la rugosidad en la Av. Municipal, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, en una longitud de 1.85 Km., en ambas calzadas de ingreso y salida.

**Estudiar caminos:**

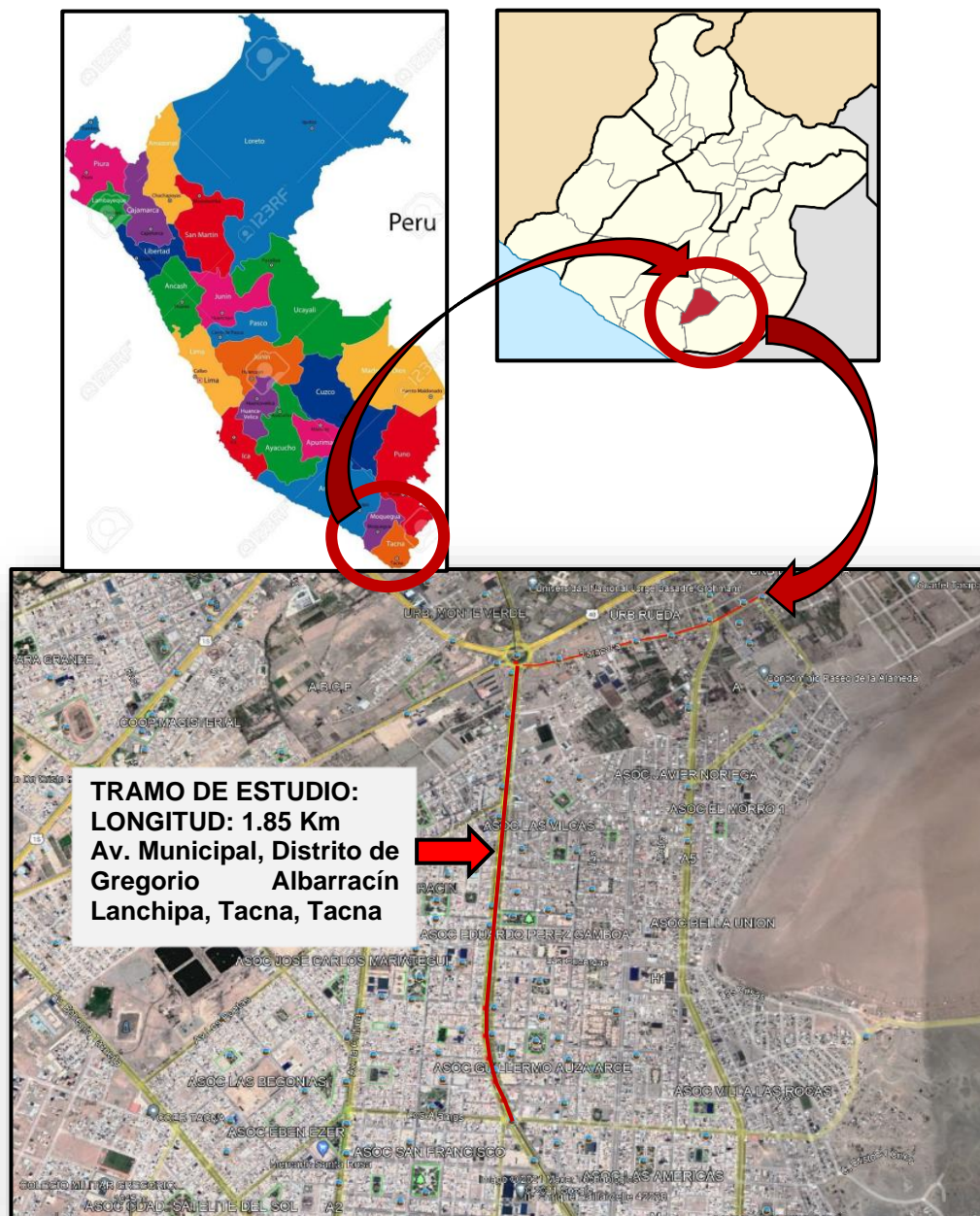
Los datos del rugosímetro de Merlín, así como los datos de IRI basados en teléfonos inteligentes, se recopilaron para un tramo de la Av. Municipal, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, Tacna, en una longitud de 1.85 Km., en ambas calzadas de ingreso y salida. El mapa de ubicación de la vía de estudio se muestra en la Figura 1.

Haciendo el recorrido visual de la vía, se observa la pérdida de finos en varios tramos de la vía como se muestra en la Figura 2 y Figura 3. Así mismo, se observó el parcheo de la calzada en mal estado y mal efectuado, ver figura 4, además de fisuras y huecos en la superficie de rodadura, ver Figura 5. Por lo cual, se evidenció el desgaste del pavimento y la necesidad de realizar un estudio de la superficie de rodadura a través del cálculo del valor IRI.

Para obtener el IRI utilizando teléfonos inteligentes mediante el aplicativo ABAKAL, se buscó que la velocidad del vehículo se mantuviera entre 40 y 60km/h, tratando que las ruedas del vehículo se mantuvieran en línea recta, fijándose el teléfono en un lugar inmóvil dentro del vehículo cuando se conducía sobre el pavimento.

**Figura 1**

*Mapa de ubicación, Av. Municipal del Distrito Coronel Gregorio Albarracín, provincia de Tacna, departamento de Tacna, (L= 1.85 Km)*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 2**

*Pérdida de finos en la avenida Municipal*



Nota. *Elaboración Propia*

**Figura 3**

*Pérdida de finos en la capa superficial del pavimento.*



Nota. *Elaboración Propia*

**Figura 4**  
*Presencia de parchado en la Av. Municipal.*



Nota. *Elaboración Propia*

**Figura 5**  
*Presencia del desgaste en la capa superficial Av. Municipal.*



Nota. *Elaboración Propia*

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo se relaciona los valores de la rugosidad en el pavimento asfáltico utilizando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para mejorar la transitabilidad vehicular en la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?

### **1.2.2 Problemas específicos**

a) ¿Cómo determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico utilizando teléfonos inteligentes en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?

b) ¿Cómo determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico utilizando el método convencional del Rugosímetro de Merlín en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?

c) ¿Existe similitud de resultados de rugosidad utilizando los teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLÍN en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?

### **1.3 Justificación de la Investigación**

En la actualidad existen equipos de clase I como la mira, el nivel, MERLIN, ETC, que han demostrado tener resultados óptimos en lo que concierne a la determinación de la rugosidad de una calle, avenida o carretera. Sin embargo, tales métodos son bastante tediosos y consumen mucho tiempo, además de ser por lo general de costo elevado en el mercado.

Viéndose estas dificultades, diversos investigadores realizaron estudios en la búsqueda de metodologías con resultado razonable para la detección de anomalías en el pavimento. Sharma et al. (2013) desarrollaron una tecnología innovadora de detección de problemas aprovechando los sensores de micrófono presentes en los teléfonos inteligentes. Se utilizaron huellas dactilares de audio para diferentes angustias y contextos ambientales para formatear el marco. Kyriakou et al. (2016) estudiaron la aplicabilidad de sensores de cabeceo y balanceo en teléfonos inteligentes para la detección y clasificación de anomalías en el pavimento mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales. Eriksson et al. (2008) utilizó un GPS y un acelerómetro de teléfono inteligente que se conecta al tablero de un automóvil para detectar baches. Un enumerador capacitado que se sentó dentro del vehículo presionó las teclas del teclado con respecto a los tipos de peligro predefinidos a medida que ocurrían.

La presente investigación se enfocará en la obtención de los valores IRI de un pavimento flexible utilizando una metodología alternativa como es el uso de

teléfonos móviles con el aplicativo Android llamado ABAKAL el cual utiliza los sensores de vibración que se obtienen del vehículo al circular por una determinada vía, registrando mediante el acelerómetro de los teléfonos inteligentes las vibraciones del chasis calculado e incorporando variables para simular el modelo de cuarto de automóvil impuesto por el IRI para hallar la rugosidad en unidades estandarizadas de metros por kilómetro. Con los valores IRI obtenidos del teléfono inteligentes se hará una comparación de los resultados obtenidos del Rugosímetro de MERLIN para determinar si existe relación entre ambas metodologías.

La rugosidad del pavimento asfáltico nos servirá además para conocer la calidad de conducción del pavimento, y anticiparnos a los posibles mantenimientos que deba efectuarse en la vía asfaltada de la Avenida de estudio. Considerando que en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa todas las vías asfaltadas presentan fallas, lo que provoca incomodidad y demora en el transporte. Además, siendo esta avenida indispensable para el transporte fluido de vehículos, el presentar fallas en la carpeta asfáltica ocasionaría malestar e incomodidad a los conductores durante su recorrido, por lo que urge realizar una evaluación de la rugosidad del pavimento como medida de prevención.

Así mismo la presente investigación, aportará las teorías de posteriores investigaciones en el campo del desarrollo vial, teniendo como antecedentes estos aspectos que se va estudiar. También beneficia a los usuarios conductores y peatones que transitan por la vía, porque son los directos afectados, debido a que la

avenida Municipal, se encuentra en mal estado, el cual genera incomodidad al transitar. Con los resultados que se obtendrán podemos plantear alternativas de solución para mejorar las condiciones de confort y seguridad para los usuarios.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar la rugosidad en el pavimento asfáltico basado en el uso de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para optimizar la transitabilidad vehicular en la Avenida Municipal – Tramo Óvalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico mediante el uso de teléfonos inteligentes en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cuzco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.
- b) Determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico utilizando el método convencional a partir del Rugosímetro de merlín en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cuzco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.
- c) Comparar los resultados obtenidos de la rugosidad mediante el uso de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín en la Avenida Municipal – Tramo Óvalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.

## **1.5 Hipótesis general**

### **1.5.1 Hipótesis general**

Existe similitud entre los valores de rugosidad en el pavimento asfáltico utilizando los teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para optimizar la transitabilidad vehicular en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.

### **1.5.2 Hipótesis específicas**

- a) El uso de los teléfonos inteligentes permitirá la evaluación de la rugosidad de un pavimento asfáltico en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.
- b) El uso del Rugosímetro de MERLÍN permitirá la evaluación de la rugosidad de un pavimento asfáltico en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.
- c) Existe similitud entre los resultados rugosidad utilizando los teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín en el tramo en estudio de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

Según Almenara (2015), sostiene que la aplicación de teléfonos inteligentes con el aplicativo Roadroid es una alternativa confiable con grandes beneficios técnicos y económicos si se le comparada con los métodos más usados. La clasificación por precisión del IRI calculado es de clase 2 según el Banco Mundial, igual de precisa que los instrumentos más utilizados en la actualidad como por ejemplo los perfilómetros laser. Económicamente se pueden reducir los costos en más de un ochenta (80) porciento por cada análisis de rugosidad, sin contar los beneficios extra con los que esta cuenta como por ejemplo el no necesitar mantenimiento y poseer una muy baja devaluación en el tiempo.

Cavalcante et al., (2018), analiza las condiciones de la superficie de una carretera pavimentada de hormigón asfáltico, superficie Tratamiento y Cemento-Concreto, y también un camino sin pavimentar, usando una aplicación para teléfonos inteligentes llamada Roadroid. Las características consideradas de las condiciones de la superficie están asociadas con la textura y el deterioro de la superficie. El análisis se realiza utilizando un Cuadro BoxPlot y medidas de tendencia central. En relación a las texturas, se comprueba que macrotexturas

abiertas en capas de desgaste presenta mayores valores de irregularidad, incluso en la ausencia de angustia. También se observa que las condiciones superficiales analizadas por las aplicaciones para teléfonos inteligentes son similares a las condiciones de superficie proporcionadas por las agencias de carreteras y aquellos segmentos con altos valores de coeficiente de variación, presentan una cantidad significativa de angustia, especialmente parches y baches. Con este análisis se espera contribuir con los datos más fiables, obtenidos mediante el uso de teléfonos inteligentes, con el fin de ayudar gestión de grupos en la toma de decisiones.

Reyes (2020), evalúa los resultados del IRI similares obtenidos en la Avenida La Prensa del Cantón Jipijapa; utilizando aplicativos para teléfonos inteligentes y un software de evaluación Vial ProVAL con respecto a la metodología tradicional el Rugosímetro de MERLIN. Todas las metodologías indicadas determinan la rugosidad de la superficie del pavimento asfáltico, y son herramientas innovadoras y prácticas que existen en el mercado para evaluar las vías y calcular el IRI respectivamente, y como metodología tradicional el MERLIN muy conocido y usado, por sus resultados precisos en la determinación de la rugosidad superficial del pavimento asfáltico en la Avenida La Prensa utilizando los aplicativos TotalPave IRI, Abakal IRI, el software ProVal y el rugosímetro de MERLIN. Los valores IRI determinados en la Avenida la Prensa varía desde los 2 m/km. La correlación del IRI con el

PSI nos proporcionó un valor de transitabilidad de 3,31 y con ello se califica la Transitabilidad como Bueno.

Arce (2021) determina el valor IRI usando la aplicación ABAKAL para Smartphone en el tramo de 1.3 km, en la ciudad de Tacna, de la avenida universitaria del Distrito de Pillcomarca, provincia de Huanuco, se concluyó, que en dicho tramo de evaluación se realizaron las respectivas evaluaciones para obtener el IRI y luego contrastar los resultados obtenidos con el rugosímetro de MERLIN, donde los resultados comparativos entre ambas metodologías resultaron similares, lo que concluye que los resultados del aplicativo ABAKAL son confiables.

Huanca & Quispe (2021) determinó los valores IRI, utilizando el aplicativo para Smartphone (teléfonos inteligentes) ABAKAL IRI. Obteniéndose un valor promedio de IRI igual a 4,63 m/km. y de acuerdo a la clasificación del estado del pavimento flexible, utilizando la tabla para la clasificación de valores de IRI en el Perú del MTC, el estado del pavimento esta en el rango de MALO. Asimismo, aplicando la metodología del Rugosímetro de MERLIN. Obteniéndose un valor promedio de IRI igual a 6,34 m/km. y de acuerdo a la clasificación del estado del pavimento flexible, utilizando la tabla para la clasificación de valores de IRI en el Perú del MTC, ubicamos el estado del pavimento en el rango de MALO. Concluyendo que, si bien es cierto el valor

numérico del IRI varía sustancialmente, la clasificación del pavimento sería en ambas metodologías la misma, es decir MALO.

Gonzalo y Beingolea (2021) determinó los valores IRI, utilizando el método convencional, obteniendo valores de la calzada de subida igual a 4.07 m/km y en la calzada de bajada de 5.14 m/km, calificando al pavimento con el valor promedio igual a 4.60 m/km, resultando como MALO. Asimismo, realizó el análisis mediante el aplicativo ABAKAL, obteniendo los valores IRI en la calzada de ingreso 4.38 m/km, y calzada de salida 4.49 m/km. Concluyendo en dicha investigación que los valores obtenidos con el aplicativo ABAKAL y los valores del rugosímetro de MERLIN, son similares.

De igual manera, Junaid (2015), sostiene que para obtener valores IRI confiables, la longitud promedio de cada valor IRI debe ser de 100m, además que el conductor debe ir a una velocidad constante de 50km/h.

Finalmente, los resultados del valor IRI utilizando el rugosímetro de MERLIN nos ayuda a plantear la forma de intervención que necesita la vía investigada y al mismo tiempo saber qué metodologías se adaptan mejor con sus resultados a nuestras condiciones y realidades de nuestras carreteras en el país.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Determinación de la rugosidad del pavimento asfáltico**

La rugosidad del pavimento es una desviación de la superficie con respecto a una superficie horizontal, que afectan el tránsito cómodo del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje (ASTM, 2012)

La rugosidad viene a ser una acumulación del movimiento vertical que se siente en la suspensión de una rueda de acuerdo a un confort de rodadura sentido por el usuario conductor, recorriendo a una velocidad de 80 km/h (Caro y Peña, 2012)

El IRI (International Roughness Index), fue desarrollado por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad, como parámetro de referencia en la evaluación de la rugosidad a nivel de la capa de rodadura en pavimentos asfálticos de una carretera.

#### **2.2.1.1 Serviciabilidad**

La serviciabilidad se define como la habilidad de un pavimento para servir a los tipos de solicitantes (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados (Norma Técnica CE. 010, 2010)

Para determinar la serviciabilidad del pavimento asfáltico, se utiliza el cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece el estado funcional o estructural actual del pavimento. La determinación del PSI se evalúa mediante una escala que va de 0 a 5, desde muy mala hasta muy buena. (Pomasonco de la Cadena, 2010)

**Tabla 1**  
*Escala de índice de serviciabilidad.*

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

Nota. *Norma Técnica CE. 010, 2010*

**Tabla 2**  
*Escala de índice de transitabilidad*

Índice de Transitabilidad	Calidad
5	Muy buena
4	Muy buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Nota. *Norma Técnica CE. 010, 2010*

### 2.2.1.2 Cálculo de la transitabilidad mediante el IRI

De acuerdo a las metodologías existentes para la determinación de los valores IRI por tamos de estudios, ya sean cada 100 m. o 400 m. en campo luego ser procesados los valores IRI por calzada o por carril, se determina el valor IRI

ponderado, para determinar la transitabilidad, utilizando la ecuación de Williams Paterson. (Sologorre, 2005)

WILLIAM PATERSON 1987

$$\text{PSI} = 5.85 - 1.68(\text{IRI}^{0.5}) \quad (4)$$

WILLIAM PATERSON 1987

$$\text{PSI} = 4.182 - 0.455(\text{IRI}) \quad (5)$$

**Tabla 3**

*Transitabilidad mediante el IRI*

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

Nota. *Sachún, 2016*

### 2.2.1.3 Rugosidad

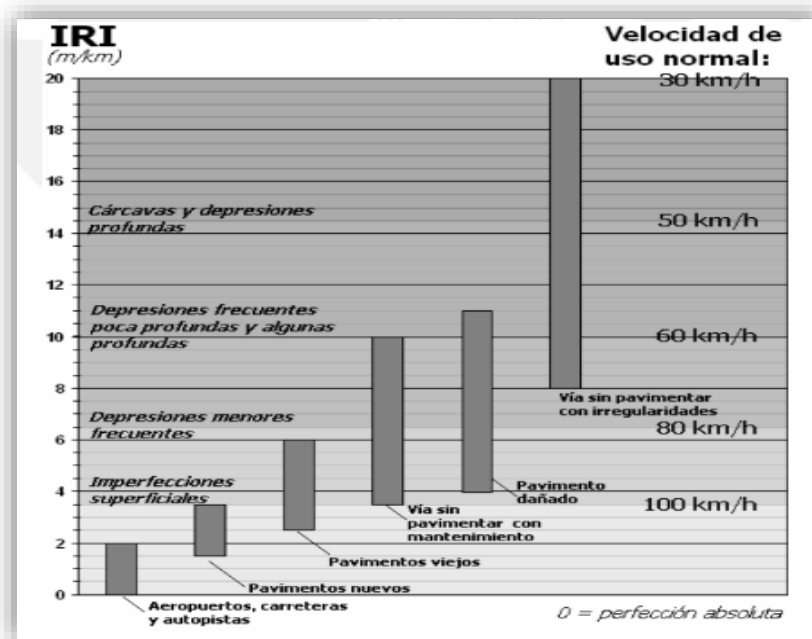
Viene a ser las irregularidades en la superficie del pavimento en relación a un plano horizontal, la presencia del deterioro del pavimento de la vía, tiene un efecto directo en los usuarios, y en la calidad de la capa de rodadura, en la seguridad y en el costo de operación del vehículo (Orosco, 2004)

### 2.2.1.4 Escalas y características del IRI

El IRI tiene unidades de m/km, varia de 0 a 20 m/km, cuando el IRI es 0 m/km es una vía excelente y cuando el IRI es 20m/km totalmente malo para transitar (Del Águila Rodríguez, 2015)

**Figura 6**

Escala estándar para calificar el pavimento según su IRI



Nota. Del Águila Rodríguez, 2015

**Tabla 4**

Valores de IRI (m/km) usados en países

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

Nota. Alvarenga, 2002

### 2.2.2 Rugosímetro de MERLIN

El Rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation) llegó al Perú en el año 1993, solo se tenía 15 unidades en empresas constructoras y consultoras, como un

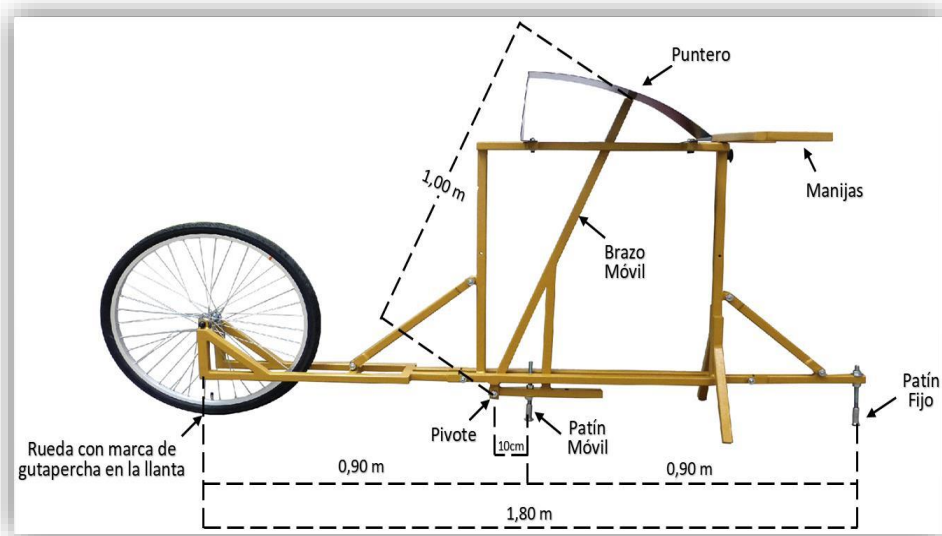
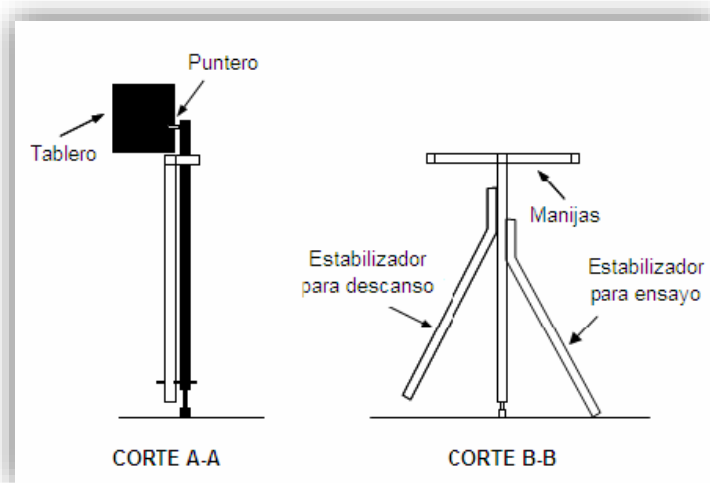
instrumento sencillo, práctico y económico, pensado especialmente para uso en países emergentes

La metodología que utiliza el MERLIN, lo califica como un método Clase 2 por haber sido diseñado como una variación de un perfilómetro estático y por los resultados obtenidos con gran exactitud. Por su gran exactitud, sólo es superado por el método topográfico, y el rugosímetro de MERLIN es recomendado para la calibración de los equipos tipo respuesta como el Bump Integrator, y Mays Meter.

**Figura 7**  
*Uso del Rugosímetro Merlín*



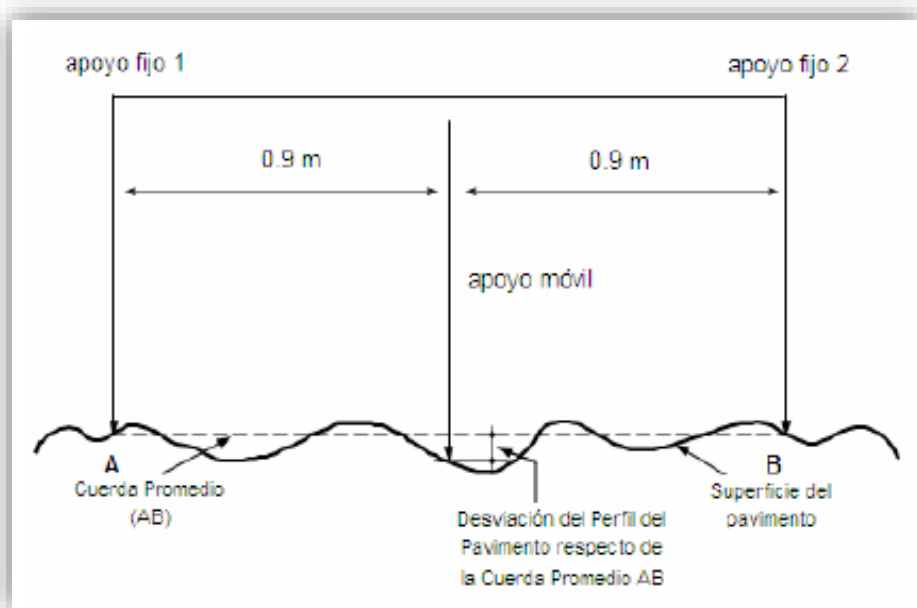
*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 8***Partes del rugosímetro de MERLIN**Nota. Del Aguila, 1999***Figura 9***Partes del instrumento**Nota. Del Aguila, 1999*

El MERLÍN mide el desplazamiento vertical de la desviación con respecto a la cuerda promedio como el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. Consta de dos pies, separados uno de otro una distancia de 1.8m, el cual se apoya en la superficie del camino cuya rugosidad será medida a lo largo de la vía. Tiene un patín móvil y un patín fijo el cual se coloca en el pavimento entre los dos pies, de esta manera se mide la distancia vertical “y” entre la superficie de la carretera. El resultado se registra en un formato de campo tomando 200 repeticiones en 400 m., cuyos datos registrados generan un histograma, para calcular el rango D en la escala de MERLÍN. (Del Aguila, 1999).

