

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELÉFONO
INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN,
DANDO PROPUESTA DE SOLUCIÓN EN LA
AV. LOS ÁNGELES DEL DISTRITO DE
POCOLLAY, TACNA - 2022”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Lucy Miriam Flores Calderón

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA- PERÚ

2022


PÁGINA DE JURADO



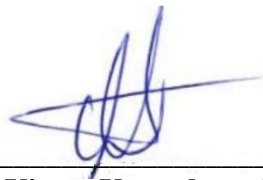
Mtro. Ing. Cesar José Avendaño Jihuallanga
Presidente



Mtro. Ing. Martín Paucara Rojas
Secretario



Mtro. Ing. Dennys Geovanni Calderón Paniagua
Vocal



Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero
Asesor de tesis

DEDICATORIA

A Julio y Eduarda, mis padres que con sus ejemplos me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y perseverar a través de sus sabios consejos, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi hermano Juan por su apoyo incondicional y demostrarme la gran fe que tiene en mí.

Al amor de mi familia

A mis docentes, mi asesor.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy gracias a Jehová, Jesucristo y al Espíritu Santo, por protegerme y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de la vida.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Problema General.....	6
1.1.2 Problemas Específicos	6
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.2.1 Objetivo General	7
1.2.2 Objetivos Específicos.....	7
1.3 FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11

2.1.2	Ámbito Nacional	13
2.1.3	Ámbito Local	15
2.2	BASES TEÓRICAS.....	17
2.2.1	Determinación de la rugosidad del pavimento flexible.....	17
2.2.2	Aplicación de teléfonos inteligentes ABAKAL.....	34
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	39
2.4	ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS.....	42
2.4.1	Hipótesis General.....	41
2.4.2	Hipótesis Específicas	41
2.5	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	43
CAPÍTULO III		44
METODOLOGÍA		44
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.2.1	Población.....	44
3.2.2	Muestra.....	44
3.3	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	45
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS, RECOLECCIÓN DE DATOS...45	
3.5	PROCEDIMIENTOS	46
3.5.1	procesamiento de datos con el Rugosímetro de Merlín	46

3.5.2	procesamiento de datos con el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI	52
CAPÍTULO IV.....		57
RESULTADOS.....		57
4.1	CÁLCULO DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD UTILIZANDO RUGOSÍMETRO DE MERLÍN.....	57
4.2	RESULTADO DEL CÁLCULO PARA ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI) UTILIZANDO EL TELÉFONO INTELIGENTE CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI.....	93
CAPÍTULO V		100
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		100
5.1	ANÁLISIS OBTENIDOS DE LOS RESULTADOS, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN.....	100
5.1.1	Análisis de la calificación del estado de pavimento de acuerdo al valor del IRI obtenido con el rugosímetro de MERLÍN.....	101
5.2	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI DETERMINADO CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y EL TELÉFONO INTELIGENTE MEDIANTE EL APLICATIVO ABAKAL IRI.....	102
5.3	ANÁLISIS PARA CALIFICAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA LOS ÁNGELES OBTENIDO CON LOS VALORES IRI DEL TELÉFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN.....	106

5.4	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN RESPECTOS A LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELÉFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN PARA LA AVENIDA LOS ÁNGELES DEL DEL DISTRITO DE POCOLLAY.....	109
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	111
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
	ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de índice de transitabilidad	20
Tabla 2: Transitabilidad mediante el IRI.....	20
Tabla 3: Valores de IRI (m/km) utilizados en la nacionalidad.....	23
Tabla 4: Datos de campo, Calzada de subida – tramo 1.....	57
Tabla 5: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de subida – tramo 1	59
Tabla 6: Datos de campo, Calzada de subida – tramo 2.....	60
Tabla 7: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de subida – tramo 2	62
Tabla 8: Datos de campo, Calzada de subida – tramo 3.....	63
Tabla 9: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de subida – tramo 3	65
Tabla 10: Datos de campo, Calzada de subida – tramo 4.....	66
Tabla 11: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de subida – tramo 4	68
Tabla 12: Datos de campo, Calzada de subida – tramo 5.....	69
Tabla 13: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de subida – tramo 5	71
Tabla 14: Datos de campo, Calzada de subida – tramo 6.....	72
Tabla 15: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de subida – tramo 6	74
Tabla 16: Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 1	75
Tabla 17: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de bajada – tramo 1	77
Tabla 18: Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 2.....	78

Tabla 19: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de bajada – tramo 2	80
Tabla 20: Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 3.....	81
Tabla 21: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de bajada – tramo 3	83
Tabla 22: Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 4.....	84
Tabla 23: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de bajada – tramo 4	86
Tabla 24: Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 5.....	87
Tabla 25: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de bajada – tramo 5	89
Tabla 26: Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 6.....	90
Tabla 27: Resultados de la rugosidad con MERLÍN, calzada de bajada – tramo 6	92
Tabla 28: Datos reportados del teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI Calzada de subida	94
Tabla 29: Datos reportados del teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI Calzada de bajada.....	97
Tabla 30: cuadro de resumen del IRI utilizando el Rugosímetro de Merlín	100
Tabla 31: valores para determinar el estado del pavimento	101
Tabla 32: Resultados del estado de pavimento utilizando el rugosímetro de Merlín	102
Tabla 33: Promedio de valores IRI a cada 400m, utilizando el teléfono inteligente con el aplicativo ABAKAL IRI	103

Tabla 34: Resumen comparativo IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de merlín	104
Tabla 35: Calificación de serviciabilidad	106
Tabla 36: Resultados de la transitabilidad utilizando valores IRI del rugosímetro de Merlín.....	107
Tabla 37: Resultados de la transitabilidad utilizando valores IRI del ABAKAL.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de investigación, Av. Los angeles L= 2.4 km..	3
Figura 2: Zona de investigación, inicio de la avenida los ángeles, perdida de finos.....	4
Figura 3: Zona de investigación, perdida de finos en la capa de rodadura.	4
Figura 4: Zona de investigación, presencia de parchado.	5
Figura 5: Zona de investigación, desgaste en la capa de rodadura Av. Los ángeles. ...	5
Figura 6: Uso del Rugosímetro Merlín.....	24
Figura 7: Detalles del instrumento MERLÍN	25
Figura 8: Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la curda promedio AB.....	27
Figura 9: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto a la cuerda promedio	28
Figura 10: Formato para recolección de datos de campo	30
Figura 11: Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.....	32
Figura 12: Aplicativo ABAKAL	34
Figura 13: Ubicación del teléfono en el vehículo.....	35
Figura 14: Métodos de cálculo	37

Figura 15: Informe IRI.csv	38
Figura 16: Resultados Informe IRI2.csv	38
Figura 17: Informe IRI.kml	39
Figura 18: Operando el rugosímetro de Merlín.....	47
Figura 19: Empiezo de toma de datos del rugosímetro de Merlín	47
Figura 20: Poniendo la fecha de la toma de datos para el primer tramo	48
Figura 21: Formato del rugosímetro de Merlín	48
Figura 22: Empiezo de toma de datos para la calzada de subida	49
Figura 23: Datos de lecturas de los siguientes tramos	50
Figura 24: Inicio para la toma de datos, calzada de bajada.....	50
Figura 25: siguiente tramo toma de datos, calzada de bajada	51
Figura 26: Observación de fallas graves en la toma de datos con el rugosímetro de Merlín para la calzada de bajada.....	51
Figura 27: Toma de datos del tramo final de la calzada de bajada.....	52
Figura 28: Aplicación ABAKAL IRI instalada en el teléfono inteligente	52
Figura 29: Ubicación del teléfono inteligente en el vehículo.....	53
Figura 30: Presionar el icono inicio	53
Figura 31: Presionar el icono de conteo	54
Figura 32: Pulsar la opción parar	54

Figura 33: Pulsar la opción guardar	55
Figura 34: Ir al aplicativo ABAKAL IRI para descargar el archivo	56
Figura 35: Archivos de ABAKAL IRI	56
Figura 36: Distribución de frecuencias, tramo 1	58
Figura 37: Distribución de frecuencias, tramo 2	61
Figura 38: Distribución de frecuencias, tramo 3	64
Figura 39: Distribución de frecuencias, tramo 4	67
Figura 40: Distribución de frecuencias, tramo 5	70
Figura 41: Distribución de frecuencias, tramo 6	73
Figura 42: Distribución de frecuencias, tramo 1	76
Figura 43: Distribución de frecuencias, tramo 2	79
Figura 44: Distribución de frecuencias, tramo 3	82
Figura 45: Distribución de frecuencias, tramo 4	85
Figura 46: Distribución de frecuencias, tramo 5	88
Figura 47: Distribución de frecuencias, tramo 6	91
Figura 48: Recorrido de la camioneta por la calzada de subida utilizando ABAKAL IRI.....	95
Figura 49: comportamiento a cada 100 m de los valores IRI, calzada de subida	96

Figura 50: Recorrido de la camioneta por la calzada de subida utilizando ABAKAL

IRI98

Figura 51: comportamiento a cada 100 m de los valores IRI, calzada de bajada..... 99

Figura 52: Comparación de valores IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro

de merlín..... 105

RESUMEN

El presente trabajo de investigación determina el índice de rugosidad internacional del pavimento flexible entre el teléfono inteligente (ABAKAL IRI) y el rugosímetro de Merlín, en la avenida los ángeles del distrito de Pocollay con una longitud de 2.4 km.

El objetivo de la investigación es determinar el análisis comparativo del IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de MERLIN, con los valores IRI obtenido indicamos el estado del pavimento, y recomendamos propuestas de solución.

La investigación empezó en el trabajo de campo con el rugosímetro de Merlín en la avenida los ángeles, obteniéndose para la calzada de subida 6 ensayos con un valor IRI de 5.10 m/km y para la calzada de bajada se obtuvo 6 ensayos con un valor IRI 6.68 m/km, cada ensayo tiene longitud de 400 metros; resultando un valor IRI promedio de 5.89 m/km para toda la avenida los ángeles.

Luego se determinó los valores IRI con el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI , dando como valor IRI para la calzada de subida de 5.38 m/km y para la calzada de bajada un valor IRI de 5.65 m/km, resultándonos un IRI promedio de 5.52 m/km .

Por lo tanto, con los valores IRI promedio tanto del rugosímetro de merlin y el teléfono inteligente analizamos el estado de pavimento MUY MALO, determinar

también que la transitabilidad es MALA, de acuerdo al valor del PSI obtenido y que para lo cual damos como solución que el pavimento necesita una reconstrucción en tramos muy dañados, rehabilitación y recapeos en los desprendimientos de agregados finos.

Palabras Clave: IRI, rugosímetro de Merlín, ABAKAL IRI, transitabilidad.

ABSTRACT

The present research work determines the international roughness index of the flexible pavement between the smartphone (ABAKAL IRI) and the Merlin roughness meter, on Los Angeles Avenue in the Pocollay district with a length of 2.4 km.

The objective of the research is to determine the comparative analysis of the IRI between the telephone and the MERLIN roughness meter, with the intelligent IRI values obtained, we indicate the state of the pavement, and recommend solution proposals.

The investigation began in the field work with the Merlin roughness meter on Los Angeles Avenue, obtaining 6 tests for the road going up with an IRI value of 5.10 m/km and for the road going down 6 tests were obtained with an IRI value of 6.68 m/km, each essay has a length of 400 meters; resulting in an average IRI value for the entire los angeles avenue.

Then the IRI values will be decreased with the smartphone using the ABAKAL IRI application, giving an IRI value for the road going up 5.38 m/km and for the road going down an IRI value of 5.65m/km, resulting in an average IRI of 5.52 m/km.

Therefore, with the average IRI values of both the merlin roughness meter and the smartphone, we analyze the condition of the pavement VERY BAD, also determine

that the passability is BAD, according to the value of the PSI obtained and for which we give as a solution that the pavement needs a reconstruction in very damaged sections, rehabilitation and resurfacing in the loosening of fine aggregates.

Keywords: IRI, Merlin roughness tester, ABAKAL IRI, walkability.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se obtuvo información de datos recopilados del campo para los estudios del IRI , utilizando para ello el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI y el rugosímetro de Merlín en toda la avenida los ángeles del distrito de Pocollay.

Los daños ocurridos en la avenida los ángeles genera incomodidad para la transitabilidad ya que se encuentra dañada en varios tramos debido al aumento del flujo de vehículos que circulan ocasionando que la carpeta asfáltica se debilite y se vea reflejada la reducción de vida útil que con ello apareciendo las fallas del pavimento.

La importancia de la investigación es conocer el estado real del pavimento en el que se encuentra es por ello determinar el valor de rugosidad, que además nos ayudara a calificar la transitabilidad mediante el valor del PSI obtenido , dando para ello propuesta de solución para mejorar la avenida los ángeles y tener comodidad, confort en la transitabilidad.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en el Perú la falta de contar con vías de transporte en un buen estado es muy necesarias para el transporte urbano de pasajeros, transporte particular, transporte de carga, la cual sino hay mantenimiento adecuado el deterioro puede llegar a presentar daños de niveles altos que pueden requerir su reconstrucción en periodos cortos con relación a la su vida útil, Du et al., 2020; Souza, (2018).

Por lo que en la evaluación preliminar se pudo apreciar que la avenida los ángeles tiene daños y fallas en el pavimento lo que puede generar algún accidente, ya que no se tiene conocimiento del estado real de dicha vía de investigación.

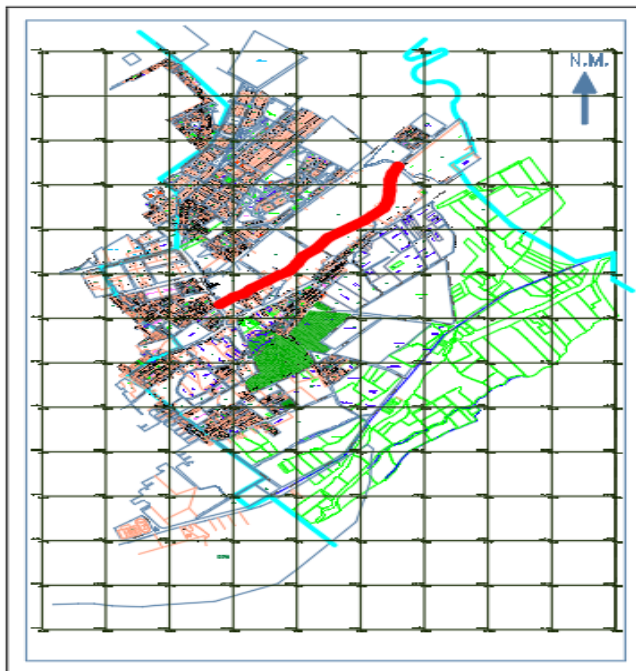
También la irregularidad superficial en la capa de rodadura de un pavimento genera en los vehículos en movimiento, incomodidad, inseguridad causando estrés en el conductor Rana et al., (2021). Por lo que conocer el estado de la vía nos permite tomar acciones de rehabilitación o puede ser de conservación, Du et al., (2020).

Por lo tanto el método con el cual se analizara la determinación del índice de rugosidad internacional (IRI) es utilizando el rugosímetro de MERLIN y el teléfono inteligente, para conocer la transitabilidad, además comparar los dos métodos para dar la solución más adecuada, Prasad et al., (2013); Zhao et al., (2017).

Por lo cual en la investigación de la avenida los ángeles se determinarán en ambas calzadas de ingreso y salida, sabiendo que el ancho de la calzada es de 6,60m, con una longitud aproximada de 2.4km, la cual se identificara daños considerables en ciertos tramos, y de acuerdo al resultado obtenido se determinara la intervención que necesite la avenida los ángeles.

Figura 1:

Zona de investigación, Av. Los angeles L= 2.4 km.



Nota: Figura que representa la zona de investigación Av. Los Ángeles, tomado de la Municipalidad de Pocollay

Figura 2

Zona de investigación, inicio de la avenida los ángeles, pérdida de finos



Nota. Figura que muestra el tramo inicial de investigación, donde se visualiza las fallas presentes

Figura 3

Zona de investigación, pérdida de finos en la capa de rodadura.



Nota. Figura que muestra la pérdida de finos en el pavimento en la zona de investigación

Figura 4

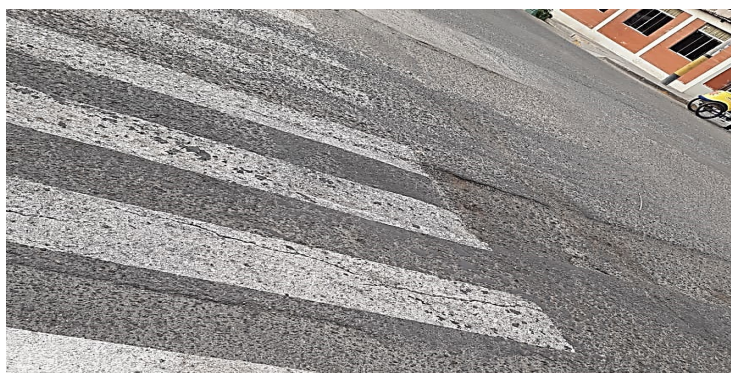
Zona de investigación, presencia de parchado.



Nota. Figura que muestra los parchados mal efectuados en la vía de investigación

Figura 5

Zona de investigación, desgaste en la capa de rodadura Av. Los ángeles.



Nota. Figura que muestra fisuras longitudinales y transversales en la vía de investigación Av. Los ángeles.

1.1.1 Problema General

¿Cómo el análisis comparativo del IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de merlín, permitirá dar propuesta de solución en la Av. los ángeles del distrito de Pocollay, Tacna - 2022?

1.1.2 Problemas Específicos

¿Cuál es el valor del análisis del IRI obtenido con el aplicativo para teléfono inteligente ABAKAL en la Av. los ángeles del distrito de Pocollay, Tacna - 2022?

¿Cuál es el valor del análisis del IRI obtenido con el rugosímetro de MERLIN en la Av. los ángeles del distrito de Pocollay, Tacna - 2022?

¿Existe similitud entre los valores determinados mediante el aplicativo para teléfono inteligente ABAKAL y rugosímetro de MERLIN en la Av. los ángeles del distrito de Pocollay, Tacna - 2022?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

- Determinar el análisis comparativo del IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de MERLIN para dar propuesta de solución en la Av. los ángeles del distrito de Pocollay, Tacna – 2022

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el IRI obtenido con el aplicativo de teléfono inteligente ABAKAL en la Av. los Ángeles del distrito de Pocollay, Tacna – 2022.
- Determinar el IRI obtenido por el rugosímetro de Merlín en la Av. los Ángeles del distrito de Pocollay, Tacna – 2022.
- Comparar los valores determinados del análisis mediante el aplicativo para teléfono inteligente ABAKAL y el rugosímetro de MERLIN en la Av. los ángeles del distrito de Pocollay, Tacna – 2022.

1.3 FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La investigación propuesta para conocer el análisis del IRI, comparativo entre el teléfono inteligente y rugosímetro de Merlín con los resultados obtenidos nos ayudará a evaluar la rugosidad presente en el pavimento flexible. Considerando que la avenida los ángeles del distrito de Pocollay presentan fallas lo que provoca incomodidad y el tiempo largo de transporte, sino se interviene estas vías asfaltadas incrementará los costos de operación y mantenimiento, Staniek, (2021).

La Av. los ángeles presenta diversas fallas en la carpeta asfáltica, por lo que urge realizar un análisis comparativo de la rugosidad en un tramo de 2.4 km, para finalmente determinar la calificación de la transitabilidad vehicular.

Janani et al., (2021); Prasad et al., (2013); Zhao et al., (2017) menciona conocer el valor de la rugosidad, es importante porque conlleva a la intervención de dar propuesta de solución ya sea un mantenimiento rutinario, periódico, rehabilitación o reconstrucción, entonces se hace interesante la utilización del aplicativo ABAKAL y el Rugosímetro de MERLIN, que calcula la rugosidad por ser un instrumento versátil y económico.

Du et al., (2020); Souza et al., (2018); Zhao et al., (2019) mencionan que existen equipos muy sofisticados en el mercado, en la determinación de la rugosidad de una calle, avenida o carretera, sus resultados son óptimos pero un costo elevado por lo que se hace necesario utilizar tecnología de los Smartphone mediante aplicativos desarrollados para medir la rugosidad y realizar un comparativo con la metodología tradicional, la utilización del Rugosímetro de MERLIN.

Para lograr los objetivos de la investigación, se utiliza la normativa peruana vigente, como son los manuales de pavimentos, el manual de especificaciones técnicas generales EG-2013, Norma CE-010-Pavimentos Urbanos y el manual de mantenimiento o conservación vial. Prasad et al., (2013) menciona la aplicación del aplicativo ABAKAL y la metodología del MERLIN ayuda a conocer el estado de una vía, cuyos resultados de la investigación trascienden en su importancia por la contribución a las soluciones de mejora en la transitabilidad vehicular en la avenida los Ángeles.

Por el cual la presente investigación puede servir como referencia para un futuro manual para los investigadores en esta área, tendrán a disposición todo el material de la investigación como material de consulta para próximas ideas.

También llega a la sociedad, porque permitirá conocer el estado de la vía y como los afectados viene a ser los conductores y peatones, debido a que la avenida los ángeles, se encuentra en mal estado, generando incomodidad al momento de transitar. Con ello se pretende dar propuesta de solución para mejorar las medidas de confort y seguridad para los involucrados.

1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- En la investigación evaluada debemos tener en cuenta que para los ensayos con el método del rugosímetro del Merlín debemos realizarlo cuando el flujo sea de menor transito posible con ello esto evitar aglomeración de flujo vehicular, en la hora que se toma datos de lectura.

