



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN
PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL USO DRON A
DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE
MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA

TESIS

PRESENTADA POR:

WASHINGTON QUISPE QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIA NTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA

AUTOR

WASHINGTON QUISPE QUISPE

RECuento de palabras

27572 Words

RECuento de caracteres

115040 Characters

RECuento de páginas

124 Pages

Tamaño del archivo

4.0MB

Fecha de entrega

Jan 30, 2024 12:30 PM GMT-5

Fecha del informe

Jan 30, 2024 12:32 PM GMT-5

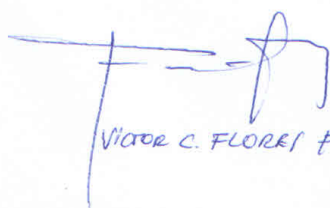
● 13% de similitud general


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

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


VICTOR C. FLORES FLORES


Luis A. MAMANI MUANCA
M. Sc. Luis Alberto Mamani Muanca
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FCA

Resumen



DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi padre SALOME ALUDIO, a mi madre MARGARITA, por su esfuerzo y apoyo incondicional en el camino de mi formación profesional.

A mis hermanos AUGUSTO, ABEL, RUTH, EDWAR, JAMIL, DANTE, por la motivación y apoyo incondicional.

A todos mis familiares y amigos que me apoyaron incondicionalmente para cumplir este objetivo.

Washington Quispe Quispe



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano, a la escuela profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, a los docentes por compartir sus conocimientos, a mis compañeros y amigos por la constante motivación y el apoyo para el desarrollo de esta tesis.

Washington Quispe Quispe



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1.1 Pregunta General.....	22
1.1.2 Pregunta específica.....	22
1.2 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.2.1 Hipótesis general.....	22
1.2.2 Hipótesis específicas	22



1.3	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.3.1	Objetivo general.....	23
1.3.2	Objetivos específicos.....	23

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.1.1	Antecedentes Internacionales	24
2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	25
2.1.3	Antecedentes Locales.....	30
2.2	MARCO TEÓRICO	32
2.2.1	Carretera.....	32
2.2.2	Pavimento.....	33
2.2.3	Rugosidad superficial del pavimento	37
2.2.4	Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	39
2.2.5	Escalas y características del IRI	40
2.2.6	Dron.....	43
2.2.7	Dron Phamtom 4PRO.....	43
2.2.8	Distancia de nuestro del suelo (GSD)	44
2.2.9	Rugosímetro de Merlín.....	45



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	48
3.1.1	Ubicación política	48
3.1.2	Accesibilidad a la zona de estudio	49
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	49
3.2.1	Materiales	49
3.2.2	Herramientas	50
3.2.3	Equipos e instrumentos	50
3.2.4	Material de escritorio	50
3.2.5	Software	50
3.3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	51
3.3.1	Enfoque de la Investigación	51
3.3.2	Población.....	51
3.3.3	Muestra.....	51
3.3.4	Unidad de Análisis	51
3.4	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.4.1	Variable Independiente	52
3.4.2	Variable Dependiente.....	52



3.5	PROCEDIMIENTO PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO.....	53
3.5.1	Flujo de trabajo con Dron.....	53
3.5.2	Trabajo de campo con dron.....	55
3.5.3	Procesamiento de imágenes	58
3.5.4	Calculo IRI con software ProVAL.....	63
3.6	PROCEDIMIENTO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO ...	66
3.6.1	Flujo de trabajo mediante el rugosímetro de Merlín.....	66
3.6.2	Trabajo de campo con el Rugosímetro de Merlín.....	67
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	RESULTADOS PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO.....	72
4.2	RESULTADOS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO	76
4.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE NORMALIDAD	79
4.3.1	Prueba de Normalidad.....	79
4.3.2	Prueba de Hipótesis.....	85
4.4	DISCUSIÓN	85
V.	CONCLUSIONES.....	88
VI.	RECOMENDACIONES.....	89
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90



ANEXOS: **96**

ÁREA : Ciencias Naturales

TEMA : Diseño De Vías Y Gerencia De Vías

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 de enero del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Clasificación de Carreteras según DG-2018..... 33
Tabla 2	Clasificación de un pavimento según su índice de rugosidad 41
Tabla 3	Cuadro de Operacionalización de Variables 52
Tabla 4	Relación de puntos de foto control 54
Tabla 5	Parámetros de planes de vuelo 56
Tabla 6	Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Derecho obtenido mediante dron 72
Tabla 7	Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Izquierdo obtenido mediante Dron 74
Tabla 8	Resumen de cálculo de IRI mediante el rugosímetro de Merlín 76
Tabla 9	Comparación de resultados de IRI obtenido en el carril derecho mediante Dron frente al Rugosímetro de Merlín. 77
Tabla 10	Comparación de resultados de IRI obtenido en el carril izquierdo mediante Dron frente al Rugosímetro de Merlín 78
Tabla 11	Resultados prueba de normalidad..... 80
Tabla 12	Anova carril derecho 81
Tabla 13	Comparaciones múltiples 82



Tabla 14	Conjuntos homogéneos carril derecho	83
Tabla 15	Anova carril izquierdo.....	83
Tabla 16	Comparaciones múltiples	84
Tabla 17	Conjuntos homogéneos carril izquierdo.....	85



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema típico del paquete estructural de un pavimento.....	34
Figura 2 Sección típica de un pavimento flexible.....	35
Figura 3 Esquema de paquete estructural de los pavimentos flexibles rígidos e híbridos	36
Figura 4 Esquema de Perfil longitudinal de una carretera	37
Figura 5 Esquema del modelo cuarto de carro.....	40
Figura 6 Escala de rugosidad IRI (m/km).....	42
Figura 7 Diagrama de dron Phantom 4Pro	44
Figura 8 Relación de GSD y altura de vuelo	45
Figura 9 Esquema del Rugosímetro MERLIN.....	47
Figura 10 Ubicación del área en estudio.....	48
Figura 11 Localización del área en estudio.....	49
Figura 12 Flujo de trabajo con Dron.....	53
Figura 13 Distribución de puntos de foto control	55
Figura 14 Área de estudio y colocación de puntos de foto control.....	56
Figura 15 Despegue de dron	57
Figura 16 Captura de imágenes del área en estudio.....	57



Figura 17	Propiedades de importación de imágenes en px4d.....	58
Figura 18	Configuración de sistema de coordenadas de salida	58
Figura 19	Orientación de imágenes y procesamiento preliminar	59
Figura 20	Ajuste de imágenes mediante puntos de foto control y la generación de nube de puntos densa.....	59
Figura 21	Clasificación de nube de puntos densa.....	60
Figura 22	Clasificación de nube de puntos, perspectiva 2.....	60
Figura 23	Eliminación de ruido – procesamiento de imágenes	61
Figura 24	Creación de la ortofoto	62
Figura 25	Modelo digital de elevaciones	62
Figura 26	Importación de datos - ProVal.....	63
Figura 27	Selección el tipo de análisis.....	64
Figura 28	Análisis por intervalo fijo	64
Figura 29	Resultados obtenidos por tramos de 10 m.....	65
Figura 30	Análisis por intervalo continuo	65
Figura 31	Flujo de trabajo mediante el rugosímetro de Merlín frente al uso de dron	66
Figura 32	Medición de desviación del pavimento respecto a la cuerda promedio	67
Figura 33	Escala para determinar la dispersión del pavimento respecto a la cuerda promedio.....	68



Figura 34	Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones consecutivas	69
Figura 35	Medición con el rugosímetro de Merlín (Parte 1)	70
Figura 36	Medición con el rugosímetro de Merlín (Parte 2)	71
Figura 37	Medición con el rugosímetro de Merlín (Parte 3)	71
Figura 38	Análisis Proval - Dron carril derecho	72
Figura 39	Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Derecho obtenido mediante Dron	73
Figura 40	Análisis Proval - Dron carril izquierdo	74
Figura 41	Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Izquierdo obtenido mediante dron	75
Figura 42	Comparación de resultados IRI carril derecho	77
Figura 43	Comparación de resultados IRI carril Izquierdo.....	79



INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Análisis 01 Resultados IRI - Vuelo 01 (H-10m) - Carril Derecho.....	96
ANEXO 2 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-10m) – Carril Derecho	97
ANEXO 3 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-10m) – Carril Derecho	98
ANEXO 4 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-10m) – Carril Izquierdo.....	99
ANEXO 5 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-10m) – Carril Izquierdo.....	100
ANEXO 6 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-10m) – Carril Izquierdo.....	101
ANEXO 7 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-15m) – Carril Derecho	102
ANEXO 8 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-15m) – Carril Derecho	103
ANEXO 9 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-15m) – Carril Derecho	104
ANEXO 10 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-15m) – Carril Izquierdo.....	105
ANEXO 11 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-15m) – Carril Izquierdo.....	106
ANEXO 12 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-15m) – Carril Izquierdo.....	107
ANEXO 13 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-15m) – Carril Derecho.....	108
ANEXO 14 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-15m) – Carril Derecho.....	109
ANEXO 15 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-15m) – Carril Derecho.....	110
ANEXO 16 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-20m) – Carril Izquierdo.....	111



ANEXO 17	Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-20m) – Carril Izquierdo.....	112
ANEXO 18	Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-20m) – Carril Izquierdo.....	113
ANEXO 19	Ensayo 01 Rugosímetro Merlín – Carril Derecho	114
ANEXO 20	Ensayo 01 Rugosímetro Merlín – Carril Izquierdo	115
ANEXO 21	Ensayo 02 Rugosímetro Merlín – Carril Derecho	116
ANEXO 22	Ensayo 02 Rugosímetro Merlín – Carril Izquierdo	117
ANEXO 23	Ensayo 03 Rugosímetro Merlín – Carril Derecho	118
ANEXO 24	Ensayo 03 Rugosímetro Merlín – Carril Izquierdo	119
ANEXO 25	Pix4d licencia de no comercial	120
ANEXO 26	Civil 3d - licencia versión estudiante	121
ANEXO 27	ProVal - licencia acceso libre	121
ANEXO 28	Certificado de calibración rugosímetro de Merlín.....	122



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

IRI:	Índice de Rugosidad Internacional.
UAV:	Vehículos Aéreos no Tripulados.
P4RTK:	Phantom 4 RTK.
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global.
GSD:	Ground Sampling Distance (Distancia de Muestreo del Suelo).
UTM:	Universal Transversal Mercator.
ASTM:	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Estadounidense de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte).
TRRL:	Transport and Road Research Laboratory (Laboratorio de Investigación en Transporte y Carreteras).
MERLIN:	Roughness Roughness Evaluator Using Low Cost Instruments (Evaluador de rugosidad mediante instrumentos de bajo costo).
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
DG:	Diseño Geométrico.
ProVAL:	Profile Viewing and Analysis Software (Programa para el Análisis y Visualización de Perfiles).



RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo general de Comparar el índice de rugosidad internacional (IRI) en pavimentos flexible mediante el uso dron a diferentes alturas de vuelo frente al rugosímetro de Merlín. El desarrollo de esta investigación fue aplicado en el camino vecinal MO-590: (EMP.PE-36A– EMP. MO-602– Moquegua), en el tramo construido a la fecha de esta investigación, tomando como muestra de estudio de 400 metros desde la progresiva Km 7+700 hasta la progresiva Km 8+100. Para lo cual se hizo la comparación y correlación de resultados con los dos instrumentos de medición los cuales son: mediante el método tradicional (rugosímetro de Merlín) y un método poco explorado que es la fotogrametría (Uso de Dron – Phantom 4PRO). Los resultados indican que, en el carril derecho, presenta el índice de rugosidad en las lecturas tomadas con el Rugosímetro de Merlín, valores entre 1.13 m/km y 1.40m/km. Por otro lado, el carril izquierdo presenta el índice de rugosidad tomadas con el Rugosímetro de Merlín entre 0.90 m/km y 1.10m/km. Por otro lado, en ambos carriles, las lecturas con dron que más se aproximan a las del rugosímetro de Merlín, son las se realizaron a una altura promedio de 10 metros, sin embargo, el porcentaje de similitud obtenido es de 35.61% en promedio con una tendencia negativa.

Palabras Clave: Rugosidad, Pavimento, Fotogrametría, Dron



ABSTRACT

The present investigation was carried out with the general objective of comparing the international roughness index (IRI) in flexible pavements by using a drone at different flight heights against the Merlin roughness meter. The development of this research was applied to the MO-590 local road: (EMP.PE-36A – EMP. MO-602 – Moquegua), in the section built at the date of this research, taking 400 meters as a study sample. from the progressive Km 7+700 to the progressive Km 8+100. For which the comparison and correlation of results was made with the two measuring instruments which are: using the traditional method (Merlin roughness meter) and a little explored method which is photogrammetry (Use of Drone – Phantom 4PRO). The results indicate that, in the right lane, the roughness index in the readings taken with the Merlin Roughness Meter presents values between 1.13 m/km and 1.40 m/km. On the other hand, the left lane presents the roughness index taken with the Merlin Roughness Meter between 0.90 m/km and 1.10 m/km. On the other hand, in both lanes, the drone readings that are closest to those of the Merlin roughness meter are those carried out at an average height of 10 meters, however, the percentage of similarity obtained is 35.61% on average with a negative trend.

Keywords: Roughness, Pavement, Photogrammetry, Dron.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel internacional, uno de los principales indicadores para medir la rugosidad del pavimento es el Índice de Regularidad Internacional (IRI), el cual está relacionado con irregularidades verticales acumuladas a lo largo de un kilómetro, en relación a un plano horizontal en una superficie de pavimento. Se puede tener irregularidades en la vía debido a un deficiente proceso constructivo y el daño vehicular (Rodríguez et al. 2019).

A nivel nacional, según Moyano (2020), se tienen escasos instrumentos de medición del IRI o costosos, la rugosidad del pavimento es un parámetro para determinar el nivel de serviciabilidad de la carretera. De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2022), la red vial tiene una longitud total de 180,385.74 km, de los cuales, el 17.2% corresponde a vías pavimentadas, el 26.1% corresponde a vías afirmadas, el 20.8% corresponde a vías sin afirmar, el 32.2% corresponde a trocha y el 3.7% corresponde a vías proyectadas, las vías pavimentadas requieren mantenimiento periódico para evitar irregularidades en la superficie del pavimento. Así mismo, Camacho (2018) indica que el índice de rugosidad en pavimentos influye en el presupuesto de operación vehicular y el costo de mantenimiento de la vía, así como también en el nivel de comodidad y tiempo de transporte. Por esta razón, se exigen pruebas de regularidad en pavimentos.

Desde el punto de vista local, se realizó el análisis de rugosidad en la vía vecinal MO-590: (EMP.PE-36A – EMP. MO-602– Moquegua), en el tramo construido a la fecha de esta investigación, tomando como muestra de estudio desde la progresiva Km 7+700



hasta la progresiva Km 8+100. Este tramo tiene una rugosidad desconocida a la fecha, y el valor nos ayudará a conocer, el estado actual de la vía.

Desde el punto de vista económico, el proyecto se justifica debido a que, según Angarita et al. (2017), uno de los parámetros requeridos para la puesta en servicio de carreteras en todo el mundo es el IRI, el cual garantiza comodidad y seguridad para el usuario que transita por la vía. Actualmente obtener resultados de calidad se hace muy costoso y empleando métodos que generen rendimiento alto en campo empeora el costo, por lo que la toma de fotografías para medir este factor y así producir resultados de calidad, garantizando resultados eficientes para un producto representativo para el análisis.

Por otro lado, desde el punto de vista técnico, según Prosser-Contreras et al. (2020), el enorme campo de inspección y el mantenimiento de carreteras se basa normalmente en herramientas y metodologías basadas en conceptos antiguos. Esto no quiere decir que brinden malos resultados, sino que la modernización, el avance de la tecnología es inminente y debe hacerse para cumplir con el estado del arte actual.

La implementación de una nueva herramienta de recolección de datos para el cálculo del IRI en pavimentos flexibles, esto llevara al interés de instituciones públicas y privadas que se dedican a la construcción, mantenimiento y rehabilitación de vías. Se podrá obtener la información del estado superficial de pavimentos flexibles de manera más rápida, para mejorar la evaluación de la rugosidad en toda la superficie de rodadura, con fines de mejorar la gestión vial.

Por las razones expuestas, la insuficiencia de datos en la evaluación del IRI utilizando el rugosímetro Merlín, el tiempo de evaluación, y el rendimiento nos permite



solo la evaluación en una trayectoria longitudinal sobre una huella vehicular. Por este motivo, nace la necesidad de evaluar toda la superficie de rodadura. Debido a esta problemática, se propone analizar el IRI en pavimentos flexibles, utilizando drones, aplicando la fotogrametría es posible obtener modelos digitales de terreno y obtener perfiles longitudinales para la evaluación de toda la superficie de la carretera y a su vez esto nos lleva al planteamiento del problema.

1.1.1 Pregunta General

¿Cuál es el índice de rugosidad internacional (IRI) en pavimento flexible mediante el uso de dron a diferentes alturas de vuelo y el rugosímetro de Merlín?

1.1.2 Pregunta específica

- ¿Cuál es la influencia de altura de vuelo con Dron en el cálculo del IRI?
- ¿Cuál es el IRI mediante el uso de dron a diferentes alturas de vuelo frente al rugosímetro de Merlín?

1.2 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Hipótesis general

El Índice de rugosidad internacional (IRI) en pavimento flexible mediante el uso de dron a diferentes alturas de vuelo es parecido que el rugosímetro de Merlín en la vía MO-590-MOQUEGUA.

1.2.2 Hipótesis específicas

- No existe diferencia significativa en el cálculo de IRI a diferentes alturas de vuelo con Dron.



- No existe diferencia significativa mediante el uso dron a diferentes alturas de vuelo frente al Rugosímetro de Merlín.

1.3 OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Comparar el índice de rugosidad internacional (IRI) en pavimentos flexible mediante el uso dron a diferentes alturas de vuelo y el rugosímetro de Merlín en la vía MO-590-MOQUEGUA.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de altura de vuelo con Dron en el cálculo del IRI.
- Comparar el índice de rugosidad internacional (IRI) obtenido mediante el uso dron a diferentes alturas de vuelo frente al rugosímetro de Merlín.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Prosser-Contreras et al. (2020) presenta la siguiente investigación, la cual tiene como objetivo identificar herramientas modernas para el mantenimiento y análisis de carreteras, Utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAVs), cámaras y GPS, se reconstruyen modelos virtuales tridimensionales, los cuales son útiles para extraer la información necesaria. De esta forma, es posible obtener perfiles longitudinales asociados a la vía, y con ello se calcula el índice internacional de rugosidad (IRI), que arroja resultados dentro de 0. Los valores de IRI son del orden de 2,5 mm/m para vías nuevas y de 12 mm/m para vías con mayor uso y deterioro. Para capturar este rango de deformaciones, es necesario un GSD < 0.5 cm/px. Esto se consigue, para el dron utilizado en alturas inferiores a 10 m. Para este experimento, el rango de alturas considerado es de 1 a 10 m.