### Figura 10

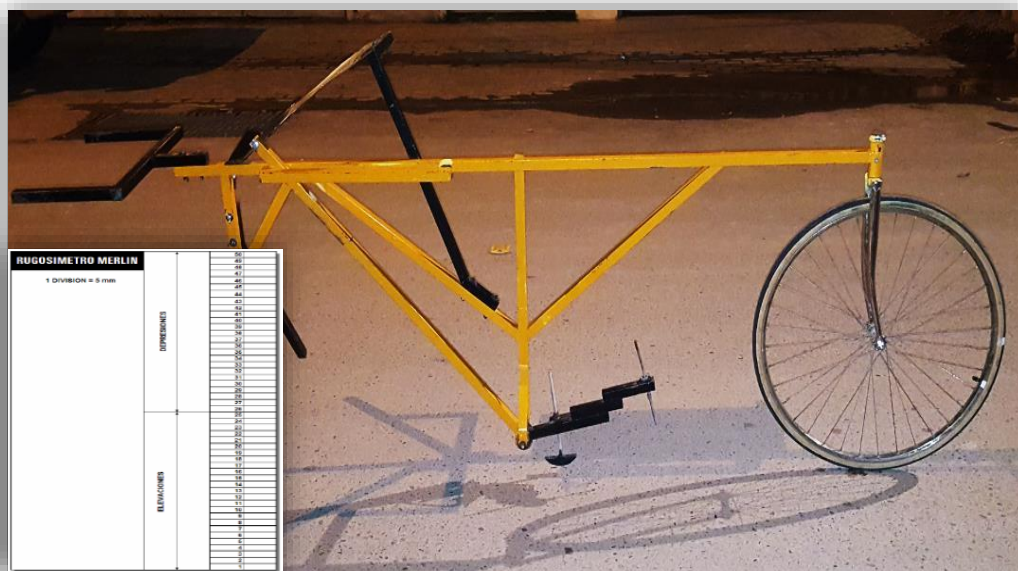
*Medición de las desviaciones de la superficie.*



Nota. Del Aguila, 1999

**Figura 11**

*Tablero de valores para determinar de las desviaciones de la capa superficial.*



*Nota. Del Aguila, 1999*

### 2.2.2.1 Modo de uso

En la obtención de los datos de campo utilizando el rugosímetro se necesita de dos personas, un operador del instrumento que toma las lecturas y un acompañante que anota en la hoja de registro de campo. La evaluación se realiza en tramos de 400m, obteniendo 200 registros cada 2 m., sobre la calzada o carril derecho o izquierdo, donde las mediciones se realizan sobre la huella exterior de la calzada o carril (Del Águila Rodríguez, 2015).

Para calcular el rango D de las frecuencias se realizan 200 lecturas de las irregularidades presentes en el pavimento asfáltico, datos que son detectados por el patín móvil del rugosímetro de MERLÍN, los cuales mediante el puntero se

posiciona sobre el tablero graduado valores cada 5 mm., generándose de esa manera cada lectura de las irregularidades, eso se repite iterativamente cada 2 m de distancia, de acuerdo a la experiencia la forma de ejecutar la toma de lecturas es utilizando una marca en la circunferencia en la rueda del MERLIN, prácticamente se toma la lectura al realizar una vuelta de la rueda. (Del Aguila, 1999)

### Figura 12

*Hoja de campo*

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

PROYECTO : \_\_\_\_\_ OPERADOR : \_\_\_\_\_  
 SECTOR : \_\_\_\_\_ SUPERVISOR : \_\_\_\_\_  
 TRAMO : \_\_\_\_\_ FECHA : \_\_\_\_\_  
 CARRIL : \_\_\_\_\_

ENSAYO N°  KM  +  HORA  :

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

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nota. Del Aguila, 1999

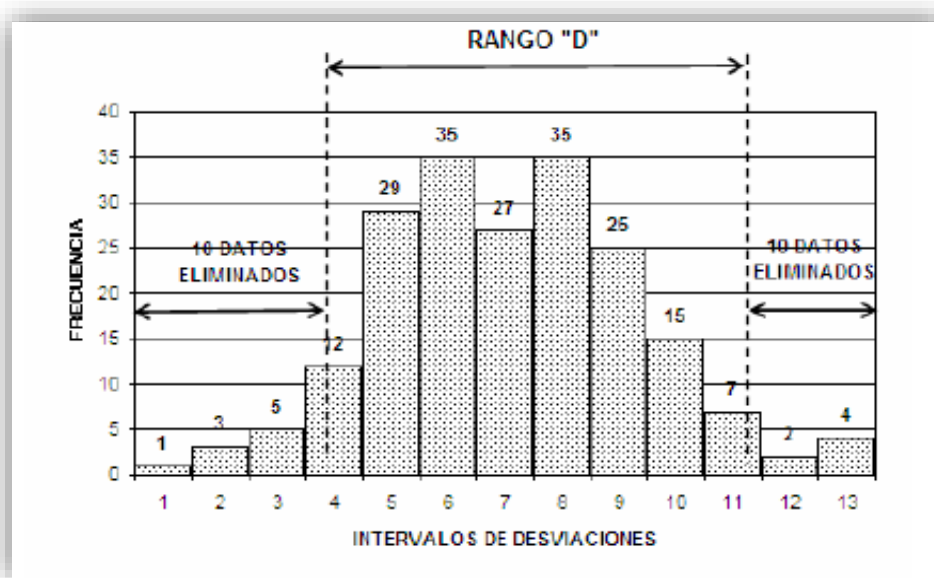
### 2.2.2.2 Cálculo de la rugosidad

Para la determinación del valor de la rugosidad en tramos de evaluación cada 400 m. donde se generaron 200 lecturas de acuerdo a las posiciones que adopta el brazo móvil sobre el tablero graduado con valores de 1 al 50 (Manual del Usuario Merliner. 1993).

Las lecturas obtenidas por cada tramo de evaluación en un total de 200 utilizando el rugosímetro de MERLIN, y con los datos obtenidos se grafica la distribución de frecuencias de las 200 lecturas en el rango de valores de 1 al 50 en forma de histograma, ver figura 13. Luego se descarta el 10% de datos poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 10 datos del lado izquierdo y datos del lado derecho. (Del Aguila, 1999).

**Figura 13**

*Histograma de frecuencias para el cálculo del rango D*



Nota. Del Aguila, 1999

Una vez realizado eliminado los datos de la izquierda y la derecha, se procede a calcular ancho del histograma en unidades MERLIN, y como consecuencia de la eliminación resultan fracciones para cada lado (Del Águila Rodríguez, 2015).

El Rango D se determina sumando los valores del histograma lado izquierdo y el lado derecho, más los valores de la zona central expresado en milímetros, finalmente multiplicar el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros (Del Águila, 2015).

$$\text{Rango D} = \text{suma de los valores} \times 5\text{mm} = \text{total rango D mm.}$$

### **Calculo de IRI**

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

Donde:

IRI = rugosidad

D = rango D

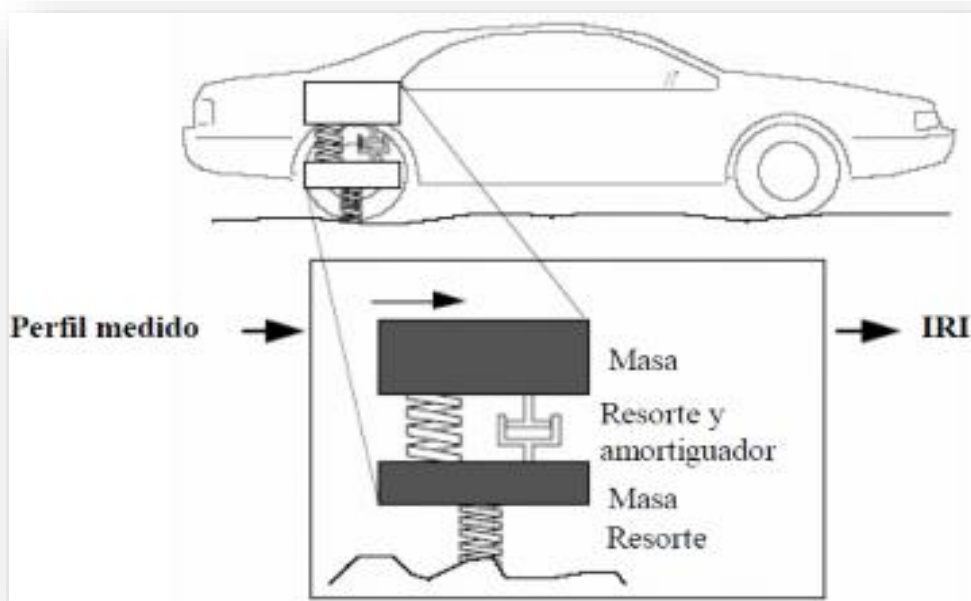
### 2.2.3 Aplicativo ABAKAL en teléfonos inteligentes

Para la determinación de la rugosidad, los teléfonos inteligentes llamados Smartphone utilizan sus sensores de vibración y el GPS de Android tal como se muestra en la figura 15, el aplicativo realiza graficas en el google earth y presenta resultados del valor IRI cada 100 m., a la vez se puede calibrar. Por otro lado, la metodología utilizada en los Smartphone es el modelo de cuarto de coche.

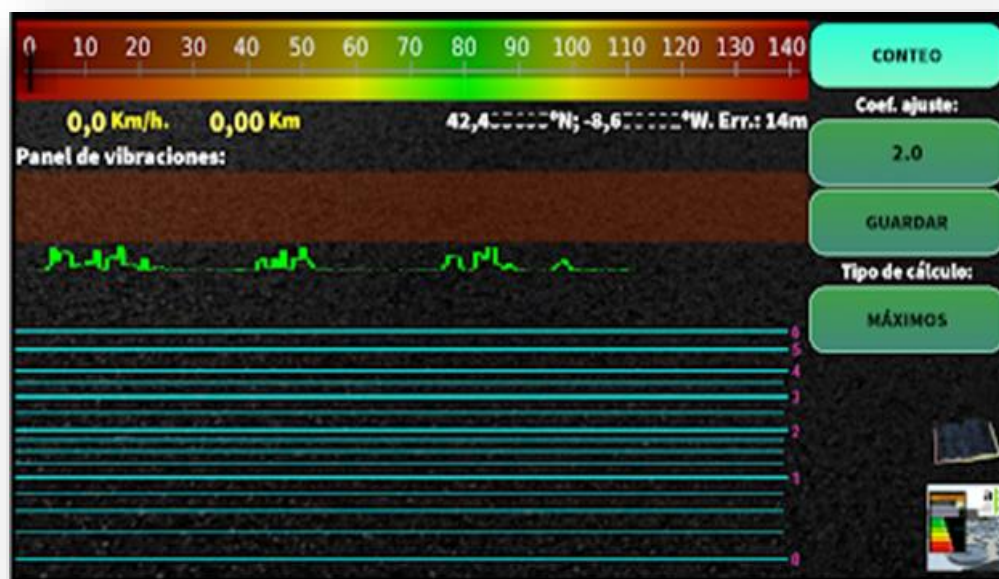
El modelo del cuarto de coche, es una representación de una rueda posterior de un coche, mediante la masa, el resorte, el amortiguador y la flexibilidad de la llanta. En el modelo de cuarto de coche se mide los movimientos verticales atribuibles a las irregularidades en el perfil longitudinal, Ver Figura 14.

**Figura 14**

*Modelo de cuarto de coche*



Nota. ABAKAL, 2020

**Figura 15***Aplicativo ABAKAL*

Nota. ABAKAL, 2020

### 2.2.3.1 Velocidad de ensayo

Para los ensayos en la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible se deben desarrollar velocidades constantes aproximadamente de 80 km/h, en carreteras, pero en zonas urbanas se pueden realizar las pruebas con velocidades constantes de 40 a 60 km/h por la alta concentración de flujos vehiculares en la zona urbana.

### 2.2.3.2 Ubicación del teléfono inteligente

La colocación del portacelular debe estar apoyado en el parabrisas, porque facilita en la operación y ajustes en el celular, para la calibración de la utilización de los métodos estadísticos o los máximos.

#### **Figura 16**

*Ubicación del teléfono en el vehículo.*



Nota. *Elaboración Propia*

### 2.2.3.3 Tipos de cálculo

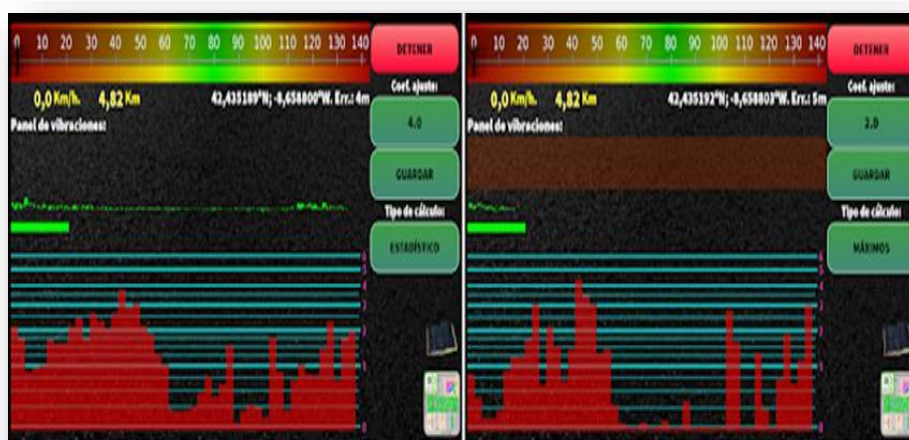
Para el cálculo de la rugosidad el aplicativo ABAKAL, considera los métodos estadísticos y el método de los máximos.

El método estadístico deriva de la ponderación relativa de primer y segundo orden de la vibración transmitida por el vehículo al dispositivo. El coeficiente de ajuste eleva (o reduce) dicha ponderación.

Para determinar cuál de los métodos es el más óptimo, o cuales se adaptan mejor al sistema vehículo - Smartphone, se tiene que realizar comparaciones con otros métodos que calculan la rugosidad, para la elección del mejor en cada caso. Se pueden utilizar cualquier tipo de vehículo en las pruebas, pero si se cambia de vehículo o el teléfono inteligente se tiene que repetir las pruebas.

**Figura 17**

*Métodos de cálculo con el ABAKAL*



Nota. *Elaboración Propia*

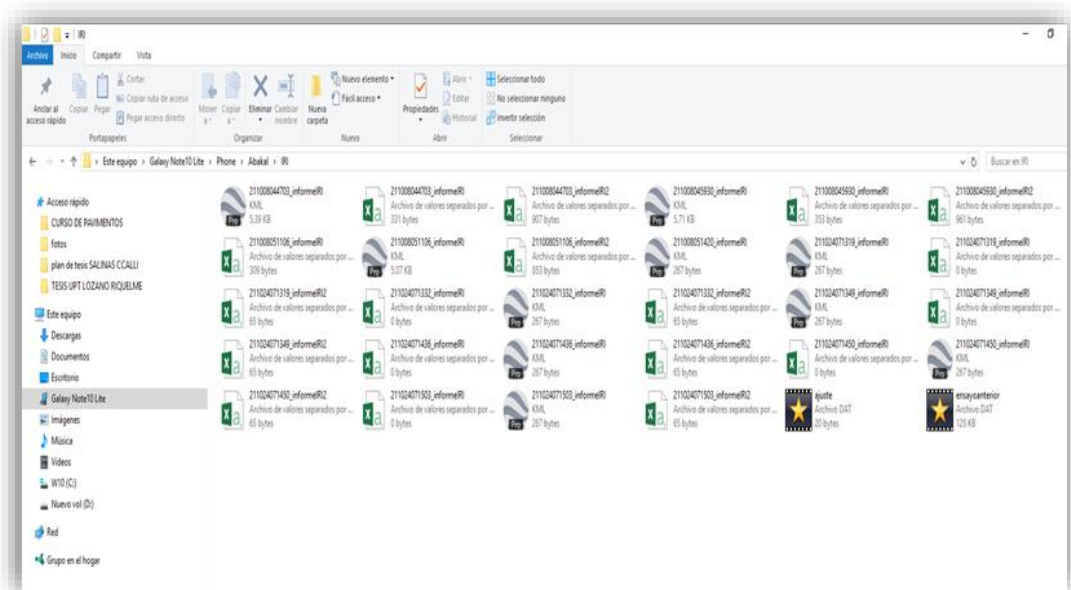
### 2.2.3.4 Generación de informe con el aplicativo

El aplicativo ABAKAL determina tres tipos de resultados, considerando tres tipos de archivos, que son guardados en una carpeta “/storage/0/Abakal/IRI”

- El archivo informe IRI.csv, archivo en Excel que nos ayuda a realizar las gráficas de las evaluaciones por carril o calzada.
- El archivo informe IRI2.csv, archivo en Excel que sirve como una tabla de control.
- El archivo informe IRI.kml, donde presenta el recorrido de la evaluación de la calzada de ingreso y salida en Google Earth.

**Figura 18**

*Información registrada en el aplicativo IRI.csv*



Nota. *Elaboración Propia*

**Tabla 5***Reporte del aplicativo IRI2.csv*

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	desplazamiento	Valor IRI
42,453633	-8,677348	110	75,35	0	2,14
42,454028	-8,676213	108	75,82	100	1,75
42,454396	-8,675086	114	72	200	0,87
42,454814	-8,673987	119	73,3	300	0,95
42,455341	-8,672945	124	76,32	400	1
42,456012	-8,671988	129	80,24	500	1,69
42,456741	-8,671048	137	78,12	600	1,57
42,457411	-8,670161	142	71,78	700	1,59
42,458005	-8,66923	146	73,55	800	2,12

*Nota. Elaboración Propia***Figura 19***Informe en google earth IRI.kml**Nota. ABAKAL 2020*

### 2.3 Definición de conceptos

- ***Pavimento***

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Período de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasaje peatonales y ciclovías (Norma Técnica CE. 010, 2010).

- ***Abakal***

Aplicativo que calcula el IRI utilizando sus sensores de vibración y GPS del Smartphone con sistema Android, entrega informes y gráficos, es una herramienta de uso gratuito.

- ***Conservación Vial***

Actividades o trabajos que se realizan para elevar el nivel de servicio manteniendo las características estéticas de la carretera.

- ***Transitabilidad***

Nivel de servicio del pavimento que asegura un estado de flujo vehicular libre en un determinado tiempo. (Norma Técnica CE. 010, 2010).

- ***IRI***

Viene a ser un parámetro de la rugosidad para medir el estado funcional o superficial de un pavimento asfáltico o pavimento rígido.

- ***Rugosímetro de Merlin***

Metodología tradicional establecido por el Banco Mundial para la medición de la rugosidad del pavimento (Norma Técnica CE. 010, 2010).

- **Aforo Vehicular**

Estudio que tiene por objeto clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por una vía en un tiempo determinado (Norma Técnica CE. 010, 2010).

- ***Bache***

Son las depresiones o huecos presente en la capa de rodadura de diferente severidad producidos por el alto tráfico o finalización de su vida útil (Norma Técnica CE. 010, 2010).

- ***Fallas en el pavimento***

Son las diversas patologías presentes a nivel de superficie y están pueden llegar a dañar la estructura del pavimento (Norma Técnica CE. 010, 2010).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Aplicada, ya que consiste en el uso y aplicación de conocimientos vinculadas con el trabajo en campo, cuando se realiza en un ambiente natural, y no existe manipulación de variables para el cálculo del IRI en el pavimento utilizando métodos como del MERLIN y aplicativos en teléfonos inteligentes. (Maldonado, 2015)

##### **3.1.2 Nivel de la investigación**

Se considera un nivel descriptivo - exploratorio, donde la finalidad de la investigación es describir y observar los eventos para lograr un nuevo conocimiento con la finalidad de ampliar el conocimiento, y consideramos exploratorio, porque queremos alcanzar temas poco conocidos y poco estudiadas, las que podrán ser utilizadas en futuras investigaciones. (Maldonado, 2015)

#### **3.2 Población y/o muestra de estudio**

##### **3.2.1 Población**

Consideramos para el estudio todas las carpetas asfálticas de las avenidas

principales del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, donde es una vía principal de ingreso y salida utilizado por el transporte urbano, que interconecta con la población de Tacna.

### **3.2.2 Muestra**

La muestra de estudio es la carpeta asfáltica de la avenida Municipal, tramo: Óvalo Cusco - calle Los Álamos, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna. Para tomar las muestras de valor IRI en el pavimento asfáltico en una longitud de 1.85 km, es necesario:

Toma de muestras valor IRI con el aplicativo ABAKAL

Toma de muestras valor IRI con el rugosímetro de MERLIN

## **3.3 Operacionalización de variables**

### **3.3.1 Variable dependiente**

- Abakal
- IRI
- Rugosímetro de Merlín
- Rugosidad
- transitabilidad

### **3.3.2 Variable independiente**

- Tramo de la Avenida Municipal
- Estado actual del pavimento
- Geometría de la vía

## **3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

### **3.4.1 Técnicas**

La metodología y técnica utilizada en el presente estudio es la recolección de datos de rugosidad del pavimento asfáltico usando el Rugosímetro de Merlín, y el aplicativo ABAKAL IRI desde un teléfono móvil. El área de estudio fue en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.

Para iniciar la ejecución de la investigación, se procede con localizar la avenida a ser estudiada analizando que está cumpla las condiciones necesarias como son el estado funcional, el estado de conservación, la influencia que tiene la vía en la ciudad, etc.

Teniendo estas condiciones básicas cumplidas, se procede con la recolección de datos. Para el presente estudio iniciamos la recolección de datos utilizando el método del Rugosímetro de MERLIN y posteriormente recolectamos los datos del IRI con el aplicativo ABAKAL IRI. A continuación, se detallará el paso a paso de ambas metodologías.

### 3.4.2 Procesamiento y análisis de datos

#### Rugosímetro de MERLIN

Para la toma de datos con el Rugosímetro de MERLÍN, se realizó la coordinación con el equipo de trabajo (el maquinista, el fotógrafo y mi persona) para reunirnos el día 04 febrero del 2022, a las 04:00 horas de la mañana en el Ovalo Cusco, el cual denominaremos como el “Punto de Inicio” de la evaluación, tal como se muestra en la Figura 20.

#### Figura 20

*Inicio del ensayo, óvalo Cusco*



Nota. *Elaboración Propia*

Para iniciar con las mediciones se realizó previamente la calibración del rugosímetro con las pastillas. una vez calibrado el rugosímetro se procedió a tomar las lecturas en el formato de campo.

### **Mediciones de Ida:**

El recorrido de ida se inició en el Ovalo Cusco, al cual llamaremos “Punto de Inicio” y culminó en la intersección de la Avenida Municipal con la Calle Los Álamos llamado también “Punto de Termino”. Las lecturas tomadas en el formato tienen un total de 200 desviaciones medidas cada dos metros en forma consecutiva en toda la vía, haciéndose 400 metros de longitud en cada formato. En total se realizaron 05 formatos de Ida, obteniéndose un valor promedio del IRI en el tramo de ida en m/km. El recorrido se realizó en el carril derecho de la calzada de bajada de la Avenida Municipal.

### **Figura 21**

*Evaluación de la rugosidad en la calzada de ingreso*



Nota. *Elaboración Propia*

**Mediciones de salida:**

El recorrido de salida se midió desde la intersección de la Avenida Municipal con la Calle Los Álamos, o “Punto de término” hasta el “Punto de inicio”, (Ovalo Cusco). Las lecturas tomadas en el formato tienen un total de 200 desviaciones medidas cada dos metros en forma consecutiva en toda la vía, haciéndose 400 metros de longitud en cada formato. En total se realizaron 05 formatos de salida, obteniéndose un valor promedio del IRI en el tramo de salida en m/km. El recorrido se realizó en el carril derecho de la calzada de subida de la Avenida Municipal.

**Figura 22**

Evaluación de la rugosidad finalizando el tramo Óvalo Cusco



Nota. *Elaboración Propia*

. En base a los datos obtenidos se procesan, calculan utilizando la hoja electrónica EXCEL.

### Procesamiento de datos

Una vez recolectado la información de campo, se procesó los datos en el Excel. Las lecturas obtenidas por cada formato de evaluación hacen un total de 200 lecturas en el rango de valores de 1 al 50, y con los datos obtenidos se grafica la distribución de frecuencias de las 200 lecturas. A modo de ejemplo se extrajo los valores obtenidos de la lectura del tramo de la calzada de ingreso (calzada de bajada) correspondiente a la progresiva 1+200 al 1+600 como se observa en la Tabla 10.