- En el caso de toma de datos con el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI tener en cuenta que cuando el tramo es demasiadamente afectado produce daños muy severos al vehículo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Ámbito Internacional

Rana et al.,(2021) en su estudio Vibration based pavement roughness monitoring system using vehicle dynamics and smartphone with estimated vehicle parameters. Se presenta una técnica de monitoreo de pavimentos basada en vibraciones donde se estiman los parámetros dinámicos desconocidos del vehículo y se reconstruye el perfil del pavimento utilizando la respuesta de aceleración vertical de un vehículo ordinario detectado por un teléfono inteligente como sensor. Donde se hacen diferentes simulaciones. Para la reconstrucción del perfil del pavimento, el vehículo se conduce sobre un pavimento desconocido para ser monitoreado y se detecta la respuesta de aceleración vertical. Utilizando la respuesta del vehículo y un modelo matemático desarrollado a partir del modelo de espacio de estado de la dinámica del vehículo con los parámetros estimados, se reconstruye el perfil del pavimento. Se encontró que el IRI calculado a partir de los perfiles de pavimento reconstruidos está dentro del 3% de los perfiles reales, donde los resultados muestran el potencial del método propuesto para monitorear la condición del pavimento con precisión y eficiencia razonables.

Dong et al., (2021) en su estudio Smartphone sensing of road surface condition and defect detection. Este documento realizó una serie de experimentos de campo para recopilar más de 36 000 puntos de datos de vibración vertical y GPS utilizando un teléfono inteligente instalado en un automóvil en movimiento. Luego, los datos recopilados del teléfono inteligente se procesaron y analizaron para detectar defectos en la superficie de la carretera. La técnica de detección de teléfonos inteligentes desarrollada puede potencialmente permitir el monitoreo del estado de la superficie de la carretera en tiempo cuasi real, mejorando la seguridad y la eficiencia del transporte al mismo tiempo que reduce los costos de inspección..

Zhao et al., (2017) en su estudio IRI estimation by the frequency domain analysis of vehicle dynamic responses. Llega a la conclusión que el Sistema de Monitoreo Inteligente de Respuesta Dinámica (iDRIMS) basado en teléfonos inteligentes para estimar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) a partir de la respuesta dinámica de los vehículos ordinarios se ha mejorado en términos de precisión y robustez. El IRI se calcula multiplicando las funciones de transferencia por las respuestas de aceleración vertical medidas. La diferencia de velocidad se compensa ajustando las funciones de transferencia de acuerdo con la velocidad. Las características de respuesta dinámica en las secciones de cambio de velocidad se

investigan experimentalmente y su efecto en el IRI se compensa mediante el diseño de un filtro de paso alto. A través de simulaciones numéricas y experimentos,

Souza, (2018) en su estudio Asphalt pavement classification using smartphone accelerometer and complexity invariant distance. En este artículo, se presenta una aplicación de flujo de datos real relacionada con la evaluación de pavimentos asfálticos utilizando datos de aceleración recopilados por el sensor acelerómetro de los teléfonos inteligentes. La calidad del pavimento tiene una influencia significativa en el precio final de los bienes y servicios, la seguridad de los conductores, peatones y pasajeros, y la comodidad del conductor. Por lo tanto, es fundamental el uso de herramientas, como se propone en este trabajo, que permite el monitoreo constante de las condiciones de los pavimentos por parte de las autoridades gubernamentales o entidades privadas para intervenciones más precisas en la planificación del mantenimiento con menores gastos.

2.1.2 Ámbito Nacional

Arce Salazar,(2021) en su estudio Cálculo de índice de rugosidad internacional (iri) usando el aplicativo abakal para smartphone en la avenida universitaria del distrito de pillco marca – 2020, donde el objetivo de la investigación fue determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) usando el aplicativo ABAKAL.

Smartphone en el tramo de 1.3 km de la avenida universitaria del Distrito de Pillcomarca.; Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos donde es necesario realizar una gestión de mantenimiento en base a acciones de conservación o rehabilitación; dependiendo si las fallas están afectando la condición funcional o estructural del pavimento; Llegando a la conclusión en merito a los trabajos de campo y análisis del IRI mediante el uso del aplicativo para Smartphone denominado ABAKAL, que en dicho tramo donde se efectuaron las respectivas pruebas para obtener el IRI y contrastar los datos con el método tradicional, los resultados fueron óptimos ya que se realizó la comparación de los resultados llegando a obtener valores similares, lo que indica la efectividad en el uso del aplicativo para Smartphone denominado ABAKAL.

Manco Castillo,(2020) en su estudio Análisis de la variabilidad del índice de rugosidad internacional (iri) de la carretera baños del inca – llacanora, utilizando el equipo merlín y la aplicación roadroid en un smartphone; Donde se busca analizar la variabilidad que existe, entre los resultados del aplicativo Roadroid y del MERLÍN, para la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la carretera Baños del Inca – Llacanora, se agruparon en muestras representativas de 400 m, para poder determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en los dos carriles: para el carril

Derecho tenemos un $IRI_p = 1.94$ m/km, un $eIRI = 2.40$ m/km y un $PSI = 3.51$; para el carril Izquierdo tenemos un $IRI_p = 2.34$ m/km, un $eIRI = 2.73$ m/km y un $PSI = 3.26$, teniendo en ambos carriles una transitabilidad “Buena”; Al comparar los resultados de ambos métodos obtenemos una variabilidad que oscila entre el 0.00 % y 156.95%, con coeficientes de determinación (R^2) 0.2276 y 0.4044 para el carril derecho e izquierdo respectivamente; lo cual representa una relación positiva baja.

2.1.3 Ámbito Local

López et al.,(2018) en su estudio Aplicación del smartphone y el rugosímetro de merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. internacional, tacna-2021; Donde indica que el objetivo de la investigación es determinar la rugosidad del pavimento flexible mediante la aplicación del Smartphone con el aplicativo ABAKAL y el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Internacional, la investigación es de tipo Aplicada con enfoque cuantitativo, utilizando metodologías tradicionales y aplicativos en los Smartphone, considerando un diseño descriptivo-exploratorio, determinándose la rugosidad en la calzada derecho IRI igual a 4.07 m/ y en la calzada izquierdo igual a 5.14 m/km, utilizando el IRI promedio de 4.60 m/km ayuda a la calificación del estado de pavimento flexible MALO; Para obtener el IRI utilizando el aplicativo ABAKAL, se usa el modelo Samsung Galaxy Note 10, obteniendo resultados del IRI .

En la calzada derecho igual a 4.38 m/km, y en la calzada izquierdo igual a 4.49 m/km, por lo que, para efectos de comparación con el MERLÍN obtenemos el valor ponderado de IRI igual a 4.44 m/km. cuyos valores obtenidos nos indican que el aplicativo obtiene resultados similares al del rugosímetro de MERLÍN, por lo tanto, son datos confiables.

(Zegarra et al., 2021) en su estudio Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera ta-615, tramo: puente el peligro – emp. pe-40, tacna - 2020. Donde el objetivo fue determinar la rugosidad del pavimento flexible utilizando el aplicativo ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna – 2020, donde la investigación es de tipo Aplicada y un diseño descriptivo-exploratorio, utilizando el método tradicional MERLÍN se obtiene la rugosidad en el carril derecho IRI igual a 3.63 m/km y en el carril izquierdo igual a 3.41 m/km, por lo que utilizando el promedio obtenido igual a 3.52 m/km valor que ayuda a calificar el estado de pavimento como REGULAR, respectivamente analizando con el aplicativo ROADROID, se utilizó el Samsung Galaxy S7, para obtener valores de el IRI igual a 3.73 m/km, en carril derecho y 3.44 m/km, para el carril izquierdo, para el comparativo con el método tradicional MERLÍN se utilizó el valor promedio

de el IRI igual a 3.59 m/km. determinándose que los valores IRI del aplicativo son similares al MERLÍN.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Determinación de la rugosidad del pavimento flexible.

ASTM, (2012) la rugosidad viene a ser la “Desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal”. Prasad et al., (2013); Rana & Asaduzzaman, (2021); Zang et al., (2018), en su estudio menciona que algunos autores prefieren utilizar el término Regularidad, puesto que este concepto se asocia más fácilmente a la definición de Roughness, que el término Rugosidad, por consiguiente se puede encontrarse bibliografía que trata indistintamente los conceptos de Regularidad y Rugosidad; sin embargo, para efectos de la investigación se prefiere utilizar Rugosidad.

Staniek, (2021) en su estudio destaca que para referirse a las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad del rodado, seguridad y costos de operación del vehículo. El IRI es una acumulación del movimiento vertical que padece la suspensión de una rueda (un cuarto de carro) recorriendo a una velocidad de 40-60

km/h (zona urbana) es decir es un índice de confort de rodadura y conforma el parámetro de la vía que siente el usuario, Caro, F.; Peña, G., (2012).

Miquel, (2006) menciona en su estudio el valor del Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

2.2.1.1 Transitabilidad.

Valença et al., (2022) en su estudio destaca que el concepto de "transitabilidad" en el Perú define una situación de "disponibilidad de uso"; demuestra que una carretera específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido cerrada al tránsito público por causas de "emergencias viales" que la hubieran cortado en algún o en algunos lugares del recorrido, como consecuencia de deterioros mayores causados por fuerzas de la naturaleza, tales como deslizamientos de materiales saturados de agua ("huaicos"), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc.

2.2.1.2 Serviciabilidad.

Mubaraki, (2016) en su estudio menciona que la serviciabilidad es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento; es por ello que la opinión de ellos debe ser medida para calificar la calidad del pavimento.

Cafiso et al., 2022; Mubaraki, (2016) en su estudio menciona que la medición de la calidad de un pavimento presenta una dificultad conceptual porque depende de la evaluación que se realice, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición funcional de su superficie; si no se utilizan herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no serán comparables con las mediciones hechas por otra persona, ni entre un pavimento y otro.

Amândio et al., (2021); Zhu et al., (2022) en su estudio mencionan que Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado índice de Serviciabilidad Presente (PSI}, el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957; los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor.

Tabla 1

Escala de índice de transitabilidad

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

Fuente:Guía AASHTO

2.2.1.3 Cálculo de la serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI

Es necesario obtener los datos de campo para un tramo de estudio de acuerdo a los intervalos de desviaciones, luego se procede al cálculo del rango “D” para apreciar la distribución de las frecuencias de las lecturas obtenidas y aplicar el factor de corrección correspondiente a la calibración del equipo, Sologorre, (2005).

Tabla 2

Transitabilidad mediante el IRI

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

Fuente: Sachún, 2016

2.2.1.4 Rugosidad

Singh et al., (2018) en su estudio define como las irregularidades en la superficie del pavimento, la cual tiene un efecto directo en el deterioro de las calles y carreteras y en los usuarios, además afecta adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costo de operación del vehículo.

Aguila Rodriguez, 1999; Pal & Sutradhar(2014) menciona en su estudio que el Banco Mundial propuso una medida de la rugosidad denominada el índice de rugosidad internacional (IRI), cuyo rango va de 0 (un pavimento ideal, sin ninguna imperfección) hasta 12 (una carretera completamente intransitable) normalmente; este parámetro, ampliamente usado, permite medir la rugosidad superficial de los pavimentos a partir de la sumatoria, en valor absoluto, de los desplazamientos verticales a lo largo del tramo, dividido entre la longitud.

2.2.1.5 Causas posibles de la Rugosidad.

Las irregularidades en la capa de rodamiento de los pavimentos tanto nuevos como existentes se pueden producir por falta de políticas de mantenimiento o errores cometidos durante el procedimiento constructivo de la vía; en la cual no se haya tomado las medidas de control correspondientes, provocando como consecuencia las deformaciones.

2.2.1.6 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Bhandari et al., (2022); Blaauw et al., (2022); Liu et al., (2021) en los diferentes estudios se han demostrado que existen muchos factores que afectan la rugosidad superficial del pavimento de estos lo más relevantes son:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El numero estructural.
- Las propiedades del concreto asfaltico utilizado: vacíos con aire, gravedad específica y el contenido de asfalto.
- Las características del medio ambiente: Temperatura promedio, precipitaciones pluviales (días de lluvia), índice de congelamiento, días con temperatura superior a 32°C.
- Propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Propiedades de la sub rasante como el índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas, y porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Extensión y severidad de las fallas en el pavimento.

2.2.1.7 Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Perera & Kohn, (2002) en su estudio menciona que la sociedad americana de ensayos y materiales (ASTM) en la norma E-867 define la rugosidad como la desviación de la superficie del pavimento respecto a una superficie plana que afecta la dinámica de los vehículos. Goenaga et al., (2017) en su estudio destaca que la rugosidad también puede ser definida como la distorsión de la superficie de la vía que causa aceleraciones verticales indeseables contribuyendo a la incomodidad del viaje.

Sayers, M. ; Karamihas, S., (1998) en su estudio menciona que el IRI es una escala de la regularidad superficial de una vía, propuesta por el Banco Mundial como estadística estándar de la rugosidad que determina la influencia del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, se expresa en metros por kilómetros.

Tabla 3

Valores de IRI (m/km) utilizados en la nacionalidad

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < \text{IRI} \leq 2.8$	$\text{IRI} \leq 6$
Regular	$2.8 < \text{IRI} \leq 4.0$	$6 < \text{IRI} \leq 8$
Malo	$4.0 < \text{IRI} \leq 5.0$	$8 < \text{IRI} \leq 10$
Muy malo	$5 < \text{IRI}$	$10 \leq \text{IRI}$

Fuente: MTC- especificaciones técnicas para la conservación de carretera

2.2.1.8 Rugosímetro MERLIN

Aguila Rodriguez, (1999) en su estudio menciona que es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú en 1993, existiendo para junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras. El método de medición que utiliza el MERLIN, es como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1 y la correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$); algunos fabricantes de equipos tipo respuesta, lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros (Aguila Rodriguez, 1999; Singh et al., 2018).

Figura 6

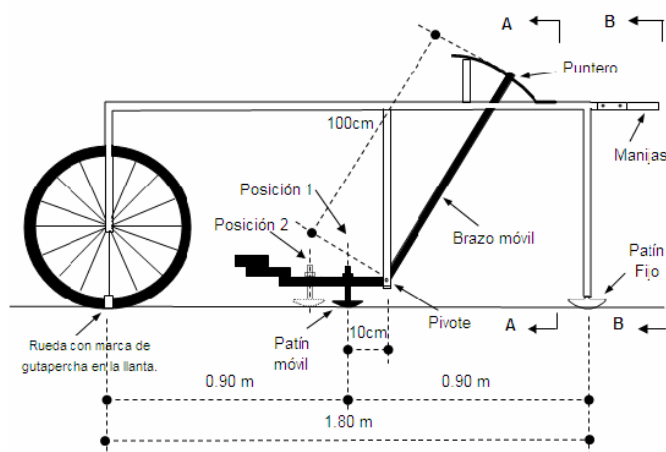
Uso del Rugosímetro Merlin



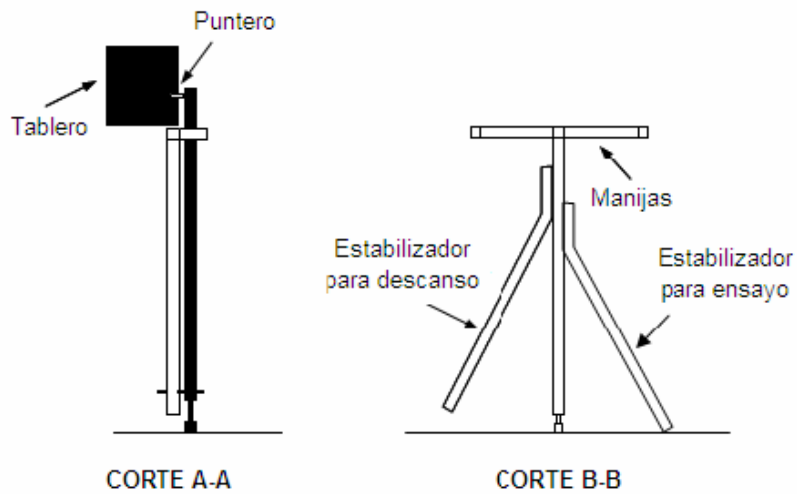
Fuente: Elaboración propia

Figura 7

Detalles del instrumento MERLIN



Fuente: Del Aguila, 1999

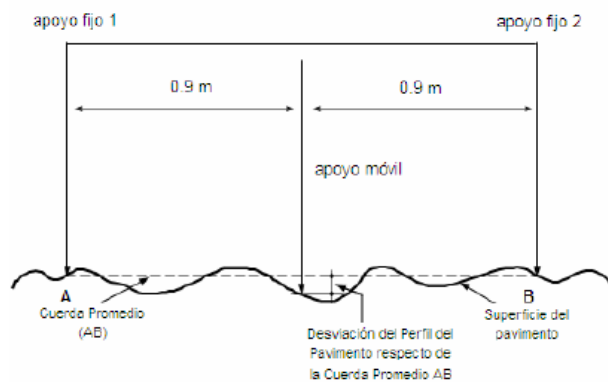


Fuente: Del Águila R, 1999

Aguila Rodriguez, (1999) en su estudio menciona que El MERLÍN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante en donde el desplazamiento es conocido como “la desviación con respecto a la cuerda promedio”, cuenta con 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 wheeltrack (marca hecha por las ruedas), en donde un patín de prueba móvil se pone a media-vía sobre la superficie de camino entre los dos pies y el MERLÍN mide la distancia vertical “y” entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que une la base de los dos pies, y nos da un resultado que se registra en un formato montado sobre la máquina, tomando medidas repetidas a lo largo de la huella de la rueda cuando se han completado las observaciones, se remueve el formato, en el cual se habrá generado un histograma, cabe recalcar que el “ancho” del histograma (D), expresado en milímetros representa la rugosidad en la escala de MERLÍN.

Figura 8

Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la curva promedio AB.



Fuente: (Aguila Rodriguez, 1999)

Aguila Rodriguez, (1999) en su estudio destaca que 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, donde en el extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual 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; en cuanto a 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, que conlleva para el registro de 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 .

Figura 9

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto a la cuerda promedio



Fuente: (Aguila Rodriguez, 1999)

2.2.1.9 Modo de Uso

Aguila Rodriguez, (1999); Álvarez & Rivero, (2012) en su estudio menciona que para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajen conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que los anota. Asimismo, debe seleccionarse un tramo de 400m 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 cuales son detectadas por el patín móvil del MERLÍN, 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 MERLÍN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda (Aguila Rodriguez, 1999; Álvarez & Rivero, 2012).

En cada observación el instrumento sobre el camino esta apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo; 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 es mostrado en la figura 10 (Aguila Rodriguez, 1999; Álvarez & Rivero, 2012). Aguila Rodriguez, (1999) en su estudio menciona que 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.

Figura 10

Formato para recolección de datos de campo

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

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

ENSAYO N° KM + HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											AFRIMADO <input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4											BASE IMPERMEADA <input type="checkbox"/>
5											TRAT. SECAPA <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRIJO <input type="checkbox"/>
7											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RECAPADO ASPALTICO <input type="checkbox"/>
9											SEALO <input type="checkbox"/>
10											OTROS <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

Fuente: (Aguila Rodriguez, 1999)

2.2.1.10 Cálculo de la Rugosidad

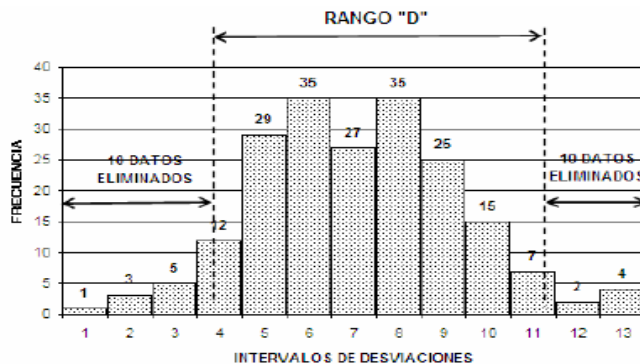
Aguila Rodriguez, (1999); Goenaga et al., (2017) menciona en su estudio como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. Aguila Rodriguez, (1999); Álvarez & Rivero, (2012) la división N^a 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). Aguila Rodriguez, (1999) en su estudio destaca que por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división N^o25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada).

(Aguila Rodriguez, 1999) en su estudio menciona que la dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura siguiente). 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 (Aguila Rodriguez, 1999). En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.

Figura 11

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



Fuente: (Aguila Rodriguez, 1999) L.

Aguila Rodriguez, (1999) en su estudio da a conocer que 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 11, 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 $11/12=0.92$,

y como 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.

Aguila Rodriguez, (1999); Álvarez & Rivero, (2012) en sus estudios mencionan que el Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cual se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros.

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

Factor de corrección.

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

Donde:

EP = Espesor de la pastilla

Li = Posición inicial del puntero.

Lf = Posición final del puntero.

Cálculo del Rango D corregido.

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

Cálculo de IRI

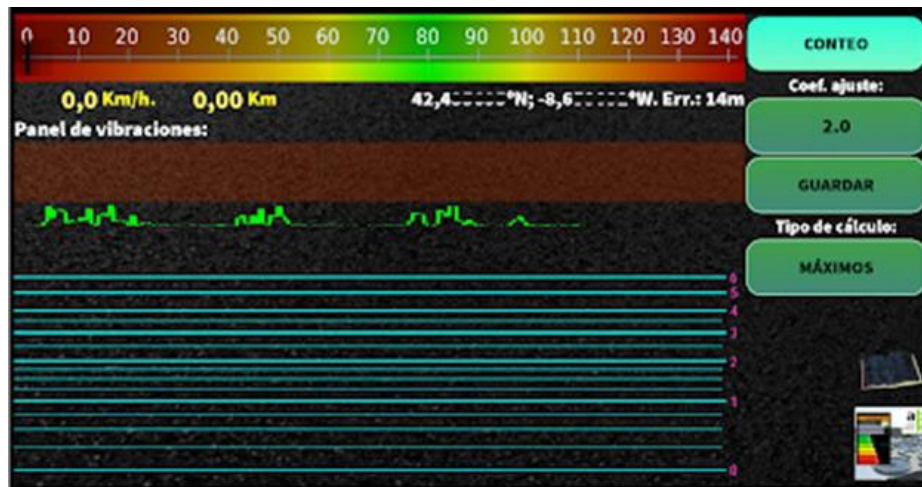
$$\text{IRI} = 0.593 + 0.047\text{Dc}$$

2.2.2 Aplicación de teléfonos inteligentes ABAKAL.

Para la obtención de los valores IRI se recurre a las vibraciones producidas por el vehículo y son detectadas por los sensores de vibración y el GPS del Smartphone, la interacción ejecutada entre la pista-vehículo-Smartphone son materializadas mediante gráficas donde indican el valor IRI cada 100m,

Figura 12

Aplicativo ABAKAL



Fuente: ABAKAL, 2022

2.2.2.1 Velocidad de ensayo.

La velocidad debe ser constante y centrada en los 40-60 km/h (zona urbana), por ese motivo el velocímetro marca en verde los alrededores de dicha velocidad.