Rodríguez et al. (2019) en su investigación tiene como objetivo general implementar un equipo para realizar la medición y la verificación del IRI, a través del rugosímetro de Merlin que permita evaluar la regularidad en la superficie de los pavimentos en El Salvador cuya metodología comprende el desarrollo de un equipo, se utilizará la tecnología de un costo bajo, para que la recolección de datos y manipulación de datos sea más rápido para la obtención de IRI llegando así a resultados similares aun perfilómetro de clase 1 en tiempo y espacio.



Hernández (2018) en su investigación tiene como objetivo calcular el índice de regularidad internacional (IRI) del tramo de estudio, el cual se desarrolla desde la entrada de la Pontificia Universidad Bolivariana hasta el edificio “K”. Se desarrolló una guía, la cual está basada en experiencia en campo, la normal INVIAS-13 y las recomendaciones realizadas por el fabricante del equipo. Los resultados indican que la selección de equipos en campo está basada en la clase de vía y la longitud del tramo de estudio.

Angarita et al. (2017) en su estudio tiene como objetivo general desarrollar el IRI a través de la fotogrametría y métodos tradicionales de topografía, en un tramo de vía, la cual estaba conformada por pavimento flexible. Se utilizó la fotogrametría, uso de nivel y mira. Finalmente, se determinó el IRI sobre el tramo de estudio y la zona donde transitan los vehículos, se analiza también toda la carpeta asfáltica con la finalidad de obtener la rugosidad con un detalle y precisión mayor.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Flores (2022) en su informe de tesis determinó el índice de regularidad internacional del pavimento, utilizando el ABAKAL IRI, el cual es un teléfono digital, y contrastar la información obtenida con el rugosímetro de Merlin. La investigación consistió en realizar el trabajo de campo en el tramo de estudio elegido, el cual consiste en la Av. Los Ángeles. Se obtuvieron 6 ensayos en cada sentido de la vía, en total, 12. En una de las calzadas se obtuvo un IRI de 5.10 m/km, mientras que en la otra calzada se obtuvo un valor de 6.68 m/km, cabe señalar que se desarrollo en una longitud de 400 metros, obteniéndose como resultado promedio un valor de 5.89 m/km. Se concluyó que con los valores IRI



de las dos herramientas utilizadas en el estudio, que el estado de pavimento es muy malo, la transitabilidad es mala y de acuerdo al valor del PSI obtenido, se debe reconstruir la carretera en los tramos muy dañados y rehabilitación y recapeos en los tramos donde existen desprendimientos de agregados finos.

Flores et al. (2022) indicó en su investigación el desarrollo de la ecuación matemática original para el cálculo del IRI, obtenida con el rugosímetro de merlin. En primer lugar, se determinó el alineamiento con las coordenadas UTM y una herramienta que determina tramos rectos y curvos llamada Spline, además se dividió en tramos y se sectorizó utilizando los criterios plasmados en el procedimiento (IRI en m/km, el grado de curvatura horizontal y el índice de sinuosidad). Con los pares ordenados, se determinaron las correlaciones utilizando el método de los mínimos cuadrados con el software SPSS V25. Se concluyó que el CCR es el parámetro que más influye en el IRI presentando una distribución normal de $p > 0.05$, según la prueba Shapiro Wilk. Además, se obtuvo una correlación de Pearson de 0.901, correspondiente a una correlación muy alta con el IRI.

Tingal (2021) en su investigación esume el análisis del IRI del pavimento flexible de la vía Cajamarca – Baños del Inca utilizado el Rugosímetro de Merlin, a partir del cual se verifica las condiciones de transitabilidad, serviciabilidad y confort, con el objetivo de obtener resultados que luego de relacionarlos y compararlos, obtener valores y así dar una calificación real de cómo se encuentra la superficie de la vía. El desarrollo de esta investigación se inició con la inspección visual en campo, medición del tráfico, levantamiento topográfico en ambas calzadas y posterior a esto realizar mediciones de las irregularidades con el



Equipo Merlin tomando medidas cada dos metros (equivalente a una vuelta de rueda) en tramos de 400 metros; y así estos datos procesarlos y obtener resultados que nos sirvieron como base o ejemplo de investigación y así brindar apoyo en futuros estudios, diseños y construcción de pavimentos asfálticos con el fin de brindar una solución a las diferentes deficiencias constructivas. Así mismo de los resultados obtenidos se determinó valores de la rugosidad en unidades del IRI siendo los siguientes: para la calzada de ida (Cajamarca – Baños del Inca) el valor del IRI fue 1.07 m/km; y para la calzada de vuelta (Baños del Inca – Cajamarca) se obtuvo un valor de 1.10 m/km. Por lo tanto, podemos afirmar que a partir de las mediciones con el Rugosímetro MERLIN, estos datos y resultados que nos brinda este equipo, son datos eficientes además de ser una herramienta de fácil uso y de bajo costo.

Chambilla et al. (2021) en su investigación tiene como objetivo evaluar la superficie del pavimento flexible a través de una herramienta llamada rugosímetro de merlin. Además, se usó el software IRI – Calc – Free. El tramo de estudio está ubicado en la ciudad de Puno, en la Av. Simón Bolívar. Se realizaron los ensayos en 32 unidades de muestra, cada una con 400 metros en total. Se utilizó el software anteriormente mencionado en 6.4 km a lo largo de la vía, en los carriles que tiene la vía. Se obtuvo como resultado con el rugosímetro de Merlin un IRI de 3.28 y 3.51, teniendo una clasificación de regular, mientras que con el software IRI- Calc148 se obtuvo un IRI de 3.85 y 4.21, los cuales están clasificados como regular y malo respectivamente.

Alvarado et al. (2022) presenta la siguiente investigación, la cual tiene por objetivo realizar una evaluación superficial del pavimento flexible de la calle



Antúnez de Mayolo; mediante el rugosímetro de MERLIN y el método PCI para la mejora de la transitabilidad de dicha calle evaluada. La elaboración de este estudio tuvo como inicio con una inspección de campo el día 16 de Febrero, donde se identificó: el diseño geométrico de la vía (método Rugosímetro de MERLIN) y las unidades de muestreo a inspeccionar (método PCI) y, posteriormente para el 18 de Febrero se evaluó la rugosidad en campo utilizando el equipo rugosímetro de MERLIN y se anotó las lecturas de las desviaciones del tablero del equipo por ambos sentidos del carril de la vía en las fichas de campo elaborados, luego el día 20 de Febrero se inspeccionó el reconocimiento de fallas en campo y se registró en las fichas de campo para el método PCI. Para el trabajo de gabinete se realizó hojas de cálculo y software para un procesamiento de datos adecuado. Acorde a los resultados en gabinete por el método de rugosímetro de MERLIN se determinó que la rugosidad en el carril de subida es igual a 6,801 m/km, y en el carril de bajada es igual a 4,376 m/km, por lo que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) promedio de la vía evaluada es igual a 5,588 m/km, considerando el estado del pavimento como Muy Malo. Así mismo para los resultados obtenidos por el Método PCI, se obtuvo para el carril de subida un valor de PCI de 46,10 y para el carril de bajada un valor de PCI de 55,36, por lo que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) promedio es igual a 50,73, clasificando como condición Malo. Finalmente mediante los resultados del IRI y PCI de la vía investigada, se determinó la transitabilidad, utilizando el valor ponderado del rugosímetro de MERLIN, donde se obtuvo un valor $PSI = 1.81$, con una clasificación de transitabilidad mala, asimismo con los resultados de la metodología $PCI = 50,73$, con una clasificación de pavimento regular, donde podemos indicar la recomendación de tipo de intervención, para la mejora de la transitabilidad de la



calle Antúnez de Mayolo, considerando una Rehabilitación – Refuerzo Estructural.

Goicochea et al. (2020) en su investigación tiene como objetivo general comparar el índice de rugosidad internacional del tramo de estudio (Av. Enrique Meiggs), se evaluó la superficie del pavimento de dicho tramo utilizando el software Roadroid y la fotogrametría. Se llegó a la conclusión que la fotogrametría posee un grado de precisión alta, la cual indica que es de clase 1 y contiene una complejidad de evaluación compleja, para un rendimiento de 4 km/día, llegando a la conclusión que los resultados son muy favorables.

Camacho (2019) presentó esta investigación donde el objetivo principal de este proyecto de tesis, se basa en el estudio de la rugosidad en pavimentos, donde se escogió una de las vías más transitadas de la ciudad de Puno la Av. Floral (carril derecho y carril izquierdo). Para lo cual se hizo un análisis y comparación con dos métodos los cuales son: El método tradicional (Rugosímetro de Merlín) y un método innovador (Aplicación del Roadroid). En el presente proyecto de tesis, para lo cual se propone un nuevo método innovador aplicado a smartphones (Roadroid), donde se hace una comparación con el método tradicional (Rugosímetro de Merlín), según el banco mundial este equipo es uno de los más recomendados para calibrar otros equipos. Dicho esto tanto el método tradicional y el método innovador miden la rugosidad en pavimentos. Llegando a la conclusión que el Roadroid nos proporciona valores similares al Rugosímetro de Merlín y se puede aseverar que el rendimiento es mucho mejor con la aplicación del Roadroid.