**Tabla 6**

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

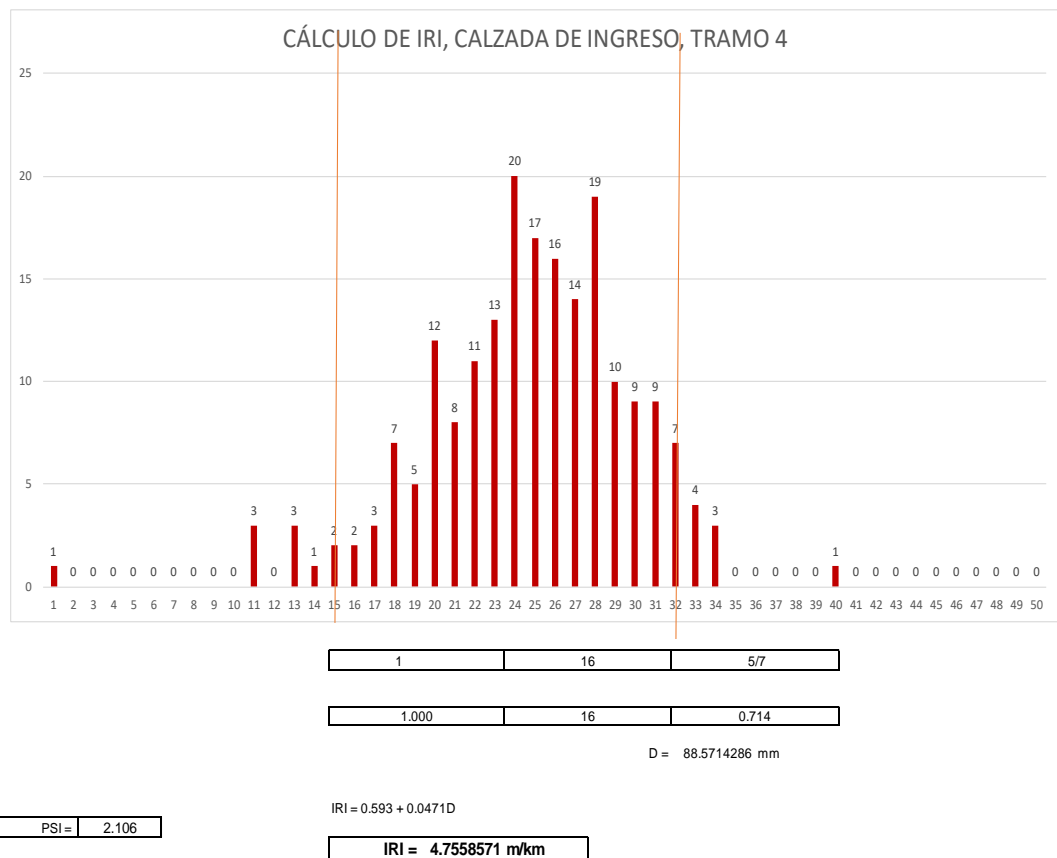
LECTURAS EN CAMPO										
1	28	23	26	20	24	31	15	25	24	25
2	20	30	18	18	29	28	32	23	27	28
3	23	20	27	17	18	28	17	27	23	27
4	25	31	24	20	15	25	21	22	27	28
5	20	29	14	21	31	32	25	30	27	28
6	27	29	24	25	18	28	24	28	19	29
7	27	21	25	24	28	31	32	26	0	25
8	25	32	24	22	24	24	21	34	31	13
9	26	32	26	28	26	16	22	16	26	24
10	20	24	28	30	23	25	24	31	21	18
11	29	30	27	30	22	26	27	22	17	20
12	25	31	22	18	27	22	22	34	13	19
13	24	30	24	20	23	22	24	20	21	29
14	33	28	28	26	19	20	24	26	13	28
15	27	29	25	26	23	21	28	30	23	23
16	29	30	22	23	29	19	26	28	25	32
17	26	25	24	23	11	25	28	24	30	33
18	29	24	27	21	40	23	28	28	31	32
30	33	19	23	24	11	11	27	26	34	31
20	22	26	20	18	20	26	33	25	26	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

Con los datos de la Tabla 6 obtenidos se grafica la distribución de frecuencia en forma de histograma, ver figura 23. Luego se descarta el 10% de datos poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 10 datos del lado izquierdo y datos del lado derecho para el cálculo del IRI, como se muestra a continuación.

**Figura 23**

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



Nota. *Elaboración Propia*

Una vez realizado eliminado los datos de la izquierda y la derecha, se procede a calcular ancho del histograma en unidades MERLIN.

Para el cálculo del IRI se aplicó la siguiente fórmula:

### **Cálculo de IRI**

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

Donde:

IRI = rugosidad

D = rango D

El Rango D se determinó de la siguiente manera:

Rango D = suma de los valores x 5mm = total rango D mm.

### **Aplicativo ABAKAL IRI**

Para la recolección de datos utilizando el aplicativo ABAKAL IRI, se usó un vehículo, un teléfono inteligente modelo Samsung Galaxy S7, dos personas, uno para conducir y mantener la velocidad constante y otro para manejar el dispositivo para dar inicio y fin a los registros y la toma de fotos durante el ensayo.

### **Medición de Ida**

Para iniciar las mediciones del IRI utilizando el aplicativo ABAKAL, nos ubicamos “Punto de inicio” (Ovalo Cusco) hacia el “Punto de término” que es la intersección de la Avenida Municipal con la Calle Los Álamos.

Sabiendo previamente que, para obtener resultados óptimos con el método ABAKAL, los estudios recomiendan realizar el recorrido a una velocidad constante entre 40 a 60km/h; por lo cual, previendo esto, se acordó con el equipo de trabajo realizar las mediciones a las 4:00 horas de la mañana, para evitar el alto tránsito vehicular de la Avenida Municipal, D. Gregorio Albarracín Lanchipa-Tacna.

De la misma forma, para facilitar la operación y ajustes en el celular, y para la calibración de la utilización de los métodos estadísticos o los máximos, el teléfono móvil se apoyó en el parabrisas, como se observa en la Figura 24.

**Figura 24**

*Evaluación con el aplicativo ABAKAL ingreso de la Av. Municipal*



*Nota. Elaboración Propia*

Una vez ubicados en el “Punto de inicio” y teniendo fijado el teléfono en el parabrisa, se inició con las mediciones del Abakal IRI.

Lo primero será esperar que el software ABAKAL tenga los datos del GPS, para poder iniciar las mediciones en tiempo real con las coordenadas geográficas. Una vez obtenido la ubicación con el GPS, iniciaremos la medición dándole al botón de “INICIAR”. cuando ya se tenga listo el vehículo para iniciar el recorrido, daremos click al botón “CONTEO” e iniciaremos con el recorrido del vehículo. El software irá tomando datos de la vibración del vehículo, y lo reflejará en la gráfica logarítmica que tenemos en la parte inferior del programa.

Una vez terminado el recorrido con el vehículo, daremos click al botón “DETENER”

Para el cálculo de la rugosidad el aplicativo ABAKAL, considera los métodos estadísticos y el método de los máximos. Teniendo un modelo de teléfono Smartphone modelo Samsung Note 10 y un vehículo camioneta con amortiguación, el análisis de estudio tomara el método estadístico con un Coeficiente de Ajuste igual a 2.0.

Finalmente guardaremos los datos recolectados, dándole click a “GUARDAR” y ya se tendría los datos guardados en el teléfono móvil.

### **Figura 25**

*Evaluación de la rugosidad en el tramo final de la Av. Municipal*



*Nota. Elaboración Propia*

Para el “recorrido de salida” se realizó de la misma manera que el “recorrido de ida”. Hay que tener en cuenta que el ensayo se realizará 03 veces tanto en el tramo de ida como en el tramo de salida para obtener resultados más precisos con menos errores.

### **Figura 26**

Calibración del aplicativo ABAKAL en la Av. Municipal



Nota. *Elaboración Propia*

Una vez realizado el ensayo se procederá con el procesamiento de datos en base a los resultados almacenados en el teléfono móvil con el Software ABAKAL. Además de los datos de IRI, el software ABAKAL nos proporciona el recorrido grafico del tramo de ida como del tramo de salida.

### **3.5 Análisis de datos**

Para el análisis de la información obtenida en los reportes determinados con el rugosímetro de MERLIN, valores IRI por tramo de 400 m. y el reporte obtenido del aplicativo ABAKAL valores IRI cada 100 m. se analizarán los valores del IRI utilizando la hoja electrónica EXCEL, resultando de ello figuras, tablas y resúmenes para obtener los valores del IRI promedio, para formular apreciaciones objetivas de la avenida Municipal, tramo Ovalo Cusco con Calle Los Álamos, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa-Tacna-Tacna.

Se realizó la evaluación de la rugosidad en campo utilizando el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo para teléfonos inteligentes ABAKAL IRI. para la recolección de datos de campo el tesista, con apoyo de un personal técnico, realizaron el ensayo los días:

- Para el ensayo del Rugosímetro de Merlín: viernes 04 febrero del 2022
- Para el ensayo con el Aplicativo ABAKAL IRI: domingo 06 de febrero de 2022.

El equipo de trabajo estuvo conformado por:

- Bach. Sandra Vanessa Mamani Quenta
- Asistente de campo

#### **3.5.1 Materiales**

- PC, impresora
- Reportes de Campo

- Odómetro manual
- Regla
- Conos de seguridad
- Plano de distribución.
- Fichas de Observación.

### **3.5.2 Instrumentos**

- Rugosímetro de MERLIN.
- Teléfono inteligente Smartphone modelo Samsung Note 10, con aplicación ABAKAL
- Fichas de observación
- Cámara fotográfica.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Resultado del cálculo de la rugosidad utilizando el rugosímetro de MERLIN**

De acuerdo a la información de campo utilizando el rugosímetro de MERLIN, primeramente, se obtuvieron las lecturas para la medición de la rugosidad, considerando cada tramo de ensayo en 400 m., tomados cada lectura en dos metros, como resultado se tiene las 200 lecturas, para el procesamiento mediante hoja electrónica Excel y determinar la rugosidad en 2 tramos de ensayo en la calzada de ingreso y en la calzada de salida, considerando 5 ensayos por calzada en la avenida Municipal en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna.

##### ***4.1.1 Lecturas obtenidas del rugosímetro de MERLIN***

Para cada tramo de evaluación por progresivas que corresponden las lecturas a la calzada de ingreso y a la calzada de salida, en ensayos cada 400 m. se detallan seguidamente.

## CALZADA DE INGRESO

A continuación, se muestra los resultados del tramo de ingreso en estudio, que inicia en el Ovalo Cusco, Progresiva Km 0+000, hasta la Progresiva del Km 0+400, como se muestra en la Tabla 7, con una longitud de 400m del carril derecho.

**Tabla 7**

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

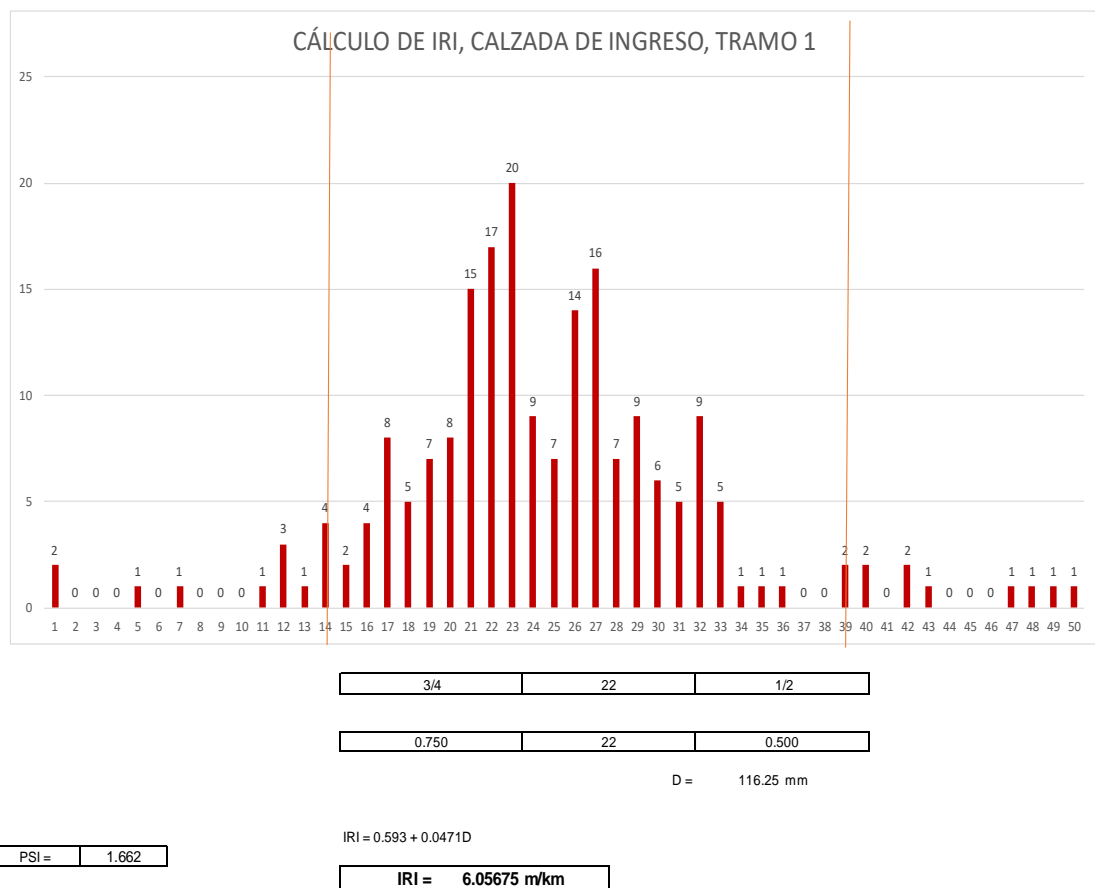
LECTURAS EN CAMPO										
1	5	32	20	7	23	26	20	22	26	19
2	1	33	32	40	23	22	17	26	18	23
3	12	29	25	21	19	18	30	21	32	23
4	31	28	29	27	21	27	27	22	15	28
5	27	27	19	28	21	27	20	24	32	28
6	27	27	14	42	26	27	16	23	12	48
7	26	17	26	43	12	19	30	20	28	14
8	25	32	21	28	26	25	29	27	14	22
9	29	28	42	22	23	24	30	19	32	0
10	13	29	23	32	31	40	26	25	17	33
11	22	21	30	27	23	22	47	22	29	14
12	27	15	23	22	24	16	23	26	21	22
13	20	17	21	21	33	21	30	39	33	22
14	29	26	18	22	21	24	23	50	39	23
15	34	11	32	19	24	24	26	17	25	33
16	29	24	27	31	20	20	26	24	22	17
17	19	23	16	20	21	23	25	24	21	27
18	31	36	21	23	21	26	23	17	26	31
19	23	22	27	22	23	32	16	29	22	23
20	35	17	49	18	27	18	30	22	25	23
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+000 al 0+400 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 6.06 m/km, así como se muestra en la Figura 27.

**Figura 27**

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



Nota. *Elaboración Propia*

De la misma forma, se muestra los resultados del tramo de ingreso en estudio, del Km 0+400, hasta la Progresiva del Km 0+800, como se muestra en la Tabla 8, con una longitud de 400m del carril derecho.

**Tabla 8**

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

LECTURAS EN CAMPO										
1	23	21	17	21	18	22	20	19	20	24
2	19	37	31	24	25	24	23	27	28	29
3	18	33	25	22	26	20	26	21	23	23
4	28	1	29	24	29	27	24	18	25	23
5	19	8	26	23	24	26	8	50	27	9
6	27	23	22	31	36	31	19	32	29	29
7	21	26	20	20	18	32	21	21	8	26
8	22	19	21	21	17	26	20	29	22	28
9	17	24	15	30	13	17	26	24	25	40
10	15	24	22	20	25	20	26	26	22	22
11	11	36	30	24	15	21	23	24	26	20
12	14	35	17	22	32	10	21	46	31	24
13	27	28	22	27	27	11	20	17	23	24
14	19	21	27	27	22	23	17	17	30	24
15	15	28	24	23	17	19	22	42	25	27
16	34	25	23	27	22	21	28	14	22	26
17	32	32	20	20	28	21	22	18	26	34
18	17	17	32	23	21	25	18	20	26	25
30	21	27	30	23	18	25	18	29	24	23
20	11	26	21	23	25	31	26	15	23	17
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+400 al 0+800 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 5.53 m/km, así como se muestra en la Figura 28.

**Figura 28**

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



Nota. *Elaboración Propia*

A continuación, se muestra los resultados del tramo de ingreso en estudio, del Km 0+800, hasta la Progresiva del Km 1+200, como se muestra en la Tabla 9, con una longitud de 400m del carril derecho.

**Tabla 9**

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

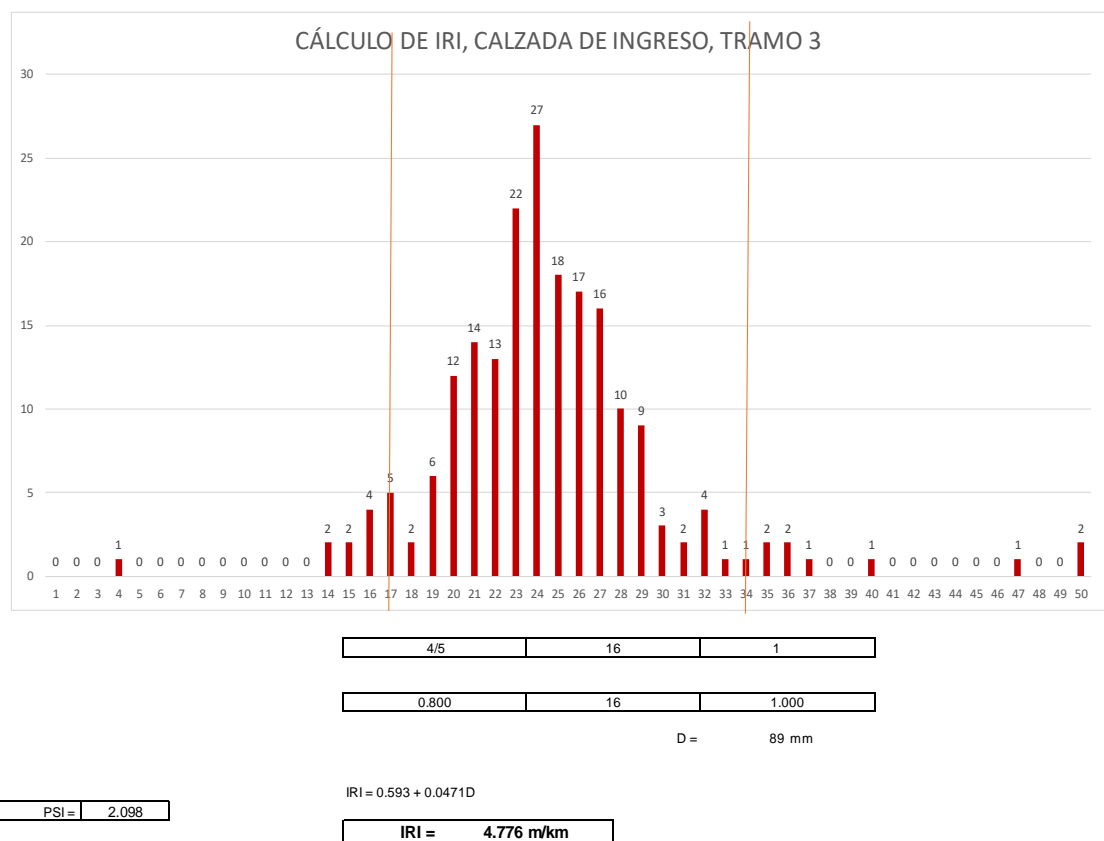
LECTURAS EN CAMPO										
1	50	26	21	26	22	21	28	14	20	35
2	19	36	22	26	25	21	27	27	25	29
3	29	27	24	28	24	26	33	24	23	34
4	24	23	19	24	25	16	20	24	24	26
5	24	28	30	23	26	29	28	25	26	24
6	20	19	17	23	32	24	36	50	27	15
7	24	25	22	26	21	26	21	23	24	32
8	26	23	24	21	25	28	23	27	25	23
9	29	15	24	26	16	23	19	23	31	23
10	20	23	21	17	24	21	47	23	19	22
11	25	23	37	20	17	27	4	24	23	24
12	25	21	14	27	20	27	25	22	29	27
13	20	31	24	32	25	30	40	26	27	19
14	20	24	22	21	28	24	22	24	29	16
15	17	20	26	28	24	23	29	25	22	24
16	32	21	25	23	23	25	28	21	22	22
17	30	22	20	23	28	26	25	26	23	18
18	35	24	27	18	24	25	21	27	26	25
30	29	20	27	24	28	27	23	22	27	25
20	29	21	24	23	26	17	22	27	16	20
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+800 al 1+200 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 4.78 m/km, así como se muestra en la Figura 29.

**Figura 29**

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



Nota. *Elaboración Propia*

A continuación, se muestra los resultados del tramo de ingreso en estudio, del Km 1+200, hasta la Progresiva del Km 1+600, como se muestra en la Tabla 10, con una longitud de 400m del carril derecho.

**Tabla 10**

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

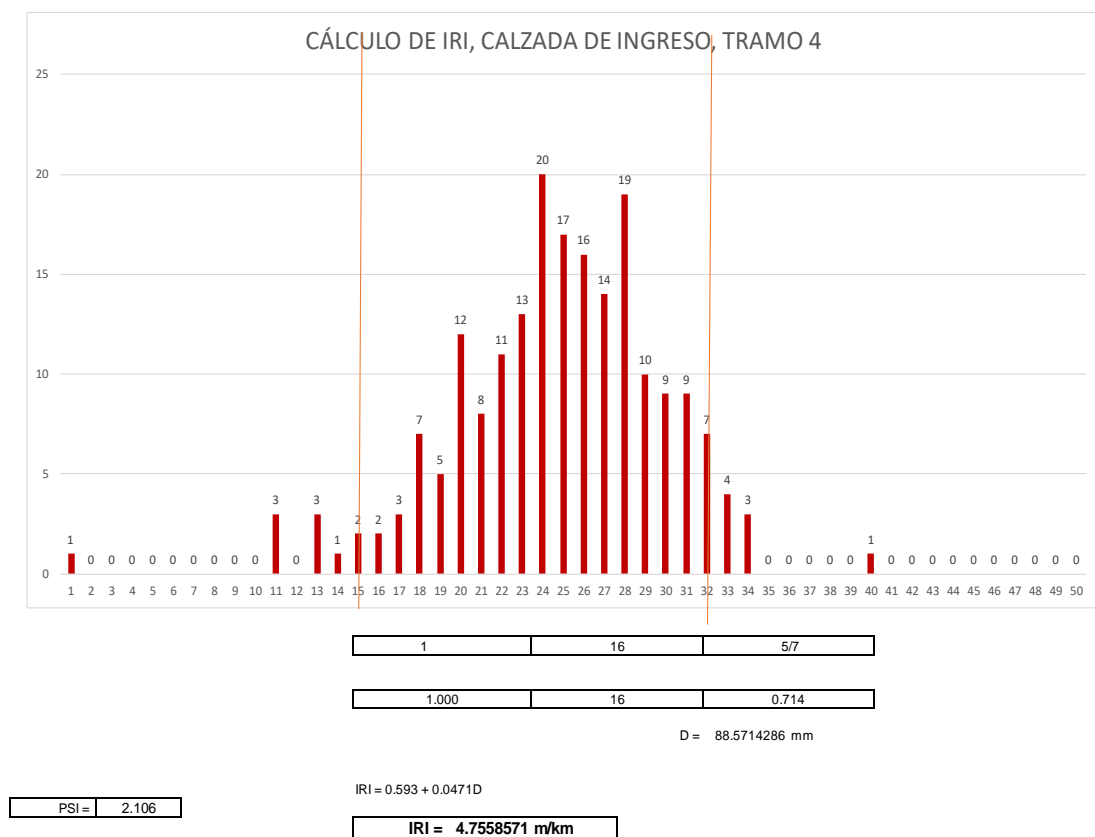
LECTURAS EN CAMPO										
1	28	23	26	20	24	31	15	25	24	25
2	20	30	18	18	29	28	32	23	27	28
3	23	20	27	17	18	28	17	27	23	27
4	25	31	24	20	15	25	21	22	27	28
5	20	29	14	21	31	32	25	30	27	28
6	27	29	24	25	18	28	24	28	19	29
7	27	21	25	24	28	31	32	26	0	25
8	25	32	24	22	24	24	21	34	31	13
9	26	32	26	28	26	16	22	16	26	24
10	20	24	28	30	23	25	24	31	21	18
11	29	30	27	30	22	26	27	22	17	20
12	25	31	22	18	27	22	22	34	13	19
13	24	30	24	20	23	22	24	20	21	29
14	33	28	28	26	19	20	24	26	13	28
15	27	29	25	26	23	21	28	30	23	23
16	29	30	22	23	29	19	26	28	25	32
17	26	25	24	23	11	25	28	24	30	33
18	29	24	27	21	40	23	28	28	31	32
30	33	19	23	24	11	11	27	26	34	31
20	22	26	20	18	20	26	33	25	26	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+200 al 1+600 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 4.76 m/km, así como se muestra en la Figura 30.

### Figura 30

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



*Nota. Elaboración Propia*

A continuación, se muestra los resultados del tramo de ingreso en estudio, del Km 1+600, hasta la Progresiva del Km 2+000, como se muestra en la Tabla 11, con una longitud de 400m del carril derecho.

**Tabla 11**

*Hoja de campo, tramo de ensayo 5 en la progresiva 1+600 – 2+000*

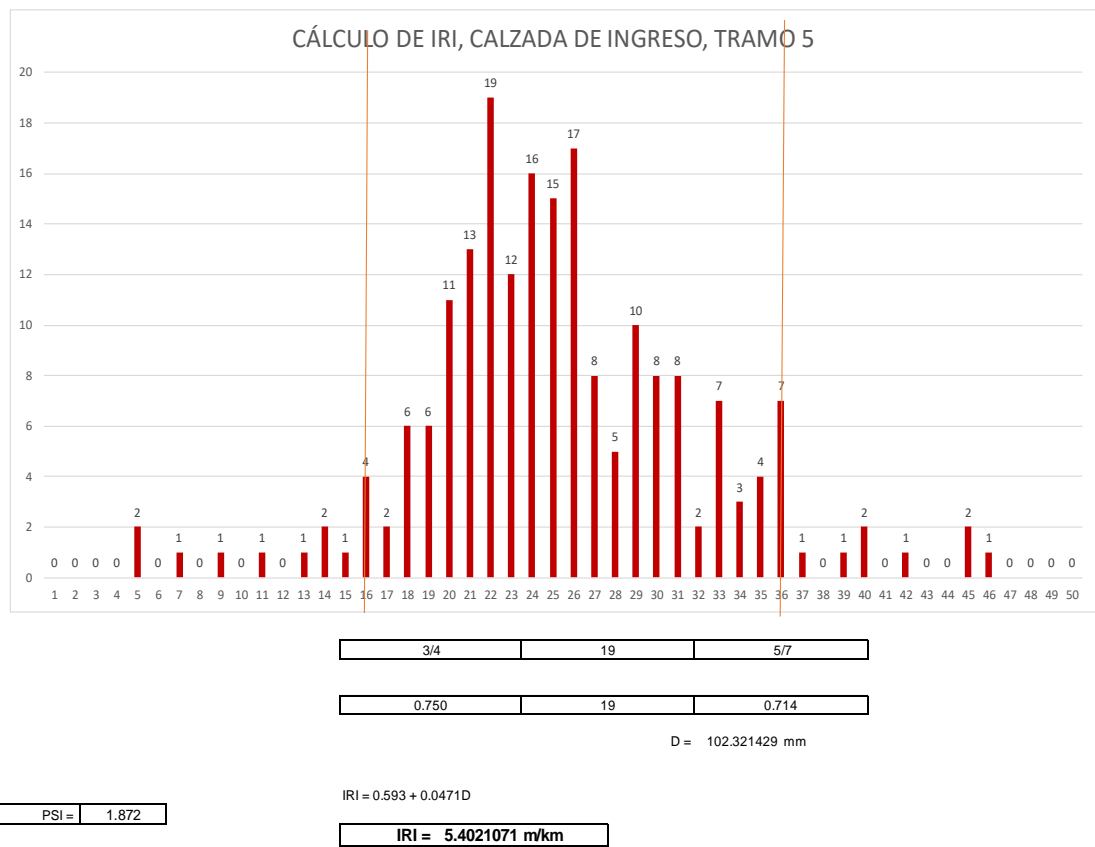
LECTURAS EN CAMPO										
1	32	26	22	26	20	23	24	26	22	23
2	27	21	20	26	22	28	11	35	5	29
3	26	21	19	23	26	26	40	5	36	34
4	16	31	29	31	24	29	21	45	34	36
5	24	22	33	36	22	21	33	42	21	33
6	30	23	27	20	19	26	34	33	22	20
7	27	16	36	33	25	21	40	22	20	29
8	25	29	24	24	25	23	14	19	36	27
9	24	25	24	24	26	17	13	28	31	24
10	30	28	25	20	17	19	31	27	33	26
11	29	21	22	21	23	30	39	22	30	25
12	28	24	23	16	26	25	25	22	25	36
13	23	27	20	7	24	25	31	31	28	35
14	24	22	22	23	37	19	26	30	29	30
15	22	23	18	35	23	14	9	15	18	31
16	24	18	21	21	30	24	45	25	16	20
17	26	20	29	23	22	30	26	24	20	25
18	25	18	18	27	32	29	35	36	21	25
30	22	27	18	21	46	22	26	31	22	19
20	24	29	26	25	33	22	21	20	22	26
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+600 al 2+000 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 5.40 m/km, así como se muestra en la Figura 31.