2.2.2.2 Ubicación del Smartphone.

Puede colocarse apoyado en el parabrisas para la operación adecuada de los ajustes, ya sean los métodos estadísticos o los máximos.

Figura 13

Ubicación del teléfono en el vehículo.



Fuente: ABAKAL, 2022

2.2.2.3 Tipos de cálculo.

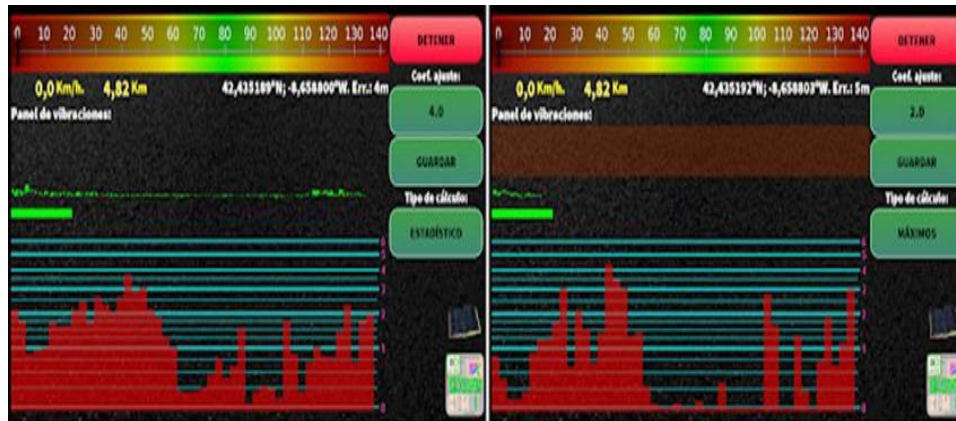
López & Villarre, (2018) en su estudio menciona que los tipos de cálculo están definidos en dos métodos de cálculo diferente, estadísticos y máximos; el método estadístico deriva de la ponderación relativa de primer y segundo orden de la vibración transmitida por el vehículo al dispositivo. El coeficiente de ajuste eleva (o reduce) dicha ponderación.

J. Lozano & d. Mamani, (2021) en su estudio establece que el método por máximos establece unos valores límite, a partir de los cuales pondera el ensayo; bajar el límite equivale a elevar el ensayo; por ello el coeficiente de ajuste es inverso a la ponderación del ensayo.

López & Villarre, (2018) en su estudio destaca que a prioridad, no se puede establecer cuál es el mejor sistema que se adapte al tándem 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; mientras se realiza el ensayo, éste se irá dibujando en la gráfica inferior con la escala vertical de tipo logarítmica.

Figura 14

Métodos de cálculo



Fuente: ABAKAL, 2022

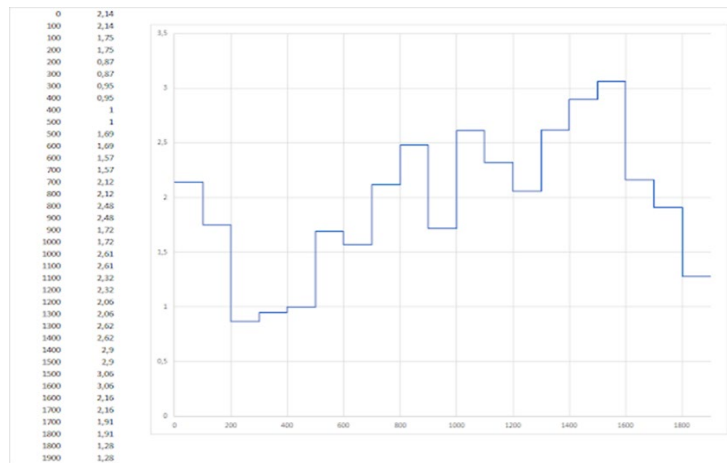
2.2.2.4 Generación de informe.

El aplicativo genera como resultados tres tipos de archivos, los cuales son guardados en el directorio “/storage/0/Abakal/IRI”

- El archivo informe IRI.csv, se puede abrir como una hoja de cálculo, es importante porque podemos graficar.
- El archivo informe IRI2.csv, es más una tabla de control.
- El archivo informe IRI.kml, es para abrir en Google Earth.

Figura 15

Informe IRI.csv



Fuente: ABAKAL, 2022

Figura 16

Resultados Informe IRI2.csv

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
42,453633	-8,677348	110	75,35	0	2,14
42,454028	-8,676213	108	75,82	100	1,75
42,454396	-8,675086	114	72	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

Fuente: ABAKAL, 2022

Figura 17

Informe IRI.kml



Fuente: ABAKAL, 2022

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- TRANSITABILIDAD

Zevallos Gamarra, (2018) en su estudio menciona que el nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

- ABAKAL.

Zegarra & Arocutipa, (2021) en su estudio calcula el IRI utilizando los sensores de vibración y el GPS de Android del Smartphone, realiza graficas e informe del valor IRI cada 100 m.

- IRI.

López & Villarre, (2018) en su estudio destaca que el índice de Rugosidad Internacional, es el parámetro que mide el estado más característico de la condición funcional de la capa de rodadura de un pavimento.

- RUGOSÍMETRO, MERLÍN.

López & Villarre, (2018) en su estudio define que es un instrumento diseñado específicamente para la medición de la rugosidad del pavimento, siendo una variación del perfilómetro estático. Acabado en pintura electrostática de color amarillo y negro. Plegable, para fácil embalaje y transporte.

- RUGOSIDAD

Miquel, (2006) menciona en su estudio que se define rugosidad como la desviación de una determinada superficie de pavimento respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar.

- PAVIMENTO

Tomiyama & Kawamura, (2016) en su estudio menciona que el pavimento es un conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

- REHABILITACIÓN

Actividades con el que se busca mejorar o restaurar las condiciones actuales presentes en la edificación, pavimento, puentes, etc. Lee et al., (2017); Mohamed et al. (2022) en su estudio de rehabilitar el pavimentos menciona que el objetivo es recuperar su funcionalidad extendiendo así su vida útil.

- CALZADA

Es una parte de la vía destinada al espacio de circulación de vehículos.

2.4 ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis General

La influencia del análisis comparativo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el pavimento asfáltico entre teléfono inteligente y el rugosímetro de MERLIN, permitirá notablemente dar solución en la Av. los Ángeles del distrito de Pocollay, Tacna – 2022.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- La determinación del valor del análisis del IRI del pavimento asfáltico utilizando el aplicativo para teléfono inteligente ABAKAL, ayudará dar propuesta de solución en la Av. los Ángeles en el distrito de Pocollay, Tacna – 2022.

- La determinación del valor del análisis del IRI del pavimento asfáltico utilizando el rugosímetro de Merlín, ayudará dar propuesta de solución en la Av. los Ángeles del distrito de Pocollay, Tacna – 2022.

- La comparación de los valores obtenidos en el análisis IRI determinados mediante el aplicativo para teléfono inteligente ABAKAL y el rugosímetro de MERLIN, logrará satisfacer los requerimientos para dar propuesta de solución en la Av. los ángeles del distrito de Pocollay, Tacna – 2022.

2.5 IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES

Variable Independiente: Aplicación de teléfono inteligente y rugosímetro de merlín

Variable Dependiente: Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

El tipo de la investigación es aplicada, se caracteriza porque busca la aplicación de conocimientos y se encuentra vinculada con el diseño de campo, cuando se realiza en un ambiente natural, en el que no hay manipulación de variables.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

La población de estudio corresponde a la Avenida los Ángeles del distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.

3.2.2 Muestra

La muestra de estudio son los 6 tramos cada uno de 400 metros tanto para la calzada de subida y calzada de bajada, de toda la Avenida los Ángeles.

3.3 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para la información el análisis obtenido en reportes hallados según el rugosímetro de merlín, valores IRI considerando cada tramo de 400m y para el ABAKAL los valores del IRI es de cada 100 m; se analizará los valores IRI con hojas Excel, obteniendo tablas figuras y resúmenes para hallar valores del IRI promedio, con los valores obtenidos del análisis establecemos cuadros comparativos para proponer la solución en la avenida los ángeles.

3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos consiste en obtener datos de calzada subida y bajada, de la Avenida los Ángeles para ello se utilizó los siguiente instrumentos:

3.4.1 Instrumentos

- Rugosímetro de MERLIN.
- Guías de observación y formatos de campo
- Cámara fotográfica.
- Vehículo
- Teléfono inteligente

3.5 PROCEDIMIENTOS

3.5.1 Procesamiento de datos con el Rugosímetro de Merlín

Para el procedimiento utilizando el rugosímetro de Merlín consiste en obtener datos de 200 lecturas en cada tramo de 400 metros, este proceso se debe realizar tanto para la calzada de subida como para la calzada de bajada; luego de la toma de datos se hace uso de la hoja electrónica Excel, para determinar el índice de rugosidad internacional (IRI). Finalmente con los valores IRI obtenido se debe realizar el análisis de los resultados, estableciendo para ello cuadros comparativos.

Se siguieron los siguientes pasos:

- a) Para realizar el procedimiento del ensayo se debe tener 4 personas de apoyo un operador del equipo, un auxiliar que anote las lecturas y dos ayudantes para el apoyo en la seguridad.

Figura 18

Operando el rugosímetro de Merlín



b) El primer paso es tener calibrado el rugosímetro de Merlín, para poder empezar a leer la primera lectura marcada.

Figura 19

Empiezo de toma de datos del rugosímetro de Merlín



c) Se debe tener en mano el formato de campo para anotar las lecturas

Figura 20

Poniendo la fecha de la toma de datos para el primer tramo



Figura 21

Formato del rugosímetro de Merlín

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCIÓN EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: 6					FECHA: 27-03-2022						
CALZADA: BAJADA					DATOS: LECTURAS EN CAMPO - MERLIN						
	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 AFIRMADA <input type="checkbox"/>
5											TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/>
7											CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
9											SELLO <input type="checkbox"/>
10											OTROS <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
OBSERVACIONES: _____											

- d) El ensayo comienza cuando el operador agarra el equipo del rugosímetro de Merlín por las manijas para poderlo elevar y desplazarlo para que la rueda de una vuelta completa (2m), luego se debe apoyar el equipo en el pavimento, para leer la lectura que marca en la posición que adopte el puntero entre las lecturas del 1 y 50, que en seguida se anota en el formato de campo; y así sucesivamente completar 200 lecturas en cada tramo de 400 metros.

Figura 22

Inicio de toma de datos para la calzada de subida



Figura 23

Datos del lecturas de los siguientes tramos



Figura 24

Inicio para la toma de datos, calzada de bajada



Figura 25

Siguiente tramo toma de datos, calzada de bajada



Figura 26

Observación de fallas graves en la toma de datos con el rugosímetro de Merlín para la calzada de bajada



Figura 27

Toma de datos del tramo final de la calzada de bajada



3.5.2 Procesamiento de datos con el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI

- a) primeramente, se debe tener instalado el aplicativo ABAKAL IRI en el teléfono inteligente.

Figura 28

Aplicación ABAKAL IRI instalada en el teléfono inteligente



b) luego se debe sujetar el teléfono inteligente en el parabrisas del vehículo, debe estar fija.

Figura 29

Ubicación del teléfono inteligente en el vehículo



c) Ingresar a la aplicación ABAKAL IRI , abrir y pulsar el icono INICIAR

Figura 30

Presionar el icono inicio



d) Dar la opción de conteo, el programa ira tomando datos cada 100 metros de longitud , por toda la Avenida los Angeles

Figura 31

Presionar el icono de conteo



e) Terminado el recorrido de estudio se debe pulsar la opción de PARAR y luego pulsar el botón DETENER.

Figura 32

Pulsar la opción parar



f) Luego se debe finalizar pulsando la opción GUARDAR para luego descargar el archivo

Figura 33

Pulsar la opción guardar



g) Ingresar al aplicativo ABAKAL IRI para proceder a descargar en la importación de resultados

Figura 34

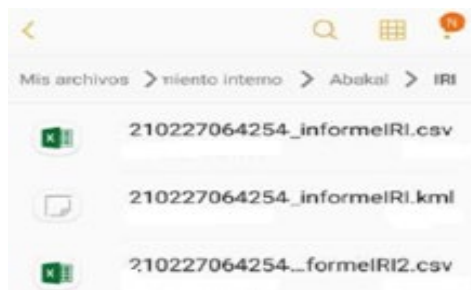
Ir al aplicativo ABAKAL IRI para descargar el archivo



h) Con la información de reportes obtenido del aplicativo ABAKAL IRI , se obtiene los valores IRI a cada 100 metros, luego se procesan los datos en la hoja electrónica Excel.

Figura 35

Archivos de ABAKAL IRI



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 CÁLCULO DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD UTILIZANDO RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

Los tramos fueron evaluados cada 400 m, con una medición continua de 200 lecturas cuyos datos se procesan en una hoja electrónica, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 4

Datos de campo, Calzada de subida – tramo 1

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>1</u>					FECHA: <u>27-03-2022</u>						
CALZADA: <u>SUBIDA</u>					DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	50	25	27	18	19	12	20	29	23	24	TIPO DE PAVIMENTO APIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	35	19	27	24	30	29	20	3	23	24	
3	22	19	20	18	20	21	12	1	20	25	
4	5	20	21	20	26	25	50	1	22	22	
5	30	30	6	20	25	23	24	10	24	17	
6	14	26	26	22	20	16	7	12	16	17	
7	1	31	24	20	19	24	21	17	21	24	
8	20	18	35	23	26	23	30	27	28	24	
9	16	30	29	25	16	18	23	23	22	26	
10	27	34	15	16	14	26	13	24	21	28	
11	27	35	18	19	19	21	23	30	29	29	
12	21	30	22	36	24	24	31	17	20	22	
13	40	18	13	20	9	24	25	14	8	24	
14	19	20	21	24	24	29	11	26	13	28	
15	27	11	19	22	22	14	26	32	17	32	
16	20	21	22	22	20	24	17	21	14	21	
17	28	16	23	20	22	20	27	14	28	24	
18	21	23	19	25	50	24	25	21	27	21	
19	26	25	27	30	27	11	28	24	16	24	
20	19	23	21	21	1	21	11	26	28	21	

Figura 36

Histograma de frecuencias, tramo 1

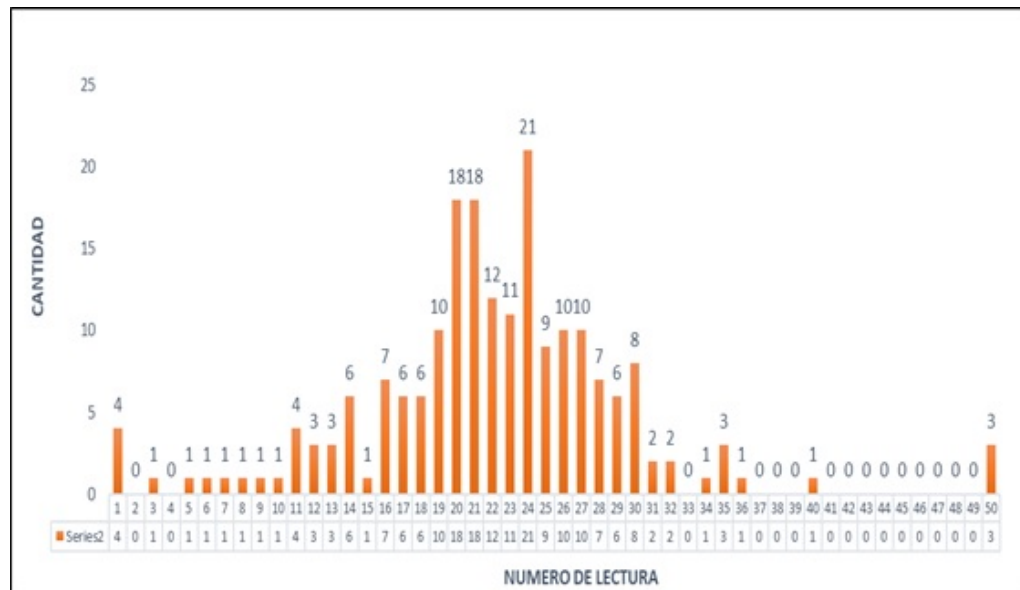


Tabla 6

Datos de campo, Calzada de subida – tramo 2

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELÉFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCIÓN EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>2</u>						FECHA: <u>27-03-2022</u>					
CALZADA: <u>SUBIDA</u>						DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	24	11	1	23	22	29	36	23	20	28	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	16	28	15	28	29	14	22	50	22	18	
3	29	31	18	45	21	28	24	23	22	16	
4	24	28	16	24	30	28	25	21	35	20	
5	33	21	22	32	22	24	6	31	18	24	
6	23	23	35	26	14	25	30	34	23	28	
7	21	16	17	22	20	26	29	18	14	29	
8	23	22	50	45	30	25	25	40	31	29	
9	24	26	19	20	20	19	26	44	14	30	
10	18	33	22	44	30	9	15	31	1	25	
11	21	26	18	24	29	34	19	18	22	25	
12	31	13	29	30	29	26	25	18	17	25	
13	31	12	50	30	39	23	23	34	26	50	
14	30	13	18	23	14	25	31	28	30	26	
15	32	31	20	25	23	23	27	27	30	20	
16	23	26	6	18	18	24	20	30	29	24	
17	13	27	20	24	26	23	22	22	24	37	
18	31	11	36	17	18	23	19	15	12	46	
19	40	19	10	23	30	31	25	50	16	24	
20	1	24	34	22	21	1	22	21	24	50	