Peña (2018) en su investigación tiene como objetivo principal la evaluación del índice de regularidad internacional tanto real como teórico. Se aplicaron metodologías aprobadas y normadas en el Perú, estos lineamientos fueron utilizados para el cálculo del IRI teórico y el IRI real. El tramo de estudio consiste en la carretera Huancari – Paucartambo, las progresivas van desde el km 0+000 hasta la progresiva 17+320. Para el cálculo del IRI teórico se utilizó Civil 3D y ProVAL 3.61, además se utilizó la información que se encontraba en el expediente técnico y en los planos. Para el cálculo del IRI real se utilizó el rugosímetro III ARRB. Se obtuvieron resultados diferentes de cero, donde se llegó a la conclusión que el IRI teórico y el IRI real son directamente proporcionales. Además, el IRI promedio teórico es de 0.56 m/km, mientras que el IRI real es de 1.51 m/km.

2.1.3 Antecedentes Locales

Velasquez (2021) desarrolló una investigación, la cual tienen como objetivo determinar la tipología de conservación que mejor se adecua a la superficie de rodadura de pavimento flexible del tramo de estudio, el cual corresponde a la Av. Circunvalación en Puno. Se aplicaron las metodologías que indica la norma ASTM D 6433-03 y el MTC. La metodología fue cuantitativa, el tipo de investigación es descriptivo y el nivel de investigación fue correlacional, también tuvo un diseño no experimental. La investigación tiene como principal conclusión que el método más adecuado para poder conservar la superficie del pavimento en estudio es el método que corresponde a la ASTM 6433-03 debido a la facilidad de recolectar los datos y no requerir equipos especializados para su implementación.



Callacondo (2020) desarrolló una investigación, la cual tiene como objetivo determinar el índice de rugosidad internacional a través del método estático directo, llamado Rod an Level, y compararlo con un método indirecto (Dron P4RTK). Se analizó la precisión y exactitud de la medición del valor del IRI. Los resultados obtenidos indican que el IRI calculado mediante el método directo es de 18.55 m/km mientras que por el método indirecto se obtuvo un IRI de 17.42 m/km y 15.67 m/km. Se llegó a la conclusión un porcentaje de similitud de 93.89 con una fuerte proyección y valor de correlación positivo. Se obtiene una confiabilidad aceptable, la cual es recomendable para planificar o desarrollar planes viales.

Vilca et al. (2020) desarrollo una investigación, la cual tiene como finalidad evaluar la condición del pavimento flexible del tramo de estudio, el cual consiste en la vía ubicada entre las Av. Floral y Av. El Sol, Puno. Para poder cumplir con el objetivo, fue determinante conocer la condición del pavimento, regularidad y las deflexiones características. La muestra consistió, como se mencionó anteriormente, en la vía ubicada entre las Av. Floral y Av. El Son, las cuales son dos de las avenidas principales de la ciudad con un tránsito considerado como alto y una carga vehicular que puede ser importante. Se realizó la calificación con la metodología del Índice de Condición de Pavimento. Los ensayos realizados fueron: Rugosímetro de Merlin, y la viga Benkelman. Se llegó a la conclusión que la condición del pavimento es deficiente y se recomienda una rehabilitación de la estructura del pavimento, además se indica que los resultados obtenidos están por debajo de los límites permisibles para cada metodología.

Camacho (2018) desarrolló una investigación, la cual tiene como finalidad el cálculo del índice de rugosidad en pavimientos flexibles del tramo de estudio, el cual consiste en la Av. Floral ubicada en la ciudad de Puno (se estudiaron ambos carriles). Se realizó un análisis y una comparación con ambos métodos, los cuales son el método tradicional (rugosímetro de Merlin) y un software llamado Roadroid. Se llegó a la conclusión que el software utilizado nos proporciona valores similares a los obtenidos con el rugosímetro de Merlin, incluso, de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede asegurar que el rendimiento es mayor con el software Roadroid.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Carretera

Es una infraestructura de transporte, ya sea un acceso, trocha o vía asfaltada, que es de uso público y vehicular. Así mismo, según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2018), una carretera se define como un camino sobre el cual se desplazan vehículos motorizados con al menos dos ejes, cuyas propiedades geométricas, tales como inclinación lateral y longitudinal, superficies de rodaje, cumplen con los requisitos mínimos para MTC.

Existen diferentes clasificaciones, según la cantidad de vehículos, la ubicación geográfica en la que se encuentran o las zonas a las que están conectados. Lo que se debe tener en cuenta al diseñar la estructura vial, ya que de ello depende la cantidad de trabajo y por supuesto los costos (Rico et al., 2010).

De acuerdo al Manual de carreteras DG – 2018, las carreteras se clasifican según la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de Carreteras según DG-2018

Tipo de Clasificación	Sub-Clasificación
Por demanda	Autopista de Primera Clase
	Autopista de Segunda Clase
	Carretera de Primera Clase
	Carretera de Segunda Clase
	Carretera de Tercera Clase
Por orografía	Trochas carrozables
	Terreno plano (tipo 1)
	Terreno ondulado (tipo 2)
	Terreno accidentado (tipo 3)
	Terreno escarpado (tipo 4)

Nota. Esta tabla indica el tipo de clasificación de carreteras según el Manual de Carreteras, Diseño Geométrico del año 2018, fuente: DG-2018.

2.2.2 Pavimento

Es una serie de capas que se encuentran asentadas sobre una fundación que recibe el nombre de subrasante. Así mismo, La estructura como tal permite una superficie de rodamiento que a la vez permita un, como menciona “tráfico seguro y confortable, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática” (Castillo, 2010, p. 99).

El revestimiento debe ser estable, su naturaleza sujeta al desgaste por abrasión de los neumáticos y garantizar su durabilidad en condiciones de drenaje adecuadas. Como toda obra de infraestructura los “factores de costo y de vida útil

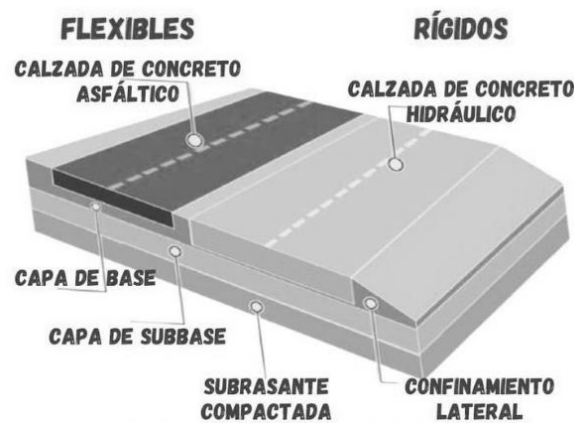
son muy importantes” (UMSS, 2004). También se considera que el pavimento debe ser durable y económico.

Históricamente ha habido dos tipos de pavimentos: no rígidos y rígidos. Dependiendo del uso, la vida útil y las condiciones climáticas, estos tipos se combinan y hay una tercera clase, almohadillas semirrígidas.

Por otro lado, los pavimentos se dividen en:

Figura 1

Esquema típico del paquete estructural de un pavimento



Nota. La figura muestra la estructura de una carretera, mostrándose dos tipos de pavimentos: rígido y flexible, fuente: (castillo, 2010).

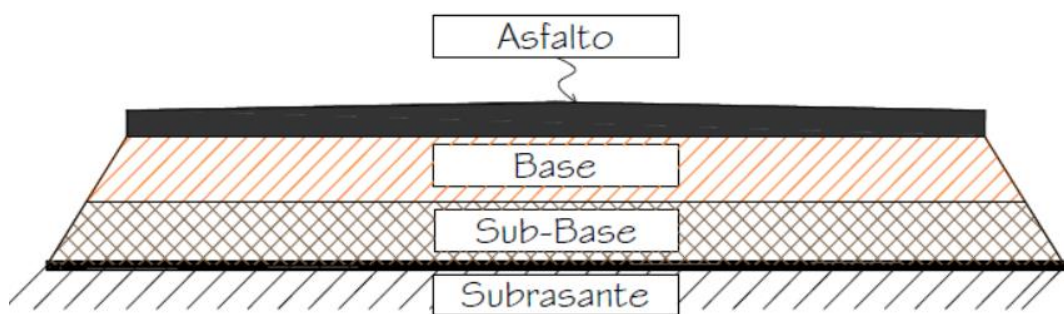
- Pavimentos Flexibles

Una estructura caracterizada porque en la capa superior, la capa que se encuentra en la base o en contacto con los neumáticos tiene una superficie asfáltica (Rico et al., 2010).

Así mismo, el Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y Pavimentos (2014), define un pavimento flexible como una estructura cuya composición se basa en capas granulares (base y subestructura) y una capa superficial que contiene materiales bituminosos como ligantes, áridos y en ocasiones aditivos.

Figura 2

Sección típica de un pavimento flexible



Nota. La figura muestra la estructura de pavimento flexible, fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos 2014.

- Pavimentos Rígidos

A diferencia de un pavimento flexible, un pavimento rígido se caracteriza por la presencia de una capa superficial muy rígida, que es una losa de hormigón hidráulico. Esta capa de concreto permite a través de toda su superficie “distribuir las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores” (Miranda, 2010, p. 9). Esta capa se caracteriza porque distribuyen las cargas verticales, de los neumáticos, sobre un área grande y con presiones muy reducidas (Rico et al., 2010).