**Figura 31**

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



Nota. *Elaboración Propia*

## CALZADA DE SALIDA

A continuación, se muestra los resultados del tramo de salida, el cual inicia en la intersección de la Avenida Municipal con la Calle los Álamos, Progresiva Km 0+000, hasta la Progresiva del Km 0+400, como se muestra en la Tabla 12, con una longitud de 400m del carril derecho.

**Tabla 12**

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

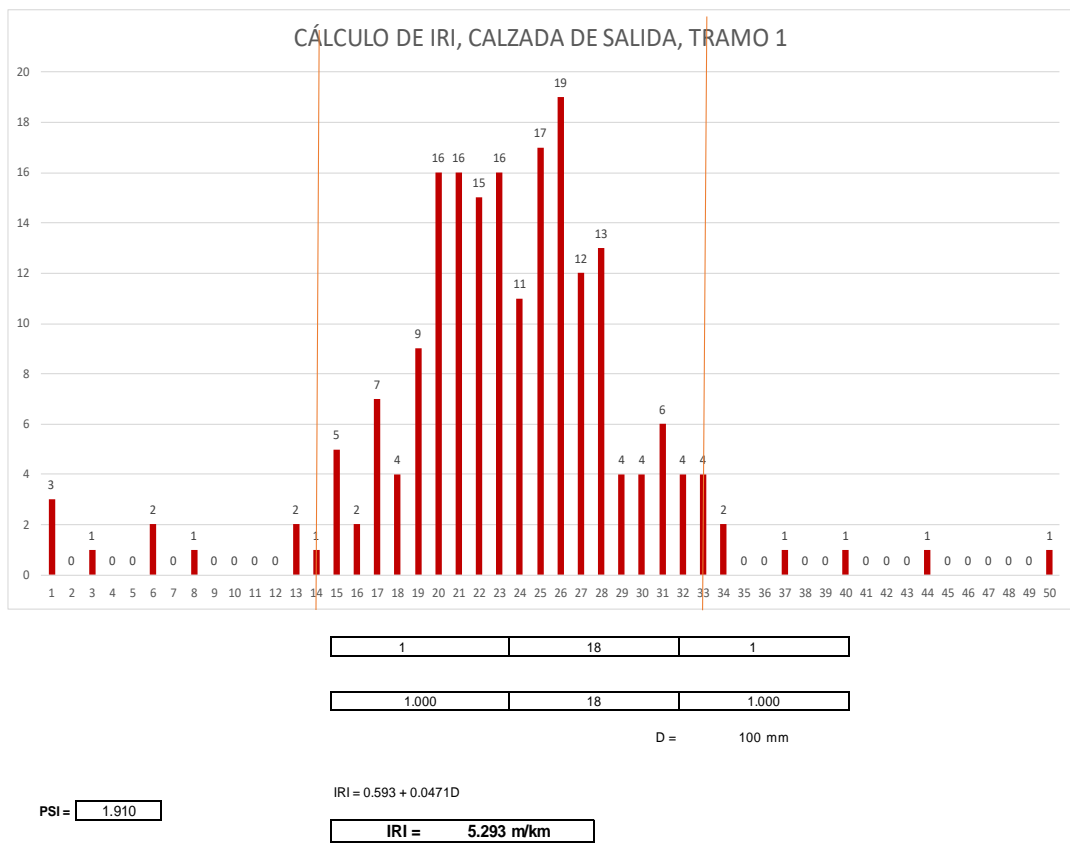
LECTURAS EN CAMPO										
1	17	20	23	28	23	37	18	20	28	21
2	15	23	25	21	20	27	13	25	29	25
3	15	25	20	27	28	26	23	22	27	31
4	50	40	18	25	31	23	24	20	27	25
5	0	28	26	28	28	31	26	15	21	3
6	8	22	27	22	26	27	25	21	26	18
7	6	21	23	33	17	19	27	18	21	31
8	15	26	17	26	24	19	26	22	26	13
9	0	25	22	20	23	24	26	20	23	29
10	26	21	20	20	22	22	20	28	27	30
11	17	27	26	34	28	28	25	25	24	16
12	23	21	25	24	34	23	24	20	28	20
13	22	15	22	30	23	32	26	22	19	27
14	14	22	29	22	25	1	29	17	30	19
15	21	31	22	32	26	21	24	20	16	24
16	19	32	28	21	25	6	27	24	20	19
17	28	33	32	19	22	17	21	23	31	28
18	20	26	26	21	26	21	25	17	44	33
19	19	25	20	22	23	30	24	24	25	25
20	21	21	23	19	33	26	26	23	23	27
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+000 al 0+400 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 5.29 m/km, así como se muestra en la Figura 32.

**Figura 32**

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



Nota. *Elaboración Propia*

De la misma forma, se muestra los resultados del tramo de salida en estudio, del Km 0+400, hasta la Progresiva del Km 0+800, como se muestra en la Tabla 13, con una longitud de 400m del carril izquierdo.

**Tabla 13**

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

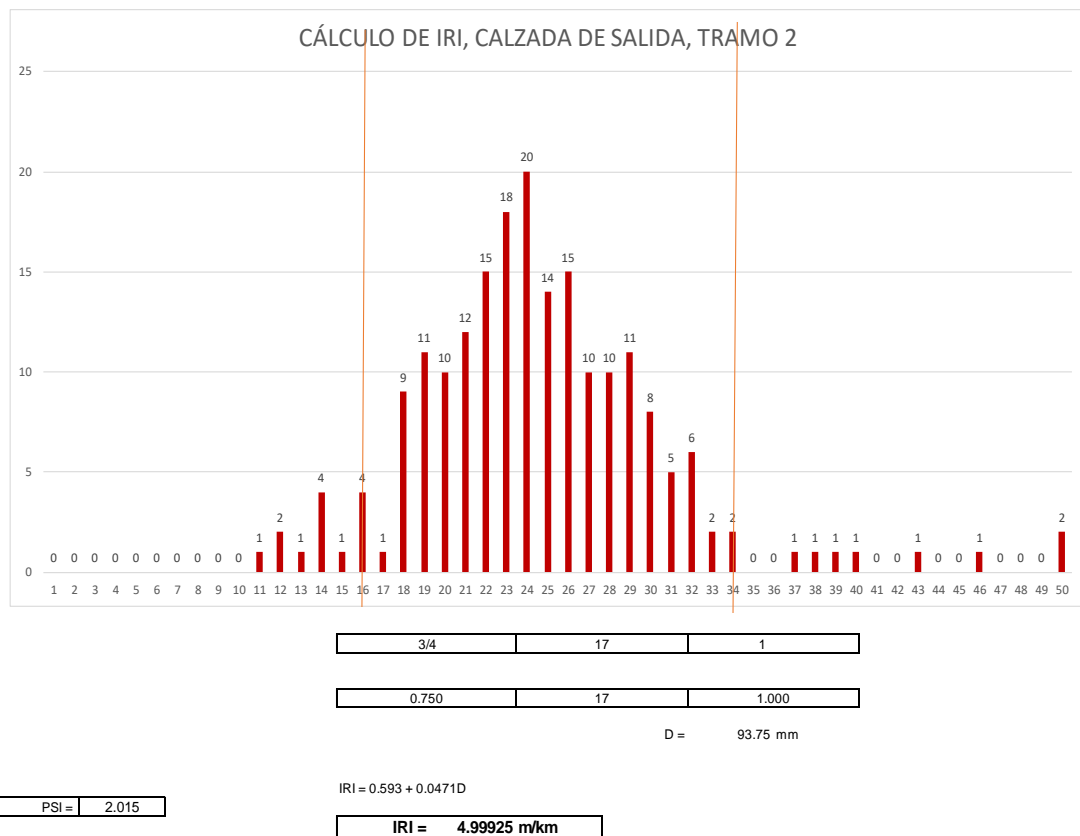
LECTURAS EN CAMPO										
1	26	26	25	21	18	22	18	26	30	33
2	25	14	32	27	22	29	31	11	28	34
3	26	26	19	23	23	21	24	13	24	20
4	26	30	27	15	17	20	46	26	23	19
5	27	12	29	20	22	24	25	38	21	29
6	23	19	14	25	19	25	23	23	16	39
7	22	26	27	20	29	23	19	22	22	30
8	29	22	25	28	29	21	16	24	33	32
9	14	27	25	19	19	22	28	25	18	29
10	31	18	24	12	28	24	22	21	19	24
11	31	24	22	32	26	27	20	22	21	30
12	26	31	26	23	30	18	18	19	19	27
13	29	24	18	28	32	21	22	23	25	20
14	29	23	26	28	32	21	19	23	20	24
15	24	21	29	24	34	43	20	21	24	24
16	30	30	18	16	21	25	14	28	26	50
17	40	37	26	22	22	25	23	23	25	27
18	50	26	24	25	28	28	23	24	20	27
19	28	20	27	21	18	23	25	16	24	30
20	24	24	29	24	23	31	22	23	23	32
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 2 en la calzada de salida

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+400 al 0+800 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 5.00 m/km, así como se muestra en la Figura 33.

**Figura 33**

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



*Nota. Elaboración Propia*

De la misma forma, se muestra los resultados del tramo de salida en estudio, del Km 0+800, hasta la Progresiva del Km 1+200, como se muestra en la Tabla 14, con una longitud de 400m del carril izquierdo.

**Tabla 14**

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

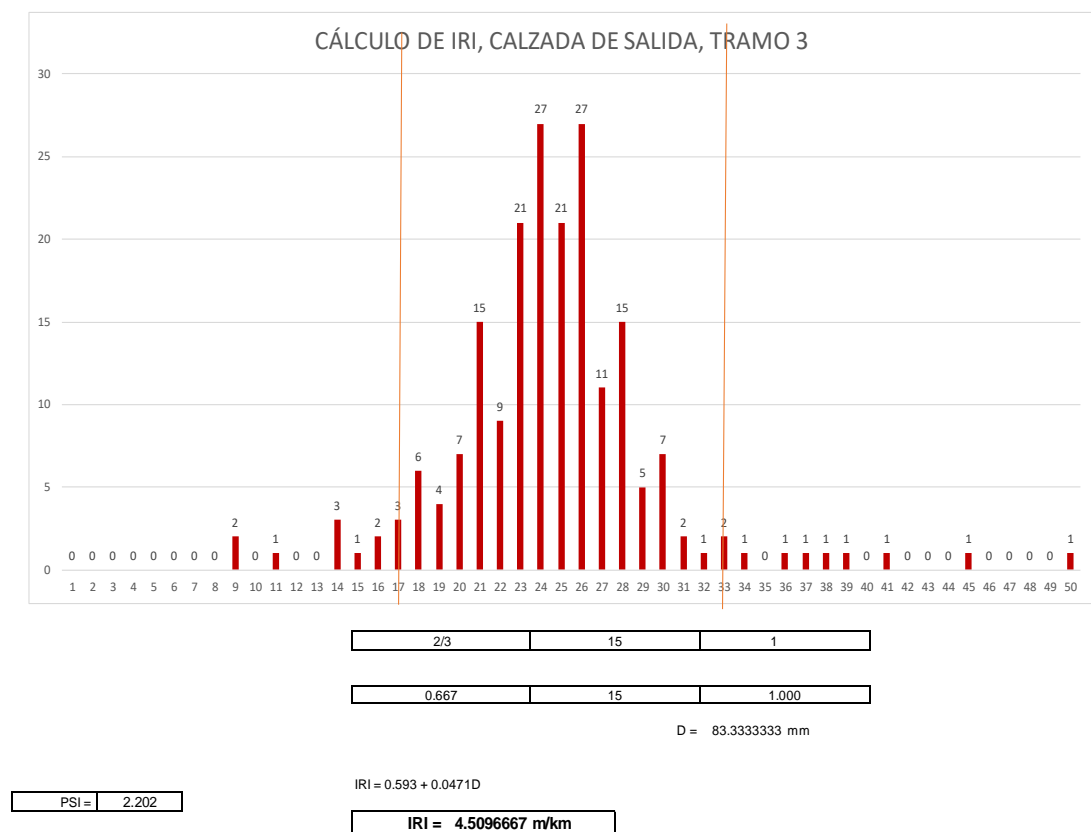
LECTURAS EN CAMPO										
1	21	25	31	21	21	24	24	23	22	21
2	19	28	23	25	21	24	26	24	26	21
3	24	24	26	21	22	21	34	23	16	27
4	23	21	30	30	28	24	27	30	26	24
5	18	26	38	28	27	23	28	9	26	25
6	23	18	19	20	23	27	23	45	24	24
7	23	23	41	26	22	26	30	50	23	28
8	17	14	37	25	28	24	19	24	29	15
9	25	26	25	24	33	30	24	21	25	9
10	24	25	25	25	22	26	18	24	24	23
11	23	28	26	11	16	18	26	24	25	23
12	26	23	27	28	18	24	18	20	26	27
13	25	27	36	23	26	26	26	22	25	31
14	26	25	32	26	25	28	29	26	26	23
15	28	14	28	25	24	24	28	20	27	39
16	20	21	25	29	24	22	25	27	27	30
17	21	33	27	20	26	23	25	22	24	28
18	20	23	29	23	24	24	26	21	30	17
19	14	23	19	17	26	28	21	22	24	25
20	21	26	22	24	20	25	29	28	26	26
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+800 al 1+200 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 4.51 m/km, así como se muestra en la Figura 34.

**Figura 34**

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



Nota. *Elaboración Propia*

De la misma forma, se muestra los resultados del tramo de salida en estudio, del Km 1+200, hasta la Progresiva del Km 1+600, como se muestra en la Tabla 15, con una longitud de 400m del carril izquierdo.

**Tabla 15**

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

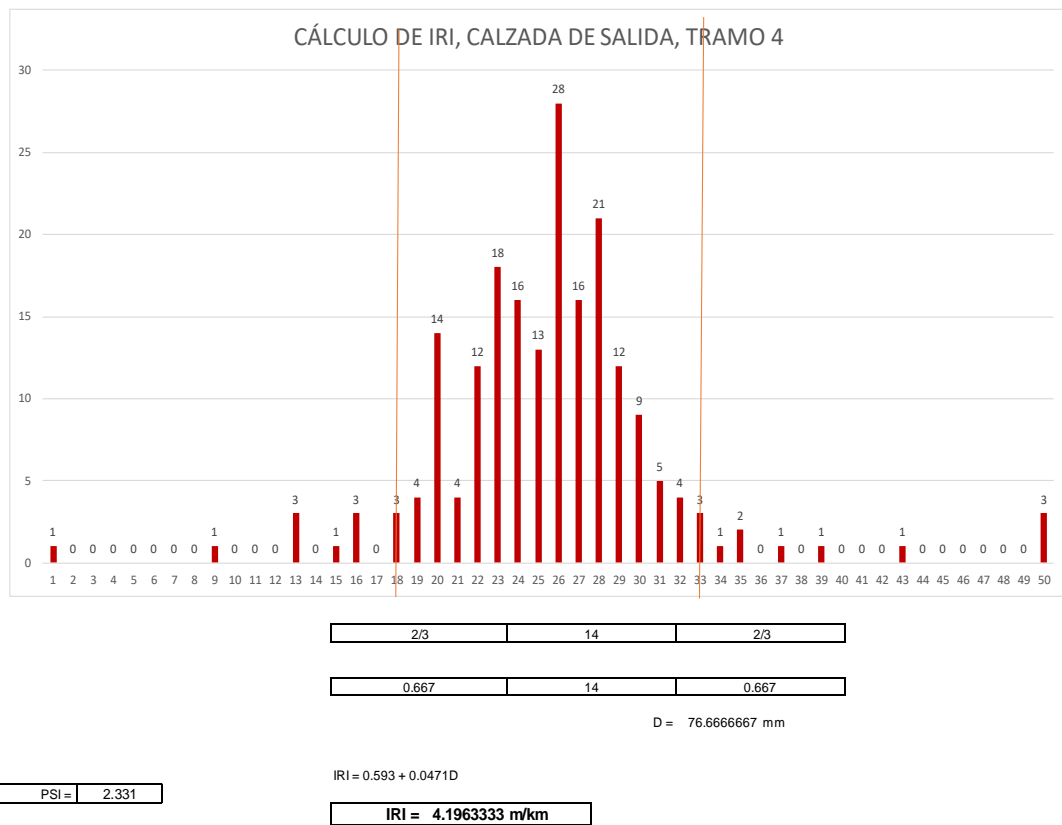
LECTURAS EN CAMPO										
1	27	20	28	29	24	29	30	22	23	28
2	27	31	13	24	30	22	25	30	24	26
3	25	27	33	29	26	24	28	20	25	31
4	22	23	33	23	21	29	21	26	24	18
5	27	26	28	20	26	25	25	27	26	26
6	24	19	18	26	19	33	32	24	23	29
7	28	19	26	24	31	28	24	30	31	20
8	23	26	16	28	26	23	29	27	26	21
9	25	24	29	29	28	26	20	26	20	18
10	28	20	23	23	15	25	37	28	20	20
11	28	26	20	28	29	26	22	30	26	25
12	39	31	20	20	34	26	27	23	23	23
13	26	30	27	21	32	22	22	28	28	27
14	26	23	20	32	30	22	24	28	16	29
15	23	29	30	26	13	50	23	26	24	28
16	24	27	28	27	13	50	25	22	0	25
17	24	28	27	23	32	16	22	22	50	28
18	23	43	19	23	20	26	28	9	23	25
19	27	35	26	26	30	27	22	24	27	26
20	24	35	26	25	29	22	27	25	26	28
	1	2	3	4	5	25	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+200 al 1+600 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 4.20 m/km, así como se muestra en la Figura 35.

**Figura 35**

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



Nota. *Elaboración Propia*

De la misma forma, se muestra los resultados del tramo de salida en estudio, del Km 1+600, hasta la Progresiva del Km 2+000, como se muestra en la Tabla 16, con una longitud de 400m del carril izquierdo.

**Tabla 16**

*Hoja de campo, tramo de ensayo 5 en la progresiva 1+600 – 2+000*

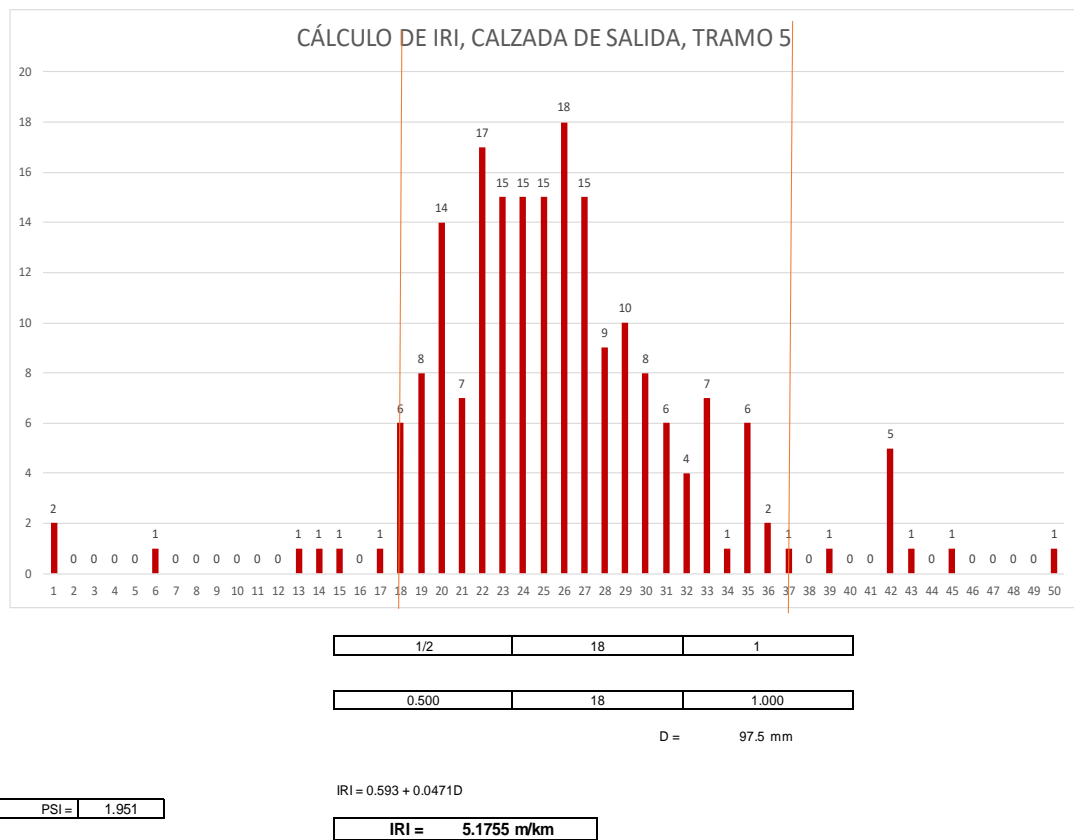
LECTURAS EN CAMPO										
1	29	26	24	25	25	26	19	22	27	20
2	23	29	20	22	23	20	22	26	21	14
3	17	26	23	20	24	42	26	35	22	31
4	21	24	27	23	26	34	31	26	32	20
5	26	50	23	20	24	25	27	33	19	42
6	28	27	33	26	25	24	23	22	20	26
7	39	21	35	25	25	19	27	20	22	15
8	24	24	33	21	27	31	20	30	26	18
9	28	22	28	24	24	23	18	45	35	23
10	27	26	19	27	29	22	27	18	42	33
11	27	22	28	26	23	23	33	13	19	35
12	27	30	32	26	22	0	42	32	31	25
13	23	25	25	25	26	35	20	30	18	28
14	24	28	27	28	22	19	25	6	22	20
15	24	23	29	21	30	23	19	18	19	29
16	30	22	24	24	0	25	32	20	20	22
17	30	33	27	33	18	26	42	22	36	20
18	25	27	29	22	37	27	29	23	31	31
19	26	30	24	25	29	24	26	30	22	35
20	21	28	28	21	36	29	43	25	23	29
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota. *Elaboración Propia*

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+600 al 2+000 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 5.18 m/km, así como se muestra en la Figura 36.

**Figura 36**

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



Nota. *Elaboración Propia*

## **4.2 Resultado del cálculo de la rugosidad utilizando el aplicativo ABAKAL IRI**

El desarrollo del Aplicativo ABAKAL, en termino de velocidad de ensayo se obtuvieron entre los 40 a 60 km/h para el tramo en estudio - Av. Municipal, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa - en una longitud de 1.85 Km., en ambas calzadas de ingreso y salida.

Así mismo, el ensayo se realizó a las 04:00 horas de la mañana para evitar el alto flujo vehicular que existe en dicha vía, y así poder hacer el recorrido a la velocidad recomendada por los creadores del aplicativo. En cuanto al teléfono móvil se dejó en un lugar fijo en el vehículo, a fin de obtener resultados certeros.

Los valores de IRI utilizando el aplicativo ABAKAL se obtuvieron cada 100m de longitud, teniendo un total 16 valores IRI para ambos carriles (subida y bajada).

El tipo de deterioro visual de la vía, fue principalmente la pérdida de finos, el parcheo de la calzada en mal estado y mal efectuado, además de fisuras y huecos en la superficie de rodadura.

### ***4.2.1 Datos obtenidos del aplicativo ABAKAL IRI***

Después de haber recorrido el tramo en estudio y tener los datos del IRI en el teléfono móvil. Se procedió a procesarlos en gabinete, obteniéndose el siguiente reporte de valores IRI en la Calzada de ingreso mostrados en la Tabla 17.