Figura 37

Histograma de frecuencias, tramo 2

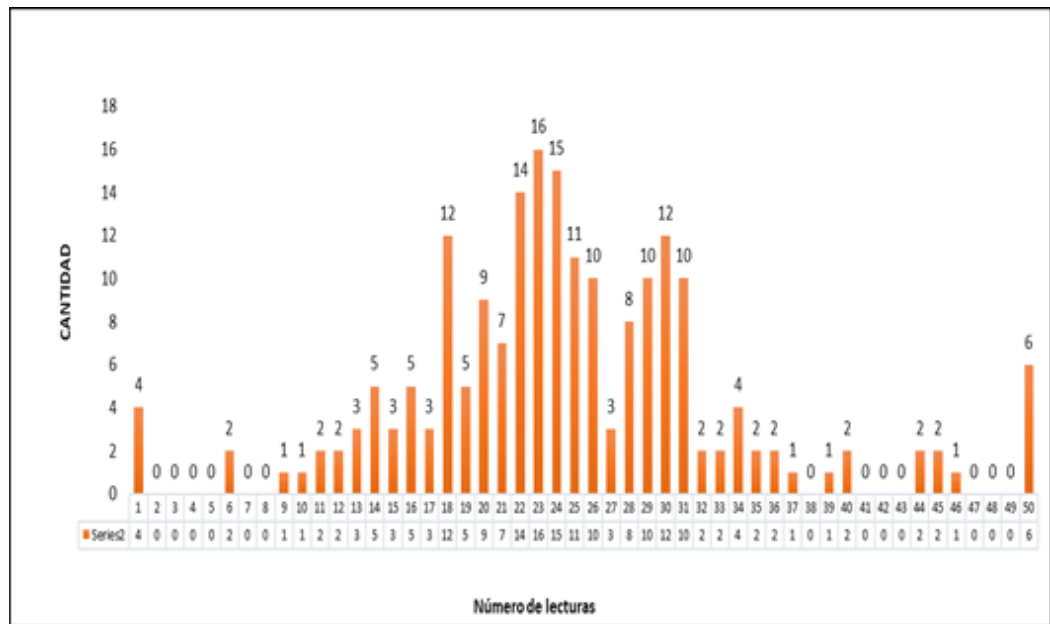


Tabla 7

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada de subida – tramo 2

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA A.V LOS ANGELES DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
CALZADA : SUBIDA TRAMO : 2 FECHA : 27/03/2022														Progresiva Inicial : 0+400 Progresiva Final : 0+800 Longitud : 400 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
LECTURAS CAMPO														LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr><td>24</td><td>11</td><td>1</td><td>23</td><td>22</td><td>29</td><td>36</td><td>23</td><td>20</td><td>26</td><td>21</td><td>26</td><td>18</td><td>24</td><td>29</td><td>34</td><td>19</td><td>18</td><td>22</td><td>25</td></tr> <tr><td>16</td><td>28</td><td>15</td><td>28</td><td>29</td><td>14</td><td>22</td><td>50</td><td>22</td><td>18</td><td>31</td><td>13</td><td>29</td><td>30</td><td>29</td><td>26</td><td>25</td><td>18</td><td>17</td><td>25</td></tr> <tr><td>29</td><td>31</td><td>18</td><td>45</td><td>21</td><td>28</td><td>24</td><td>23</td><td>22</td><td>16</td><td>31</td><td>12</td><td>50</td><td>30</td><td>39</td><td>23</td><td>23</td><td>34</td><td>26</td><td>50</td></tr> <tr><td>24</td><td>28</td><td>16</td><td>24</td><td>30</td><td>28</td><td>25</td><td>21</td><td>35</td><td>20</td><td>30</td><td>13</td><td>18</td><td>23</td><td>14</td><td>25</td><td>31</td><td>28</td><td>30</td><td>26</td></tr> <tr><td>33</td><td>21</td><td>22</td><td>32</td><td>22</td><td>24</td><td>6</td><td>31</td><td>18</td><td>24</td><td>32</td><td>31</td><td>20</td><td>25</td><td>23</td><td>23</td><td>27</td><td>27</td><td>30</td><td>20</td></tr> <tr><td>23</td><td>23</td><td>35</td><td>26</td><td>14</td><td>25</td><td>30</td><td>34</td><td>23</td><td>28</td><td>23</td><td>26</td><td>6</td><td>18</td><td>18</td><td>24</td><td>20</td><td>30</td><td>29</td><td>24</td></tr> <tr><td>21</td><td>16</td><td>17</td><td>22</td><td>20</td><td>26</td><td>29</td><td>18</td><td>14</td><td>29</td><td>13</td><td>27</td><td>20</td><td>24</td><td>26</td><td>23</td><td>22</td><td>22</td><td>24</td><td>37</td></tr> <tr><td>23</td><td>22</td><td>50</td><td>45</td><td>30</td><td>25</td><td>25</td><td>40</td><td>31</td><td>29</td><td>31</td><td>11</td><td>36</td><td>17</td><td>18</td><td>23</td><td>19</td><td>15</td><td>12</td><td>46</td></tr> <tr><td>24</td><td>26</td><td>19</td><td>20</td><td>20</td><td>19</td><td>26</td><td>44</td><td>14</td><td>30</td><td>40</td><td>19</td><td>10</td><td>23</td><td>30</td><td>31</td><td>25</td><td>50</td><td>16</td><td>24</td></tr> <tr><td>18</td><td>33</td><td>22</td><td>44</td><td>30</td><td>9</td><td>15</td><td>31</td><td>1</td><td>25</td><td>1</td><td>24</td><td>34</td><td>22</td><td>21</td><td>1</td><td>22</td><td>21</td><td>24</td><td>50</td></tr> </table>														24	11	1	23	22	29	36	23	20	26	21	26	18	24	29	34	19	18	22	25	16	28	15	28	29	14	22	50	22	18	31	13	29	30	29	26	25	18	17	25	29	31	18	45	21	28	24	23	22	16	31	12	50	30	39	23	23	34	26	50	24	28	16	24	30	28	25	21	35	20	30	13	18	23	14	25	31	28	30	26	33	21	22	32	22	24	6	31	18	24	32	31	20	25	23	23	27	27	30	20	23	23	35	26	14	25	30	34	23	28	23	26	6	18	18	24	20	30	29	24	21	16	17	22	20	26	29	18	14	29	13	27	20	24	26	23	22	22	24	37	23	22	50	45	30	25	25	40	31	29	31	11	36	17	18	23	19	15	12	46	24	26	19	20	20	19	26	44	14	30	40	19	10	23	30	31	25	50	16	24	18	33	22	44	30	9	15	31	1	25	1	24	34	22	21	1	22	21	24	50	<table border="1"> <tr><td>4</td><td>1</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>9</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>10</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>11</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>12</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>13</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>14</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>15</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>16</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>17</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>18</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>19</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>20</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>21</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>22</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>23</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>24</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>11</td><td>25</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>10</td><td>26</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>3</td><td>27</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>28</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>29</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>30</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>31</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>32</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>33</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>34</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>35</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>36</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>37</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>38</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>39</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>40</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>41</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>42</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>43</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>44</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>45</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>46</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>47</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>48</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>49</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>50</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>														4	1	X	X	X																0	2																			0	3																			0	4																			0	5																			2	6	X	X																	0	7																			0	8																			1	9	X																		1	10	X																		2	11	X	X																	2	12	X	X																	3	13	X	X	X																5	14	X	X	X	X															3	15	X	X	X																5	16	X	X	X	X															3	17	X	X	X																12	18	X	X	X	X	X	X	X	X	X										5	19	X	X	X	X															9	20	X	X	X	X	X	X	X	X											7	21	X	X	X	X	X														14	22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									16	23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					15	24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11	25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	27	X	X	X																8	28	X	X	X	X	X	X	X	X											10	29	X	X	X	X	X	X	X	X											12	30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									10	31	X	X	X	X	X	X	X	X	X										2	32	X	X																	2	33	X	X																	4	34	X	X	X	X															2	35	X	X																	2	36	X	X																	1	37	X																		0	38																			1	39	X																		2	40	X	X																	0	41																			0	42																			0	43																			2	44	X	X																	2	45	X	X																	1	46	X																		0	47																			0	48																			0	49																			6	50	X	X	X	X	X													
24	11	1	23	22	29	36	23	20	26	21	26	18	24	29	34	19	18	22	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
16	28	15	28	29	14	22	50	22	18	31	13	29	30	29	26	25	18	17	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
29	31	18	45	21	28	24	23	22	16	31	12	50	30	39	23	23	34	26	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
24	28	16	24	30	28	25	21	35	20	30	13	18	23	14	25	31	28	30	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
33	21	22	32	22	24	6	31	18	24	32	31	20	25	23	23	27	27	30	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
23	23	35	26	14	25	30	34	23	28	23	26	6	18	18	24	20	30	29	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
21	16	17	22	20	26	29	18	14	29	13	27	20	24	26	23	22	22	24	37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
23	22	50	45	30	25	25	40	31	29	31	11	36	17	18	23	19	15	12	46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
24	26	19	20	20	19	26	44	14	30	40	19	10	23	30	31	25	50	16	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
18	33	22	44	30	9	15	31	1	25	1	24	34	22	21	1	22	21	24	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4	1	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
0	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
2	6	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
0	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	9	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	10	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
2	11	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	12	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	13	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
5	14	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	15	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
5	16	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	17	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
12	18	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	19	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9	20	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
7	21	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
14	22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
16	23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
15	24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
11	25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
10	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	27	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
8	28	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
10	29	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
12	30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
10	31	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	32	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	33	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4	34	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2	35	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	36	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	37	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0	38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	39	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
2	40	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
0	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
2	44	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	45	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	46	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0	47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
6	50	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Se puede observar en la tabla 7 que entre la progresiva 0+400 al 0+800 para el tramo 2 de la calzada de subida, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 7,54 m/km.

Tabla 8

Datos de campo, Calzada de subida – tramo 3

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>3</u>						FECHA: <u>27-03-2022</u>					
CALZADA: <u>SUBIDA</u>						DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	23	19	23	7	13	31	26	13	20	26	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> X CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	14	19	21	19	24	13	22	21	27	23	
3	24	23	19	38	30	19	13	23	24	25	
4	22	20	23	33	28	23	24	31	29	28	
5	20	34	17	32	23	23	26	21	29	23	
6	32	24	30	22	23	26	22	28	18	22	
7	33	23	23	25	22	30	23	32	25	26	
8	30	23	30	28	21	26	23	23	25	25	
9	27	23	21	29	27	22	23	22	29	21	
10	22	23	23	21	26	27	25	22	21	22	
11	20	42	28	30	29	21	30	24	23	27	
12	19	16	28	30	26	23	24	21	20	11	
13	32	29	14	18	18	27	18	23	25	23	
14	24	27	22	20	22	23	20	24	24	26	
15	22	25	30	17	22	28	21	26	27	21	
16	23	3	20	24	27	22	22	25	18	25	
17	21	24	18	23	23	17	21	20	22	20	
18	38	22	27	21	23	22	30	22	18	22	
19	21	24	41	22	25	23	23	23	21	27	
20	25	27	50	27	30	24	19	24	24	24	

Figura 38

Histograma de frecuencias, tramo 3

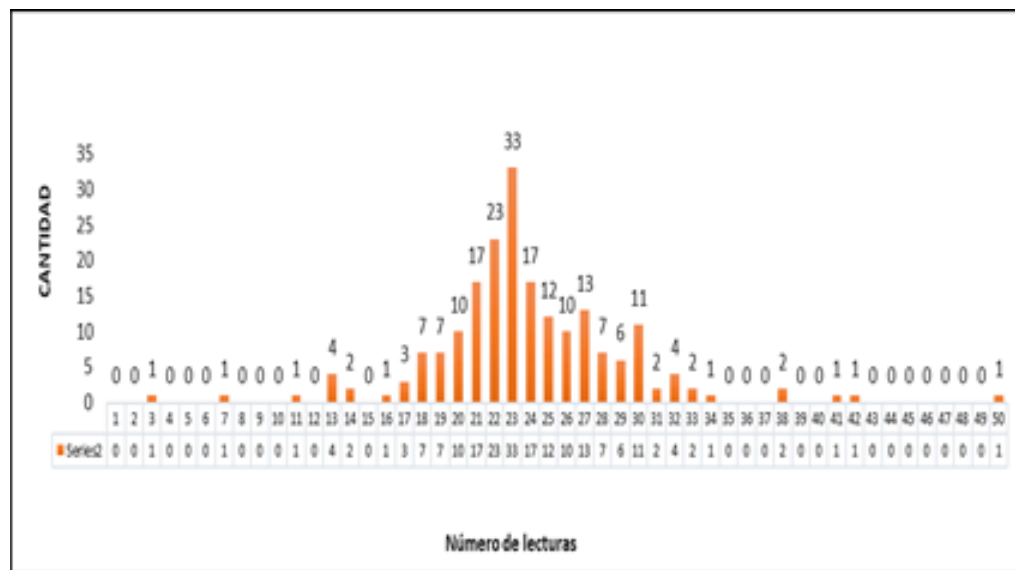


Tabla 10

Datos de campo, Calzada de subida – tramo 4

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

PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"

TRAMO: 4
CALZADA: SUBIDA

FECHA: 27-03-2022
DATOS: LECTURAS EN CAMPO - MERLIN

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	27	18	27	24	21	23	27	44	26	27	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	24	18	21	24	19	24	20	20	28	22	
3	31	22	31	24	25	24	21	29	22	19	
4	25	25	24	22	26	21	9	19	27	17	
5	20	36	30	23	24	29	27	17	25	22	
6	25	34	24	25	24	24	20	15	17	26	
7	24	15	20	24	27	29	21	18	23	12	
8	25	38	25	21	23	19	36	24	27	50	
9	22	13	27	28	20	25	24	39	22	7	
10	23	32	24	21	26	16	21	21	26	20	
11	23	24	26	26	20	22	30	22	27	23	
12	24	23	24	27	29	25	33	26	22	24	
13	21	20	23	18	24	21	26	24	24	20	
14	20	23	18	17	24	30	29	22	29	19	
15	25	28	26	21	27	26	26	18	19	28	
16	27	25	33	23	21	23	14	23	14	10	
17	25	23	25	19	25	26	6	18	30	21	
18	24	23	44	20	29	26	19	25	18	27	
19	27	27	13	19	28	16	22	17	17	27	
20	22	30	32	21	26	25	24	34	16	22	

Figura 39

Histograma de frecuencias, tramo 4

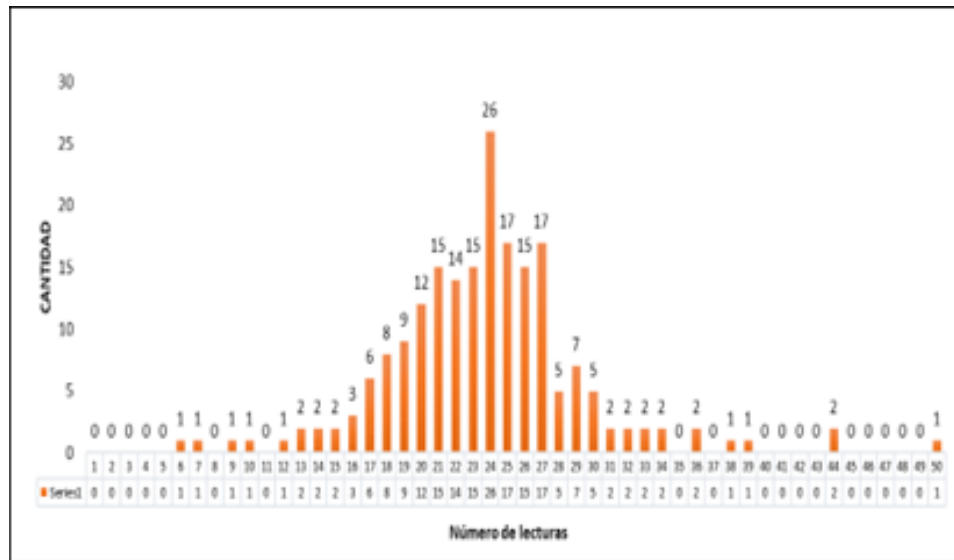


Tabla 11

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada de subida – tramo 4

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN																											
PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA A.V LOS ANGELES DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022																											
CALZADA : SUBIDA 4 TRAMO : 4 FECHA : 27/03/2022														Progresiva Inicial : 1+200 Progresiva Final : 1+600 Longitud : 400 m													
LECTURAS CAMPO 27 18 27 24 21 23 27 44 26 27 23 24 26 26 20 22 30 22 27 23 24 18 21 24 19 24 20 20 28 22 24 23 24 27 29 25 33 26 22 24 31 22 31 24 25 24 21 29 22 19 21 20 23 18 24 21 26 24 24 20 25 25 24 22 26 21 9 19 27 17 20 23 18 17 24 30 29 22 29 19 20 36 30 23 24 29 27 17 25 22 25 28 26 21 27 26 26 18 19 28 25 34 24 25 24 24 20 15 17 26 27 25 33 23 21 23 14 23 14 10 24 15 20 24 27 29 21 18 23 12 25 23 25 19 25 26 6 18 30 21 25 38 25 21 23 19 36 24 27 50 24 23 44 20 29 26 19 25 18 27 22 13 27 28 20 25 24 39 22 7 27 27 13 19 28 16 22 17 17 27 23 32 24 21 26 16 21 21 26 20 22 30 32 21 26 25 24 34 16 22														LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 1 6 X 1 7 X 0 8 1 9 X 1 10 X 0 11 1 12 X 2 13 X X 2 14 X X 2 15 X X 3 16 X X X 4 17 X X X X X 8 18 X X X X X X X 9 19 X X X X X X X X 12 20 X X X X X X X X X X 15 21 X X X X X X X X X X X X X 14 22 X X X X X X X X X X X X 15 23 X X X X X X X X X X X X X 26 24 X 17 25 X X X X X X X X X X X X X X X X 15 26 X X X X X X X X X X X X X X X X 17 27 X X X X X X X X X X X X X X X X 3 28 X X X X X 7 29 X X X X X X X 5 30 X X X X X 2 31 X X 2 32 X X 2 33 X X 2 34 X X 0 35 2 36 X X 0 37 1 38 X 1 39 X 0 40 0 41 0 42 0 43 2 44 X X 0 45 0 46 0 47 0 48 0 49 1 50 X													
FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 1.000																											
CALCULO DE "D" $D = (CI + CE + CD) \times 5$ <small>DESCARTANDO 10 VALORES CADACOLA DEL HS TOGRAMA HS TOGRAMA/ CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA</small>																											
CALCULO DE "R" (IRI) $R = 0.593 + 0.0471 \times D$ (D > 40) $R = 0.0485 \times D$ (D < 40)																											
DESCRIPCIONES		COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)																							
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS		2	-	2																							
LECTURAS CONSIDERADAS		1	-	1																							
FRACCIONES RESULTANTES		0.500	17	0.500																							
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)		18.00																									
D		90.00																									
R (m/km)		4.83																									
OBSERVACIONES																											

Se puede observar en la tabla 11 que entre la progresiva 1+200 al 1+600 para el tramo 4 de la calzada de subida, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 4,83 m/km.

Tabla 12

Datos de campo, Calzada de subida – tramo 5

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>5</u>					FECHA: <u>27-03-2022</u>						
CALZADA: <u>SUBIDA</u>					DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	31	24	26	26	30	26	25	24	27	23	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	28	23	24	23	17	25	24	12	23	24	
3	24	25	22	22	23	29	23	25	25	27	
4	34	23	28	23	19	25	25	26	27	26	
5	21	23	23	23	29	23	26	25	18	25	
6	24	26	23	13	24	19	41	25	24	26	
7	21	24	23	25	23	17	23	25	22	24	
8	23	20	28	20	22	20	26	29	20	23	
9	24	23	24	30	21	24	24	18	19	21	
10	23	28	31	25	25	19	17	25	17	23	
11	28	26	13	26	19	20	27	25	22	26	
12	21	26	25	25	47	22	27	21	18	24	
13	27	22	32	28	26	23	28	21	27	21	
14	22	21	20	24	29	31	24	25	24	22	
15	25	27	26	24	21	29	27	24	19	29	
16	24	25	23	21	17	28	24	28	26	28	
17	28	24	25	20	21	27	28	26	17	17	
18	22	22	22	32	31	26	30	24	21	23	
19	26	23	24	39	22	27	26	29	24	31	
20	28	23	23	23	26	27	28	26	24	31	

Figura 40

Histograma de frecuencias, tramo 5

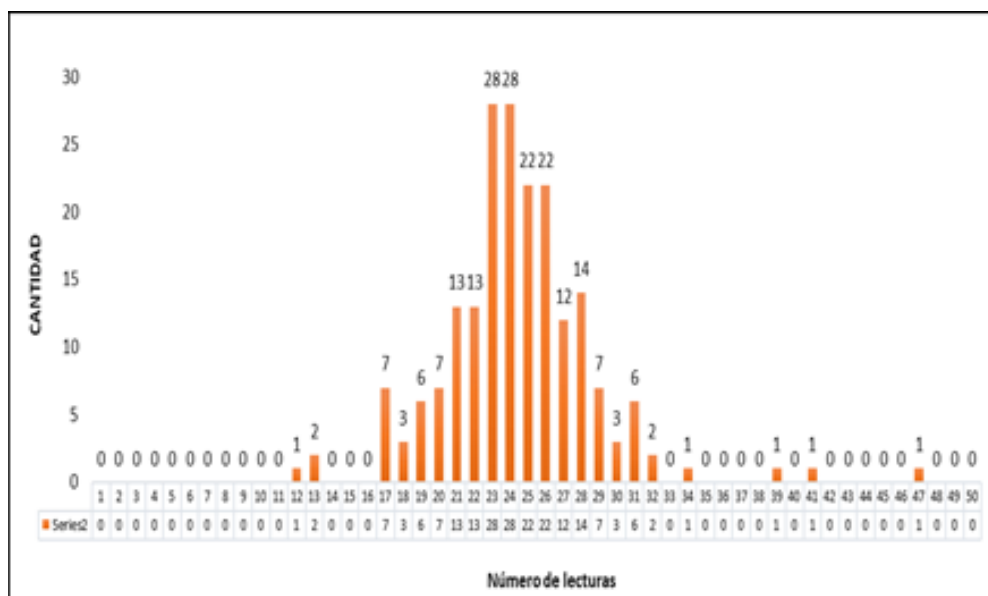


Tabla 14

Datos de campo, Calzada de subida – tramo 6

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: 6					FECHA: 27-03-2022						
CALZADA: SUBIDA					DATOS: LECTURAS EN CAMPO - MERLIN						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	7	22	28	26	24	22	28	21	25	24	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	1	25	23	21	26	26	24	21	22	20	
3	1	28	26	24	21	27	23	22	23	24	
4	28	20	27	23	31	23	27	24	22	20	
5	29	21	20	27	31	21	27	22	23	23	
6	25	23	30	25	8	21	27	23	18	23	
7	25	17	22	26	18	25	23	16	23	20	
8	32	28	22	26	24	21	21	22	24	12	
9	17	21	27	25	24	22	23	25	24	27	
10	23	22	28	26	29	23	23	22	19	20	
11	11	24	28	26	24	21	22	22	21	16	
12	27	22	26	20	33	18	22	26	18	25	
13	36	23	27	25	15	18	24	24	26	16	
14	50	26	27	18	21	23	22	20	23	24	
15	19	21	18	24	23	27	20	26	16	23	
16	1	22	24	21	26	24	20	25	23	25	
17	1	22	21	28	21	26	27	18	25	23	
18	29	19	22	22	22	24	24	19	21	25	
19	25	22	27	26	24	28	25	22	28	24	
20	17	26	21	30	27	26	26	28	28	22	