Se compone principalmente de una imprimación o base granular y una capa superficial de losas de hormigón con cemento hidráulico como ligante, áridos y algunos aditivos. Existen 3 categorías: losas de hormigón en masa con juntas,

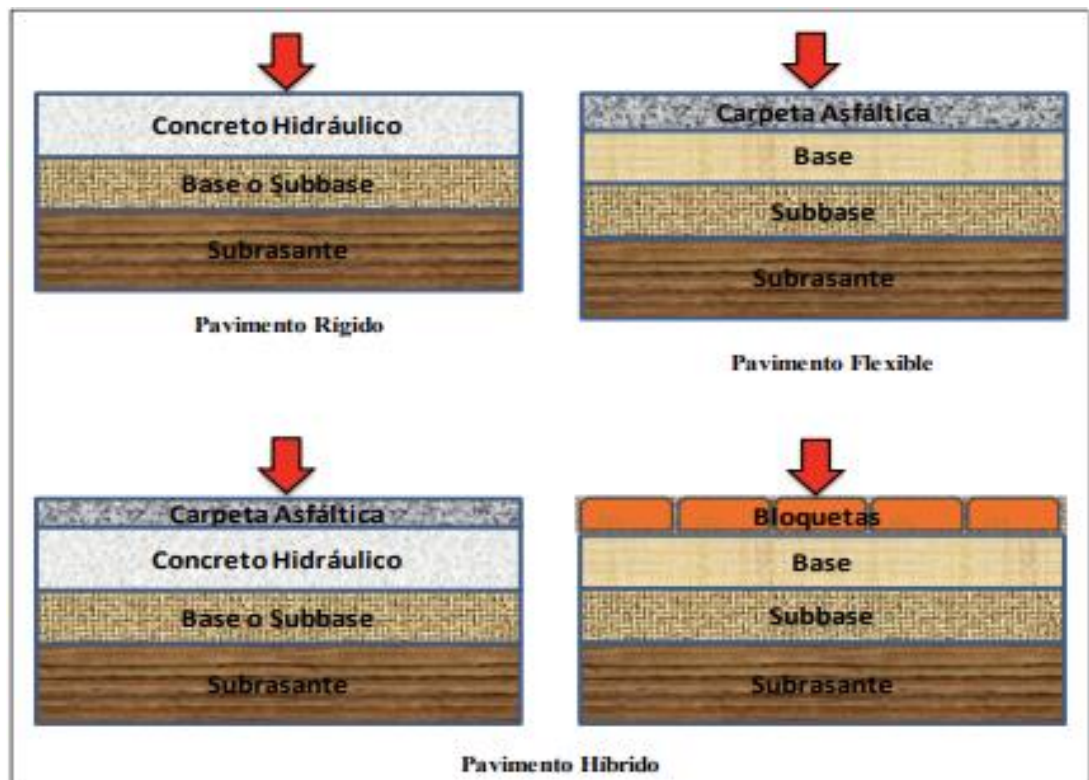
con juntas y armadura de acero en forma de fibras o mallas y con armadura maciza (MTC, 2014).

- Pavimentos Semirrígidos

Este tipo de recubrimiento se caracteriza por combinar un recubrimiento flexible y un recubrimiento rígido (Rico et al., 2010).

Figura 3

Esquema de paquete estructural de los pavimentos flexibles rígidos e híbridos



Nota. La figura muestra la estructura de diferentes tipos de pavimentos, fuente: MTC 2014.

De acuerdo al método de AASHTO 93 son necesarios los siguientes factores para el diseño del pavimento (MTC, 2014):

- Estudios de tráfico

- Estudios de mecánica de suelos
- El clima

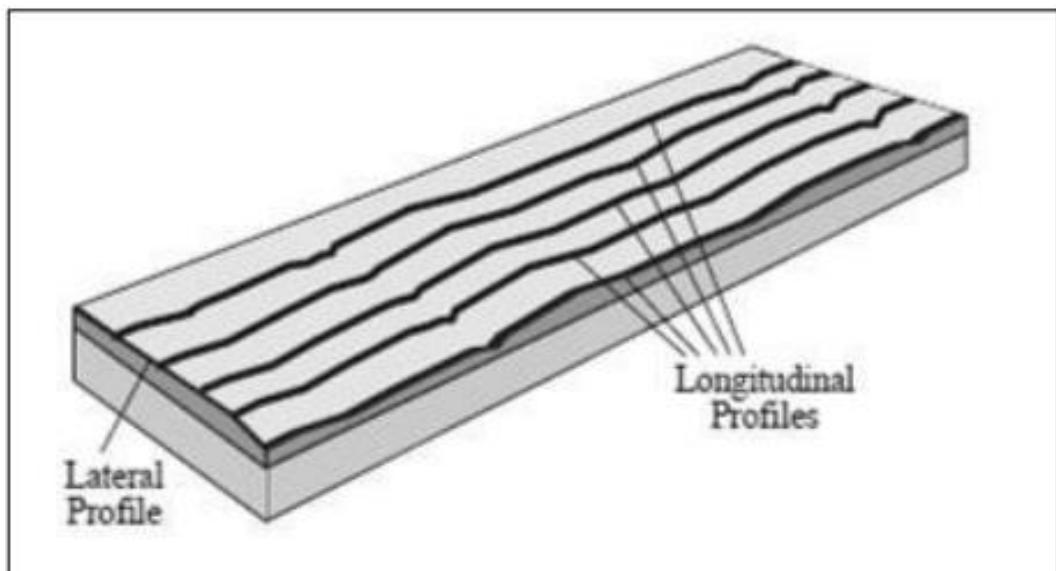
Finalmente, se elige una alternativa de diseño viable, la cual tiene que tener en cuenta el análisis de ingeniería y contractibilidad y el análisis de costo de vida (Maximiliano, 2016).

2.2.3 Rugosidad superficial del pavimento

Según ASTM E867-06 (2012), define la rugosidad como la desviación de una superficie determinada de una superficie plana teórica con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de conducción, las cargas dinámicas y el drenaje, perfil longitudinal y perfil transversal.

Figura 4

Esquema de Perfil longitudinal de una carretera



Nota. La figura muestra el perfil transversal y longitudinal de una vía, donde se muestran las irregularidades de la superficie (rugosidad), fuente: ASTM E867-06 (2012).

Algunos autores prefieren utilizar el término "regularidad" porque este concepto se asocia más fácilmente con la definición de rugosidad que con el



término "rugosidad". Por lo tanto, es posible que encuentre una bibliografía que discuta vagamente los conceptos de regularidad; Sin embargo, para los fines de este estudio, es preferible utilizar el término rugosidad para referirse a las irregularidades de la superficie que tienen un impacto negativo en la calidad de conducción, la seguridad y los costos operativos de un vehículo.

A continuación, se presentan las ventajas de un pavimento sin rugosidad:

- Tiempo de conservación.
- La vida de servicio aumenta.
- Disminuye el consumo de combustible y el costo de mantenimiento del vehículo.
- Disminuye el costo de mantenimiento del pavimento.
- Disminución de las cargas dinámicas en los pavimentos

Por otro lado, se muestran los factores que afectan la rugosidad de los pavimentos:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El número estructural.
- Las propiedades del concreto asfáltico utilizado.
- Las características del medio ambiente.
- Propiedades de la base granular, como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Propiedades de la subrasante, como el índice de plasticidad.
- Extensión y severidad de las fallas en el pavimento



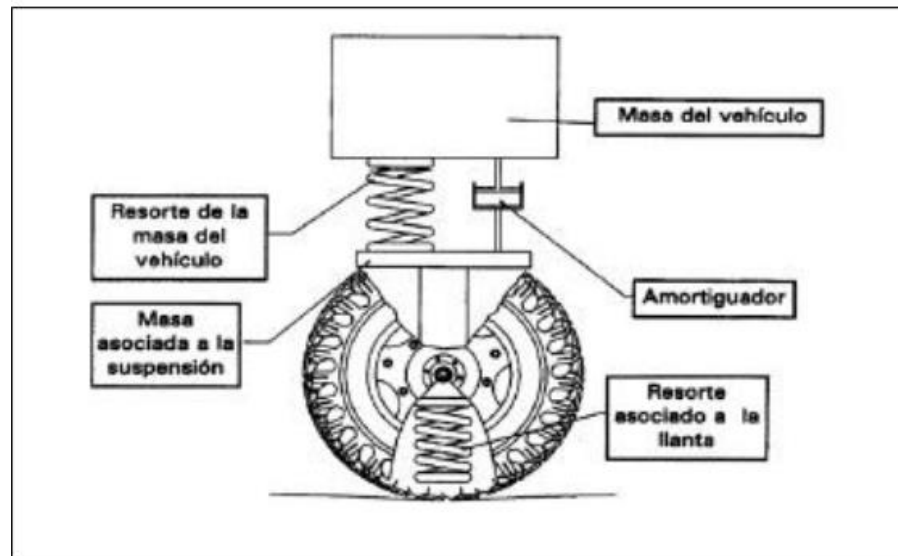
2.2.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI es un estándar de porcentaje de pliegue aparente de las carreteras, el cual permite identificar en qué condiciones superficiales se encuentra un espacio de suelo y detectar anomalías en algunos de sus tramos. El Índice Internacional de Rugosidad permite definir rangos o niveles de regularidad para tramos nuevos de autopistas y carreteras, sirviendo como un parámetro.

IRI también se define como la acumulación de desplazamientos verticales que experimenta una suspensión de rueda (una cuarta parte de un automóvil) al atravesar una superficie a una velocidad de referencia de 80 km/h. El modelo de un cuarto de automóvil se basa en una rueda representada por un resorte vertical, una masa del eje sostenida por un neumático, un resorte de suspensión, un amortiguador y una masa del vehículo sostenida por la suspensión de la rueda. Las desviaciones a lo largo del camino se acumulan y se dividen por la distancia horizontal para calcular la rugosidad en IRI, como dice en su propia definición (Sayers et al., 1998).

Figura 5

Esquema del modelo cuarto de carro



Nota. La figura muestra un esquema de la respuesta dinámica de una rueda de un vehículo y como se reporta el índice de rugosidad internacional, fuente: (Camacho, 2018).