**Tabla 17****Reporte del aplicativo ABAKAL, calzada de ingreso**

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-18.029181	-70.251193	569.62	47.00	0	3.97
-18.030086	-70.251216	568.43	38.95	100	6.00
-18.031032	-70.251253	566.62	51.80	200	3.60
-18.032047	-70.251300	565.04	46.63	300	3.47
-18.033038	-70.251345	563.38	51.35	400	6.00
-18.033952	-70.251387	561.92	54.56	500	6.00
-18.034940	-70.251461	559.89	56.16	600	4.57
-18.035851	-70.251547	558.54	34.98	700	6.00
-18.036791	-70.251593	557.19	55.43	800	3.47
-18.037842	-70.251642	555.28	62.70	900	6.00
-18.038758	-70.251680	553.84	59.14	1,000.00	3.63
-18.039738	-70.251726	552.28	53.74	1,100.00	4.17
-18.040692	-70.251757	550.64	22.06	1,200.00	3.68
-18.041671	-70.251722	548.51	43.27	1,300.00	3.59
-18.042660	-70.251561	547.39	46.41	1,400.00	3.31
-18.043534	-70.251294	547.08	44.75	1,500.00	4.15
-18.044439	-70.250882	546.23	44.33	1,600.00	5.01

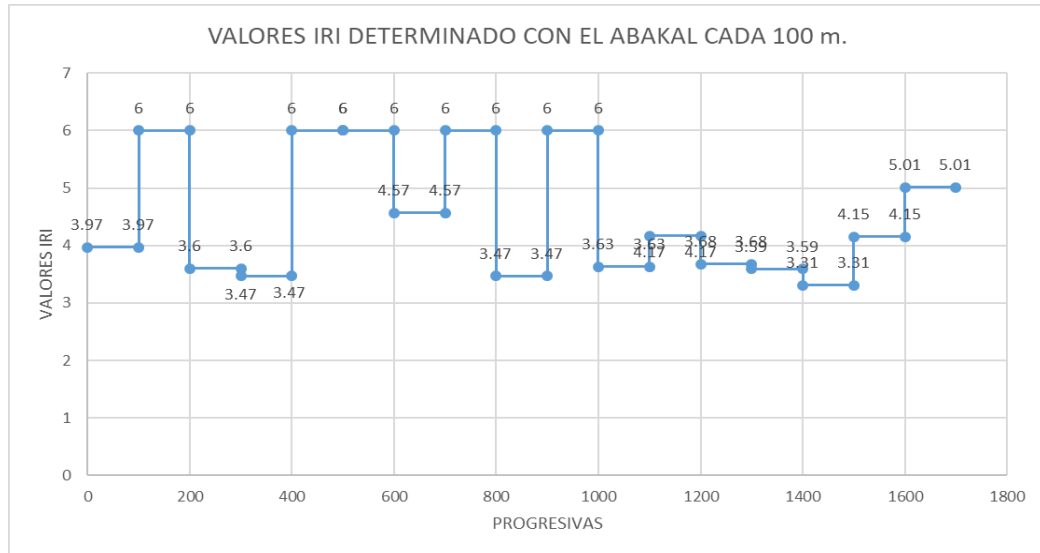
Nota. *Elaboración Propia*

**Comportamiento del IRI – Calzada de ingreso**

La evaluación del estado actual del pavimento en estudio, determinados a partir de los valores del IRI, muestra que existen deterioros medios y altos (IRI entre 3.31 y 6) principalmente entre los KM 0+400m a KM 1+000m contados a partir del punto cero “0” (Ovalo Cusco). A continuación, se plasma estos resultados en la Figura 37.

**Figura 37**

*Comportamiento de los valores IRI cada 100 m. Calzada de ingreso*



Nota. *Elaboración Propia*

Así mismo, el aplicativo Abakal muestra una simulación en 3D del recorrido realizado por la calzada de ingreso, obtenida de la base de datos del software, como se aprecia en la Figura 38.

**Figura 38**

*Desplazamiento por la calzada de ingreso utilizando ABAKAL*



Nota. *Elaboración Propia*

#### 4.2.2 Comportamiento del IRI – Calzada de salida

Para el cálculo del IRI en la calzada de salida, se evaluó de la misma forma que en la calzada de ingreso. Los valores IRI se obtuvieron cada 100m (Ver Tabla 18) de la muestra se obtuvo que existen deterioros entre medios a altos en la vía en estudio (con IRI que varían entre 3.33 y 5.86).

**Tabla 18**

Reporte del aplicativo ABAKAL, calzada de salida

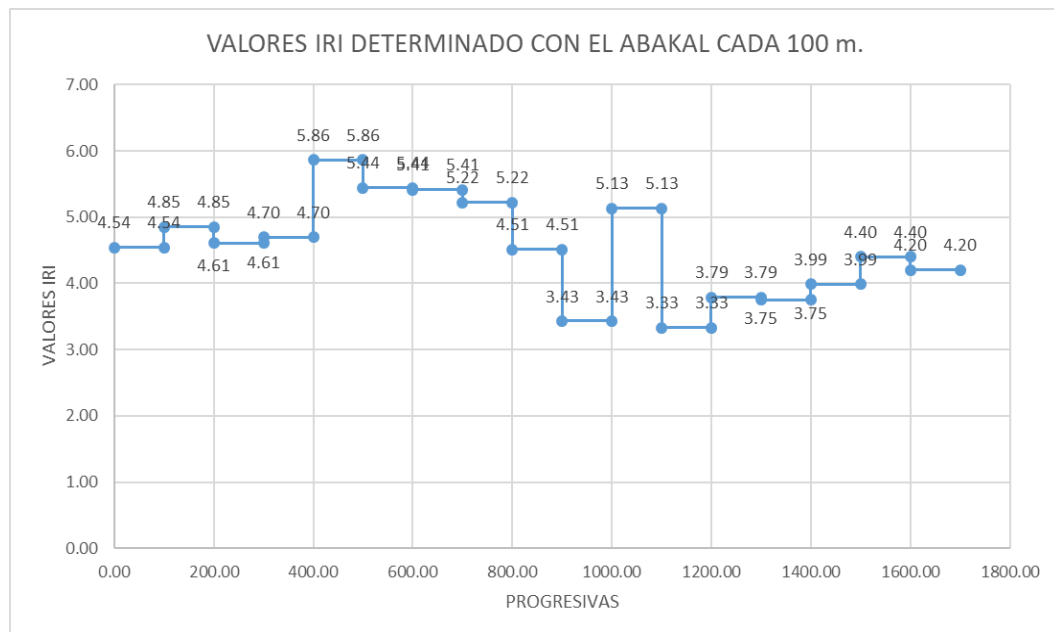
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-18.043791	-70.250944	546.53	40.98	0	4.54
-18.042923	-70.251245	547.47	47.61	100	4.85
-18.042004	-70.251439	548.95	46.30	200	4.61
-18.041053	-70.251513	550.82	50.42	300	4.70
-18.040118	-70.251487	552.84	54.77	400	5.86
-18.039149	-70.251444	554.99	57.45	500	5.44
-18.038106	-70.251393	556.63	61.27	600	5.41
-18.037056	-70.251334	558.40	55.51	700	5.22
-18.036102	-70.251298	561.15	54.65	800	4.51
-18.035154	-70.251258	562.97	55.04	900	3.43
-18.034190	-70.251227	565.02	55.07	1,000	5.13
-18.033242	-70.251184	566.70	50.68	1,100	3.33
-18.032278	-70.251135	568.86	30.46	1,200	3.79
-18.031302	-70.251095	570.17	38.75	1,300	3.75
-18.030298	-70.251065	571.73	44.34	1,400	3.99
-18.029313	-70.251012	572.99	52.17	1,500	4.40
-18.028344	-70.250947	574.16	27.05	1,600	4.20

Nota. *Elaboración Propia*

De la misma forma se realizó un diagrama de barras con los valores IRI calculados con el aplicativo Abakal (Figura 39). La gráfica muestra que los valores del IRI más altos se tienen entre el KM 0+400 al KM 0+800 contados desde el punto final (intersección entre Av. Municipal y Calle. Los Álamos).

**Figura 39**

*Comportamiento de los valores IRI cada 100 m. Calzada de salida*



Nota. *Elaboración Propia*

Así mismo, el aplicativo Abakal muestra una simulación en 3D del recorrido realizado por la calzada de salida, obtenida de la base de datos del software, como se aprecia en la Figura 40:

**Figura 40**

*Desplazamiento por la calzada de salida, utilizando ABAKAL*



*Nota. Elaboración Propia*

Finalmente, se muestra el recorrido realizado de ambas calzadas en la avenida Municipal del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, tomado con el aplicativo ABAKAL.

**Figura 41**

*Desplazamiento de evaluación de la rugosidad por la calzada de ingreso y salida de la avenida Municipal, utilizando el aplicativo ABAKAL*



*Nota. Elaboración Propia*

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Análisis de los resultados de la rugosidad obtenidos con el rugosímetro de MERLIN:

La evaluación realizada con el rugosímetro de MERLIN en la Avenida Municipal, Tramo Óvalo Cusco con Calle Los Álamos, se resumen en la Tabla 19 mostrada a continuación.

**Tabla 19**

*Resumen de los resultados de los valores IRI determinados con MERLIN*

<b>CUADRO RESUMEN DE LA RUGOSIDAD</b>					
<b>CALZADA DE INGRESO</b>			<b>CALZADA DE SALIDA</b>		
<b>PROGRESIVA</b>	<b>RUGOSIDAD (m/km)</b>	<b>ESTADO DEL PAVIMENTO</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>RUGOSIDAD (m/km)</b>	<b>ESTADO DEL PAVIMENTO</b>
0+000 al 0+400	5.30	Malo	0+000 al 0+400	4.28	Malo
0+400 al 0+800	5.30	Malo	0+400 al 0+800	3.86	Malo
0+800 al 1+200	3.61	Malo	0+800 al 1+200	4.83	Malo
1+200 al 1+600	4.20	Malo	1+200 al 1+600	4.83	Malo
1+600 al 2+000	4.60	Malo	1+600 al 2+000	3.58	Malo
	<b>4.64</b>			<b>4.49</b>	

Nota. *Elaboración Propia*

**IRI PROMEDIO:** **4.56**    **m/km**

**ESTADO DEL PAVIMENTO:** **MALO**

De acuerdo a la Tabla 19, el estado del pavimento según el valor IRI obtenido en la calzada de ingreso es igual a **4,64 m/km**; mientras que en la calzada salida, el

IRI promedio es igual a **4,49 m/km**, los valores determinados en los ensayos realizados nos permiten obtener un **IRI PROMEDIO** de todo el tramo investigado, igual a **4,56 m/km**.

De acuerdo a dichos resultados, se hace a comparación del IRI PROMEDIO con los valores de la Tabla 20, para determinar el estado del pavimento en toda la longitud de la avenida Municipal. De dicha comparación se obtiene un pavimento calificado como **MALO**.

**Tabla 20**

*Valores de IRI (m/km) usados en países*

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

*Nota. Alvarenga, 2002*

Por otro lado, es posible determinar la transitabilidad presente en la avenida Municipal, es decir la calidad de servicio que brinda en el momento determinado, y ello se determina calculando el valor del PSI, en función del IRI y de acuerdo a los rangos de 0 – 5, utilizando la fórmula de Williams Paterson, se obtiene en cada tramo de evaluación, para determinar la calificación de la transitabilidad.

**Tabla 21***Transitabilidad mediante el IRI*

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

Nota. *Sachún, 2016*

Del cual se obtuvo que el PSI promedio es igual a 2.190, calificando a la transitabilidad como **TRANSITABILIDAD REGULAR.**

## 5.2 Análisis de los resultados de la rugosidad obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI

Para obtener los resultados con el aplicativo se utilizó el Smartphone modelo Samsung Note 10, determinándose los valores del IRI, calzada de ingreso igual a 4.51 m/km y en la calzada de salida igual 4.54 m/km, por lo tanto, el IRI promedio es igual 4.53 m/km.

**Tabla 22***Resultados de la rugosidad obtenido del aplicativo ABAKAL*

	IRI	
CALZADA INGRESO Av. Municipal	4.51	m/km
CALZADA SALIDA Av. Municipal	4.54	m/km
<b>IRI PROMEDIO</b>	<b>4.53</b>	<b>m/km</b>

Nota. *Elaboración Propia*

Para la calificación del estado del pavimento en la avenida Municipal del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, se utiliza el IRI promedio determinado con el aplicativo ABAKAL IRI en toda la avenida, considerando la calzada de ingreso y la calzada de salida. Para la calificación del estado del pavimento utilizamos lo indicado en la tabla 23.

**Tabla 23**  
*Calificación del estado del pavimento*

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

Nota. *Alvarenga, 2002*

De acuerdo al valor del IRI promedio se determina la calificación del estado del pavimento, en nuestro caso **IRI PROMEDIO** igual **4.53 m/km**, por lo tanto, obtiene una **CALIFICACIÓN MALO**.

Para el cálculo de la transitabilidad se tiene un PSI promedio de la calzada de ingreso igual a 1.91, y para la calzada de salida un PSI igual a 2.08, tal como se muestra en la Tabla 24. Calificando como **TRANSITABILIDAD MALA**.

**Tabla 24***Transitabilidad mediante el IRI*

<b>TRANSITABILIDAD</b>					
<b>CALZADA DE INGRESO</b>			<b>CALZADA DE SALIDA</b>		
<b>PROGRESIVA</b>	<b>PSI</b>	<b>TRANSITABILIDAD</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>PSI</b>	<b>TRANSITABILIDAD</b>
0+000 al 0+400	1.66	Mala	0+000 al 0+400	1.91	Mala
0+400 al 0+800	1.83	Mala	0+400 al 0+800	2.01	Regular
0+800 al 1+200	2.10	Regular	0+800 al 1+200	2.20	Regular
1+200 al 1+600	2.11	Regular	1+200 al 1+600	2.33	Regular
1+600 al 2+000	1.87	Mala	1+600 al 2+000	1.95	Mala
<b>1.91</b>			<b>2.08</b>		

*Nota. Elaboración Propia***PSI PROMEDIO: = 1.995 MALO**

### **5.3 Análisis comparativo de la rugosidad y la transitabilidad entre las metodologías aplicadas MERLIN y ABAKAL IRI**

Finalmente, teniendo los resultados de ambas metodologías, realizamos el cuadro comparativo que se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Comparativo de los valores IRI y transitabilidad obtenidos con el MERLIN y el ABAKAL IRI*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MERLÍN</b>	<b>ABAKAL IRI</b>
<b>IRI PROMEDIO</b>	<b>4.56 m/km</b>	<b>4.53</b>
<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>MALO</b>	<b>MALO</b>
<b>TRANSITABILIDAD PROMEDIO</b>	<b>2.19</b>	<b>1.995</b>
<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>REGULAR</b>	<b>MALO</b>

*Nota. Elaboración Propia*

En la tabla comparativa de los resultados de la transitabilidad en la avenida Municipal donde se utilizó el aplicativo ABAKAL y el rugosímetro de MERLIN, se puede apreciar lo siguiente:

Los valores determinados de la rugosidad del pavimento rígido, en la utilizando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN, influye negativamente en la determinación de la transitabilidad en la avenida Municipal, donde se obtuvieron valores de IRI con ABAKAL un promedio de 4.53 m/km y utilizando el rugosímetro de MERLIN se obtuvo IRI promedio de 5.46 m/km, dando en ambos métodos una calificación de MALO, por lo tanto, podemos afirmar que con ambos métodos se obtienen los mismos resultados, viéndose la necesidad de una rehabilitación a nivel de la capa de rodadura o tratamiento superficial.

De la misma manera se puede mencionar que la transitabilidad en la Avenida Municipal, tiene un valor de PSI con ABAKAL un promedio de 1.995 calificándose como MALO, y utilizando el rugosímetro de MERLIN se obtuvo IRI promedio de 2.19, dando una calificación de REGULAR. Demostrándose que en lo que respecta a la transitabilidad se obtienen resultados ligeramente diferentes.

Dichos resultados mostrado anteriormente concuerdan con lo determinado por Arce, (2021), quien concluye que los resultados obtenidos con el aplicativo ABAKAL para Smartphone en un tramo de 1.3 km, fueron óptimos en el

comparativo con el método tradicional llegando a obtener valores similares, indicándose la efectividad en el uso del aplicativo para Smartphone del ABAKAL.

De forma similar el presente estudio concuerda con los resultados encontrados por Gonzalo y Beingolea (2021), quien concluye que los resultados obtenidos en la calzada derecha tienen los IRI medidos de 4.07m/km y 4.38m/km mediante rugosímetro de MERLIN y ABAKAL IRI respectivamente y en el carril de subida se obtiene un IRI de 5.14 m/km y 4.49 m/km. Los resultados obtenidos son similares, por lo tanto, el ABAKAL obtiene datos confiables.

De la misma forma si se hace un comparativo con los resultados obtenidos por Zeballos y Vizcarra (2021), se llega a la conclusión que la utilización de un método innovador aplicado a Smartphone (ROADROID), donde se hace una comparación con el método tradicional, donde el objetivo es determinar la rugosidad del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ROADROID, obteniendo valores del IRI carril derecho IRI igual a 3.63 m/km y 3.73 m/km, mientras que el carril izquierdo IRI igual a 3.52 m/km y 3.44 m/km. Determinándose que los valores del IRI obtenidos con el aplicativo son similares a los valores determinados por el MERLIN.

Reyes (2020), también realizó un estudio de la obtención del IRI utilizando teléfonos inteligentes, del cual concluye que los resultados obtenidos con el uso de dos aplicativos TOTALPAVE y ABAKAL, luego el software de análisis vial

PROVAL. La correlación del IRI con el PSI nos proporcionó un valor de la transitabilidad promedio de 3,31 y reflejó un valor cualitativo de la transitabilidad clasificándolo como Bueno con las dos metodologías.

El problema de la investigación es determinar la transitabilidad representativa, mejorando las condiciones de confort para el usuario de la vía en estudio. Se plantea el uso del valor de la rugosidad como un indicador de mejora con el confort y la transitabilidad como una mejora de la capacidad vial.

Finalmente, los resultados del valor IRI utilizando el rugosímetro de MERLIN nos ayuda a plantear la forma de intervención que necesita la vía investigada y al mismo tiempo saber qué metodologías se adaptan mejor con sus resultados a nuestras condiciones y realidades de nuestras carreteras en el país.

## CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio se evaluó el Índice de Rugosidad (IRI) del pavimento flexible basado en el uso de teléfonos inteligentes y el método convencional del rugosímetro de merlín en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna. Los valores obtenidos con ambas metodologías son valores similares o cercanos con lo que se calificó el estado del pavimento y la calificación de la transitabilidad.

Se determinó el valor IRI de un pavimento asfáltico mediante el uso de teléfonos inteligentes en la avenida Municipal en un tramo de 1,850 m., obteniéndose en la calzada ingreso IRI promedio igual a 4.51 m/km, calzada salida IRI promedio igual a 4.54 m/km, finalmente se determinó un IRI promedio de toda la avenida Municipal igual a **4.53 m/km**, valor que nos permitió calificar el estado del pavimento asfáltico en toda la longitud de la avenida Municipal como **MALO**. La transitabilidad tiene un valor de PSI con ABAKAL un promedio de 1.995 calificándose como MALO.

Se determinó el valor IRI de un pavimento asfáltico utilizando el método convencional a partir del rugosímetro de Merlín en la avenida Municipal en un tramo de 1,850 m, obteniéndose en la calzada ingreso IRI promedio igual a 4,64 m/km, calzada salida IRI promedio igual a 4,49 m/km, finalmente se determinó un IRI promedio de toda la avenida Municipal igual a **4,56 m/km**, valor que nos permitió calificar el estado del pavimento asfáltico en toda la longitud de la avenida Municipal como **MALO**. Midiéndose la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN se obtuvo un PSI promedio de 2.19, dando una calificación de **REGULAR**.

Haciéndose una comparación entre el uso del SOFTWARE ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLÍN; vemos que existen similitud de resultados entre una metodología y otra. Por lo tanto, tratando de buscarse el método más factible, se concluye que el uso del Aplicativo ABAKAL IRI logra mejores rendimientos, en horas hombre, menor tiempo y menor costo en comparación al rugosímetro de MERLÍN, por lo cual abre las puertas a su aplicación en posteriores estudios. Asimismo, aplicando esta nueva metodología que es el uso de softwares ABAKAL IRI en un teléfono móvil, se pretende incentivar a las nuevas generaciones aplicar la tecnología actual que está a la disponibilidad de todo el público para realizar estudios de mayor envergadura en nuestra ciudad, de esta forma lograr conocer el estado actual de los pavimentos a nivel local, regional o nacional en un menor tiempo y menor costo con resultados satisfactorios.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al Gobierno Regional de Tacna, a los gobiernos locales provinciales y distritales la utilización del aplicativo ABAKAL en teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN para determinar la rugosidad del pavimento asfáltico para la calificación de la transitabilidad en las calles y carreteras, donde los resultados ayudan a determinar decisiones en la programación de mantenimiento, rehabilitación y/o reconstrucción.
2. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa, la utilización de los valores IRI determinados por el aplicativo ABAKAL y valores obtenidos con el rugosímetro de MERLIN para la programación de actividades de mantenimiento y proyectos de inversión en la rehabilitación a nivel de la carpeta asfáltica, debido a la calificación obtenida del pavimento como MALO.
3. Se recomienda a las entidades competentes de la administración en la infraestructura vial de la región de Tacna la elaboración de estudios de Nivel de Servicio en las vías urbanas para conocer el nivel de la transitabilidad presente, utilizando el aplicativo ABAKAL y el rugosímetro de MERLIN, cuyos resultados, ayuden a programar mantenimiento rutinario o mantenimiento periódico en las vías de su jurisdicción.

4. Se recomienda el uso del aplicativo ABAKAL en teléfonos inteligentes para el cálculo de la rugosidad en pavimentos asfálticos, su metodología cada vez posee muchas funciones, las que se actualizan permanentemente para obtener resultados más fiables con un alto rendimiento a un bajo costo, son aplicativos que ayudará en la evaluación del estado funcional del pavimento asfáltico, el cálculo de la transitabilidad vehicular, especialmente en carreteras donde se pueda desarrollar velocidades por encima de los 60 km/h.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAKAL. (2020). *Manual ABAKAL IRI Investigaciones en la obra civil*.

España: ABAKAL ingenieros consultores, S.L.

Alessandroni, G. Klopfenstein, C. Delpriori, S. Dromedari, M. Luchetti, G.

Paolini, B., ... Bogliolo, A. (2014). SmartRoadSense: Collaborative Road Surface Condition Monitoring. *Ubicomm*, 210-215.

Alessandroni, G., Carini, A., Lattanzi, E., & Bogliolo, A. (2015). Sensing road

roughness via mobile devices: A study on speed influence. *9th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, ISPA 2015, Ispa*, 270–275.  
<https://doi.org/10.1109/ISPA.2015.7306071>.

Almenara, C. (2015). *Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar*

*la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Alvarenga, E. (2002). *Indices de medición de la regularidad de un*

*pavimento*. Republica del El Salvador: Ministerio de Obras Publicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano.

Álvarez, S., & Rivero, R. (2012). *“Instrumento electrónico para la estimación*

*del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin.”* 27, 8.

- Alvarez, S. y Rivero, R. (2021). Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(1), 49-55.
- Arce, C. (2021). *Cálculo de índice de rugosidad internacional (IRI) usando el aplicativo ABAKAL para Smartphone en la avenida Universitaria del distrito de Pillco Marca-2020*. Huánuco: Universidad de Huánuco.
- ASTM, E.-0. (2012). *Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems*.
- Bianchini, A. (2012). Fuzzy Representation of Pavement Condition for Efficient Pavement Management. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 27(8), 608–619. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2012.00758.x>.
- Caro, F. y Peña, G. (2012). Análisis y criterios para el cálculo del índice de rugosidad internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. *Inteknia*, 57-72.
- Cavalcante de Almeida, L. Lacerda de Oliveira, F. y Passos S. (2018). Estudo da condicao de superficie em rodovias por meio do uso de aplicativo para smartphone. *Transportes. Volume 25 número 2*, 70 - 83.

Del Aguila, P. (1999). *Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad*. Merliner.

Douangphachanh, V. y Oneyama, H. (2013). Estimación del estado de rugosidad de la carretera desde teléfonos inteligentes en entornos realistas. *13ª Conferencia Internacional de Telecomunicaciones ITS (ITST)*, 433-439.

Del Águila Rodríguez, P. (2015). *Manual de usuario Merliner--Merlín equipo para Rugosidad*.

Eriksson, J., Girod, L., Hull, B., Newton, R., Madden, S., & Balakrishnan, H. (2008). The Pothole Patrol: Using a mobile sensor network for road surface monitoring. *MobiSys'08 - Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, 29–39. <https://doi.org/10.1145/1378600.1378605>.

Gonzalo, J. y Beingolea, H. (2021). *Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la avenida Internacional, Tacna-2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

Grabowski, D., Szczodrak, M., & Czyzewski, A. (2018). Economical methods for measuring road surface roughness. *Metrology and Measurement Systems*, 25(3), 533–549. <https://doi.org/10.24425/123905>.

- Islam, S. Buttlar, W. Aldunate, R. y Vavrik, W. (2014). Medición de la rugosidad del pavimento mediante una aplicación de teléfono inteligente basada en Android. *Sage Journals, Revista de la Junta de Investigación de transporte* 2457(1), 30-38.
- Janani, L., Sunitha, V., & Mathew, S. (2021). Influence of surface distresses on smartphone-based pavement roughness evaluation. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(13), 1637–1650. <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1714045>.
- KAWAMURA, K. T. & A. (2006). A MOBILE PROFILOMETER FOR ROAD SURFACE MONITORING BY USE OF ACCELEROMETERS. *K. TOMIYAMA & A. KAWAMURA, 1999*(December), 1–6.
- Loizos, A., & Plati, C. (2008). An alternative approach to pavement roughness evaluation. *International Journal of Pavement Engineering*, 9(1), 69–78. <https://doi.org/10.1080/10298430600949894>.
- Maldonado, J. (2015). *La metodología de la Investigación, fundamentos*.
- Ahlin, K., & Granlund, N. O. J. (2002). Relating Road Roughness and Vehicle Speeds to Human Whole Body Vibration and Exposure Limits. *International Journal of Pavement Engineering*, 3(4), 207–216. <https://doi.org/10.1080/10298430210001701>.
- Manco, K. (2020). *Análisis de la variabilidad del índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera Baños del Inca-Llacanora*,

*utilizando el equipo MERLIN y la aplicación ROADROID en un Smartphone.* Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

Miquel, M. P. (2006). "Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados." *Revista de La Construcción*, 5(Evaluación del comportamiento de pavimentos), 16–22.

Parras, M. A. (2015). *1877-Texto del artículo-3828-1-10-20151109*. 13, 66–79.

Perera, R. y Kohn, S. (2002). *Issues in Pavement Smoothness: A Summary Report*. Plymouth, Michigan: National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board.