Figura 41

Histograma de frecuencias, tramo 6

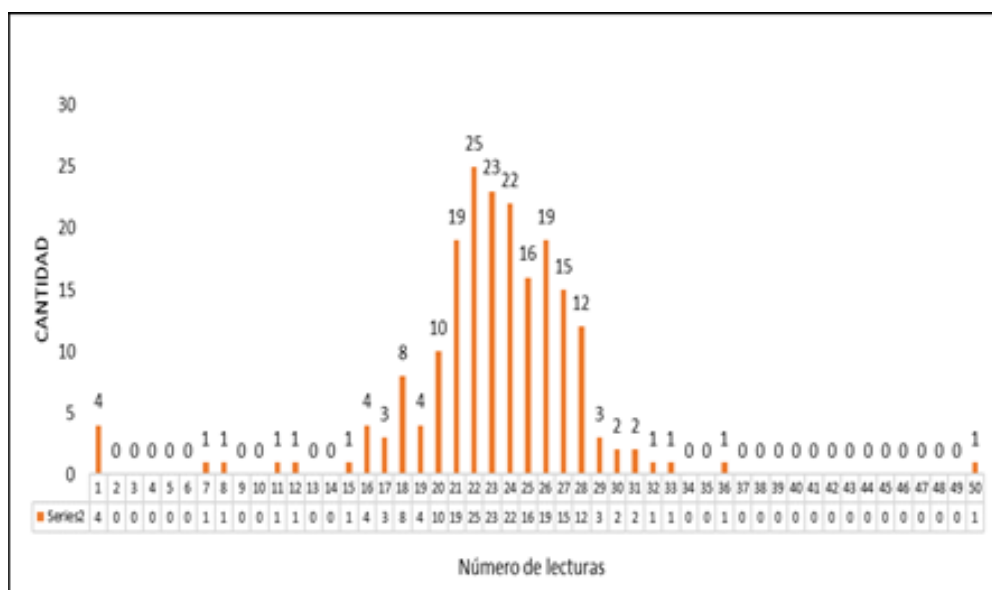


Tabla 15

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada de subida – tramo 6

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA A.V LOS ANGELES DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
CALZADA : SUBIDA 6														Progresiva Inicial : 2+000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
TRAMO : 6														Progresiva Final : 2+400																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
FECHA : 27/03/2022														Longitud : 400 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
LECTURAS CAMPO														LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr><td>7</td><td>22</td><td>28</td><td>26</td><td>24</td><td>22</td><td>28</td><td>21</td><td>25</td><td>24</td><td>11</td><td>24</td><td>28</td><td>26</td><td>24</td><td>21</td><td>22</td><td>22</td><td>21</td><td>16</td></tr> <tr><td>1</td><td>25</td><td>23</td><td>21</td><td>26</td><td>26</td><td>24</td><td>21</td><td>22</td><td>20</td><td>27</td><td>22</td><td>26</td><td>20</td><td>33</td><td>18</td><td>22</td><td>26</td><td>18</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>28</td><td>26</td><td>24</td><td>21</td><td>27</td><td>23</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>36</td><td>23</td><td>27</td><td>25</td><td>15</td><td>18</td><td>24</td><td>24</td><td>26</td><td>16</td></tr> <tr><td>28</td><td>20</td><td>27</td><td>23</td><td>31</td><td>23</td><td>27</td><td>24</td><td>22</td><td>30</td><td>50</td><td>26</td><td>27</td><td>18</td><td>21</td><td>23</td><td>22</td><td>20</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>29</td><td>21</td><td>20</td><td>27</td><td>31</td><td>21</td><td>27</td><td>22</td><td>23</td><td>23</td><td>19</td><td>21</td><td>18</td><td>24</td><td>23</td><td>27</td><td>20</td><td>26</td><td>16</td><td>23</td></tr> <tr><td>25</td><td>23</td><td>30</td><td>25</td><td>8</td><td>21</td><td>27</td><td>23</td><td>18</td><td>23</td><td>1</td><td>22</td><td>24</td><td>21</td><td>26</td><td>24</td><td>20</td><td>25</td><td>23</td><td>25</td></tr> <tr><td>25</td><td>17</td><td>22</td><td>26</td><td>18</td><td>25</td><td>23</td><td>16</td><td>23</td><td>20</td><td>1</td><td>22</td><td>21</td><td>28</td><td>21</td><td>26</td><td>27</td><td>18</td><td>25</td><td>23</td></tr> <tr><td>32</td><td>28</td><td>22</td><td>26</td><td>24</td><td>21</td><td>21</td><td>22</td><td>24</td><td>12</td><td>29</td><td>19</td><td>22</td><td>22</td><td>22</td><td>24</td><td>24</td><td>19</td><td>21</td><td>25</td></tr> <tr><td>17</td><td>21</td><td>27</td><td>25</td><td>24</td><td>22</td><td>23</td><td>25</td><td>24</td><td>27</td><td>25</td><td>22</td><td>27</td><td>26</td><td>24</td><td>28</td><td>25</td><td>22</td><td>28</td><td>24</td></tr> <tr><td>23</td><td>22</td><td>28</td><td>26</td><td>29</td><td>23</td><td>23</td><td>22</td><td>19</td><td>20</td><td>17</td><td>26</td><td>21</td><td>30</td><td>27</td><td>26</td><td>26</td><td>28</td><td>28</td><td>22</td></tr> </table>														7	22	28	26	24	22	28	21	25	24	11	24	28	26	24	21	22	22	21	16	1	25	23	21	26	26	24	21	22	20	27	22	26	20	33	18	22	26	18	25	1	28	26	24	21	27	23	22	23	24	36	23	27	25	15	18	24	24	26	16	28	20	27	23	31	23	27	24	22	30	50	26	27	18	21	23	22	20	23	24	29	21	20	27	31	21	27	22	23	23	19	21	18	24	23	27	20	26	16	23	25	23	30	25	8	21	27	23	18	23	1	22	24	21	26	24	20	25	23	25	25	17	22	26	18	25	23	16	23	20	1	22	21	28	21	26	27	18	25	23	32	28	22	26	24	21	21	22	24	12	29	19	22	22	22	24	24	19	21	25	17	21	27	25	24	22	23	25	24	27	25	22	27	26	24	28	25	22	28	24	23	22	28	26	29	23	23	22	19	20	17	26	21	30	27	26	26	28	28	22	<table border="1"> <tr><td>4</td><td>1</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>7</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>8</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>11</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>12</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>15</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>16</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>17</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>18</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>19</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>20</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>19</td><td>21</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>25</td><td>22</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>23</td><td>23</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>22</td><td>24</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>18</td><td>25</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>18</td><td>26</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>35</td><td>27</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>12</td><td>28</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td>3</td><td>29</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>30</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>31</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>33</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>34</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>35</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>36</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>37</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>38</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>39</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>41</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>42</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>43</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>44</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>45</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>46</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>47</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>48</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>49</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>50</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>														4	1	X	X	X	X															9	2																			0	3																			0	4																			0	5																			0	6																			1	7	X																		1	8	X																		0	9																			0	10																			1	11	X																		1	12	X																		0	13																			0	14																			1	15	X																		4	16	X	X	X	X															3	17	X	X	X																8	18	X	X	X	X	X	X	X												4	19	X	X	X	X															20	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19	21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25	22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	23	23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	22	24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18	25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	35	27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	29	X	X	X																2	30	X	X																	2	31	X	X																	1	32	X																		1	33	X																		0	34																			0	35																			1	36	X																		0	37																			0	38																			0	39																			0	40																			0	41																			0	42																			0	43																			0	44																			0	45																			0	46																			0	47																			0	48																			0	49																			1	50	X																	
7	22	28	26	24	22	28	21	25	24	11	24	28	26	24	21	22	22	21	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	25	23	21	26	26	24	21	22	20	27	22	26	20	33	18	22	26	18	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	28	26	24	21	27	23	22	23	24	36	23	27	25	15	18	24	24	26	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
28	20	27	23	31	23	27	24	22	30	50	26	27	18	21	23	22	20	23	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
29	21	20	27	31	21	27	22	23	23	19	21	18	24	23	27	20	26	16	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
25	23	30	25	8	21	27	23	18	23	1	22	24	21	26	24	20	25	23	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
25	17	22	26	18	25	23	16	23	20	1	22	21	28	21	26	27	18	25	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
32	28	22	26	24	21	21	22	24	12	29	19	22	22	22	24	24	19	21	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
17	21	27	25	24	22	23	25	24	27	25	22	27	26	24	28	25	22	28	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
23	22	28	26	29	23	23	22	19	20	17	26	21	30	27	26	26	28	28	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4	1	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	7	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	8	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	11	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	12	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	15	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
4	16	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	17	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
8	18	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
4	19	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
20	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
19	21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
25	22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
23	23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
22	24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
18	25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
18	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
35	27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
12	28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	29	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2	30	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	31	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	32	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	33	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0	34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	36	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0	37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0	49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	50	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<p>FACTOR DE CORRECCIÓN</p> <p>F.C. = 1.000</p>														<p>HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<p>CALCULO DE "D"</p> <p>$D = (CI + CE + CD) \times 5$</p> <p>DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HE TOGRAMA</p> <p>HE TOGRAMA: CI= COLA IZQUIERDA CE= CENTRO CD= COLA DERECHA</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<p>CALCULO DE "R" (IRI)</p> <table border="1"> <tr> <th>D > 40</th> <th>D < 40</th> </tr> <tr> <td>$R = 0.593 + 0.0471 \times D$</td> <td>$R = 0.0485 \times D$</td> </tr> </table>														D > 40	D < 40	$R = 0.593 + 0.0471 \times D$	$R = 0.0485 \times D$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
D > 40	D < 40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
$R = 0.593 + 0.0471 \times D$	$R = 0.0485 \times D$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIONES</th> <th>COLA IZQUIERDA (CI)</th> <th>CENTRO (CE)</th> <th>COLA DERECHA (CD)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TOTALES COLUMNAS EXTREMAS</td> <td>4</td> <td>-</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>LECTURAS CONSIDERADAS</td> <td>3</td> <td>-</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>FRACCIONES RESULTANTES</td> <td>0.750</td> <td>12</td> <td>0.333</td> </tr> <tr> <td>SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)</td> <td colspan="3">13.08</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td colspan="3">65.42</td> </tr> <tr> <td>R (m/km)</td> <td colspan="3">3.67</td> </tr> </tbody> </table>				DESCRIPCIONES	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)	TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	4	-	3	LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	1	FRACCIONES RESULTANTES	0.750	12	0.333	SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	13.08			D	65.42			R (m/km)	3.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
DESCRIPCIONES	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	4	-	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
FRACCIONES RESULTANTES	0.750	12	0.333																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	13.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
D	65.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
R (m/km)	3.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<p>OBSERVACIONES</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Se puede observar en la tabla 15 que entre la progresiva 2+000 al 2+400 para el tramo 6 de la calzada de subida, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 3,67 m/km.

Tabla 16

Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 1

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>1</u>					FECHA: <u>27-03-2022</u>						
CALZADA: <u>BAJADA</u>					DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	28	25	25	21	18	23	29	17	23	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> X CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	22	27	23	18	20	50	22	26	24	33	
3	22	26	29	24	24	13	24	29	27	25	
4	26	25	25	24	27	25	20	30	19	23	
5	32	26	23	29	24	26	30	32	30	21	
6	20	25	24	25	23	31	28	27	20	24	
7	26	24	22	30	25	23	20	26	34	22	
8	25	21	25	24	26	30	38	24	26	24	
9	24	35	26	25	26	21	28	34	19	22	
10	20	41	21	25	23	30	24	26	29	25	
11	22	31	18	23	26	19	20	26	24	31	
12	28	28	26	26	28	20	27	25	24	25	
13	30	25	28	21	27	22	25	20	12	27	
14	26	20	20	31	22	27	21	18	23	27	
15	20	50	20	23	26	24	29	21	27	28	
16	26	46	22	28	25	21	22	22	26	28	
17	28	32	24	17	23	23	17	16	22	26	
18	25	11	24	21	22	24	18	17	24	31	
19	23	24	21	26	25	24	23	24	31	26	
20	25	24	25	25	22	19	24	25	24	37	

Figura 42

Histograma de frecuencias, tramo 1

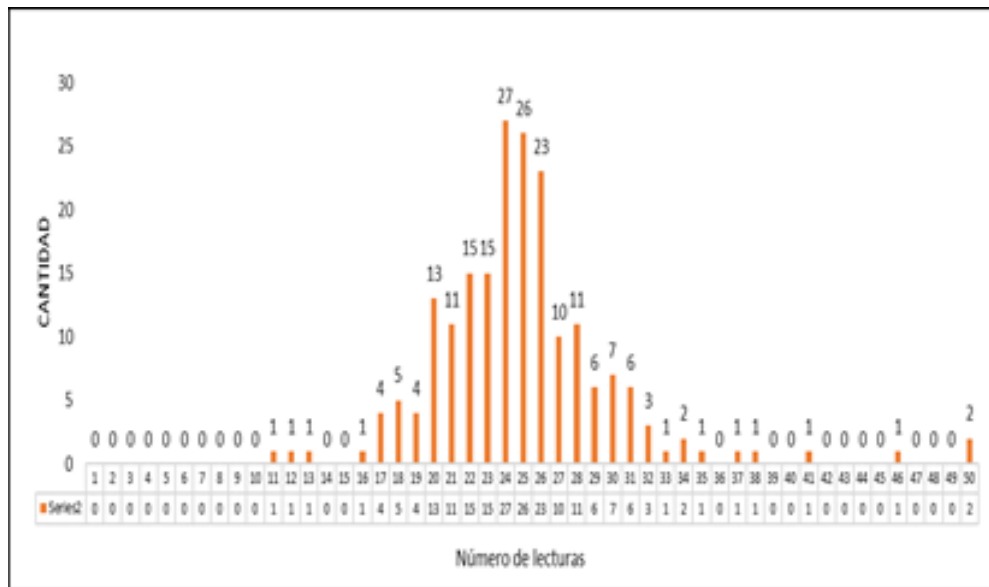


Tabla 17

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada de bajada – tramo 1

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN																														
PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA A.V LOS ANGELES DISTRITO DE POCOLLAY, TAGNA-2022																														
CALZADA : BAJADA TRAMO : 1 FECHA : 27/03/2022															Progresiva Inicial : 0+000 Progresiva Final : 0+400 Longitud : 400 m															
LECTURAS CAMPO															LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN															
25	28	25	25	21	18	23	29	17	23	22	31	18	23	26	19	20	26	24	31	HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9 0 10 1 11 X 1 12 X 1 13 X 0 14 0 15 1 16 X 4 17 XXXX 5 18 XXXXX 4 19 XXXX 13 20 XXXXXXXXXXXXXXXX 11 21 XXXXXXXXXXXXXXXX 15 22 XXXXXXXXXXXXXXXX 15 23 XXXXXXXXXXXXXXXX 27 24 XXXXXXXXXXXXXXXX 26 25 XXXXXXXXXXXXXXXX 23 26 XXXXXXXXXXXXXXXX 10 27 XXXXXXXXXX 11 28 XXXXXXXXXXXXXXXX 6 29 XXXXXX 7 30 XXXXXXXX 6 31 XXXXXX 3 32 XXX 1 33 X 2 34 XX 1 35 X 0 36 1 37 X 1 38 X 0 39 0 40 1 41 X 0 42 0 43 0 44 0 45 1 46 X 0 47 0 48 0 49 2 50 XX										
22	27	23	18	20	50	22	26	24	33	28	28	26	26	28	20	27	25	24	25											
22	26	29	24	24	13	24	29	27	25	30	25	28	21	27	22	25	20	12	27											
26	25	24	27	25	20	30	19	23	26	20	20	31	22	27	21	18	23	27												
32	26	23	29	24	26	30	32	30	21	20	50	20	23	26	24	29	21	27	28											
20	25	24	25	23	31	28	27	20	24	26	46	22	28	25	21	22	22	26	28											
26	24	22	30	25	23	20	26	34	22	28	32	24	17	23	23	17	16	22	26											
25	21	25	24	26	30	38	24	26	24	25	11	24	21	22	24	18	17	24	31											
24	35	26	25	26	21	28	34	19	22	23	24	21	26	25	24	23	24	31	26											
20	41	21	25	23	30	24	26	29	25	25	24	25	25	22	19	24	25	24	37											
FACTOR DE CORRECCIÓN																														
F.C. = 1.000																														
CÁLCULO DE "D"																														
$D = (CI + CE + CD) \times 5$ <small>DES CARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA</small> <small>HISTOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA</small>																														
CÁLCULO DE "R" (IRI)																														
D > 40															D < 40															
R = 0.593 + 0.0471 x D															R = 0.0485 x D															
DESCRIPCIONES	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)																											
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	5	-	1																											
LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	1																											
FRACCIONES RESULTANTES	0.600	14	1.000																											
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	15.60																													
D	78.00																													
R (m/km)	4.27																													
OBSERVACIONES																														

Se puede observar en la tabla 17 que entre la progresiva 0+000 al 0+400 para el tramo 1 de la calzada de bajada, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 4,27 m/km.

Tabla 18

Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 2

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>2</u>					FECHA: <u>27-03-2022</u>						
CALZADA: <u>BAJADA</u>					DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	17	23	22	21	20	48	23	49	26	23	TIPO DE PAVIMENTO
2	23	22	22	29	30	50	30	26	28	24	
3	30	20	19	23	21	25	23	40	25	24	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	17	50	15	28	24	21	23	26	22	26	
5	26	22	26	22	29	21	29	21	24	22	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	32	26	24	23	23	24	25	28	17	25	
7	21	26	50	22	25	50	24	21	29	20	BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/>
8	33	28	37	26	28	19	24	29	26	25	
9	26	24	32	27	27	25	24	25	29	50	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	27	30	20	23	24	22	25	23	23	29	
11	27	20	29	26	23	24	23	23	3	43	CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/>
12	24	23	50	24	22	26	25	25	40	22	
13	29	25	45	23	44	21	23	24	28	32	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	23	22	26	50	26	25	27	27	14	20	
15	15	30	24	26	25	22	31	24	24	34	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	14	21	29	28	28	26	24	26	19	47	
17	27	18	28	26	29	21	25	23	28	47	SELLO <input type="checkbox"/>
18	26	23	28	26	23	1	16	25	22	20	
19	24	24	23	30	34	25	28	25	24	27	OTROS <input type="checkbox"/>
20	24	31	26	26	9	23	25	23	17	18	