Actualmente, el IRI es uno de los reguladores más importantes en cuanto al grado de rugosidad o regularidad de pavimento, lo que se refleja en el nivel de confort, seguridad y costos de operación para los usuarios. así como reducir los efectos dinámicos sobre la superficie de la carretera.

2.2.5 Escalas y características del IRI

El IRI tiene unidades de milímetros por metro (mm/m), metro por kilómetro (m/km) o pulgada por milla (in/mi).

Según la Norma Técnica Peruana CE.010 y el MTC, la cual será tomado como referencia para nuestra investigación; los parámetros que utilizan para la clasificación de un pavimento según su rugosidad IRI, son los siguientes:

Tabla 2

Clasificación de un pavimento según su índice de rugosidad

Estado	Vías Pavimentadas	Vías 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	$4 < IRI \leq 5.0$	$10 \leq IRI$
Muy malo	$5 < IRI$	$9 < IRI \leq 10$

Nota. La tabla muestra la clasificación de un pavimento según su índice de rugosidad,

fuelle: Norma Técnica Peruana CE.010.

Sayers et al. (1998), presenta un estándar para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías; donde el rango de la escala del IRI varía de acuerdo al tipo de camino:

- IRI de 0 a 12: Vías pavimentadas
- IRI de 0 a 20: Vías no pavimentadas

Donde 0 m/km es un camino perfectamente uniforme y 12 o 20 un camino intransitable.

Así por ejemplo el caso de la norma peruana que exige máximo 2.5 m/km de IRI para vías expresas, tiene que ver con el límite de velocidad máxima con la que se diseñan estas vías de entre 80 y 100 km/h (Norma Técnica Peruana CE.010).

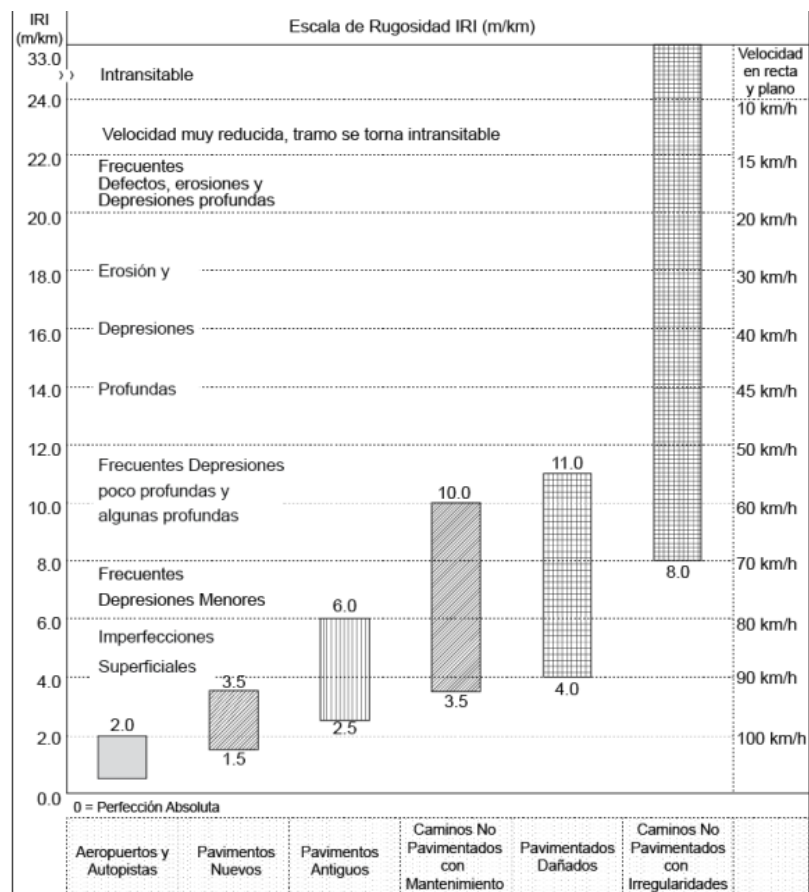
Asi mismo el Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. sección de suelos y pavimentos R.D. N°10-2014-MTC/2014, en el capítulo XII sección de pavimentos flexibles en carreteras, menciona que la

regularidad superficial está vinculada a la satisfacción del usuario, definida por la calidad de la superficie de rodadura y seguridad vial.

El IRI que representa la regularidad superficial de un pavimento, afecta la operación vehicular, confort, velocidad de viaje y desgaste vehicular. Esta ha sido definida a partir de los estudios realizados en Brasil en el año 1982, donde muestra un gráfico en escalas de rugosidad para distintos tipos de pavimentos y condición.

Figura 6

Escala de rugosidad IRI (m/km)



Nota: la figura muestra la escala IRI para distintos tipos de superficies viales, fuente. Manual de carreteras, sección de suelos y pavimentos 2014.

2.2.6 Dron

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV), comúnmente conocidos como drones, son pequeñas plataformas aéreas que se controlan de forma remota o mediante software. Gozan de una gran popularidad en todo el mundo debido a sus aplicaciones militares, pero también existe una amplia gama de aplicaciones para esta tecnología en el sector civil, empezando por la toma de fotografías que pueden convertirse en ortofotos y modelos 3D después del procesamiento digital (Martínez, et al. 2009). Los estudios también han empleado el uso de drones económicos para recopilar información sobre las condiciones de los caminos rurales y proporcionar resultados con buena precisión y confiabilidad (Zhang et al. 2012).

Los drones se clasifican en:

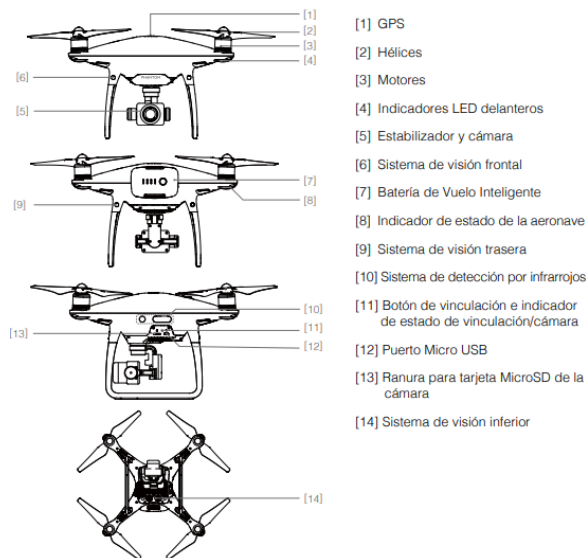
- Ala fija
- Ala rotatoria o multirrotor
- híbridos

2.2.7 Dron Phamtom 4PRO

DJI Phamtom 4 Pro/Pro+ es una aeronave clasificada de tipo multirrotor cuadricóptero, cuenta con una cámara aérea extremadamente inteligente, con sensores de visión en 5 direcciones y de infrarrojos que permite esquivar obstáculos durante el vuelo. Ofrece una cámara de 20 megapíxeles para capturar fotos y videos con mayor claridad y resolución (DJI, 2017).

Figura 7

Diagrama de dron Phantom 4Pro



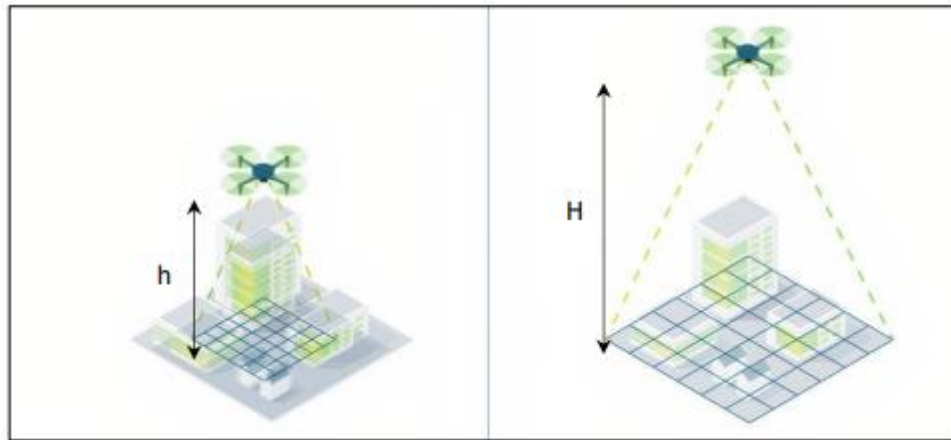
Nota: en la figura se muestra el diagrama de la aeronave utilizada en esta investigación, fuente: (DJI, 2017).

2.2.8 Distancia de muestro del suelo (GSD)

Es la distancia entre dos centros de píxeles consecutivos medidos sobre la superficie de la tierra. A mayor tamaño de píxel en el terreno (GSD) de la imagen, menor es la resolución espacial de la imagen. El tamaño de píxel en el terreno (GSD) se relaciona con la altura del vuelo: a mayor altitud del vuelo, mayor es el valor del GSD (PIX4D, 2023).

Figura 8

Relación de GSD y altura de vuelo



Nota: la imagen muestra la relación de GSD y altura de vuelo, fuente: (PIX4D, 2023)

2.2.9 Rugosímetro de Merlín

El laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el rugosímetro MERLIN (abreviatura del término inglés “Roughness Roughness Evaluator Using Low Cost Instruments”) basado en el principio de un perfilómetro estático, con el objetivo de obtener dispositivos económicos, facilidad de uso y método de análisis simple con resultados confiables (Hirpahuanca, 2016).