Pomasonco de la Cadena, R. (2010). *Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo Km. 110+000 al Km. 112+000*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Reyes, B. (2020). *Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN*. Manabí - Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Sachún, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.

Sayers, M. ; Karamihas, S. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles.* Washington, USA.

Sologorre, J. (2005). *Evaluación de la rugosidad de Pavimentos con uso del BUMP Integrator.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Vittorio, A., Rosolino, V., Teresa, I., Vittoria, C. M., Vincenzo, P. G., & Francesco, D. M. (2014). Automated Sensing System for Monitoring of Road Surface Quality by Mobile Devices. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 242–251.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.057>.

Zeballos, G. y Vizcarra, C. (2021). *Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugpsimtero de MERLIN para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera Ta-615, tramo: Puente El Peligro - Emp. PE-40, Tacna-2020".* Tacna: Universidad Privada de Tacna.

Zhang, Z., Zhang, H., Xu, S., & Lv, W. (2021). Pavement roughness evaluation method based on the theoretical relationship between acceleration measured by smartphone and IRI. *International Journal of Pavement Engineering.*  
<https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1881783>.

## **ANEXOS**

**ANEXO A:** MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

**ANEXO B:** PANEL FOTOGRÁFICO

**ANEXO C:** FORMATOS DE CAMPO DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DE  
RUGISDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

**ANEXO D:** MANUAL ABAKAL IRI ANDROID

**ANEXO E:** MANUAL DE RUGOSIDAD MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE  
MERLÍN

**ANEXO F:** PLANO DE UBICACIÓN

**ANEXO A**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### **“DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUSCO CA. LOS ÁLAMOS, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA – 2021”**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES		INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
¿Cómo se relaciona los valores de la rugosidad en el pavimento asfáltico utilizando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para mejorar la transitabilidad vehicular en la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?	Determinar la rugosidad en el pavimento asfáltico basado en el uso de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para optimizar la transitabilidad vehicular en la Avenida Municipal – Tramo Óvalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.	- Existe similitud entre los valores de rugosidad en el pavimento asfáltico utilizando los teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para optimizar la transitabilidad vehicular en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abakal</li> <li>- IRI</li> <li>- Rugosímetro de Merlín</li> <li>- Rugosidad</li> <li>- transitabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceleraciones verticales</li> <li>- Rugosidad de la calzada derecha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA. uso y aplicación de conocimientos vinculadas con el trabajo en campo.</li> <li>- NIVEL DE INVESTIGACIÓN: EXPLORATORIA: Observar y describir los eventos con la finalidad de ampliar el conocimiento.</li> <li>- POBLACIÓN: Carpetas asfálticas de las avenidas principales del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa.</li> <li>- MUESTRA: Para tomar las muestras de valor IRI en el pavimento asfáltico en una longitud de 1.85 km, es necesario: La toma de muestras valor IRI con el aplicativo ABAKAL La toma de muestras valor IRI con el rugosímetro de MERLIN</li> </ul>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
- ¿Cómo determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico utilizando teléfonos inteligentes en un tramo de la Avenida Municipal -Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?	- Determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico mediante el uso de teléfonos inteligentes en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.	- El uso de los teléfonos inteligentes permitirá la evaluación de la rugosidad de un pavimento asfáltico en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo de la Avenida Municipal</li> <li>- Estado actual del pavimento</li> <li>- Geometría de la vía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda vehicular</li> <li>- Ubicación</li> </ul>	
- ¿Cómo determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico utilizando el método convencional del Rugosímetro de Merlín en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?	- Determinar los valores de rugosidad de un pavimento asfáltico utilizando el método convencional a partir del Rugosímetro de merlín en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.	- El uso del Rugosímetro de MERLÍN permitirá la evaluación de la rugosidad de un pavimento asfáltico en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.				
- ¿Existe similitud de resultados de rugosidad utilizando los teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLÍN en un tramo de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna?	- Comparar los resultados obtenidos de la rugosidad mediante el uso de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín en la Avenida Municipal – Tramo Óvalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.	- Existe similitud entre los resultados de rugosidad utilizando los teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín en el tramo en estudio de la Avenida Municipal - Tramo Ovalo Cusco con Calle los Álamos, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna.				

**ANEXO B**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**

## PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 01**

*Inicio del ensayo, óvalo Cusco*



X

*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 02**

*Evaluación de la rugosidad en la calzada de ingreso*



*Nota. Elaboración Propia*

### **Figura 03**

Evaluación de la rugosidad finalizando el tramo Óvalo Cusco



*Nota. Elaboración Propia*

### **Figura 04**

*Evaluación con el aplicativo ABAKAL ingreso de la Av. Municipal*



*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 05**

*Evaluación de la rugosidad en el tramo final de la Av. Municipal*



*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 06**

*Calibración del aplicativo ABAKAL en la Av. Municipal*



*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 07**

*Desplazamiento por la calzada de ingreso utilizando ABAKAL*



Nota. *Elaboración Propia*

## **ANEXO C**

### **FORMATOS DE CAMPO DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DE RUGISDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN**

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

**PROYECTO :** DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD EN EL PAV. ASFÁLTICO      **OPERADOR :** JAP  
**SECTOR :** AVENIDA MUNICIPAL      **SUPERVISOR :** MPR  
**TRAMO :** KM 0+000 al KM 0+400      **FECHA :** 04-02-2022  
**CARRIL :** CARRIL DERECHO DEL CANCHAL DE INGRESO

**ENSAYO N°** 01      **KM** +      **HORA** :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	5	32	20	7	23	26	20	22	26	19	<b>TIPO DE PAVIMENTO :</b>  <b>ASPHALTO</b> <input type="checkbox"/>  <b>BASE GRANULAR</b> <input type="checkbox"/>  <b>BASE IMPURADA</b> <input type="checkbox"/>  <b>TRAT. ESCAPA</b> <input type="checkbox"/>  <b>CARPETA EN FRIO</b> <input type="checkbox"/>  <b>CARP. EN CALIENTE</b> <input type="checkbox"/>  <b>RECARGO ASFÁLTICO</b> <input type="checkbox"/>  <b>SELLADO</b> <input type="checkbox"/>  <b>OTROS</b> <input type="checkbox"/>
2	1	33	32	40	23	22	17	26	18	23	
3	12	29	25	21	19	18	30	21	32	23	
4	31	28	29	27	21	27	27	22	15	28	
5	27	27	19	28	21	27	20	24	32	28	
6	27	27	14	42	26	19	16	23	12	48	
7	26	17	26	43	12	25	30	20	28	14	
8	25	32	21	28	26	24	29	27	14	22	
9	29	28	42	22	23	40	30	19	32	0	
10	13	29	23	32	31	22	26	25	17	33	
11	22	21	30	27	23	16	47	22	29	14	
12	27	15	23	22	24	21	23	26	21	22	
13	20	17	21	21	33	24	30	39	33	22	
14	29	26	18	22	21	24	23	50	39	23	
15	34	11	32	19	24	20	26	17	25	33	
16	29	24	27	31	20	23	26	28	22	17	
17	19	23	16	20	21	26	25	24	21	17	
18	31	36	21	23	21	32	23	17	26	31	
19	23	22	27	22	23	18	16	29	22	23	
20	35	17	49	18	27	25	30	22	25	23	

**OBSERVACIONES :**

---



---



---

# ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

## (HOJA DE CAMPO)

DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL  
RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA AVENIDA MUNICIPAL.

PROYECTO : AVENIDA MUNICIPAL  
 SECTOR : AVENIDA MUNICIPAL  
 TRAMO : KM 0+400 AL KM 0+800  
 CARRIL : CARRIL DERECHO DE LA CALZADA DE INGRESO

OPERADOR : JAP  
 SUPERVISOR : MPR  
 FECHA : 04-02-2022

ENSAYO N° 02      KM +      HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	23	21	17	21	18	22	20	19	20	24	TIPO DE PAVIMENTO :
2	19	37	31	24	25	24	23	27	28	29	
3	18	33	25	22	26	20	26	21	23	23	ASPHALTO <input type="checkbox"/>
4	28	1	29	24	29	27	24	18	25	23	
5	19	8	26	23	24	26	8	50	27	9	BASE GRAVELLARI <input type="checkbox"/>
6	27	23	22	31	36	31	19	32	29	29	
7	21	26	20	20	18	32	21	21	8	26	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	22	19	21	21	17	26	20	29	22	28	
9	17	24	15	30	13	17	26	24	25	40	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	15	24	22	20	25	20	26	26	22	22	
11	11	36	30	24	15	21	23	24	26	20	CARPETA SE FRO <input type="checkbox"/>
12	14	35	17	22	32	10	21	46	31	24	
13	27	28	22	27	27	11	20	17	23	24	CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	19	21	27	27	22	23	17	17	30	24	
15	15	28	24	23	17	19	22	42	25	27	RECAPES ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	34	25	23	27	22	21	28	18	26	34	
17	32	32	20	20	28	21	22	14	22	26	SELLADO <input type="checkbox"/>
18	17	17	32	23	21	25	18	20	26	34	
19	21	27	30	23	18	25	18	29	24	23	OTROS <input type="checkbox"/>
20	11	26	21	23	25	31	26	15	23	17	

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

### (HOJA DE CAMPO)

**PROYECTO :** DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN EL AVENIDA MUNICIPAL  
**SECTOR :** AVENIDA MUNICIPAL  
**TRAMO :** DEL KM 0+500 AL KM 1+200  
**CARRIL :** CARRIL DERECHO - CALZADA DE INGRESO

**OPERADOR :** JDP  
**SUPERVISOR :** HPR  
**FECHA :** 04-02-2022

**ENSAYO N°** 03      **KM** +      **HORA** :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50	26	21	26	22	21	28	14	20	35
2	19	36	22	26	25	21	27	27	25	29
3	29	27	24	28	24	26	23	24	23	34
4	24	23	19	24	25	16	20	24	24	26
5	24	28	30	23	26	29	28	25	26	24
6	20	19	17	23	32	24	36	50	27	15
7	24	25	22	26	21	26	21	23	24	32
8	26	23	24	21	25	28	23	27	25	23
9	29	15	24	26	16	23	19	23	31	23
10	20	23	21	17	24	21	47	23	19	22
11	25	23	37	20	17	27	4	24	23	24
12	25	21	14	27	20	27	25	22	29	27
13	20	31	24	32	25	30	40	26	27	19
14	20	24	22	21	28	24	22	24	29	16
15	17	20	26	28	24	23	29	25	22	24
16	32	21	25	23	23	25	28	21	22	22
17	30	22	20	23	28	26	25	26	23	18
18	35	24	27	18	24	25	21	27	26	25
19	29	20	27	24	28	27	23	22	27	25
20	29	21	24	23	26	17	22	27	16	20

**TIPO DE PAVIMENTO :**

ASPHALTO

BASE GRAVELLARI

BASE IMPURADA

TRAT. BICAPA

CARRETA DE FRIJO

CARP. EN CALIENTE

RECARGO ASFÁLTICO

SEAL

OTROS

**OBSERVACIONES :**

---



---



---

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

DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL  
RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AVENIDA MUNICIPAL

PROYECTO :  
SECTOR :  
TRAMO :  
CARRIL :

OPERADOR :  
SUPERVISOR :  
FECHA :

ENSAYO N° 04      KM +      HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	28	23	26	20	24	31	15	25	24	25	TIPO DE PAVIMENTO :
2	20	30	18	18	29	28	32	23	27	28	
3	23	20	27	17	18	28	17	27	23	27	ASFALTO <input type="checkbox"/>
4	25	31	24	20	15	25	21	22	27	28	
5	20	29	14	21	31	32	25	30	27	28	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	27	29	24	25	18	28	24	28	19	29	
7	27	21	25	24	28	31	32	26	0	25	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	25	32	24	22	24	24	21	34	31	13	
9	26	32	26	28	26	16	22	16	26	24	TRAT. ESCAPA <input type="checkbox"/>
10	20	24	28	30	23	25	24	31	27	18	
11	29	30	27	30	22	26	27	22	17	20	CARPETA EN FRO <input type="checkbox"/>
12	25	31	22	18	27	22	22	34	13	19	
13	24	30	24	20	23	22	24	20	21	29	CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	33	28	28	26	19	20	24	26	13	28	
15	27	29	25	26	23	21	28	30	23	23	RECARGO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	29	30	22	23	29	19	26	28	25	32	
17	26	25	24	23	11	25	28	24	30	33	SELO <input type="checkbox"/>
18	29	24	27	21	40	23	28	28	31	32	
19	33	19	23	24	11	11	27	26	34	31	OTRO <input type="checkbox"/>
20	22	26	20	18	20	26	33	25	26	25	

OBSERVACIONES :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL  
RUGOSTMETRO DE MERLÍN EN LA AVENIDA MUNICIPAL

PROYECTO :  
SECTOR :  
TRAMO :  
CARRIL :

OPERADOR :  
SUPERVISOR :  
FECHA :

ENSAYO N° 05      KM 1 + 600      HORA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	32	26	22	26	20	23	24	26	22	23	TIPO DE PAVIMENTO :  ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>  BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>  BASE IMPURTA <input type="checkbox"/>  TRAZO ESCAPA <input type="checkbox"/>  CARPETA SOBRE PISO <input type="checkbox"/>  CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>  RECUBRIMIENTO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>  BALADO <input type="checkbox"/>  OTRO <input type="checkbox"/>
2	27	21	20	26	22	28	11	35	5	29	
3	26	21	19	23	26	26	40	5	36	34	
4	16	31	29	31	24	29	21	45	34	36	
5	24	22	33	36	22	21	33	42	21	33	
6	30	23	27	20	19	26	24	33	22	20	
7	27	16	36	33	25	21	40	22	20	29	
8	25	29	24	24	25	23	14	19	36	27	
9	24	25	24	24	26	17	13	28	31	24	
10	30	28	25	20	17	19	31	27	33	26	
11	29	21	22	21	23	30	39	22	30	25	
12	28	24	23	16	26	25	25	22	25	36	
13	23	27	20	7	24	25	31	31	28	35	
14	24	22	22	23	37	19	26	30	29	30	
15	22	23	18	35	23	14	9	15	18	31	
16	24	18	21	21	30	24	45	25	16	20	
17	26	20	29	23	22	30	26	24	20	25	
18	25	18	18	27	32	29	35	36	21	25	
19	22	27	18	21	46	22	26	31	22	19	
20	24	29	26	25	33	22	21	20	22	26	

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

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

DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL  
RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AVENIDA MUNICIPAL

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
SECTOR : AVENIDA MUNICIPAL  
TRAMO : KM 0+000 AL KM 0+400  
CARRIL : DERECHO - CALZADA DE SALIDA

OPERADOR : JAP  
SUPERVISOR : MPR  
FECHA : 04-02-2022

ENSAYO N° 05    KM +    HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	17	20	23	28	23	37	18	20	28	21	TIPO DE PAVIMENTO :  ASFALTICO <input type="checkbox"/>  BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>  BASE IMPURADA <input type="checkbox"/>  TRAT. SICAPA <input type="checkbox"/>  CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>  CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>  RECUBR. ASFALTICO <input type="checkbox"/>  SELLO <input type="checkbox"/>  OTROS <input type="checkbox"/>
2	15	23	25	21	20	27	13	25	29	25	
3	15	25	20	27	28	26	23	22	27	31	
4	50	40	18	25	31	23	24	20	21	3	
5	0	28	26	28	28	31	26	15	26	18	
6	8	22	27	22	26	27	25	21	21	31	
7	6	21	23	33	17	19	27	18	26	13	
8	15	26	17	26	24	19	26	22	23	29	
9	0	25	22	20	23	24	26	20	27	30	
10	26	21	20	20	22	22	20	28	24	16	
11	17	24	26	34	28	28	25	25	28	20	
12	23	21	25	24	34	23	24	20	19	27	
13	22	15	22	30	23	32	26	22	30	19	
14	14	22	29	22	25	1	29	17	16	24	
15	21	31	22	32	26	21	24	20	20	19	
16	19	32	28	21	25	6	27	24	31	28	
17	28	33	32	19	22	17	21	23	44	33	
18	20	26	26	21	26	21	25	17	25	25	
19	19	25	20	22	23	30	24	24	23	27	
20	21	21	23	19	33	26	26	23	27	25	

OBSERVACIONES :

---



---



---

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

DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL  
RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AVENIDA MUNICIPAL

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
SECTOR : AVENIDA MUNICIPAL  
TRAMO : KM 0-400 ALMO+800  
CARRIL : DERECHO - CALZADA DE SALIDA

OPERADOR : JDP  
SUPERVISOR : MPR  
FECHA : 04-02-2022

ENSAYO N° 07      KM +      HORA |

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	26	26	25	21	18	22	18	26	30	33	TIPO DE PAVIMENTO :  ASFALTO <input type="checkbox"/>  BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>  BASE IMPURADA <input type="checkbox"/>  TRAT. ESCAPA <input type="checkbox"/>  CARRETA EN FRIJO <input type="checkbox"/>  CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>  RECUBR. ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>  BLENDO <input type="checkbox"/>  OTROS <input type="checkbox"/>
2	25	14	32	27	22	29	31	11	28	34	
3	26	26	19	23	23	21	24	13	24	20	
4	26	30	27	15	17	20	46	26	23	19	
5	27	12	29	20	22	24	25	38	21	29	
6	23	19	14	25	19	25	23	23	16	39	
7	22	26	27	20	29	23	19	22	22	30	
8	29	22	25	28	29	21	16	24	33	32	
9	14	27	25	19	19	22	28	25	18	29	
10	31	18	24	12	28	24	22	21	19	24	
11	31	24	22	32	26	27	20	22	21	30	
12	26	31	26	23	30	18	18	19	19	27	
13	29	24	18	28	32	21	22	23	25	20	
14	29	23	26	28	32	21	19	23	20	24	
15	24	21	29	24	34	43	20	21	24	24	
16	30	30	18	16	21	25	14	28	26	50	
17	40	37	26	22	22	25	23	23	25	27	
18	50	26	24	25	28	28	23	24	20	27	
19	28	20	27	21	18	23	25	16	24	30	
20	24	24	29	24	23	31	22	23	23	32	

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

## (HOJA DE CAMPO)

DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFALTICO UTILIZANDO TELEFONOS INTELIGENTES Y EL  
RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AVENIDA MUNICIPAL

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
SECTOR : AVENIDA MUNICIPAL  
TRAMO : KM 0+800 AL KM 1+200  
CARRIL : DERECHO - CALZADO DE SOLIDA

OPERADOR : JDP  
SUPERVISOR : MP2  
FECHA : 04-02-2022

ENSAYO N° 08      KM +      HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	25	31	21	21	24	24	23	22	21
2	19	28	23	25	21	24	26	24	26	21
3	24	24	26	21	22	21	34	23	16	27
4	23	21	30	30	28	24	27	30	26	24
5	18	26	38	28	27	23	28	9	26	25
6	23	18	19	20	23	27	23	45	24	24
7	23	23	41	26	22	26	30	50	23	28
8	17	14	37	25	28	24	19	24	29	15
9	25	26	25	24	33	30	24	21	25	9
10	24	25	25	25	22	26	18	24	24	23
11	23	28	26	11	16	18	26	24	25	23
12	26	23	27	28	18	24	18	20	24	27
13	25	27	36	23	26	26	26	22	25	31
14	26	25	39	26	25	28	29	26	26	23
15	28	14	28	25	24	24	28	20	25	39
16	20	21	25	29	24	22	25	27	26	30
17	21	33	27	20	26	23	23	22	27	28
18	20	23	29	23	24	24	26	21	27	17
19	14	23	19	17	26	28	21	22	24	25
20	21	26	22	24	20	25	28	28	26	26

- TIPO DE PAVIMENTO :
- ASFALTICO
  - BASE GRANULAR
  - BASE IMPURADA
  - TRAT. BICAPA
  - CARPETA EN FRIO
  - CARP. EN CALIENTE
  - RECAPA ASFALTICO
  - SELO
  - OTROS

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

## (HOJA DE CAMPO)

DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFALTICO UTILIZANDO TELEFONOS INTELIGENTES Y EL  
RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AVENIDA MUNICIPAL

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
 SECTOR : AVENIDA MUNICIPAL  
 TRAMO : KM 1+200 AL KM 1+600  
 CARRIL : CARRIL DERECHO - CALZADA DE SALIDA

OPERADOR : JAP  
 SUPERVISOR : MPR  
 FECHA : 01-02-2022

ENSAYO N° 09      KM +      HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	27	20	28	29	24	29	30	22	23	28	TIPO DE PAVIMENTO :
2	27	31	13	24	30	22	25	30	24	26	
3	25	27	33	29	26	24	28	20	25	31	AFRANCO <input type="checkbox"/>
4	22	23	33	23	21	29	21	26	24	18	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
5	27	26	28	20	19	25	25	27	26	26	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
6	24	19	18	26	31	33	32	24	23	29	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
7	28	19	26	24	26	28	24	30	31	20	CARPETA EN FRO <input type="checkbox"/>
8	23	26	16	28	28	23	29	27	26	21	CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
9	25	24	29	29	15	26	20	26	20	18	RECAPO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
10	28	20	23	23	29	25	37	28	20	20	SELO <input type="checkbox"/>
11	28	26	20	28	34	26	22	30	26	25	OTRO <input type="checkbox"/>
12	31	31	20	20	39	26	27	23	23	23	
13	26	30	27	21	30	22	22	28	28	27	
14	26	23	20	32	13	22	24	28	16	29	
15	23	29	30	26	13	50	23	26	24	28	
16	24	27	28	27	13	50	25	22	0	25	
17	24	28	27	23	32	16	22	22	50	28	
18	23	43	19	23	20	26	28	9	23	25	
19	27	35	26	26	30	27	22	24	27	26	
20	24	35	26	25	29	22	27	25	26	28	

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

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

DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO  
ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTE Y EL  
RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AVENIDA MUNICIPAL

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
SECTOR : KM 1+600 AL KM 2+000  
TRAMO : AVENIDA MUNICIPAL  
CARRIL : CARRIL DERECHO - CALZADA DE SALIDA

OPERADOR : JSP  
SUPERVISOR : MPR  
FECHA : 04-02-2022

ENSAYO N° 10    KM +    HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	29	26	24	25	25	26	19	22	27	20	TIPO DE PAVIMENTO :
2	23	29	20	22	23	20	22	26	21	14	
3	17	26	23	20	24	42	26	35	22	31	ASIFRANCO <input type="checkbox"/>
4	21	24	27	23	26	34	31	26	32	20	
5	26	50	23	20	24	25	27	33	19	42	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	28	27	33	26	25	24	23	22	20	26	
7	39	21	35	25	25	19	27	20	22	15	BASE IMPURADA <input type="checkbox"/>
8	24	24	33	21	27	31	20	30	26	18	
9	28	22	28	24	24	23	18	45	35	23	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	27	26	19	27	29	22	27	18	42	33	
11	27	22	28	26	23	23	33	13	19	35	CARPETA EN FRO <input type="checkbox"/>
12	27	30	32	26	22	0	42	32	31	25	
13	23	25	25	25	26	35	20	30	18	28	CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	24	28	27	28	22	19	25	6	22	20	
15	24	23	29	21	30	23	19	18	19	29	RECARGO REPARTIDO <input type="checkbox"/>
16	30	22	24	24	0	25	32	20	20	22	
17	30	33	27	33	18	26	42	22	36	20	SEAL <input type="checkbox"/>
18	25	27	29	22	37	27	29	23	37	31	
19	26	30	24	25	29	24	26	30	22	35	OTROS <input type="checkbox"/>
20	21	28	28	21	36	29	43	25	23	29	

OBSERVACIONES :

---



---



---

**ANEXO D**  
**MANUAL ABAKAL IRI ANDROID**

# Investigaciones en la obra civil

## Researches into civil engineering

Ingeniería civil, nubes de puntos, geotecnia, nuevas matemáticas. Investigación, cálculo y programación.  
Civil engineering, point clouds, geotechnical, new mathematics. Research, calculation and programming.

### TU ANUNCIO / YOUR PUBLICITY

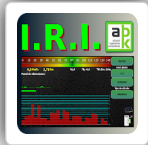
AQUÍ PODRÍA ESTAR TU ANUNCIO: / HERE COULD BE YOUR AD E-mail

### Vistas de página en total

2 9 4 7 2

martes, 16 de octubre de 2018

## Manual IRI Android (2)

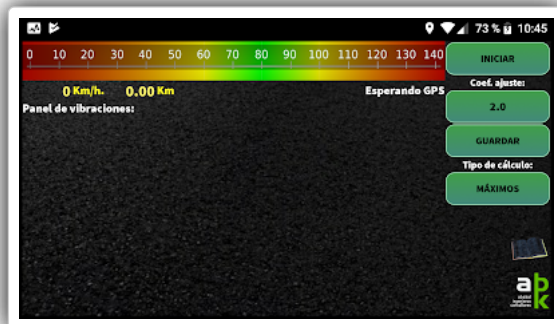


Esta nueva versión del ensayo IRI añade un nuevo algoritmo de cálculo y cambia la visualización añadiendo más claridad.

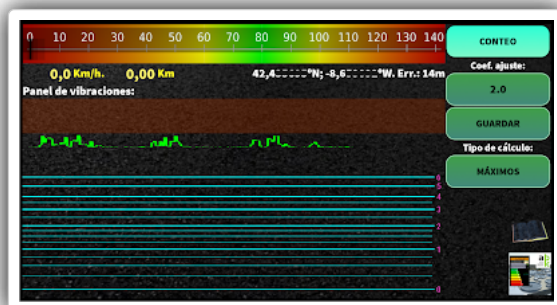
Enlace al vídeo-tutorial: [https://youtu.be/PR\\_0AFITLdU?t=64](https://youtu.be/PR_0AFITLdU?t=64)

### Presentación del programa I

La nueva pantalla inicial es así:



Como en la versión anterior, una vez colocado el dispositivo en el vehículo, pulsamos el botón denominado "INICIAR". Esté pasará a denominarse "CONTEO":



Cuando se esté listo, se pulsa "CONTEO". El botón cambiará a "PARAR". Cuando hayamos acabado la ruta del ensayo pulsaremos en "PARAR" para parar la toma de datos.