Figura 43

Histograma de frecuencias, tramo 2

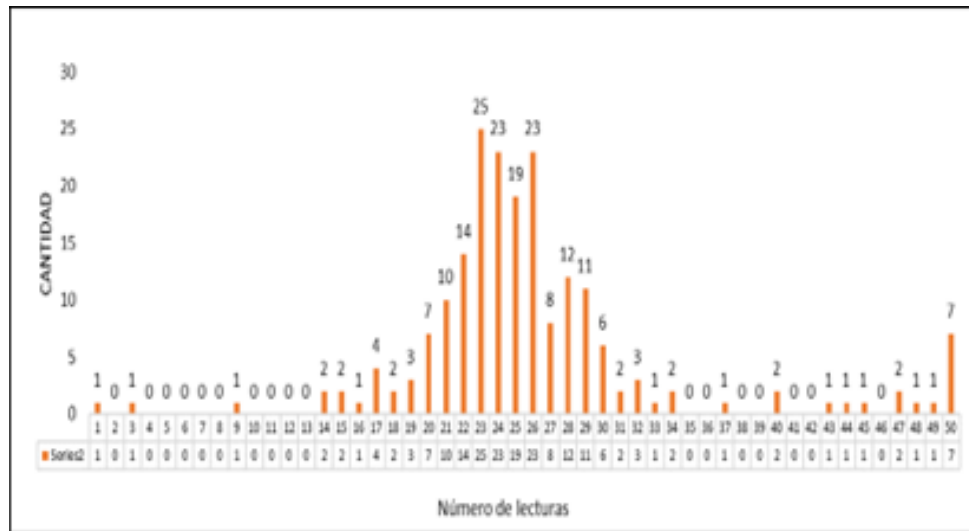


Tabla 19

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada de bajada – tramo 2

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA A.V LOS ANGELES DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
CALZADA : BAJADA																				Progresiva Inicial : 0+400																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
TRAMO : 2																				Progresiva Final : 0+800																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
FECHA : 27/03/2022																				Longitud : 400 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
LECTURAS CAMPO																				LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1"> <tr><td>17</td><td>23</td><td>22</td><td>21</td><td>20</td><td>48</td><td>23</td><td>49</td><td>26</td><td>23</td><td>27</td><td>20</td><td>29</td><td>26</td><td>23</td><td>24</td><td>23</td><td>23</td><td>3</td><td>43</td></tr> <tr><td>23</td><td>22</td><td>22</td><td>29</td><td>30</td><td>50</td><td>30</td><td>26</td><td>28</td><td>24</td><td>24</td><td>23</td><td>50</td><td>24</td><td>22</td><td>26</td><td>25</td><td>25</td><td>40</td><td>22</td></tr> <tr><td>30</td><td>20</td><td>19</td><td>23</td><td>21</td><td>25</td><td>23</td><td>40</td><td>25</td><td>24</td><td>29</td><td>25</td><td>45</td><td>23</td><td>44</td><td>21</td><td>23</td><td>24</td><td>28</td><td>32</td></tr> <tr><td>17</td><td>50</td><td>15</td><td>28</td><td>24</td><td>21</td><td>23</td><td>26</td><td>22</td><td>26</td><td>23</td><td>22</td><td>26</td><td>50</td><td>26</td><td>25</td><td>27</td><td>27</td><td>14</td><td>20</td></tr> <tr><td>26</td><td>22</td><td>26</td><td>22</td><td>29</td><td>21</td><td>29</td><td>21</td><td>24</td><td>22</td><td>15</td><td>30</td><td>24</td><td>26</td><td>25</td><td>22</td><td>31</td><td>24</td><td>24</td><td>34</td></tr> <tr><td>32</td><td>26</td><td>24</td><td>23</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>28</td><td>17</td><td>25</td><td>14</td><td>21</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>26</td><td>24</td><td>26</td><td>19</td><td>47</td></tr> <tr><td>21</td><td>26</td><td>50</td><td>22</td><td>25</td><td>50</td><td>24</td><td>21</td><td>29</td><td>20</td><td>27</td><td>18</td><td>28</td><td>26</td><td>29</td><td>21</td><td>25</td><td>23</td><td>28</td><td>47</td></tr> <tr><td>33</td><td>28</td><td>37</td><td>26</td><td>28</td><td>19</td><td>24</td><td>29</td><td>26</td><td>25</td><td>26</td><td>23</td><td>28</td><td>26</td><td>23</td><td>1</td><td>16</td><td>25</td><td>22</td><td>20</td></tr> <tr><td>26</td><td>24</td><td>32</td><td>27</td><td>27</td><td>25</td><td>24</td><td>25</td><td>29</td><td>50</td><td>24</td><td>24</td><td>23</td><td>30</td><td>34</td><td>25</td><td>28</td><td>25</td><td>24</td><td>27</td></tr> <tr><td>27</td><td>30</td><td>20</td><td>23</td><td>24</td><td>22</td><td>25</td><td>23</td><td>23</td><td>29</td><td>24</td><td>31</td><td>26</td><td>26</td><td>9</td><td>23</td><td>25</td><td>23</td><td>17</td><td>18</td></tr> </table>																				17	23	22	21	20	48	23	49	26	23	27	20	29	26	23	24	23	23	3	43	23	22	22	29	30	50	30	26	28	24	24	23	50	24	22	26	25	25	40	22	30	20	19	23	21	25	23	40	25	24	29	25	45	23	44	21	23	24	28	32	17	50	15	28	24	21	23	26	22	26	23	22	26	50	26	25	27	27	14	20	26	22	26	22	29	21	29	21	24	22	15	30	24	26	25	22	31	24	24	34	32	26	24	23	23	24	25	28	17	25	14	21	29	28	28	26	24	26	19	47	21	26	50	22	25	50	24	21	29	20	27	18	28	26	29	21	25	23	28	47	33	28	37	26	28	19	24	29	26	25	26	23	28	26	23	1	16	25	22	20	26	24	32	27	27	25	24	25	29	50	24	24	23	30	34	25	28	25	24	27	27	30	20	23	24	22	25	23	23	29	24	31	26	26	9	23	25	23	17	18	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGRESIVA</th> <th>LECTURAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>X</td></tr> <tr><td>0</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>X</td></tr> <tr><td>0</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>9</td><td>X</td></tr> <tr><td>0</td><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>11</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>14</td><td>XX</td></tr> <tr><td>2</td><td>15</td><td>XX</td></tr> <tr><td>1</td><td>16</td><td>X</td></tr> <tr><td>4</td><td>17</td><td>XXXX</td></tr> <tr><td>2</td><td>18</td><td>XX</td></tr> <tr><td>3</td><td>19</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>7</td><td>20</td><td>XXXXXXXX</td></tr> <tr><td>10</td><td>21</td><td>XXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>14</td><td>22</td><td>XXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>21</td><td>23</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>19</td><td>25</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>23</td><td>26</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>8</td><td>27</td><td>XXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>12</td><td>28</td><td>XXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>11</td><td>29</td><td>XXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>4</td><td>30</td><td>XXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>2</td><td>31</td><td>XX</td></tr> <tr><td>3</td><td>32</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>1</td><td>33</td><td>X</td></tr> <tr><td>2</td><td>34</td><td>XX</td></tr> <tr><td>0</td><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>36</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>37</td><td>X</td></tr> <tr><td>0</td><td>38</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>39</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>40</td><td>XX</td></tr> <tr><td>0</td><td>41</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>42</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>43</td><td>X</td></tr> <tr><td>1</td><td>44</td><td>X</td></tr> <tr><td>1</td><td>45</td><td>X</td></tr> <tr><td>0</td><td>46</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>47</td><td>XX</td></tr> <tr><td>1</td><td>48</td><td>X</td></tr> <tr><td>1</td><td>49</td><td>X</td></tr> <tr><td>7</td><td>50</td><td>XXXXXXXX</td></tr> </tbody> </table>																				PROGRESIVA	LECTURAS	1	1	X	0	2		1	3	X	0	4		0	5		0	6		0	7		0	8		1	9	X	0	10		0	11		0	12		0	13		2	14	XX	2	15	XX	1	16	X	4	17	XXXX	2	18	XX	3	19	XXX	7	20	XXXXXXXX	10	21	XXXXXXXXXX	14	22	XXXXXXXXXXXX	21	23	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	23	24	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	19	25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	23	26	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	8	27	XXXXXXXXXX	12	28	XXXXXXXXXXXX	11	29	XXXXXXXXXXXX	4	30	XXXXXXXXXX	2	31	XX	3	32	XXX	1	33	X	2	34	XX	0	35		0	36		1	37	X	0	38		0	39		2	40	XX	0	41		0	42		1	43	X	1	44	X	1	45	X	0	46		2	47	XX	1	48	X	1	49	X	7	50	XXXXXXXX
17	23	22	21	20	48	23	49	26	23	27	20	29	26	23	24	23	23	3	43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
23	22	22	29	30	50	30	26	28	24	24	23	50	24	22	26	25	25	40	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	20	19	23	21	25	23	40	25	24	29	25	45	23	44	21	23	24	28	32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
17	50	15	28	24	21	23	26	22	26	23	22	26	50	26	25	27	27	14	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
26	22	26	22	29	21	29	21	24	22	15	30	24	26	25	22	31	24	24	34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
32	26	24	23	23	24	25	28	17	25	14	21	29	28	28	26	24	26	19	47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
21	26	50	22	25	50	24	21	29	20	27	18	28	26	29	21	25	23	28	47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
33	28	37	26	28	19	24	29	26	25	26	23	28	26	23	1	16	25	22	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
26	24	32	27	27	25	24	25	29	50	24	24	23	30	34	25	28	25	24	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
27	30	20	23	24	22	25	23	23	29	24	31	26	26	9	23	25	23	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
PROGRESIVA	LECTURAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	1	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	3	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	9	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2	14	XX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2	15	XX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	16	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
4	17	XXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2	18	XX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3	19	XXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
7	20	XXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
10	21	XXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
14	22	XXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
21	23	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
23	24	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
19	25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
23	26	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
8	27	XXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
12	28	XXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
11	29	XXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
4	30	XXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2	31	XX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3	32	XXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	33	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2	34	XX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	37	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2	40	XX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	43	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	44	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	45	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2	47	XX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	48	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	49	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
7	50	XXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
FACTOR DE CORRECCION																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
F.C. = 1.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
CALCULO DE "D"																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
$D = (CI + CE + CD) \times 5$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
DES CARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HS TOGRAMA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
HS TOGRAMA: CI= COLA IZQUIERDA CE= CENTRO CD= COLA DERECHA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
CALCULO DE "R" (IRI)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
D > 40																				D < 40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
$R = 0.593 + 0.0471 \times D$																				$R = 0.0485 \times D$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
DESCRIPCIONES	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	4	-	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
LECTURAS CONSIDERADAS	2	-	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
FRACCIONES RESULTANTES	0.500	22	0.500																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	23.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
D	115.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
R (m/km)	6.01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
OBSERVACIONES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Se puede observar en la tabla 19 que entre la progresiva 0+400 al 0+800 para el tramo 2 de la calzada de bajada, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 6,01 m/km.

Tabla 20

Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 3

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>3</u>					FECHA: <u>27-03-2022</u>						
CALZADA: <u>BAJADA</u>					DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	19	21	25	32	25	27	47	21	28	28	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> X CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	25	22	31	50	25	29	26	13	26	24	
3	26	24	27	48	25	12	22	29	28	19	
4	50	25	9	1	24	26	30	24	25	30	
5	33	22	30	32	27	26	24	28	25	26	
6	50	34	32	50	26	25	28	31	26	26	
7	30	22	28	21	23	29	23	26	25	30	
8	28	18	26	14	28	25	24	25	26	16	
9	30	23	29	25	24	24	37	34	24	19	
10	31	22	28	3	23	27	16	9	27	24	
11	25	25	20	30	22	30	30	12	33	32	
12	23	23	34	23	26	47	35	29	30	7	
13	31	24	23	29	27	42	32	30	26	1	
14	30	22	20	30	28	24	32	23	27	22	
15	26	23	22	30	25	27	39	29	28	20	
16	23	27	25	25	27	24	24	23	21	44	
17	26	26	32	22	26	33	45	25	27	38	
18	24	24	27	26	24	21	21	24	26	27	
19	30	26	27	28	29	25	31	25	27	23	
20	28	24	19	34	25	8	20	26	31	50	

Figura 44

Histograma de frecuencias, tramo 3

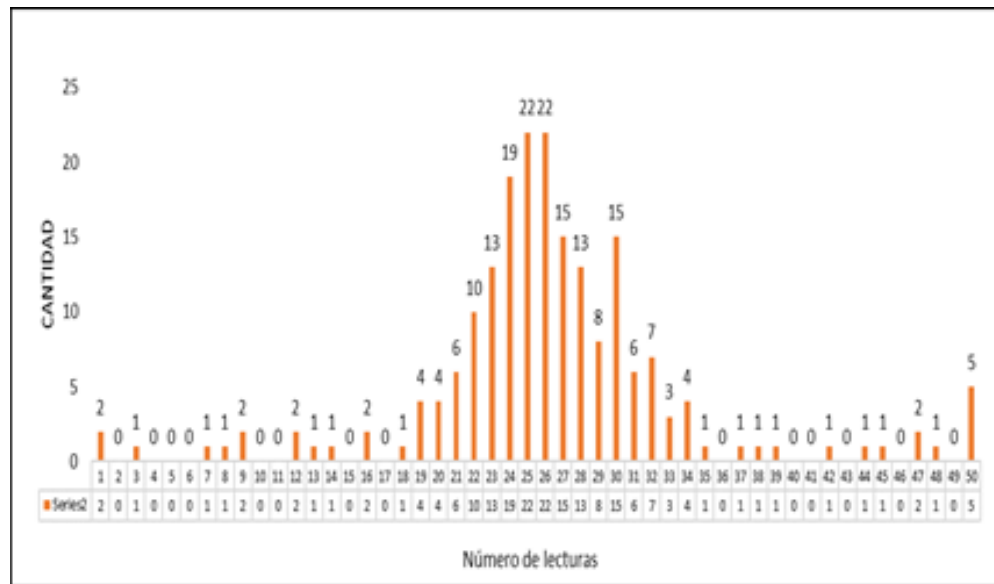


Tabla 22

Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 4

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELÉFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCIÓN EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>4</u>						FECHA: <u>27-03-2022</u>					
CALZADA: <u>BAJADA</u>						DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	33	18	29	14	27	26	21	21	23	22	TIPO DE PAVIMENTO AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	1	38	24	18	23	26	28	20	24	28	
3	4	18	24	23	32	50	21	24	26	27	
4	32	8	50	26	26	28	26	28	24	23	
5	50	34	15	25	25	23	24	25	29	25	
6	50	44	31	15	28	20	30	26	30	1	
7	50	9	21	25	25	24	50	27	25	1	
8	35	8	36	25	28	24	12	22	16	25	
9	14	1	22	50	29	50	28	24	21	24	
10	41	10	14	30	21	28	21	26	20	25	
11	46	50	33	27	29	26	22	11	25	8	
12	39	50	27	25	24	25	19	36	21	27	
13	31	45	32	24	29	23	41	24	15	32	
14	34	39	35	22	23	24	18	50	27	50	
15	25	50	24	26	22	27	25	24	16	32	
16	50	13	26	28	23	30	25	26	34	25	
17	1	38	33	25	14	25	25	26	31	34	
18	35	40	28	22	19	21	23	23	23	28	
19	7	10	11	23	24	23	24	23	20	28	
20	4	29	15	21	27	30	19	28	22	50	

Figura 45

Histograma de frecuencias, tramo 4

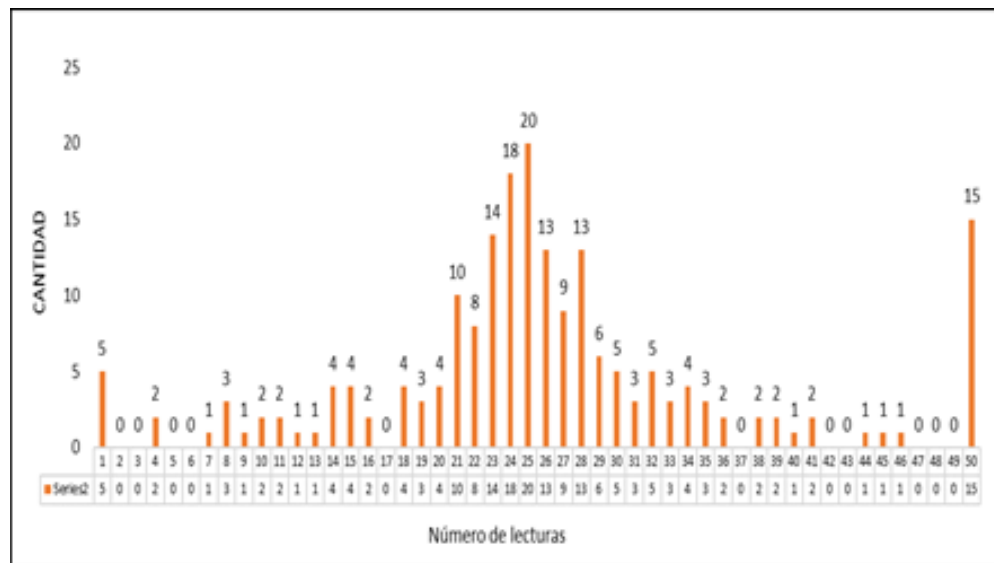


Tabla 23

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada de bajada – tramo 4

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																	
PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA A.V LOS ANGELES DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022																																																																																																																																																																																																																																	
CALZADA : BAJADA TRAMO : 4 FECHA : 27/03/2022						Progresiva Inicial : 1+200 Progresiva Final : 1+600 Longitud : 400 m																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="13">LECTURAS CAMPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>33</td><td>18</td><td>29</td><td>14</td><td>27</td><td>26</td><td>21</td><td>21</td><td>23</td><td>22</td><td>46</td><td>50</td><td>33</td><td>27</td><td>29</td><td>26</td><td>22</td><td>11</td><td>25</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>38</td><td>24</td><td>18</td><td>23</td><td>26</td><td>28</td><td>20</td><td>24</td><td>28</td><td>39</td><td>50</td><td>27</td><td>25</td><td>24</td><td>25</td><td>19</td><td>36</td><td>21</td><td>27</td></tr> <tr><td>4</td><td>18</td><td>24</td><td>23</td><td>32</td><td>50</td><td>21</td><td>24</td><td>26</td><td>27</td><td>31</td><td>45</td><td>32</td><td>24</td><td>29</td><td>23</td><td>41</td><td>24</td><td>15</td><td>32</td></tr> <tr><td>32</td><td>8</td><td>50</td><td>26</td><td>26</td><td>28</td><td>26</td><td>28</td><td>24</td><td>23</td><td>34</td><td>39</td><td>35</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>18</td><td>50</td><td>27</td><td>50</td></tr> <tr><td>50</td><td>34</td><td>15</td><td>25</td><td>25</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>29</td><td>25</td><td>25</td><td>50</td><td>24</td><td>26</td><td>22</td><td>27</td><td>25</td><td>24</td><td>16</td><td>32</td></tr> <tr><td>50</td><td>44</td><td>31</td><td>15</td><td>28</td><td>20</td><td>30</td><td>26</td><td>30</td><td>1</td><td>50</td><td>13</td><td>26</td><td>28</td><td>23</td><td>30</td><td>25</td><td>26</td><td>34</td><td>25</td></tr> <tr><td>50</td><td>9</td><td>21</td><td>25</td><td>25</td><td>24</td><td>50</td><td>27</td><td>25</td><td>1</td><td>1</td><td>38</td><td>33</td><td>25</td><td>14</td><td>25</td><td>25</td><td>26</td><td>31</td><td>34</td></tr> <tr><td>35</td><td>8</td><td>36</td><td>25</td><td>28</td><td>24</td><td>12</td><td>22</td><td>16</td><td>25</td><td>35</td><td>40</td><td>28</td><td>22</td><td>19</td><td>21</td><td>23</td><td>23</td><td>23</td><td>28</td></tr> <tr><td>14</td><td>1</td><td>22</td><td>50</td><td>29</td><td>50</td><td>28</td><td>24</td><td>21</td><td>24</td><td>7</td><td>10</td><td>11</td><td>23</td><td>24</td><td>23</td><td>24</td><td>23</td><td>20</td><td>28</td></tr> <tr><td>41</td><td>10</td><td>14</td><td>30</td><td>21</td><td>28</td><td>21</td><td>26</td><td>20</td><td>25</td><td>4</td><td>29</td><td>15</td><td>21</td><td>27</td><td>30</td><td>19</td><td>28</td><td>22</td><td>50</td></tr> </tbody> </table>													LECTURAS CAMPO													33	18	29	14	27	26	21	21	23	22	46	50	33	27	29	26	22	11	25	8	1	38	24	18	23	26	28	20	24	28	39	50	27	25	24	25	19	36	21	27	4	18	24	23	32	50	21	24	26	27	31	45	32	24	29	23	41	24	15	32	32	8	50	26	26	28	26	28	24	23	34	39	35	22	23	24	18	50	27	50	50	34	15	25	25	23	24	25	29	25	25	50	24	26	22	27	25	24	16	32	50	44	31	15	28	20	30	26	30	1	50	13	26	28	23	30	25	26	34	25	50	9	21	25	25	24	50	27	25	1	1	38	33	25	14	25	25	26	31	34	35	8	36	25	28	24	12	22	16	25	35	40	28	22	19	21	23	23	23	28	14	1	22	50	29	50	28	24	21	24	7	10	11	23	24	23	24	23	20	28	41	10	14	30	21	28	21	26	20	25	4	29	15	21	27	30	19	28	22	50
LECTURAS CAMPO																																																																																																																																																																																																																																	
33	18	29	14	27	26	21	21	23	22	46	50	33	27	29	26	22	11	25	8																																																																																																																																																																																																														
1	38	24	18	23	26	28	20	24	28	39	50	27	25	24	25	19	36	21	27																																																																																																																																																																																																														
4	18	24	23	32	50	21	24	26	27	31	45	32	24	29	23	41	24	15	32																																																																																																																																																																																																														
32	8	50	26	26	28	26	28	24	23	34	39	35	22	23	24	18	50	27	50																																																																																																																																																																																																														
50	34	15	25	25	23	24	25	29	25	25	50	24	26	22	27	25	24	16	32																																																																																																																																																																																																														
50	44	31	15	28	20	30	26	30	1	50	13	26	28	23	30	25	26	34	25																																																																																																																																																																																																														
50	9	21	25	25	24	50	27	25	1	1	38	33	25	14	25	25	26	31	34																																																																																																																																																																																																														
35	8	36	25	28	24	12	22	16	25	35	40	28	22	19	21	23	23	23	28																																																																																																																																																																																																														
14	1	22	50	29	50	28	24	21	24	7	10	11	23	24	23	24	23	20	28																																																																																																																																																																																																														
41	10	14	30	21	28	21	26	20	25	4	29	15	21	27	30	19	28	22	50																																																																																																																																																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">FACTOR DE CORRECCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F.C. =</td> <td style="text-align: center;">1.000</td> </tr> </tbody> </table>													FACTOR DE CORRECCIÓN		F.C. =	1.000																																																																																																																																																																																																																	
FACTOR DE CORRECCIÓN																																																																																																																																																																																																																																	
F.C. =	1.000																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CALCULO DE "D"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">$D = (CI + CE + CD) \times 5$</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; font-size: small;">DES CARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HE TOGRAMA HE TOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA</td> </tr> </tbody> </table>													CALCULO DE "D"		$D = (CI + CE + CD) \times 5$		DES CARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HE TOGRAMA HE TOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA																																																																																																																																																																																																																
CALCULO DE "D"																																																																																																																																																																																																																																	
$D = (CI + CE + CD) \times 5$																																																																																																																																																																																																																																	
DES CARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HE TOGRAMA HE TOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CALCULO DE "R" (IRI)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">$D > 40$</td> <td style="text-align: center;">$D < 40$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$R = 0.593 + 0.0471 \times D$</td> <td style="text-align: center;">$R = 0.0485 \times D$</td> </tr> </tbody> </table>													CALCULO DE "R" (IRI)		$D > 40$	$D < 40$	$R = 0.593 + 0.0471 \times D$	$R = 0.0485 \times D$																																																																																																																																																																																																															
CALCULO DE "R" (IRI)																																																																																																																																																																																																																																	
$D > 40$	$D < 40$																																																																																																																																																																																																																																
$R = 0.593 + 0.0471 \times D$	$R = 0.0485 \times D$																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIONES</th> <th>COLA IZQUIERDA (CI)</th> <th>CENTRO (CE)</th> <th>COLA DERECHA (CD)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TOTALES COLUMNAS EXTREMAS</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td>LECTURAS CONSIDERADAS</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>FRACCIONES RESULTANTES</td> <td style="text-align: center;">0.333</td> <td style="text-align: center;">34</td> <td style="text-align: center;">0.333</td> </tr> <tr> <td>SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">34.67</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">173.33</td> </tr> <tr> <td>R (m/km)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">8.76</td> </tr> </tbody> </table>													DESCRIPCIONES	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)	TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	3	-	15	LECTURAS CONSIDERADAS	1	-	5	FRACCIONES RESULTANTES	0.333	34	0.333	SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	34.67			D	173.33			R (m/km)	8.76																																																																																																																																																																																											
DESCRIPCIONES	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)																																																																																																																																																																																																																														
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	3	-	15																																																																																																																																																																																																																														
LECTURAS CONSIDERADAS	1	-	5																																																																																																																																																																																																																														
FRACCIONES RESULTANTES	0.333	34	0.333																																																																																																																																																																																																																														
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	34.67																																																																																																																																																																																																																																
D	173.33																																																																																																																																																																																																																																
R (m/km)	8.76																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2" style="height: 50px;"> </td></tr> </tbody> </table>													OBSERVACIONES																																																																																																																																																																																																																				
OBSERVACIONES																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN</th> </tr> <tr> <th colspan="2">HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>1</td><td>XXXXXX</td></tr> <tr><td>0</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>XX</td></tr> <tr><td>0</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>7</td><td>X</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>X</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td><td>XX</td></tr> <tr><td>2</td><td>11</td><td>XX</td></tr> <tr><td>1</td><td>12</td><td>X</td></tr> <tr><td>1</td><td>13</td><td>X</td></tr> <tr><td>4</td><td>14</td><td>XXXX</td></tr> <tr><td>4</td><td>15</td><td>XXXX</td></tr> <tr><td>2</td><td>16</td><td>XX</td></tr> <tr><td>0</td><td>17</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>18</td><td>XXXX</td></tr> <tr><td>3</td><td>19</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>4</td><td>20</td><td>XXXX</td></tr> <tr><td>10</td><td>21</td><td>XXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>8</td><td>22</td><td>XXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>14</td><td>23</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>18</td><td>24</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>20</td><td>25</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>13</td><td>26</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>8</td><td>27</td><td>XXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>13</td><td>28</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>6</td><td>29</td><td>XXXXXXXXXX</td></tr> <tr><td>2</td><td>30</td><td>XXXXXX</td></tr> <tr><td>3</td><td>31</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>5</td><td>32</td><td>XXXXXX</td></tr> <tr><td>3</td><td>33</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>4</td><td>34</td><td>XXXXX</td></tr> <tr><td>3</td><td>35</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>2</td><td>36</td><td>XX</td></tr> <tr><td>0</td><td>37</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>38</td><td>XX</td></tr> <tr><td>2</td><td>39</td><td>XX</td></tr> <tr><td>1</td><td>40</td><td>X</td></tr> <tr><td>2</td><td>41</td><td>XX</td></tr> <tr><td>0</td><td>42</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>43</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>44</td><td>X</td></tr> <tr><td>1</td><td>45</td><td>X</td></tr> <tr><td>1</td><td>46</td><td>X</td></tr> <tr><td>0</td><td>47</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>48</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>49</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>50</td><td>XXXXXXXXXXXXXXXXXX</td></tr> </tbody> </table>													LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN		HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS		5	1	XXXXXX	0	2		0	3		2	4	XX	0	5		0	6		1	7	X	3	8	XXX	4	9	X	2	10	XX	2	11	XX	1	12	X	1	13	X	4	14	XXXX	4	15	XXXX	2	16	XX	0	17		4	18	XXXX	3	19	XXX	4	20	XXXX	10	21	XXXXXXXXXX	8	22	XXXXXXXXXX	14	23	XXXXXXXXXXXXXXXX	18	24	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	20	25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	13	26	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	8	27	XXXXXXXXXX	13	28	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	6	29	XXXXXXXXXX	2	30	XXXXXX	3	31	XXX	5	32	XXXXXX	3	33	XXX	4	34	XXXXX	3	35	XXX	2	36	XX	0	37		2	38	XX	2	39	XX	1	40	X	2	41	XX	0	42		0	43		1	44	X	1	45	X	1	46	X	0	47		0	48		0	49		13	50	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																											
LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																	
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS																																																																																																																																																																																																																																	
5	1	XXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
0	2																																																																																																																																																																																																																																
0	3																																																																																																																																																																																																																																
2	4	XX																																																																																																																																																																																																																															
0	5																																																																																																																																																																																																																																
0	6																																																																																																																																																																																																																																
1	7	X																																																																																																																																																																																																																															
3	8	XXX																																																																																																																																																																																																																															
4	9	X																																																																																																																																																																																																																															
2	10	XX																																																																																																																																																																																																																															
2	11	XX																																																																																																																																																																																																																															
1	12	X																																																																																																																																																																																																																															
1	13	X																																																																																																																																																																																																																															
4	14	XXXX																																																																																																																																																																																																																															
4	15	XXXX																																																																																																																																																																																																																															
2	16	XX																																																																																																																																																																																																																															
0	17																																																																																																																																																																																																																																
4	18	XXXX																																																																																																																																																																																																																															
3	19	XXX																																																																																																																																																																																																																															
4	20	XXXX																																																																																																																																																																																																																															
10	21	XXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
8	22	XXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
14	23	XXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
18	24	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
20	25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
13	26	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
8	27	XXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
13	28	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
6	29	XXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
2	30	XXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
3	31	XXX																																																																																																																																																																																																																															
5	32	XXXXXX																																																																																																																																																																																																																															
3	33	XXX																																																																																																																																																																																																																															
4	34	XXXXX																																																																																																																																																																																																																															
3	35	XXX																																																																																																																																																																																																																															
2	36	XX																																																																																																																																																																																																																															
0	37																																																																																																																																																																																																																																
2	38	XX																																																																																																																																																																																																																															
2	39	XX																																																																																																																																																																																																																															
1	40	X																																																																																																																																																																																																																															
2	41	XX																																																																																																																																																																																																																															
0	42																																																																																																																																																																																																																																
0	43																																																																																																																																																																																																																																
1	44	X																																																																																																																																																																																																																															
1	45	X																																																																																																																																																																																																																															
1	46	X																																																																																																																																																																																																																															
0	47																																																																																																																																																																																																																																
0	48																																																																																																																																																																																																																																
0	49																																																																																																																																																																																																																																
13	50	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																																																																																															