Fue diseñado en la base de una simulación de estas operaciones de medidas de perfil de la vía en el “International Road Roughness Experiment” (Sayers et al., 1986) Experimento Internacional de Rugosidad de la Vía.

El rugosímetro de Merlín o Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation, es un instrumento simple, de bajo costo, que evalúa la

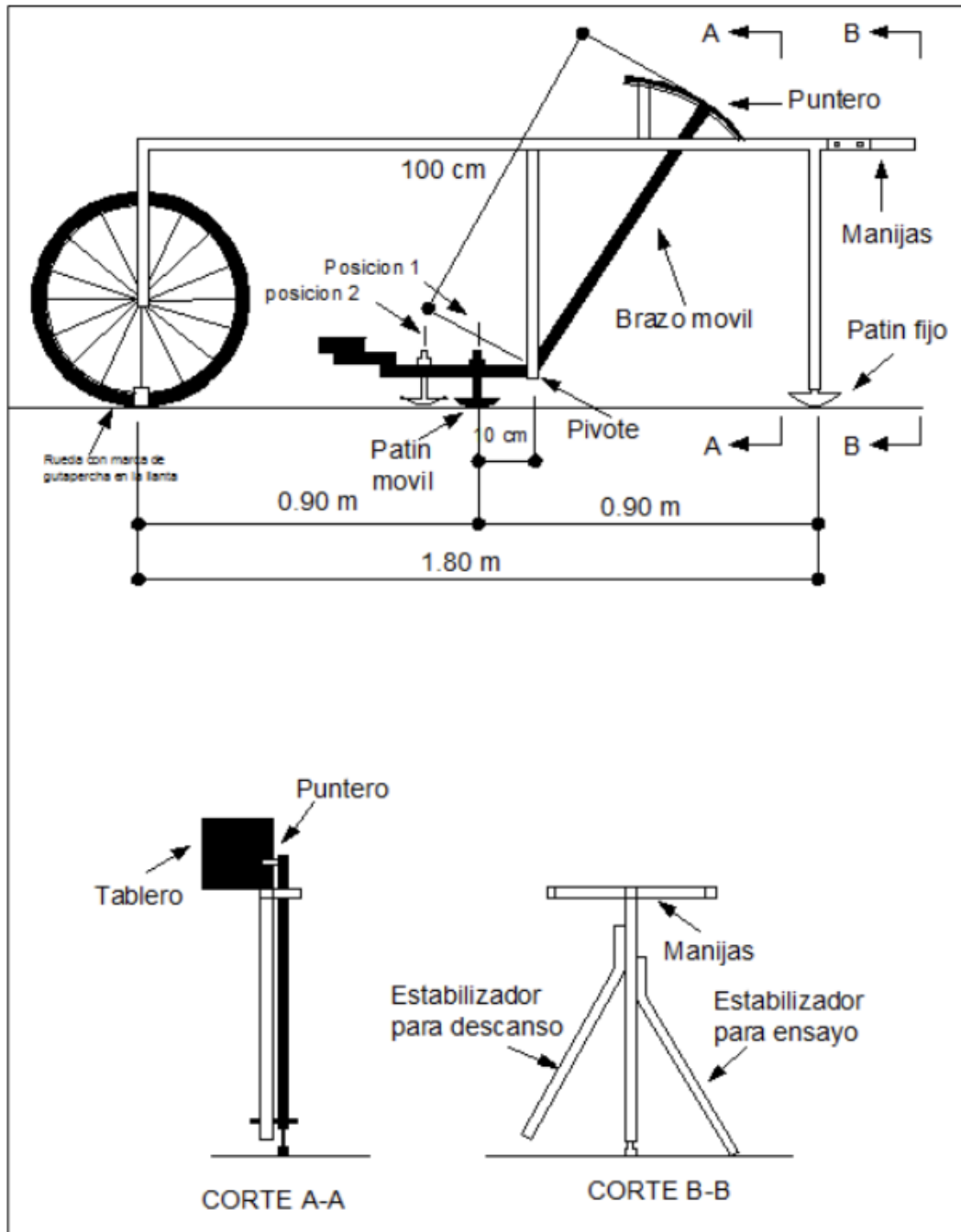


regularidad del pavimento en función a la medición de las deformidades longitudinales de la superficie del pavimento (Cruz Toribio, 2022).

El rugosímetro Merlín consta de un marco formado por dos elementos verticales y un elemento horizontal. Para facilitar el movimiento y la operación, el elemento vertical delantero es una rueda y el elemento trasero tiene dos soportes inclinados montados lateralmente, uno a la derecha para fijar el equipo al suelo durante la prueba y el otro a la izquierda. El elemento horizontal sobresale por la parte trasera y tiene 2 asas que permiten levantar y mover el dispositivo para que ruede sobre la rueda como una carretilla (Del Águila, 1999).

Figura 9

Esquema del Rugosímetro MERLIN



Nota. La figura muestra un esquema y las partes del rugosímetro de Merlin, fuente: (Del Águila, 1999).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicado al sureste del Perú, en el departamento de Moquegua y la provincia de Mariscal Nieto, situada a 1.410 msnm en la vertiente occidental de la cordillera de los andes, en el valle costero del río Moquegua.

3.1.1 Ubicación política

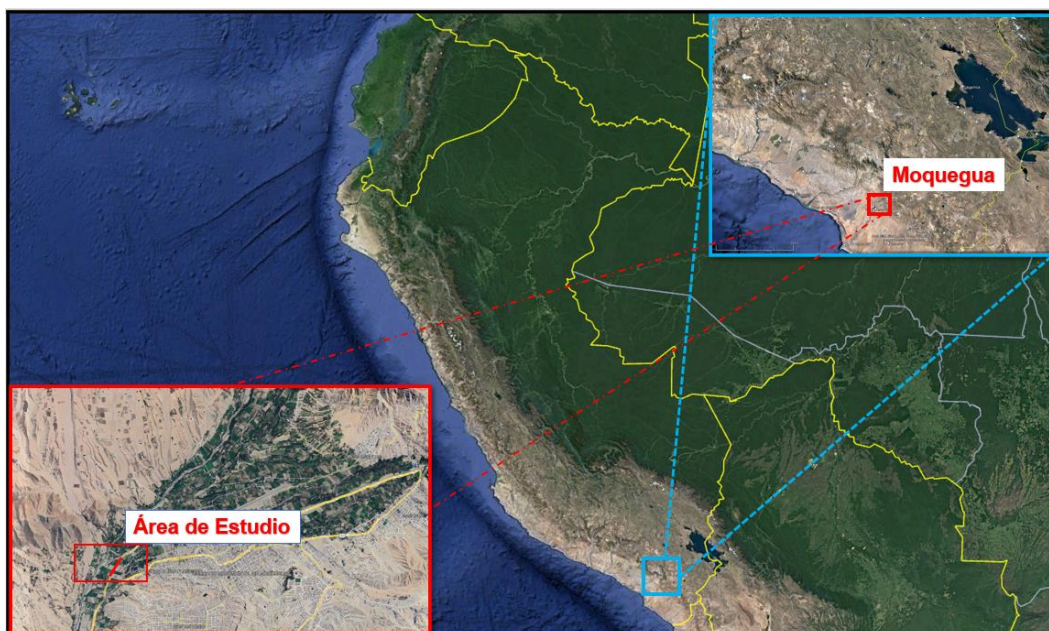
Departamento : Moquegua

Provincia : Mariscal Nieto

Distrito : Samegua

Figura 10

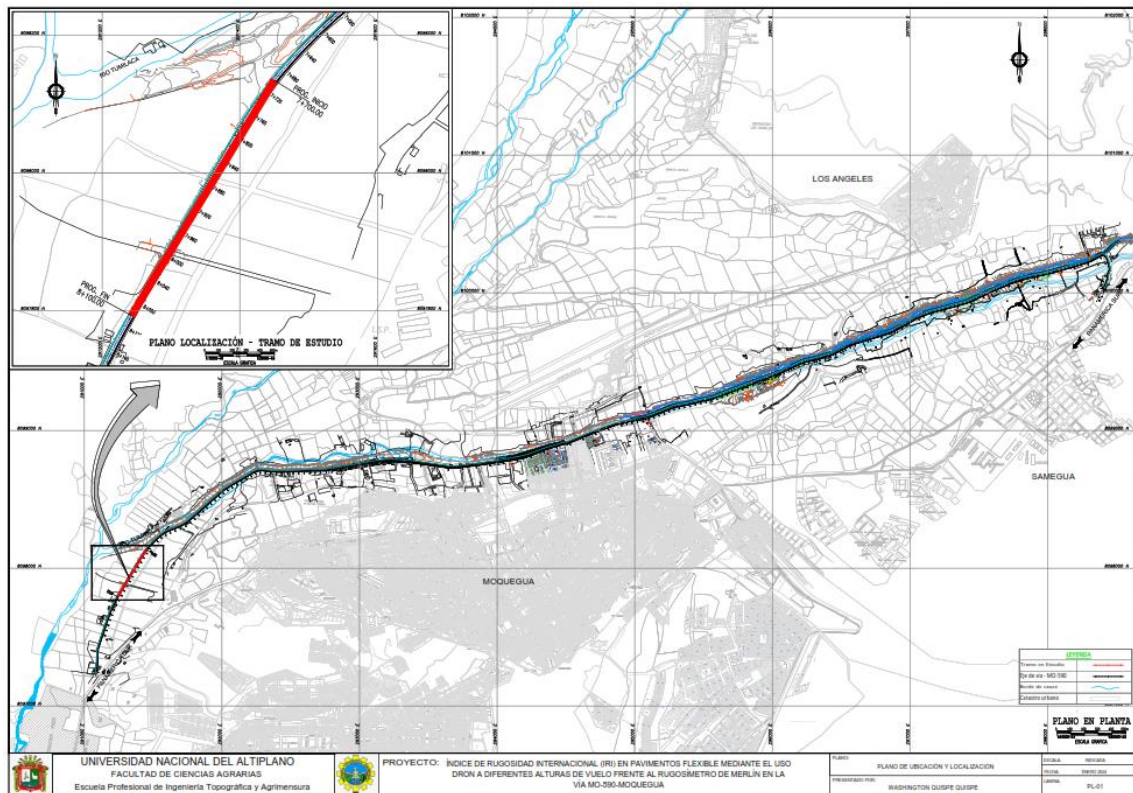
Ubicación del área en estudio



Nota: las imágenes fueron obtenidas mediante el explorador de Google earth.