### ¿Prefiere otro idioma?

Seleccionar idioma ▼

### Páginas

[CONTACTE CON NOSOTROS](#)

[PÁGINA PRINCIPAL](#)

[INDEX BY TOPIC / ÍNDICE TEMAS](#)

[INDEX, Other mathematic: ÍNDICE de matemáticas a](#)

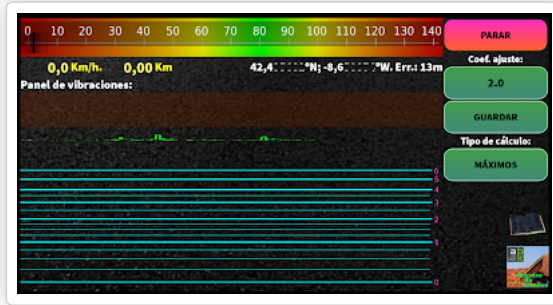
[INDEX Programming / ÍNC temas de programación](#)

### Archivo del blog

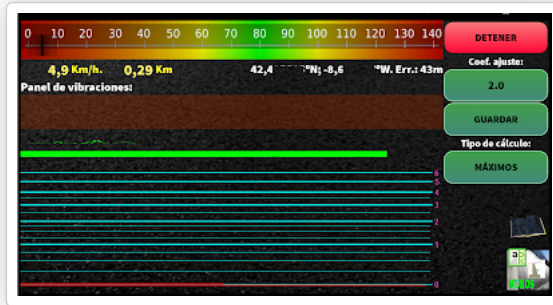
- ▶ [2022](#) (1)
- ▶ [2021](#) (2)
- ▶ [2020](#) (2)
- ▶ [2019](#) (5)
- ▼ [2018](#) (10)
  - ▶ [diciembre](#) (2)
  - ▶ [noviembre](#) (1)
  - ▼ [octubre](#) (3)
    - [BC3toExcel. ABK-BIM.1. Lectura de presupuestos en ..](#)
    - [Manual IRI Android \(](#)
    - [PLIEGOS DE LICITACIÓN DE ASISTENCIAS TÉCNICAS. APA..](#)
- ▶ [febrero](#) (2)
- ▶ [enero](#) (2)
- ▶ [2017](#) (16)
- ▶ [2016](#) (11)
- ▶ [2015](#) (60)
- ▶ [2014](#) (85)
- ▶ [2013](#) (22)
- ▶ [2012](#) (24)
- ▶ [2004](#) (14)

### Deberes. Cosas que hay que apre

[Temática cliente WEB](#)



Sólo cuando se pulsa "DETENER" el ensayo realmente se detendrá y se volverá a la pantalla de inicio.



### Velocidad del ensayo

La velocidad debe ser constante y centrada en los 80 km/h. Por ese motivo el velocímetro marca en verde los alrededores de dicha velocidad:

### Colocación del teléfono

Éste puede colocarse apoyado en el salpicadero o colgando del parabrisas. Los resultados variarán. Debe probarse cual es la forma más adecuada. Sólo probando se puede saber cual es el sistema más adecuado. Al igual que para la determinación del coeficiente de ajuste y el sistema de cálculo elegido deben compararse los primeros resultados con un IRI ya realizado por el método convencional para cerciorarse de la bondad de los datos.



Aspecto del programa funcionando suspendido del parabrisas (izquierda) y apoyado en el salpicadero (derecha)

### Coefficiente de ajuste

Como no hay dos smartphones ni dos vehículos iguales, este parámetro debe ajustarse comparándolo con un IRI realizado por el método tradicional. Una vez ajustado no hay motivo para cambiarlo de no ser que el coche haya tenido algún cambio (cambio de neumáticos, amortiguación, desgaste...)

En esta nueva versión, dependiendo del tipo de algoritmo de cálculo utilizado guardará un coeficiente de ajuste diferente para cada tipo de cálculo.

Si el cálculo definido es estadístico aparecerá el siguiente mensaje: El ajuste es ascendente. A mayor coeficiente, mayores valores en el ensayo.



Si el cálculo definido es por máximos aparecerá el siguiente mensaje: El ajuste es descendente. A mayor coeficiente, menores valores en el ensayo.

HTML, será el esqueleto de aplicación

CSS, Decora (y algo más)

Javascript, Hará que el código sea dinámico (AJAX, ¿Que Google Maps API)

### Temática servidor WEB

Apache, hará que tu ordenador convierta en un servidor

PHP, Para programar en e

C, donde PHP sea lento (le intérprete). El mismo trabajo compilado en C será 10.000 veces más rápido.

### Temática LIDAR

LasTools, Datos LIDAR, Google Visores (Fugroviewer), Tratamiento de imágenes (Imagelmagi), Nociones de geometría de Nociones de cálculo matricial

### Banderas

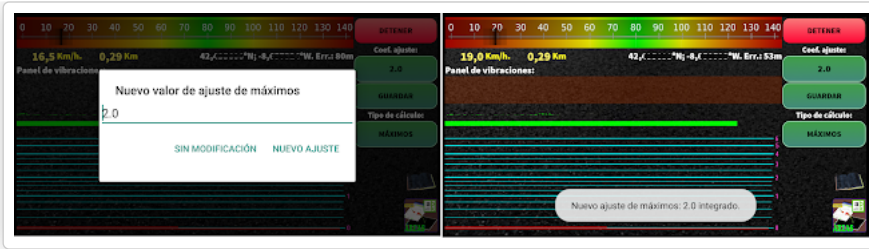
#### Visitors

US 23,425	ET 118
ES 9,672	KE 114
MX 5,539	UA 106
BR 5,457	CI 100
PE 4,591	HT 93
CO 3,229	NG 91
TR 2,480	MY 81
AR 2,442	IQ 80
BO 2,296	CZ 80
CL 1,596	BE 80
IN 1,460	SN 79
EC 1,140	CH 79
PH 985	RS 78
VE 887	HK 78
FR 840	KR 77
DZ 823	AO 76
MA 684	LB 75
IT 668	AL 73
TN 535	CD 71
GR 496	TH 68
GT 494	MM 66
EG 443	SG 65
DE 396	NO 57
PL 390	LK 56
DO 374	BD 54
GB 364	NZ 51
CA 360	KH 50
ID 357	HR 49
PT 349	GN 48
PA 337	SY 46
SV 333	SE 45
RU 277	MZ 44
NI 274	MK 42
JO 267	IR 41
HN 251	VN 40
ZA 239	PS 39
CR 239	BF 37
CU 239	SI 37
PK 208	SK 36
CM 206	IL 36
JP 201	HU 35
PY 189	SO 35
UY 169	FI 35
RO 138	SD 34
BG 134	AT 33
AU 131	PR 32
YE 129	TW 31
SA 125	AF 31
NL 121	AE 30
IE 118	ML 29

Pageviews: 164,016

Flags Collected: 196





### Tipos de cálculo

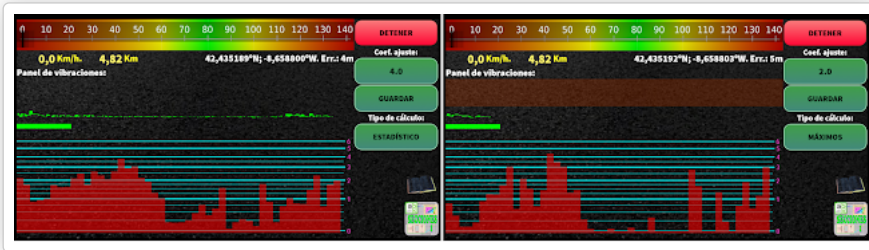
Están definidos dos métodos de cálculo diferentes. A saber, estadísticos y por máximos.

El método estadístico deriva de la ponderación relativa de primer y segundo orden de la vibración transmitida por el vehículo al dispositivo. El coeficiente de ajuste mayor o (o minor) dicha ponderación.

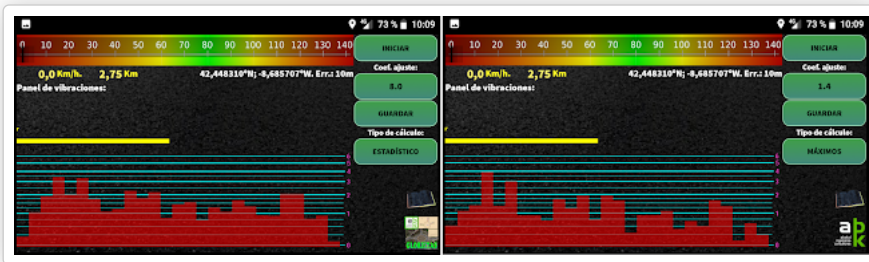
EL método por máximos establece unos valores límite, a partir de los cuales pondera el ensayo. Bajar el límite equivale a mayorar el ensayo. Por ello el coeficiente de ajuste es inverso a la ponderación del ensayo.

A priori, no se puede establecer cual es el mejor sistema que se adapte al tandem vehículo-smartphone, Por ese motivo, es necesario comparar los resultados con otro IRI externo y elegir el mejor en cada caso. Si se cambia de vehículo o de smartphone hay que repetir estas operaciones.

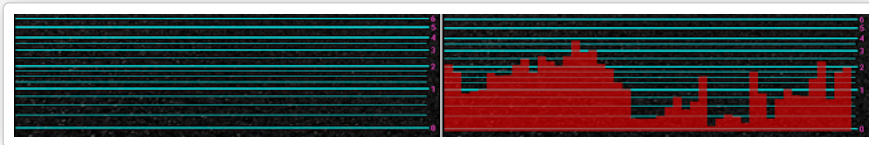
A continuación se expone un ejemplo comparado entre estos dos métodos:



Otro ejemplo, en otro vehículo (y otros coeficientes de ajuste):

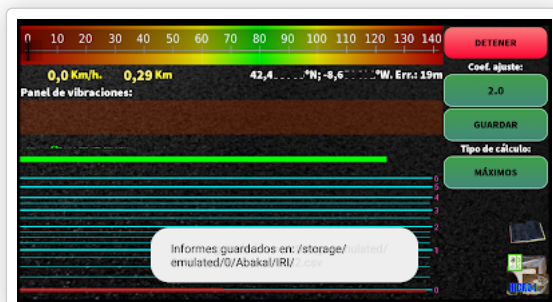


Mientras se realiza el ensayo, éste se irá dibujando en la gráfica inferior con la escala vertical de tipo logarítmica.

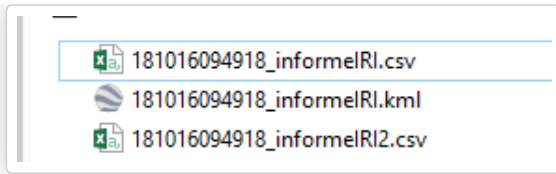


### Guardar datos

Los datos de configuración, como los coeficientes de ajuste se guardan automáticamente. Los datos del ensayo sólo se guardan cuando se pulsa el botón "GUARDAR". Aparecerá el siguiente mensaje:

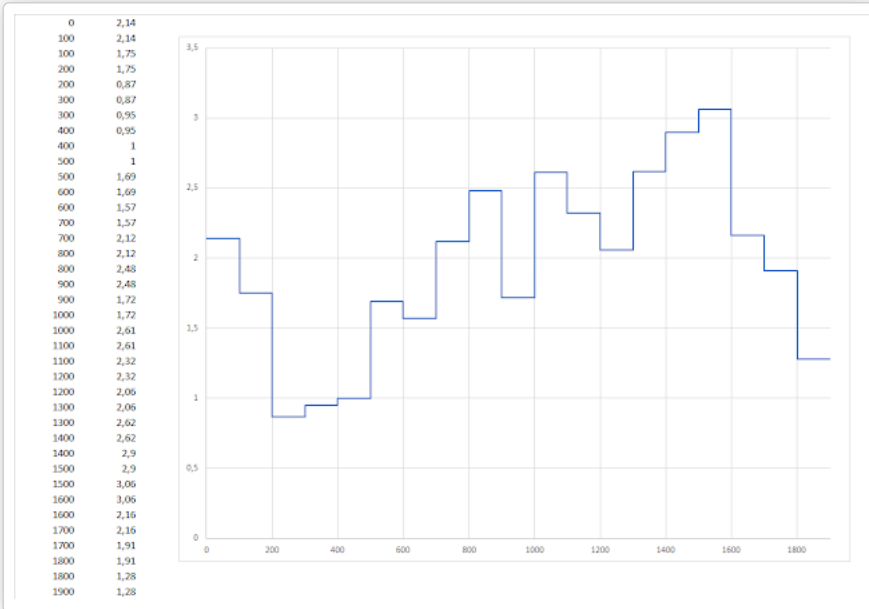


Se guardarán en el directorio "/storage/0/Abakal/IRI" los siguientes archivo:



El formato de guardado es YYMMDDhhmmss (año, mes día, hora, minuto, segundo) precedido del nombre. Dos archivos csv y uno kml.

El archivo informelRI.csv se puede abrir como una hoja de cálculo. Importante si luego quiere dibujarse un gráfico:



El archivo informelRI2.csv es más una tabla de control:

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
42,453633	-8,677348	110	75,35	0	2,14
42,454028	-8,676213	108	75,82	100	1,75
42,454396	-8,675086	114	72	200	0,87
42,454814	-8,673987	119	73,3	300	0,95
42,455341	-8,672945	124	76,32	400	1
42,456012	-8,671988	129	80,24	500	1,69
42,456741	-8,671048	137	78,12	600	1,57
42,457411	-8,670161	142	71,78	700	1,59
42,458005	-8,66923	146	73,55	800	2,12

El archivo informelRI.kml es para abrirlo en Google Earth:



**NOTAS IMPORTANTES:**

La velocidad a la hora de realizar el ensayo debe ser lo más constante posible.

Lo primero es comparar nuestro resultado con un IRI ya hecho con un perfilómetro para fijar el coeficiente de ajuste. Éste será diferente si cambiamos de vehículo (ya que tiene que compensar la vibración propia de éste) y también será diferente al variar la velocidad (la vibración propia del vehículo es diferente a distintas velocidades),

**CUANDO ESTE PASO SE OMITIÓ O SE HACE MAL EL RESULTADO QUE SE OBTIENE SERÁ ERRÓNEO.**

**EL PROGRAMA NO PUEDE PREVER NI CUAL ES VUESTRO SMARTPHONE NI EN QUÉ VEHÍCULO SERÁ COLOCADO. POR ELLO, HAY QUE MODIFICAR EL COEFICIENTE DE AJUSTE PARA ADAPTARLO A CADA UNO.**

**RECORDAD TAMBIÉN QUE EL RESULTADO, AUNQUE SE TRATE DE UNA BUENA APROXIMACIÓN, ES UNA APROXIMACIÓN.**

## Antecedentes

Para saber más:

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Índice\\_de\\_regularidad\\_internacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Índice_de_regularidad_internacional)
- [http://www.carreteros.org/normativa/otros/nlt/pdfs/rosas/1998/330\\_98.pdf](http://www.carreteros.org/normativa/otros/nlt/pdfs/rosas/1998/330_98.pdf)

El programa se descarga desde Play Store de Android.

- [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.luisnieto.iri\\_calc\\_free](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.luisnieto.iri_calc_free)

Anteriores artículos:

- [Ninth step: IRI / Noveno paso: El IRI](#).
- [IRI "low cost"](#)

Posted by [Luis Nieto](#) at 23:16 

**ANEXO E**

**MANUAL DE RUGOSIDAD MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE**

**MERLÍN**



**MANUAL DEL USUARIO**  
***MERLINER™***

**MERLÍN EQUIPO PARA RUGOSIDAD**

Manual de Usuario  
***MERLINER***<sup>TM</sup>  
MERLÍN Equipo para Rugosidad

---

© Camineros S.A.C.  
Av. Prescott 254, Ofic. 101-IX, San Isidro, Lima, PERU  
Teléfono (511) 421 5821 • Fax %11) 421 5940  
Email: [asfalto@camineros.com](mailto:asfalto@camineros.com)

---

# **METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS**

# METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS

Por

Pablo del Águila Rodríguez\*

## 1. INTRODUCCION

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables <sup>(1,2,3)</sup>.

A pesar de la gran exactitud de los resultados que proporciona el MERLIN, sólo superada por la exactitud que proporciona el método topográfico, la desventaja del equipo es su bajo rendimiento si se compara con los rugosímetros dinámicos automatizados, tales como: el Bump Integrator, Mays Meter, Perfilómetro Laser, etc. La gran cantidad de tiempo consumido en la toma de datos y cálculo del IRI, utilizando el método gráfico original establecido por el TRRL, se hace más notoria cuando se trata de evaluar la rugosidad de vías de gran longitud (100 km o más) y se dispone de muy poco tiempo para ello.

Debido a que en los países latinoamericanos la oportunidad de empleo de los rugosímetros aún sigue siendo esporádica, lo que no justifica muchas veces la manutención de vehículos ad hoc destinados a la operación de equipos dinámicos y los costos de calibración relativamente altos, o a que las redes a ser evaluadas no son de gran extensión, el MERLIN constituye una buena alternativa, siempre y cuando sea resuelto el problema del bajo rendimiento (uso de métodos adecuados para medición y cálculo), mas aún cuando los resultados que proporciona son más exactos que los de cualquier equipo automatizado.

En dicho contexto las tareas principales, para establecer una metodología que permita una mayor eficiencia, han sido las de estudiar las fuentes que inciden en el bajo rendimiento del equipo y desarrollar métodos que permitan procesos automatizados, complementándose esto con la inclusión de criterios de análisis y especificaciones técnicas para la calificación de los resultados, lo que ha sido posible por la experiencia ganada entre 1993 y 1998, luego de la evaluación de más de 3,000 km de pavimentos, en mas de 100 proyectos de carreteras, en el Perú <sup>(4)</sup>.

## 2. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD

### 2.1 Fundamentos Teóricos

---

\* Ingeniero Civil, Especialista y Consultor en Suelos y Pavimentos  
Gerente General Camineros S.A.C., Lima, Perú  
asfalto@camineros.com

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N° 1 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”.

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (Ver Figura N°2). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”.

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Index (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto, los que son analizados en la referencia (5).

## 2.2 Correlaciones D versus IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

- a. Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$  (1)
- b. Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces  $IRI = 0.0485 D$  (2)

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982<sup>(5)</sup>. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados mas de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos<sup>(6)</sup>.

Existen otras expresiones que han sido estudiadas para el caso de superficies que presentan cierto patrón de deformación que incide, de una manera particular, en las medidas que proporciona en MERLIN. M.A. Cundill del TRRL<sup>(7)</sup> estableció en 1996, para el caso de superficies con macadam de penetración de extendido manual, la siguiente expresión:

$$IRI= 1.913+0.0490 D \quad (3)$$

## 2.3 Método de Medición

### 2.3.1 El rugosímetro MERLIN

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por iniciativa personal del autor en 1993 <sup>(8)</sup>, existiendo en la fecha (Junio 1999) mas de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial<sup>(9)</sup> los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ( $R^2=0.98$ ). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

El MERLIN es un equipo de diseño simple. La Figura N° 3 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil. El extremo inferior del brazo móvil esta en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cuál se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero (Ver Figura N° 4).

### **2.3.2 Ejecución de ensayos**

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento” (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas. Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (Figura N° 3, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, tal como el mostrado en el Figura N° 5. El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar. Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.

## **2.4 Método para el cálculo de la rugosidad**

### **2.4.1 Cálculo del Rango “D”**

Como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división N° 25 debe ser tal que corresponda a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En la medida que las diversas posiciones que adopte el puntero coincidan con la división 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano

a una línea recta (baja rugosidad). Por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división N°25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada).

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cuál puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura N° 2). Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. En la Figura N° 2, por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a  $11/12=0.92$ . Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a  $3/7=0.43$ . Se tiene en consecuencia un Rango igual a  $0.92+6+0.43=7.35$  unidades.

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cuál se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ( $7.35 \times 5\text{mm}=36.75\text{mm}$ ).

#### **2.4.2 Factor de corrección para el ajuste de “D”**

Las ecuaciones 1 y 2 representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10 (Ver Figura N° 5). Esta relación en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta el patín del brazo móvil del instrumento. En consecuencia, para corregir los resultados se verifica la relación de brazos actual del instrumento, y, se determina un factor de corrección que permita llevar los valores a condiciones estándar.

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera:

1. Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de mm. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas. Por ejemplo: el espesor medido es 6.2mm
2. Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana (un piso de terrazo, por ejemplo) y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso (por ejemplo, lectura=25). Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso. Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10 (es decir:  $6.2 \times 10 = 62$  mm), lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la

asumida. Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.) usando la siguiente expresión:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5] \quad (4)$$

donde,

EP : Espesor de la pastilla  
LI : Posición inicial del puntero  
LF : Posición final del puntero

Por ejemplo:

Si la posición inicial del puntero fue 25 y la final fue 10, entonces el Factor de Corrección será:

$$FC = (6.2 \times 10) / [(25-10) \times 5] = 0.82666$$

### 2.4.3 Variación de relación de brazos

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (Ver Figura N° 3):

- a. Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición standard que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.
- b. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

### 2.4.4 Cálculo del Rango “D” corregido

El valor D calculado en la sección 2.4.1, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección (FC=0.82666) definido en la sección 2.4.2 y la Relación de Brazos empleada en los ensayos (RB=1). El valor D corregido será  $36.75\text{mm} \times 0.82666 \times 1 = 30.38\text{mm}$ . Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLIN”.

### 2.4.5 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se usa las expresiones (1) y (2). Aplicando la expresión para el caso de  $IRI < 2.5$ , se obtiene finalmente, para el ejemplo seguido, una rugosidad igual a 1.47 m/km.

## 3. LIMITES DE LA RUGOSIDAD PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE PAVIMENTOS

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados, la rugosidad o regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico, el cuál es definido por la siguiente expresión:

$$IRI_c = IRI_p + 1.645 s \quad (5)$$

donde,

$IRI_c$  : IRI característico  
 $IRI_p$  : IRI promedio  
 $\sigma$  : Desviación estándar

De acuerdo al factor de correlación empleado ( $K=1.645$ ), se cumplirá que el 95% del pavimento experimentará una rugosidad igual o menor al IRI característico.

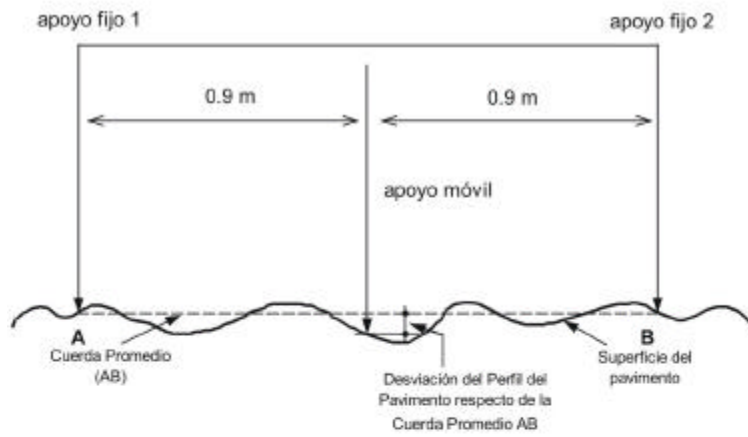
Calculado el IRI característico, el sector o tramo será aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- a. Para pavimentos asfálticos nuevos, el  $IRI_c$  deberá ser menor o igual a 2.0 m/km.
- b. Para pavimentos con recapado asfáltico, el  $IRI_c$  deberá ser menor o igual a 2.5 m/km
- c. Para pavimentos con sellado asfáltico, el  $IRI_c$  deberá ser menor o igual a 3.0 m/km.

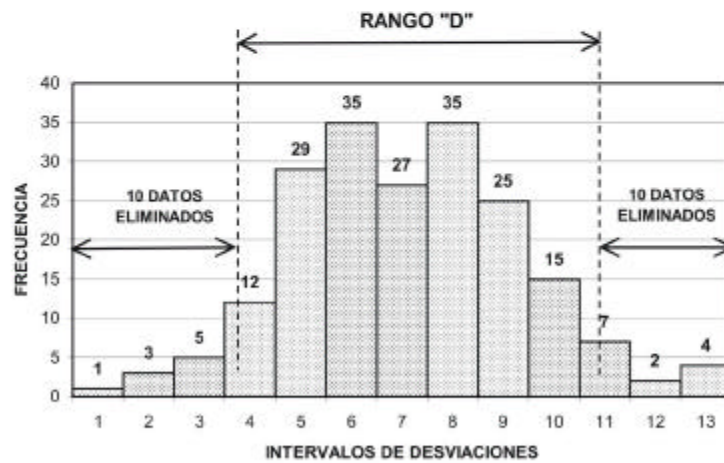
En caso de no cumplirse con estos límites, el sector o tramo deberá subdividirse en secciones de rugosidad homogénea, y se calculará el IRI característico para cada una de ellas, los que deberán cumplir los límites indicados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

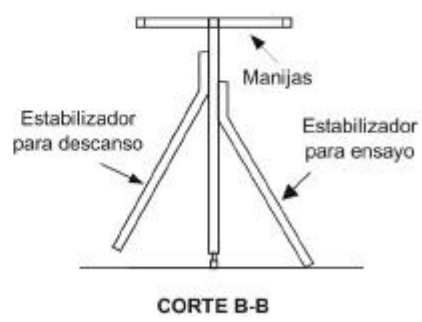
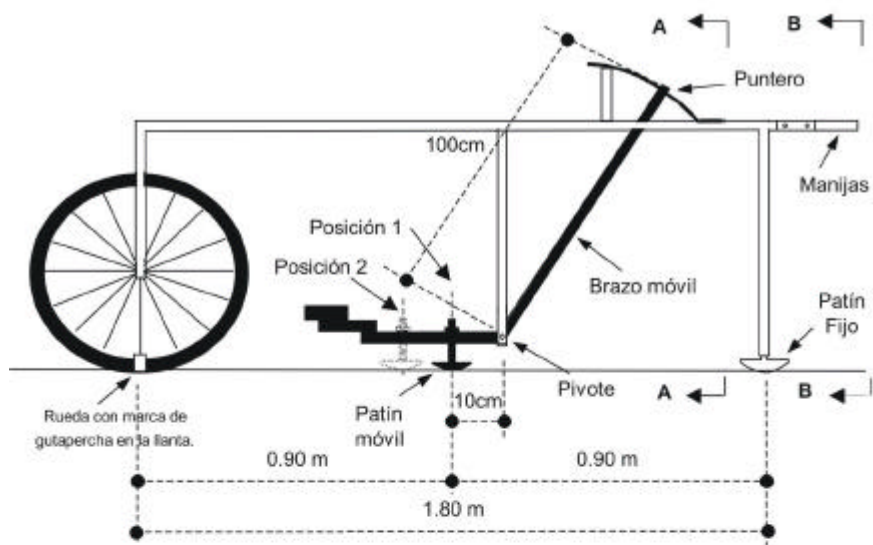
1. CUNDILL, M.A. "MERLIN. A Low Cost Machine for Measuring Road Roughness in Developing Countries". Transportation Research Record 1291. Crowthorne, 1990.
2. CUNDILL, M.A. "The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine". Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. TRRL Research Report 301. Crowthorne, 1991.
3. CUNDILL, M.A. "The MERLIN Road Roughness Machine: User Guide". Transport Research Laboratory, Overseas Development Administration. TRL Report 229. Crowthorne, 1996.
4. DEL AGUILA, P.M. "Estado del Arte sobre la Medición de la Rugosidad de Pavimentos en el Perú". Trabajo presentado al II Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1998
5. SAYERS, M. et al. "The International Road Roughness Experiment: establishing correlations and a calibration standard for measurements". Bank Technical Paper N° 45. Washington D.C., 1986.
6. DEL AGUILA, P.M. "Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el rugosímetro MERLIN". Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano. Sevilla, 1999.
7. CUNDILL, M.A. "The MERLIN Road Roughness Machine: Further Analysis of Performance". Transport Research Laboratory, Overseas Development Administration. TRL Project Report PR/ORC/107/96. Crowthorne, 1996.
8. DEL AGUILA, P.M. "Proyecto de Rehabilitación de la Carretera Central, Sector Huayre-Huánuco. Estudio de Evaluación de la Rugosidad". Informe técnico presentado a la Asociación EICA-HOB Ingenieros Consultores. Lima, Octubre 1993.
9. SAYERS, M.W. et al. "Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements". World Bank Technical Paper N° 46. Washington D.C., 1986.