Se puede observar en la tabla 23 que entre la progresiva 1+200 al 1+600 para el tramo 4 de la calzada de bajada, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 8,76 m/km.

Tabla 24

Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 5

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>5</u>					FECHA: <u>27-03-2022</u>						
CALZADA: <u>BAJADA</u>					DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	45	24	29	26	23	37	28	33	28	23	TIPO DE PAVIMENTO
2	6	21	28	24	22	1	2	22	24	24	
3	23	24	24	28	27	15	50	23	30	24	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	29	27	50	25	30	26	50	20	50	25	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
5	41	21	4	24	22	28	27	17	22	50	BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/>
6	26	32	24	27	28	24	20	29	23	21	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
7	49	19	20	28	30	36	25	34	18	21	CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/>
8	22	21	24	28	30	28	26	18	35	27	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
9	24	25	23	26	24	46	23	17	28	20	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
10	29	25	27	30	26	41	43	28	24	18	SELLO <input type="checkbox"/>
11	23	23	26	26	19	26	1	21	26	23	OTROS <input type="checkbox"/>
12	29	23	22	22	26	29	1	1	12	23	
13	30	25	22	21	28	16	1	1	20	28	
14	24	30	33	30	22	30	23	23	27	40	
15	26	26	28	23	26	11	17	24	26	26	
16	27	28	24	26	26	35	26	23	25	21	
17	29	30	22	29	28	16	26	22	20	26	
18	30	26	20	24	24	31	23	26	23	35	
19	29	29	21	22	27	50	30	50	35	33	
20	29	30	22	27	31	23	29	17	16	35	

Figura 46

Histograma de frecuencias, tramo 5

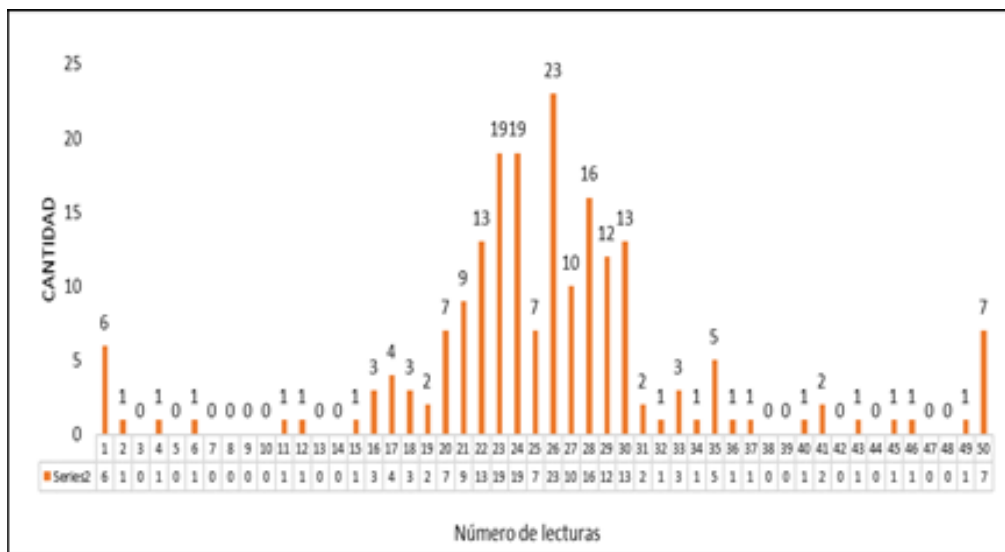


Tabla 25

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada de bajada – tramo 5

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN																									
PROYECTO: ANALISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA A.V LOS ANGELES DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022																									
CALZADA : BAJADA															Progresiva Inicial : 1+600										
TRAMO : 5															Progresiva Final : 2+000										
FECHA : 27/03/2022															Longitud : 400 m										
LECTURAS CAMPO																									
45	24	29	26	23	37	28	33	28	23	23	23	26	26	19	26	1	21	26	23						
6	21	28	24	22	1	2	22	24	24	29	23	22	22	26	29	1	1	12	23						
23	24	24	28	27	15	50	23	30	24	30	25	22	21	28	16	1	1	20	28						
29	27	50	25	30	26	50	20	50	25	24	30	33	30	22	30	23	23	27	40						
41	21	4	24	22	28	27	17	22	50	26	26	28	23	26	11	17	24	26	26						
26	32	24	27	28	24	20	29	23	21	27	28	24	26	26	35	26	23	25	21						
49	19	20	28	30	36	25	34	18	21	29	30	22	29	28	16	26	22	20	26						
22	21	24	28	30	28	26	18	35	27	30	26	20	24	24	31	23	26	23	35						
24	25	23	26	24	46	23	17	28	20	29	29	21	22	27	50	30	50	35	33						
29	25	27	30	26	41	43	28	24	18	29	30	22	27	31	23	29	17	16	35						
FACTOR DE CORRECCIÓN																									
F.C. = 1.000																									
CALCULO DE "D"																									
$D = (CI + CE + CD) \times 5$																									
DESCARTANDO 10 VALORES CADACOLA DEL HISTOGRAMA																									
HISTOGRAMA CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA																									
CALCULO DE "R" (IRI)																									
D > 40												D < 40													
$R = 0.593 + 0.0471 \times D$												$R = 0.0485 \times D$													
DESCRIPCIONES	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)																						
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	1	-	1																						
LECTURAS CONSIDERADAS	1	-	1																						
FRACCIONES RESULTANTES	1.000	27	1.000																						
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	29.00																								
D	145.00																								
R (m/km)	7.42																								
OBSERVACIONES																									
LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN																									
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS																									
FRECUENCIAS	LECTURAS	6	1	X	X	X	X	X	X																
1	2	X																							
0	3																								
1	4	X																							
0	5																								
1	6	X																							
0	7																								
0	8																								
0	9																								
0	10																								
1	11	X																							
1	12	X																							
0	13																								
0	14																								
1	15	X																							
3	16	X	X	X																					
4	17	X	X	X	X																				
3	18	X	X	X																					
2	19	X	X																						
7	20	X	X	X	X	X	X																		
9	21	X	X	X	X	X	X	X																	
13	22	X	X	X	X	X	X	X	X																
19	23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X														
19	24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													
7	25	X	X	X	X	X																			
23	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	31	X	X																						
1	32	X																							
3	33	X	X	X																					
1	34	X																							
5	35	X	X	X	X	X																			
1	36	X																							
1	37	X																							
0	38																								
0	39																								
1	40	X																							
2	41	X	X																						
0	42																								
1	43	X																							
0	44																								
1	45	X																							
1	46	X																							
0	47																								
0	48																								
1	49	X																							
7	50	X	X	X	X	X	X																		

Se puede observar en la tabla 25 que entre la progresiva 1+600 al 2+000 para el tramo 5 de la calzada de bajada, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 7,42 m/km.

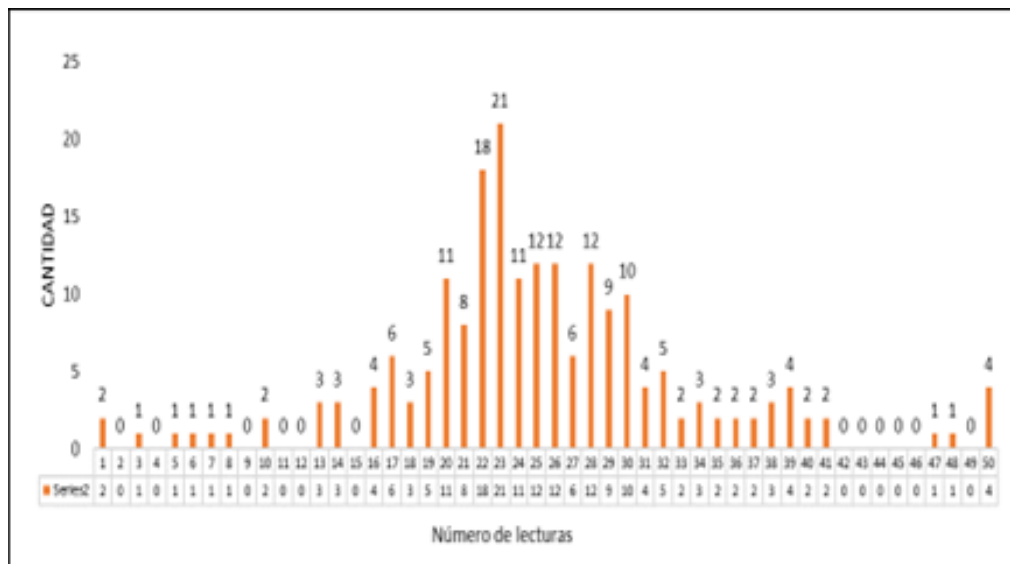
Tabla 26

Datos de campo, Calzada de bajada – tramo 6

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELEFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN, DANDO PROPUESTA DE SOLUCION EN LA AV. LOS ANGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA"											
TRAMO: <u>6</u>					FECHA: <u>27-03-2022</u>						
CALZADA: <u>BAJADA</u>					DATOS: <u>LECTURAS EN CAMPO - MERLIN</u>						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	31	26	27	26	28	22	50	30	19	25	TIPO DE PAVIMENTO
2	24	36	30	22	29	30	29	25	37	26	
3	20	17	28	22	24	29	40	38	6	23	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	30	20	34	25	20	23	13	30	50	3	
5	40	36	23	22	24	27	34	24	20	20	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	24	16	21	19	23	23	22	30	23	21	
7	39	16	24	35	32	26	32	28	28	29	BASE AFIRMADA <input type="checkbox"/>
8	27	29	32	19	20	23	32	28	25	26	
9	24	29	22	27	23	23	34	22	1	17	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	26	21	33	29	23	20	22	28	13	23	
11	29	28	24	24	38	21	27	30	14	24	CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/>
12	26	26	23	22	17	29	23	23	13	16	
13	41	28	26	30	22	16	25	38	7	33	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	28	10	22	25	26	23	10	39	23	14	
15	28	25	31	22	30	21	25	23	41	23	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	8	28	20	39	28	17	47	18	22	17	
17	27	22	30	18	21	39	31	17	22	22	SELLO <input type="checkbox"/>
18	20	48	19	23	21	35	5	50	18	22	
19	19	25	1	31	24	25	50	14	26	25	OTROS <input type="checkbox"/>
20	20	26	22	25	23	21	37	20	32	23	

Figura 47

Histograma de frecuencias, tramo 6



Se puede observar en la tabla 27 que entre la progresiva 2+000 al 2+400 para el tramo 6 de la calzada de bajada, el valor del índice internacional de rugosidad (IRI) obtenido es de 6,87 m/km.

4.2 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI) UTILIZANDO EL TELÉFONO INTELIGENTE CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI

Con el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI se obtuvieron en cada 100 m los siguientes datos que se muestra en la tabla 28, el recorrido fue realizado en una camioneta como se puede observar en la figura 48, el procedimiento se realizó tanto para la calzada de subida como para la calzada de bajada.

Tabla 28*Datos reportados del teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI**Calzada de subida*

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17,996007	-70,225149	691,64	39,88	0	2,05
-17,995324	-70,224418	695,13	44,75	100	5,18
-17,994577	-70,22373	697,76	44,78	200	6
-17,994009	-70,222927	700,79	36,2	300	6
-17,993715	-70,222	703,05	46	400	6
-17,993236	-70,221082	705,31	50,48	500	6
-17,992542	-70,220464	707,23	53,1	600	6
-17,99175	-70,219983	707,96	50,39	700	6
-17,991115	-70,21921	711,32	58,02	800	5,48
-17,990405	-70,218576	713,13	63,57	900	5,4
-17,989676	-70,217929	716,66	64,02	1.000,00	6
-17,989131	-70,217091	720,34	64,21	1.100,00	5,44
-17,988608	-70,21619	724,79	65,18	1.200,00	5,06
-17,988053	-70,215353	729,31	65,1	1.300,00	5,18
-17,987407	-70,214564	731,53	65,5	1.400,00	6
-17,986824	-70,213765	735,51	63,02	1.500,00	6
-17,986215	-70,212999	739,14	63,61	1.600,00	6
-17,985604	-70,21226	742,61	57,58	1.700,00	5,61
-17,984952	-70,211476	744,13	58,08	1.800,00	6
-17,984276	-70,210677	746,64	57,87	1.900,00	4,82
-17,983555	-70,209936	750,2	56,57	2.000,00	4
-17,982761	-70,209332	754,3	55,78	2.100,00	3,39
-17,981889	-70,208834	758,14	55,48	2.200,00	3,96
-17,981036	-70,208382	761,17	52,8	2.300,00	3,84
-17,980194	-70,207923	764,73	25,93	2.400,00	5,86

Fuente: Teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI

Figura 48

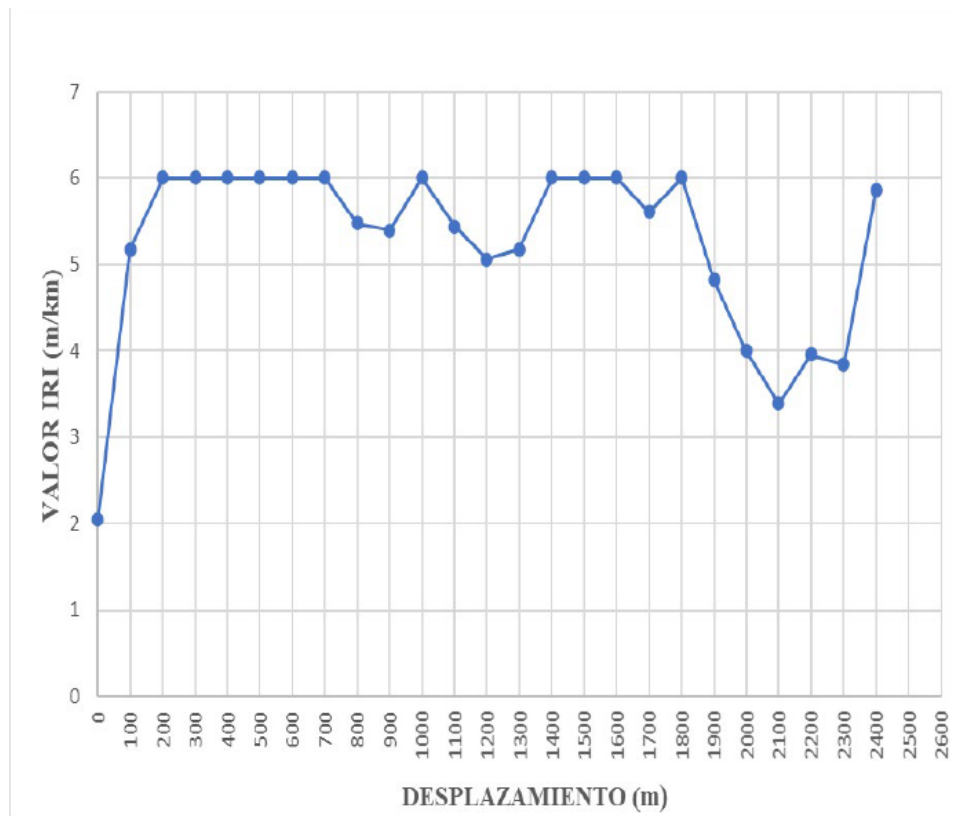
Recorrido de la camioneta por la calzada de subida utilizando ABAKAL IRI



Fuente: proporcionada del aplicativo ABAKAL IRI mediante el teléfono inteligente

Figura 49

Evaluación a cada 100 m de los valores IRI, calzada de subida



En la figura 49 se puede observar el comportamiento de la rugosidad evaluado a cada 100 metros de la calzada de subida utilizando el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI.

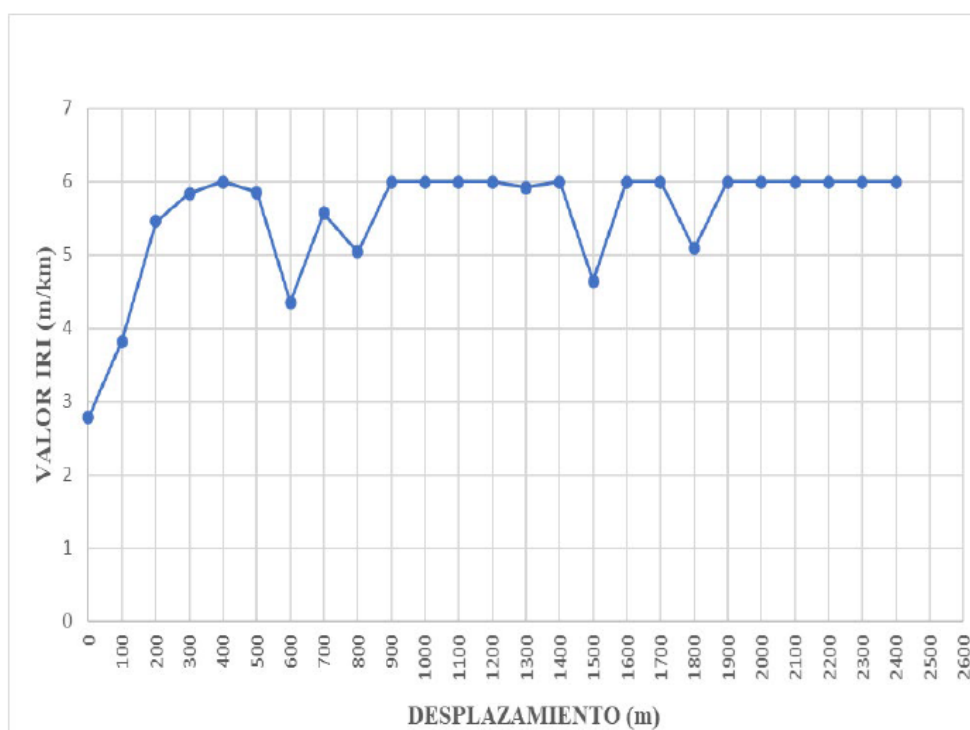
Tabla 29*Datos reportados del teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI**Calzada de bajada*

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17,980526	-70,208194	760,33	33,89	0	2,78
-17,981373	-70,208667	757,35	54,61	100	3,82
-17,982253	-70,209149	754,02	57,25	200	5,46
-17,983098	-70,209672	750,77	55,18	300	5,84
-17,983849	-70,210341	747,55	56,83	400	6
-17,984514	-70,211099	744,46	55,86	500	5,85
-17,985118	-70,211828	741,48	38,14	600	4,35
-17,98576	-70,212601	738,26	38,19	700	5,57
-17,986417	-70,213392	734,79	48,93	800	5,04
-17,987034	-70,214233	731,3	50,11	900	6
-17,987611	-70,214974	728,28	17,79	1.000,00	6
-17,988189	-70,215718	725,43	36,63	1.100,00	6
-17,988706	-70,216546	722,09	52,95	1.200,00	6
-17,98916	-70,217428	719,08	53,86	1.300,00	5,92
-17,989756	-70,218183	716,68	54,01	1.400,00	6
-17,990517	-70,218828	715,24	57,33	1.500,00	4,64
-17,991231	-70,21954	711,66	54,37	1.600,00	6
-17,991878	-70,220258	708,66	19,34	1.700,00	6
-17,992719	-70,220769	705,82	44,29	1.800,00	5,09
-17,993323	-70,221461	703,45	47,04	1.900,00	6
-17,993727	-70,222353	701,1	46,95	2.000,00	6
-17,994095	-70,223229	699,31	50,8	2.100,00	6
-17,994671	-70,224005	696,31	53,05	2.200,00	6
-17,995399	-70,224608	693,69	52,41	2.300,00	6
-17,996081	-70,22541	690,54	48,81	2.400,00	6

Fuente: Teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI

Figura 51

Evaluación a cada 100 m de los valores IRI, calzada de bajada



En la figura 51 se puede observar el comportamiento de la rugosidad evaluado a cada 100 metros de la calzada de bajada utilizando el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS OBTENIDOS DE LOS RESULTADOS, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

La evaluación con el Rugosímetro de MERLÍN realizado en la AV. Los ángeles, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 30

cuadro de resumen del IRI utilizando el Rugosímetro de Merlín

CALZADA SUBIDA		CALZADA BAJADA	
PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)
0+000 al 0+400	6,13	0+000 al 0+400	4,27
0+400 al 0+800	7,54	0+400 al 0+800	6,01
0+800 al 1+200	4,48	0+800 al 1+200	6,72
1+200 al 1+600	4,83	1+200 al 1+600	8,76
1+600 al 2+000	3,97	1+600 al 2+000	7,42
2+000 al 0+400	3,67	2+000 al 0+400	6,87
PROMEDIO	5.10	PROMEDIO	6.68
IRI PROMEDIO 5.89 m/km			

En la tabla 30 se determinó el análisis del índice internacional de rugosidad (IRI) del pavimento, para la calzada de subida se obtuvo un valor IRI promedio de 5.10 m/km, para la calzada de bajada se obtuvo un valor IRI promedio de 6.68 m/km, por lo cual los valores determinados en las dos calzadas nos permite obtener un IRI promedio de 5.89 m/km, cuyo resultado nos permite analizar el estado de pavimento calificando en toda la longitud de la AV. Los ángeles.

5.1.1 Análisis de la calificación del estado de pavimento de acuerdo al valor del IRI obtenido con el rugosímetro de MERLÍN.

Para determinar el análisis de la calificación del análisis del estado del pavimento debemos tener en cuenta los valores de IRI que se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 31

Valores para determinar el estado del

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2.8 < IRI \leq 4.0$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$4.0 < IRI \leq 5.0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

Fuente: MTC- especificaciones técnicas para la conservación de carretera

Según el IRI promedio determinado para toda la longitud de la avenida los ángulos es de 5.89 m/km, la cual podemos analizar con la tabla 31 la calificación del estado de pavimento como MUY MALO. El estado de pavimento de acuerdo a la rugosidad obtenida en cada progresiva son los siguientes:

Tabla 32

Resultados del estado de pavimento utilizando el rugosímetro de Merlín

CALZADA SUBIDA			CALZADA BAJADA		
PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	ESTADO DEL PAVIMENTO	PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	ESTADO DEL PAVIMENTO
0+000 al 0+400	6,13	MUY MALO	0+000 al 0+400	4,27	MALO
0+400 al 0+800	7,54	MUY MALO	0+400 al 0+800	6,01	MUY MALO
0+800 al 1+200	4,48	MALO	0+800 al 1+200	6,72	MUY MALO
1+200 al 1+600	4,83	MALO	1+200 al 1+600	8,76	MUY MALO
1+600 al 2+000	3,97	REGULAR	1+600 al 2+000	7,42	MUY MALO
2+000 al 0+400	3,67	REGULAR	2+000 al 0+400	6,87	MUY MALO
PROMEDIO	5.10	MUY MALO	PROMEDIO	6.68	MUY MALO
IRI PROMEDIO 5.89 m/km MUY MALO					

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI DETERMINADO CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y EL TELÉFONO INTELIGENTE MEDIANTE EL APLICATIVO ABAKAL IRI

Para la comparación se debe agrupar en tramos a cada 400 metros los valores IRI determinados con el aplicativo ABAKAL IRI, ya que los valores del rugosímetro de Merlín fueron determinados a cada 400 metros.

Tabla 33

Promedio de valores IRI a cada 400m, utilizando el teléfono inteligente con el aplicativo ABAKAL IRI

CALZADA DE SUBIDA				CALZADA DE BAJADA			
DISTANCIAS	VELOCIDAD (km/h)	Valor IRI (m/km)	IRI PROMEDIO (m/km)	DISTANCIAS	VELOCIDAD (km/h)	Valor IRI (m/km)	IRI PROMEDIO (m/km)
0	39,88	2,05		0	33,89	2,78	
100	44,75	5,18		100	54,61	3,82	
200	44,78	6	5,80	200	57,25	5,46	5,28
300	36,2	6		300	55,18	5,84	
400	46	6		400	56,83	6	
500	50,48	6		500	55,86	5,85	
600	53,1	6	5,87	600	38,14	4,35	5,20
700	50,39	6		700	38,19	5,57	
800	58,02	5,48		800	48,93	5,04	
900	63,57	5,4		900	50,11	6	
1000	64,02	6	5,48	1000	17,79	6	6,00
1100	64,21	5,44		1100	36,63	6	
1200	65,18	5,06		1200	52,95	6	
1300	65,1	5,18		1300	53,86	5,92	
1400	65,5	6	5,80	1400	54,01	6	5,64
1500	63,02	6		1500	57,33	4,64	
1600	63,61	6		1600	54,37	6	
1700	57,58	5,61		1700	19,34	6	
1800	58,08	6	5,11	1800	44,29	5,09	5,77
1900	57,87	4,82		1900	47,04	6	
2000	56,57	4		2000	46,95	6	
2100	55,78	3,39		2100	50,8	6	
2200	55,48	3,96	4,26	2200	53,05	6	6,00
2300	52,8	3,84		2300	52,41	6	
2400	25,93	5,86		2400	48,81	6	
PROMEDIO	54,32		5,38	PROMEDIO	47,14		5,65
IRI PROMEDIO 5,52 m/km							

En la tabla 33 se muestra los valores IRI obtenido según el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI, determinándose para ello un solo valor promedio IRI 5.52 m/km, la cual podemos analizar con la tabla el estado del pavimento como MUY MALO.

Tabla 34

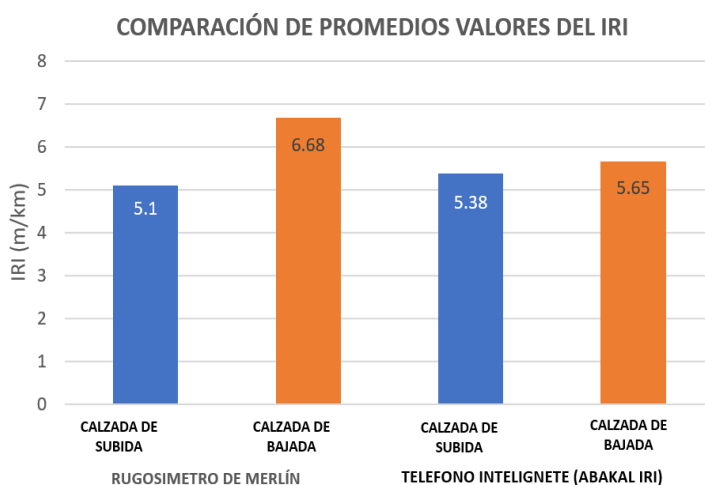
Resumen comparativo IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de merlín

RUGOSÍMETRO DE MERLÍN			TELÉFONO INTELIGENTE MEDIANTE EL APLICATIVO ABAKAL IRI		
PROGRESIVA	IRI (m/km)		PROGRESIVA	IRI (m/km)	
	CALZADA DE SUBIDA	CALZADA DE BAJADA		CALZADA DE SUBIDA	CALZADA DE BAJADA
0+000 al 0+400	6.13	4.27	0+000 al 0+400	5.80	5.28
0+400 al 0+800	7.54	6.01	0+400 al 0+800	5.87	5.20
0+800 al 1+200	4.48	6.72	0+800 al 1+200	5.48	6.00
1+200 al 1+600	4.83	8.76	1+200 al 1+600	5.80	5.64
1+600 al 2+000	3.97	7.42	1+600 al 2+000	5.11	5.77
2+000 al 0+400	3.67	6.87	2+000 al 0+400	4.26	6.00
PROMEDIO	5.10	6.68	PROMEDIO	5.38	5.65
PROMEDIO	5.89		PROMEDIO	5.52	
PROMEDIO 5.71 m/km					

De la tabla se puede observar la similitud en el promedio IRI obtenido entre el rugosímetro de Merlín con un valor IRI de 5.89 m/km y el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL con un valor de 5.52 m/km, la cual con los dos valores determinamos un valor promedio IRI 5.71m/km , por lo que podemos analizar según la tabla el estado de pavimento como MUY MALO, para toda la avenida los Ángeles, del distrito de Pocollay.

Figura 52

Comparación de valores IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de merlín



5.3 ANÁLISIS PARA CALIFICAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA LOS ÁNGELES OBTENIDO CON LOS VALORES IRI DEL TELÉFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

Con los valores IRI determinados se procede obtener los valores del PSI según la formula de Williams Paterson:

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

Para la calificación de la transitabilidad del pavimento se debe tener en cuenta los siguientes valores del PSI de la tabla

Tabla 35

Calificación de serviciabilidad

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

Fuente: guía AASTHO

En las tablas 36, tabla 37 se obtiene los PSI con los valores IRI que fueron determinados por el rugosímetro de Merlín y el teléfono inteligente mediante el aplicativo BAKAL IRI, por lo que podemos calificar la transitabilidad.

Tabla 36*Resultados de la transitabilidad utilizando valores IRI del rugosímetro de**Merlín*

CALZADA SUBIDA				CALZADA BAJADA			
PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	PSI	CALIFICACION	PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	PSI	CALIFICACION
0+000 al 0+400	6,13	1,64	MALA	0+000 al 0+400	4,27	2,30	REGULAR
0+400 al 0+800	7,54	1,27	MALA	0+400 al 0+800	6,01	1,68	MALA
0+800 al 1+200	4,48	2,21	REGULAR	0+800 al 1+200	6,72	1,47	MALA
1+200 al 1+600	4,83	2,08	REGULAR	1+200 al 1+600	8,76	1,02	MALA
1+600 al 2+000	3,97	2,30	REGULAR	1+600 al 2+000	7,42	1,30	MALA
2+000 al 0+400	3,67	1,68	MALA	2+000 al 0+400	6,87	1,43	MALA
PROMEDIO	5,10	2,03	REGULAR	PROMEDIO	6,68	1,53	MALA
PSI PROMEDIO 1,78 MALA							

En la tabla 36 se obtiene los valores de la serviciabilidad determinado con los valores IRI del rugosímetro de Merlín, la cual nos muestra que la calzada de subida tiene un PSI promedio de 2,03 indicándonos que tiene una transitabilidad REGULAR. En el caso de la calzada de bajada nos muestra que tiene una PSI promedio de 1,53 indicando que la transitabilidad es MALA.

Determinando ambos promedios de PSI de la calzada de subida y calzada de bajada, obtenemos un PSI promedio de 1,78 la cual indica una transitabilidad MALA para toda la avenida los ángeles del distrito de Pocollay.

Tabla 37*Resultados de la transitabilidad utilizando valores IRI del ABAKAL IRI*

CALZADA SUBIDA				CALZADA BAJADA			
PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	PSI	CALIFICACION	PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	PSI	CALIFICACION
0+000 al 0+400	5,80	1,74	MALA	0+000 al 0+400	5,28	1,91	MALA
0+400 al 0+800	5,87	1,72	MALA	0+400 al 0+800	5,20	1,94	MALA
0+800 al 1+200	5,48	1,85	MALA	0+800 al 1+200	6,00	1,68	MALA
1+200 al 1+600	5,80	1,74	MALA	1+200 al 1+600	5,64	1,79	MALA
1+600 al 2+000	5,11	1,97	MALA	1+600 al 2+000	5,77	1,75	MALA
2+000 al 0+400	4,26	2,30	REGULAR	2+000 al 0+400	6,00	1,68	MALA
PROMEDIO	5,38	1,89	MALA	PROMEDIO	5,65	1,79	MALA
PSI PROMEDIO 1,84 MALA							

En la tabla 37 se obtiene los valores de la serviciabilidad determinado con los valores IRI del teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI, la cual nos muestra que la calzada de subida tiene un PSI promedio de 1,89 indicándonos que tiene una transitabilidad MALA.

En el caso de la calzada de bajada nos muestra que tiene una PSI promedio de 1,79 indicando que la transitabilidad es MALA.

Determinando ambos promedios de PSI de la calzada de subida y calzada de bajada, obtenemos un PSI promedio de 1,84 la cual indica una transitabilidad MALA para toda la avenida los ángeles del distrito de Pocollay.

5.4 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN RESPECTOS A LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IRI ENTRE EL TELÉFONO INTELIGENTE Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN PARA LA AVENIDA LOS ÁNGELES DEL DISTRITO DE POCOLLAY

Se propone las siguientes soluciones:

Reconstrucción en los tramos muy dañados de la avenida los ángeles por lo que hay que conformar nuevamente la base granular y luego colocar la carpeta asfáltica.

Realizar una rehabilitación a nivel de la capa de rodadura agregando emulsiones asfálticas porque se observó en algunos tramos que el pavimento no está muy gastado y con las emulsiones asfálticas genera una vida útil más larga en el pavimento.

Realizar también recapeo en la carpeta asfáltica en tramos dañados, para mejorar la transitabilidad de la avenida los ángeles.

Tras evidenciar la falta de finos en la parte superficial de pavimento, debemos de realizar tratamiento superficial en la parte afectada, con el fin de garantizar seguridad y confort.

CONCLUSIONES

Al determinar el análisis comparativo de rugosidad con la metodología del rugosímetro del Merlín y el teléfono inteligente nos indica que ambos métodos evaluados el estado de pavimento es MUY MALO; dando para ello alternativas de solución al pavimento flexible para toda la Av. Los ángeles, siendo por lo tanto la reconstrucción en los tramos muy dañados, recapeo, agregar emulsiones asfálticas en capa de rodadura, rehabilitación y tratamiento superficial.

Al determinar el análisis de la rugosidad de la avenida los ángeles del distrito de Pocollay, utilizando para ello la metodología del teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI se obtuvo un valor IRI de 5.52 m/km indicándonos según la tabla de clasificación del MTC, tiene una correspondencia que el estado de pavimento es MUY MALO.

Al determinar el análisis de la rugosidad de la avenida los ángeles del distrito de Pocollay, utilizando para ello la metodología del rugosímetro de Merlín se obtuvo un valor IRI 5.89 m/km indicándonos según la tabla de clasificación del MTC, tiene una correspondencia que el estado de pavimento es MUY MALO.

La comparación de los valores IRI determinados con el rugosímetro de Merlín y teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI, se observa en ambas metodologías la similitud en los valores de rugosidad como un estado de pavimento MUY MALO, además de la similitud obtenido del PSI, indicándonos según la tabla de transitabilidad con una calificación MALO, por ende, esta similitud nos da a conocer un evidente deterioro en todo el tramo evaluado indicándonos que no se puede transitar.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el teléfono inteligente mediante el aplicativo ABAKAL IRI, considerando que tiene un rendimiento alto y es factible para las investigaciones futuras para obtener valores IRI, por lo cual, con ello dar propuesta de solución, siendo además los ensayos de menor tiempo y costo bajo.

Se recomienda realizar los ensayos con el rugosímetro de Merlín y el teléfono inteligente en las horas con menor tráfico posible para evitar el flujo de tránsito y obtener datos precisos.

Se recomienda a la municipalidad de Pocollay realizar las actividades de mantenimiento, reconstrucción de la avenida los ángeles; considerando los resultados del análisis comparativo IRI determinados por el teléfono inteligente y el rugosímetro de Merlín, con ello mejora el estado de pavimento, la transitabilidad de la avenida los ángeles.

Se recomienda poner mucha atención a la toma de datos de las lecturas obtenida con el rugosímetro de Merlín, para así tener resultados precisos en los valores IRI determinados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguila Rodriguez, P. (1999). *Metodologia para la Determinacion de la Rugosidad de los Pavimentos con Equipos de Bajo Costo y Gran Presicion*. 1–11.
- Álvarez, S., & Rivero, R. (2012). *rugosidad internacional con base en el perfilometro electronic instrument for estimating international roughness index (IRI) sased on the merlin profilometer*. 27,49-55.
- Amândio, M., Parente, M., Neves, J., & Fonseca, P. (2021). Integration of smart pavement data with decision support systems: A systematic review. *Buildings*, 11(12), 1–24. <https://doi.org/10.3390/buildings11120579>
- Bhandari, S., Luo, X., & Wang, F. (2022). International Journal of Transportation Understanding the effects of structural factors and traffic loading on flexible pavement performance. *International Journal of Transportation Science and Technology*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2022.02.004>
- Blaauw, S. A., Maina, J. W., Mturi, G. A. J., & Visser, A. T. (2022). Flexible pavement performance and life cycle assessment incorporating climate change impacts. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, 103203. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2022.103203>

- Cafiso, S., Di Graziano, A., Marchetta, V., & Pappalardo, G. (2022). Urban road pavements monitoring and assessment using bike and e-scooter as probe vehicles. *Case Studies in Construction Materials*, 16(January), e00889. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00889>
- Goenaga, B., Fuentes, L., & Mora, O. (2017). *Evaluation of the methodologies used to generate random pavement profiles based on the power spectral density: a n approach based on the International Roughness Index Análisis de las metodologías utilizadas para generar perfiles aleatorios. 2017*, 49–57. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v37n1.57277>
- J . Lozano, & d. Mamani. (2021). *Universidad privada de tacna. universidad privada de tacna facultad .*
- Liu, C., Wu, D., Li, Y., & Du, Y. (2021). Large-scale pavement roughness measurements with vehicle crowdsourced data using semi-supervised learning. *Transportation Research Part C*, 125(February), 103048. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103048>
- López, J. Y. G., & Villarre, H. H. J. B. (2018). aplicación del smartpone y el rugosímetro de merlin para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. internacional, tacna - 2021. In *Articulo de Finacial Distress*.

<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1801>

Miquel, M. P. (2006). “Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados.” *Revista de La Construccion*, 5(Evaluacion del comportamiento de pavimentos), 16–22.

Mubaraki, M. (2016). Highway subsurface assessment using pavement surface distress and roughness data. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 9(5), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.10.001>

Pal, M., & Sutradhar, R. (2014). Pavement Roughness Prediction Systems: A Bump Integrator Approach. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 8(12), 1207–1210.

Prasad, J. R., Kanuganti, S., Bhanegaonkar, P. N., Sarkar, A. K., & Arkatkar, S. (2013). Development of Relationship between Roughness (IRI) and Visible Surface Distresses: A Study on PMGSY Roads. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 104(December 2000), 322–331. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.125>

Rana, S., & Asaduzzaman. (2021). Vibration based pavement roughness monitoring system using vehicle dynamics and smartphone with estimated vehicle parameters. *Results in Engineering*, 12, 100294.

<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100294>

Singh, A. P., Sharma, A., Mishra, R., Wagle, M., & Sarkar, A. K. (2018). Pavement condition assessment using soft computing techniques. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 11(6), 564–581. <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.12.006>

Staniek, M. (2021). Road pavement condition diagnostics using smartphone-based data crowdsourcing in smart cities. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(4), 554–567. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.09.004>

Valença, G., Stumpf, G., Soares, C., & Moura, F. (2022). Screening walkability violations through self-reported claims by smartphone detection: The case of Lisbon, Portugal. *Transportation Research Procedia*, 62(2021), 648–655. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.080>

Zang, K., Shen, J., Huang, H., Wan, M., & Shi, J. (2018). Assessing and mapping of road surface roughness based on GPS and accelerometer sensors on bicycle-mounted smartphones. *Sensors (Switzerland)*, 18(3). <https://doi.org/10.3390/s18030914>

Zegarra, G. G. Z., & Arocutipa, C. A. V. (2021). *aplicacion de telefonos inteligentes y el rugosimetro 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. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1864>

Zevallos Gamarra, R. E. (2018). Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. *Universidad César Vallejo.*

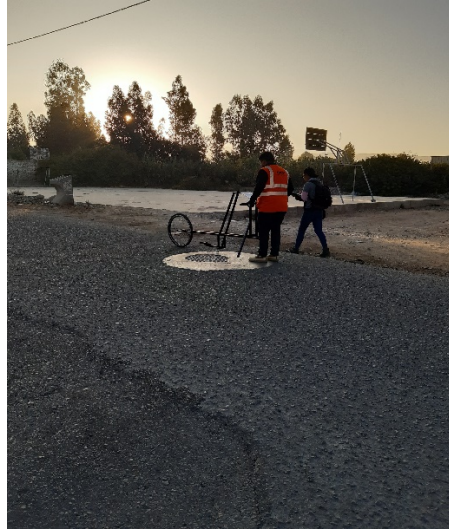
Zhu, J., Zhong, J., Ma, T., Huang, X., Zhang, W., & Zhou, Y. (2022). Pavement distress detection using convolutional neural networks with images captured via UAV. *Automation in Construction*, 133(October 2021), 103991. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103991>

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO MEDIANTE EL USO DEL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

- CALZADA DE SUBIDAD







- CALZADA DE BAJADA





**ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO MEDIANTE EL USO DEL
TELÉFONO INTELIGENTE UTILIZANDO EL APLICATIVO
ABAKAL IRI**