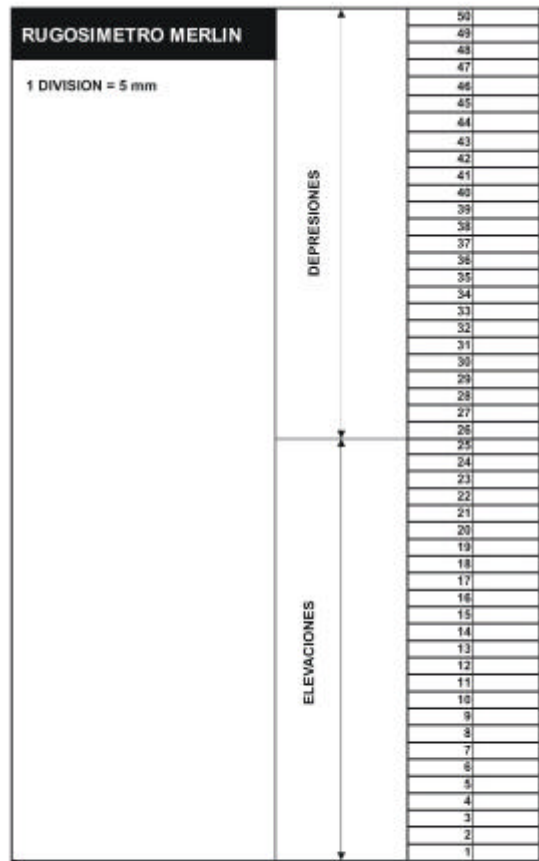
**Figura N° 1**  
**Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio**



**Figura N° 2**  
**Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva**



**Figura N° 3**  
**Esquema del Rugosímetro MERLIN**



**Figura N° 4**  
Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio (mid-cord deviations)

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

PROYECTO : \_\_\_\_\_ OPERADOR : \_\_\_\_\_  
 SECTOR : \_\_\_\_\_ SUPERVISOR : \_\_\_\_\_  
 TRAMO : \_\_\_\_\_ FECHA : \_\_\_\_\_  
 CARRIL : \_\_\_\_\_

ENSAYO N°  KM  +  HORA  :

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

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Figura N° 5**  
Formato para la recolección de datos de campo

**INSTRUCCIONES DE USO PARA EL PROGRAMA DE  
COMPUTO *RG52*<sup>™</sup>**

**PROGRAMA PARA EL CALCULO DEL IRI  
UTILIZANDO MEDICIONES CON RUGOSIMETRO *MERLINER*<sup>TM</sup>**

**RG52<sup>TM</sup>**

**INSTRUCCIONES DE USO**

**PASO 1 : INSTALACIÓN DEL PROGRAMA**

Utilizando el Explorador de Windows, los programas **B.EXE** y **RG52.BAS**, proporcionados en el disquete, deben ser copiados en una carpeta previamente abierta en el disco duro, nombrándola tal como **MERLINER**.

El programa **RG52** esta en versión Basic y funciona conjuntamente con el ejecutor **B.EXE**.

Para trabajar con el programa **RG52** directamente desde Windows, se debe abrir un acceso directo escribiendo en la línea de comandos:

**C:\MERLÍN\B.EXE RG52.BAS**

y dándole al acceso directo un nombre tal como: **RG52**.

Configure las propiedades del acceso directo **RG52**, optando:

**\programalejecutar\maximizado** y

poniendo check en la opción : “**cerrar al salir**”.

Presione ACEPTAR y listo, ya tiene instalado el programa **RG52**.

**PASO 2 : INICIALIZACION E INTRODUCCIÓN DE DATOS GENERALES DEL PROYECTO**

Vaya a la ventana inicial del Windows y haga doble clic con el puntero del Mouse, sobre el icono del acceso directo del programa RG52, al que hemos denominado MERLÍN.

Aparecerá la siguiente ventana:

**<<<RG52>>>**

**PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA RUGOSIDAD  
Ensayos con rugosímetro MERLINER(TM)**

**Versión por: ING. PABLO DEL AGUILA para CAMINEROS S.A.C., Lima-PERU  
e-mail: [asfalto@camineros.com](mailto:asfalto@camineros.com)**

Licencia de uso otorgada a: Ingeniería de Control de Calidad, I.C.C.,C.A.

[ENTER] : para Continuar

[ESC] : para Salir

Presione la tecla de [ENTER] para seguir ejecutando el programa o la tecla de [ESC] para abandonar la ejecución del programa.

Al presionar [ENTER] aparecerá una nueva ventana:

<<<RG52>>>

## PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA RUGOSIDAD

### Ensayos con rugosímetro MERLINER

#### PROYECTO NUEVO (S/N)?

Si desea trabajar con datos de un nuevo proyecto, digite "S" y presione la tecla de [ENTER]. En este caso el programa le pedirá todos los datos del nuevo proyecto, dándole ejemplos que puede seguir o no, a voluntad:

#### DATOS GENERALES DEL PROYECTO

-----

NOMBRE : (ejm.: Carretera Central) ---> ?

Escriba el nombre de su proyecto y presione la tecla de [ENTER], así sucesivamente el programa irá solicitando otros datos, los que deberán consignarse uno a uno, presionando la tecla de [ENTER] en forma consecutiva.

SECTOR : (ejm.: Huayre-Huánuco) ----> ?

TRAMO : (ejm.: Huayre-Chicrín) -----> ?

CARRIL : (ejm.: Izquierdo/derecho) ----> ?

FECHA : (ejm.: Septiembre 1993) -----> ?

CODIGO : (ejm.: PR001) -----> ?

RELACION DE BRAZOS : ( 1 - <R = 1/10> 2 - <R = 1/5> ) ?

FACTOR DE CORRECCION : ?

OPERADOR : (ejm.: A.CH.M.) ?

SUPERVISOR : (ejm.: G.S.G.) ?

El código que se asigne al proyecto no deberá tener mas de 5 dígitos o letras, o la combinación de ambos. Los datos "Relación de brazos" y "Factor de Corrección" corresponden a características específicas del rugosímetro MERLINER, las que se encuentran explicadas en el Manual que se le ha proporcionado con el programa. Los datos "Operador" y "Supervisor" corresponden a los nombres de la persona que realizó directamente los ensayos con el rugosímetro MERLINER y la persona que supervisó el trabajo de campo, respectivamente.

Finalmente el programa le pedirá la confirmación de los datos:

### CONFIRMAR LOS DATOS INTRODUCIDOS ([ENTER]=SI / [N]= NO) ?

Si no esta de acuerdo con los datos introducidos o no son correctos, presione la tecla **[N]** **[ENTER]**, entonces volverá al inicio de la ventana y deberá introducir todos los datos nuevamente.

Si esta de acuerdo con los datos introducidos presione la tecla **[ENTER]**, con lo cuál el programa almacenará la información y se abrirá una nueva ventana para empezar la introducción de datos de los ensayos.

### PASO 3 : INTRODUCCIÓN DE DATOS DE LOS ENSAYOS

El programa mostrará la siguiente ventana:

<<<RG52>>>

**PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA RUGOSIDAD**  
**Ensayos con rugosímetro MERLINER(TM)-TRRL**

#### INGRESE CODIGO DEL PROYECTO : ?

Deberá digitar el código que usted introdujo en la ventana anterior, el que deberá recordar siempre que desee trabajar con el programa. Si usted no recuerda el código asignado o lo olvida, siempre tendrá la posibilidad de averiguarlo, ya que el programa crea un archivo con el código del proyecto y la extensión RUG, en donde están almacenados los datos introducidos. Por ejemplo, si el código que usted introdujo fue: **PR001**, en la carpeta C:\MERLINER\ deberá existir el archivo **PR001.RUG**, el cuál podrá visualizar con cualquier editor de texto plano (Bloc de notas, Wordpad, etc.).

Digite el código del proyecto y presione la tecla **[ENTER]**.

Aparecerá el siguiente aviso:

#### DESEA REPORTE DE RESULTADOS (S/N) ?

Esta opción solo podrá utilizar si es que ya tiene dos o mas valores de IRI calculados, correspondientes a su proyecto, caso contrario digite **[N]** **[ENTER]** y continúe con la introducción de los datos obtenidos en los ensayos con el rugosímetro MERLINER™, los que se deberán consignarse en los formatos proporcionados para tal fin (ver ejemplo de formato de datos de campo adjunto).

El programa solicitará a continuación los siguientes datos :

**ENSAYO Nº ? 001**

El programa confirma que efectivamente no existen datos correspondientes al número de ensayo solicitado y da el siguiente aviso:

<<<NO EXISTE ARCHIVO DE DATOS>>>

**PRESIONE [ENTER] PARA CONTINUAR**

Presione la tecla de **[ENTER]**

A continuación deberá introducir la ubicación del punto donde se efectuó el ensayo:

**UBICACIÓN (##+###) : ? 0+000**

Presione la tecla de **[ENTER]**

A continuación el programa solicita la introducción de los 200 datos que corresponden a un ensayo con el rugosímetro MERLINER™, los que deben ser introducidos en el orden tal como fueron recolectados, partiendo de la columna 1, de arriba hacia abajo, hasta la columna 10 (ver ejemplo de formato de datos de campo al final de este manual). El programa dibujará en pantalla la tabla de datos tal y como aparece en el formato.

Los datos provenientes de un ensayo de rugosidad están comprendidos entre los valores de 1 y 50, en caso que por error se digite un valor fuera de dicho intervalo el programa señalará el error y no avanzará hasta que se digite el valor correcto.

En caso que se digite algún dato en forma equivocada el programa al final de la secuencia da la oportunidad de corregirlo, por lo que debe seguirse de corrido introduciendo los 200 valores, al término de lo cuál se presentarán dos opciones:

**[C] ontinuar proceso**

**Corregir [D] atos**

Según sea el caso se digitará **[C]** si es que se desea hacer alguna corrección o **[D]** si no hay correcciones y se desea continuar con el proceso. Para efectuar una corrección se introduce el número correlativo del dato y el valor correcto. La operación se repite tantas veces como valores equivocados introducidos haya que corregir. Finalmente se digita **[D]** y el programa continua con el proceso de cálculo.

Con los datos de campo introducidos el programa genera los archivos con extensión DAT, por ejemplo: **PR001001.DAT** . A la vez, conforme se introducen los datos de cada uno de los ensayos, el programa genera un archivo donde se almacena el número de ensayo y su correspondiente kilometraje, por proyecto; Por ejemplo: **PR001.KM**.

Al efectuarse los cálculos el programa ordena los 200 datos en forma ascendente, generando un archivo auxiliar de extensión AUX, por ejemplo: **PR001001.AUX** . Luego el programa determina la distribución de frecuencia de los datos que los almacena en un archivo de extensión FRE, por ejemplo: **PR00101.FRE** .

## **PASO 4 : CALCULO DEL IRI E IMPRESIÓN DE DATOS Y CALCULOS**

En la siguiente ventana el programa presente los resultados del IRI:

**PROYECTO : PR001**  
**PRUEBA Nº : 001**

**DT : 4.642857**  
**DM : 10**  
**DB : 4.107143**  
**D : 16.97625**

**RUGOSIDAD : 0.8233481 IRI**

15 ---> 1  
18 ---> 1  
19 ---> 4  
20 ---> 1  
22 ---> 2  
23 ---> 14  
24 ---> 66  
25 ---> 55  
26 ---> 56

**DESEA IMPRESIÓN DE DATOS DE CAMPO ( [ENTER]=SI / [N]= NO) ?**

En caso que se seleccione la opción **[ENTER] = SI**, se deberá tener cuidado que una impresora se encuentre conectada al computador, con lo que se obtendrá un reporte impreso de los datos de campo. Caso similar será para obtener una impresión del procedimiento del cálculo del IRI:

**DESEA IMPRESIÓN DE CALCULOS ( [ENTER]=SI / [N]= NO) ?**

Si no desea obtener impresiones, sólo digite **[N]** en ambas veces y el programa se saltará al final de la rutina y preguntará si se seguirá trabajando:

**PROYECTO EN PROCESO :**  
**ENSAYO PROCESADO :**  
**UBICACIÓN :**

**CONTINUA TRABAJANDO ( [ENTER]=SI / [N]= NO) ?**

Si se seleccionada la opción **[ENTER] = SI** el programa repetirá la rutina para la introducción de datos de un nuevo ensayo, tal como ya se explicó.

Si se selecciona la opción **[N] [ENTER] = NO** el programa finalizará la rutina de introducción de datos (Paso 4) y continuará con la rutina de elaboración del reporte de resultados y análisis estadístico.

**PASO 5 : ELABORACIÓN DEL REPORTE DE RESULTADOS**

Aparecerá en la pantalla el siguiente aviso:

**DESEA REPORTE DE RESULTADOS ? (S/N) ?**

Si no desea un reporte actualizado de los resultados obtenidos o desea dejarlo para mas adelante, entonces digite **[N] [ENTER]** . Por el contrario, si desea obtener una relación de los resultados obtenidos y su análisis estadístico, entonces digite **[S] [ENTER]** .

Tendrá dos opciones:

Digitando **[I]** podrá tener un reporte impreso.

Digitando **[P]** podrá tener un reporte en pantalla.

Al final de cualquiera de las dos opciones volverá a la ventana inicial del programa.

El reporte de resultados se aloja en el archivo **PR001.REP**, que puede ser editado usando el EDIT del DOS o cualquier editor de texto plano (Bloc de Notas, Wordpad, etc.).

En el disquete que se proporciona se incluyen ejemplos de procesamiento de datos, correspondiente al código de proyecto: **PR001**.

**MERLINER** y **RG52** son marcas registradas de Camineros S.A.C., Lima, PERU

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

PROYECTO Carretera Central  
 SECTOR Huayre - Huánuco  
 TRAMO Huayre - Chicrín  
 CARRIL Izquierdo

OPERADOR A.C.H.M.  
 SUPERVISOR G.S.G.  
 FECHA 15/Set/93

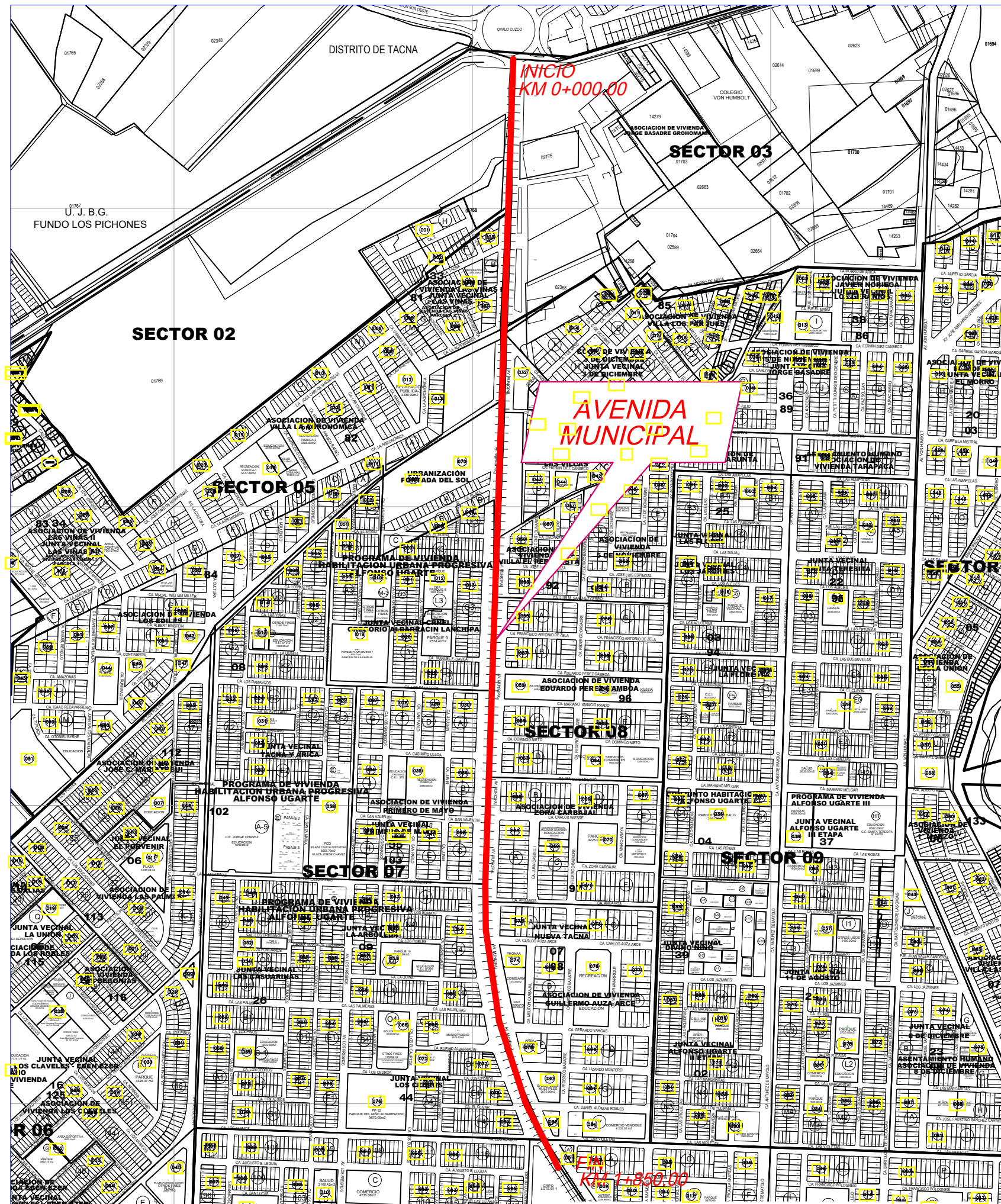
ENSAYO Nº  KM  HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	23	20	25	25	25	25	18	24	24	25	<b>TIPO DE PAVIMENTO :</b>  AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/> TRATAMIENTO BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input checked="" type="checkbox"/> RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/> BELLO <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/>
2	25	19	25	24	25	25	25	24	24	24	
3	22	26	25	26	26	26	19	25	25	25	
4	25	25	26	24	24	26	25	25	25	25	
5	25	25	26	24	24	24	25	26	26	24	
6	26	25	26	26	26	24	24	26	26	24	
7	26	24	24	24	24	26	24	24	25	24	
8	25	24	24	26	26	26	26	24	25	24	
9	23	26	26	26	24	24	26	26	25	26	
10	25	26	24	24	23	24	24	24	24	26	
11	25	26	24	23	23	23	24	26	24	24	
12	26	24	26	25	25	23	26	24	26	24	
13	26	24	26	25	25	25	26	24	26	25	
14	25	25	25	25	26	25	25	26	26	19	
15	24	26	24	26	24	25	25	25	25	15	
16	22	24	23	26	24	23	24	25	25	25	
17	26	26	23	25	26	25	24	23	25	25	
18	26	26	25	25	26	25	26	23	24	26	
19	25	19	24	24	25	23	25	25	24	24	
20	25	26	23	25	25	24	26	25	25	26	

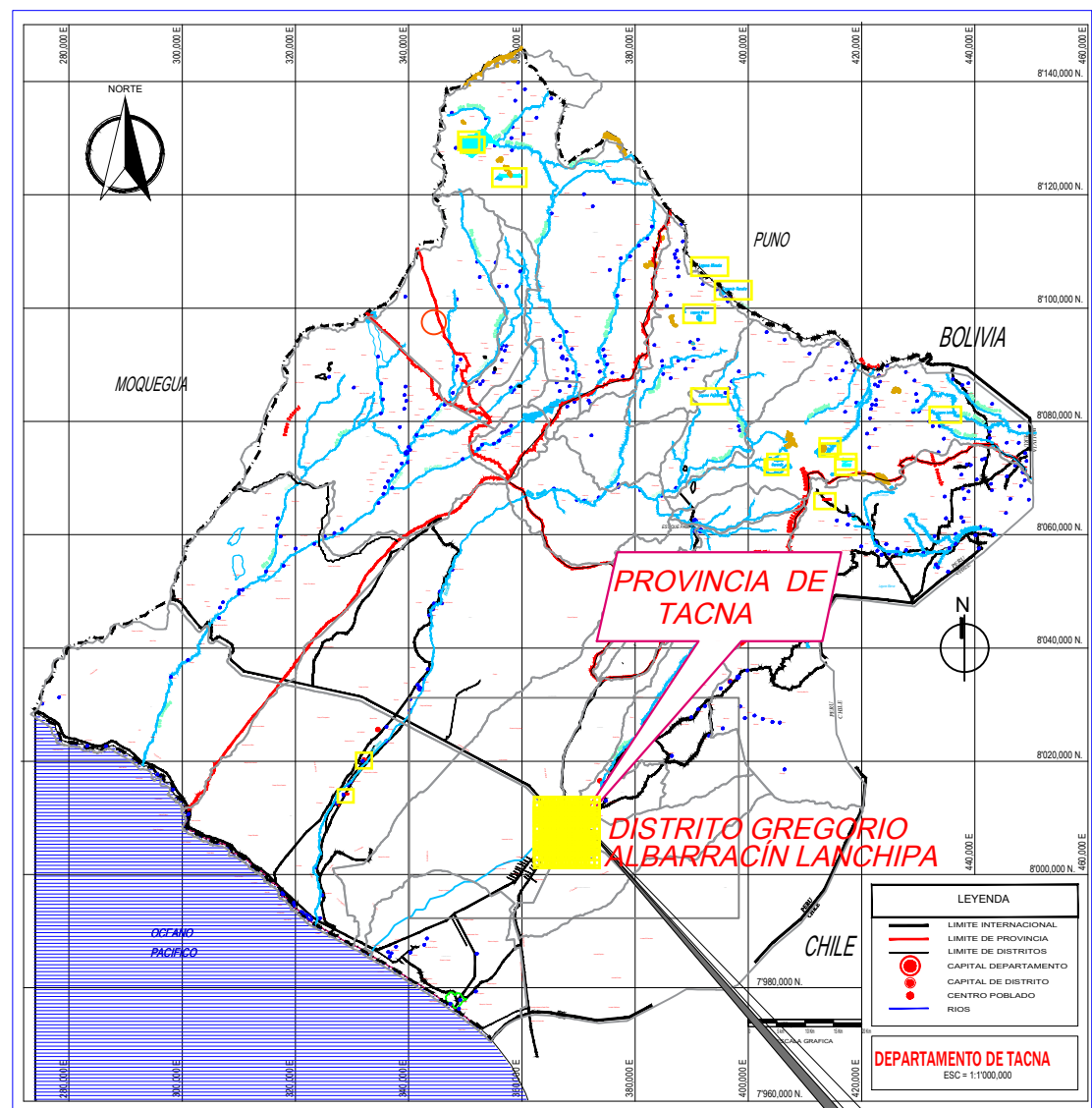
OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

(EJEMPLO DE DATOS DE CAMPO)

**ANEXO F**  
**PLANO DE UBICACIÓN**



**PERIMÉTRICO Y UBICACIÓN**  
ESC. 1/7500



**LOCALIZACIÓN**  
ESC. 1/12000



CUADRO DE MEDIDAS PERIMÉTRICAS Y LONGITUDES

NOMBRE DE AVENIDA	LÍMITES	LONGITUD (KM)	PERÍMETRO (KM)
AVENIDA MUNICIPAL	DEL KM 0+000 AL KM 1+850.00	1.85 KM	3.74 KM

CUADRO DE LONGITUD

TRAMO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
AV. MUNICIPAL	Longitud	1.87 Km
	Perímetro	3.74 Km

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL - ARQUITECTURA, GEOTECNIA Y ARTES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN EL PAVIMENTO ASFÁLTICO UTILIZANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUSCO CA. LOS ÁLAMOS, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2021"

UBICACIÓN:  
DISTRITO : GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA  
PROVINCIA : TACNA  
REGION : TACNA

INGENIERO CIVIL  
AUTOR:  
BACH. SANDRA VANESSA MAMANI GUENTA  
asesor:  
ING. MARTÍN PAUCARA ROJAS

**UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN**

FECHA: INDICADA  
SERVICIO: SIMO  
OBSERVACIONES: FECHA: ENERO - 2023

CODIGO:  
**UB-01**

LÁMINA:  
**01**