Figura 11

Localización del área en estudio



Nota: la imagen muestra la ubicación y localización del tramo en estudio.

3.1.2 Accesibilidad a la zona de estudio

Para acceder al área de estudio desde Puno, se puede ir por la vía nacional PE-36B, Empalmando a la vía PE-36A, finalmente al empalme con el camino vecinal MO-590. Con un tiempo de 4h30min, en un tramo de 464 km.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales

- Pintura
- Ocre



3.2.2 Herramientas

- Flexómetro y/o cinta métrica
- Brocha
- Pincel
- Cordel

3.2.3 Equipos e instrumentos

- 01 rugosímetro Merlín maca PyS equipos Serie N°209
- 01 dron Phantom 4 Pro Serie N°189CEBDBA20072
- 01 estación Total marca trimble S3 de precisión angular 2”.
- 02 prismas y porta prisma.
- 03 radio comunicadores.
- 01 trípode de madera.
- 01 laptop Core I7.
- 01 cámara Fotográfica.

3.2.4 Material de escritorio

- Libreta topográfica

3.2.5 Software

- AutoCAD Civil 3D
- Proval 3.61
- Px4d



3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.3.1 Enfoque de la Investigación

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico (Hernandez et al., 2014). Analizando la consideración teoría la presente investigación será de enfoque cuantitativo, el nivel de la investigación es descriptiva correlacional.

3.3.2 Población

En la presente investigación la población es considerada la vía MO-590: desde el EMP. PE-36A hasta EMP.MO-602, con una longitud de 8.69 km. Ubicada en el Distrito de Samegua, Provincia de Mariscal Nieto, Región de Moquegua.

3.3.3 Muestra

Se considero una muestra no probabilística por conveniencia, el tramo inicia del km 7+700.00 hasta el km 8+100.00, con una longitud de 400 metros lineales de la vía MO-590, pavimentada con pavimento flexible que corresponde a la red vial vecinal de la Provincia de Mariscal Nieto, Región de Moquegua.

3.3.4 Unidad de Análisis

Índice de rugosidad internacional (IRI) expresada en m/km, en la carretera asfaltada de MO- 590.

3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

3.4.1 Variable Independiente

Índice de rugosidad internacional de pavimento flexible utilizando drones en alturas de vuelo de 10m, 15m y 20m

3.4.2 Variable Dependiente

Índice de rugosidad internacional de pavimento flexible utilizando rugosímetro de Merlín.

Tabla 3

Cuadro de Operacionalización de Variables

Variable	indicadores	Valores Finales/Unidad	Instrumento
Variable dependiente (VD)			
Índice de rugosidad internacional de pavimento flexible utilizando Rugosímetro de Merlín	Regularidad superficial o rugosidad	IRI m/km	Rugosímetro de Merlín
Variable Independiente (VI)			
Indicé de rugosidad internacional de pavimento flexible obtenidas en el software ProVAL, derivada de información obtenida por drones a diferentes alturas de vuelo de 10m, 15m, 20m.	Regularidad superficial o rugosidad	IRI m/km – altura de vuelo 10m	Software ProVAL/Dron
		IRI m/km – altura de vuelo 15m	
		IRI m/km – altura de vuelo 20m	

Nota. La tabla muestra la operacionalización de las variables.

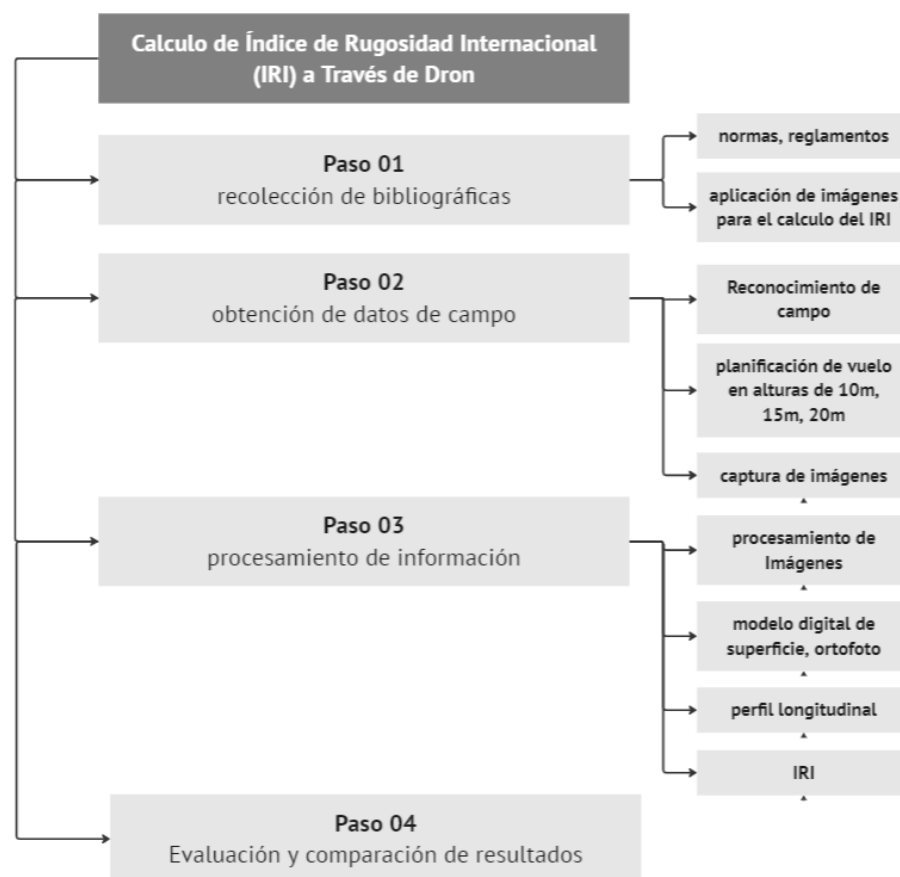
3.5 PROCEDIMIENTO PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

A continuación, se expone el procedimiento para el cálculo del IRI utilizando drones a diferentes alturas de vuelo.

3.5.1 Flujo de trabajo con Dron

Figura 12

Flujo de trabajo con Dron



Nota. La figura muestra el flujo de trabajo para desarrollar el primer objetivo específico.

La recolección de datos mediante el uso de drones, como primer paso primordial es la georreferenciación y la distribución de puntos de foto control siendo un procedimiento necesario para poder obtener la densidad de nube de puntos y crear los modelos tridimensionales, para luego poder generar perfiles



longitudinales de la vía con la ayuda del programa Civil 3D y extraer cotas cada 0.25 m.

En la tabla 4 se muestra la relación de puntos de foto control utilizados para la georreferenciación de los ensayos realizados en esta investigación.

Tabla 4

Relación de puntos de foto control

PUNTOS DE FOTO CONTROL				
N°	ESTE (m)	Norte (m)	Cota (m.s.n.m)	Código
1	291608.529	8098278.563	1298.841	PC-1
2	291611.777	8098271.233	1298.566	PC-2
3	291459.738	8098152.059	1293.801	PC-3
4	291465.765	8098147.020	1293.598	PC-4
5	291350.108	8097984.259	1288.911	PC-5
6	291356.815	8097980.557	1288.935	PC-6
7	291249.346	8097811.647	1284.131	PC-7
8	291256.022	8097808.255	1284.133	PC-8
9	291163.864	8097630.416	1279.570	PC-9
10	291170.737	8097628.157	1279.385	PC-10

Nota. La tabla muestra los puntos de foto control para georreferenciación correspondiente

Figura 13

Distribución de puntos de foto control



Nota. La figura muestra la distribución de puntos de foto control para georreferenciación correspondiente.

Para esta investigación se realizaron vuelos fotogramétricos a 3 alturas diferentes (10m, 15m, y 20m) y 3 vuelos por altura, esto en una longitud de 400m.

Para el cálculo del IRI a partir de perfiles longitudinales se empleó el software ProVAL, para esta investigación se utilizó el análisis “Ride Quality”, este análisis está diseñada para analizar cualquier número de perfiles. ProVAL (Profile Viewing and Analysis) es un programa de ingeniería, desarrollado para la observación y analizas de perfiles longitudinales.

3.5.2 Trabajo de campo con dron

Paso 1 reconocimiento del área de estudio, colocación de puntos de foto control.

Figura 14

Área de estudio y colocación de puntos de foto control



Nota: En la figura se muestra la colocación de puntos de foto control

Paso 2 elaboración de plan vuelo para alturas de 10m, 15m, 20m. los tres ensayos por altura obedecen a un plan de vuelo.

Tabla 5

Parámetros de planes de vuelo

Parámetros De Plan De Vuelo - Phantom 4Pro			
Altura	10m	15m	20m
GSD	0.27 cm/px	0.41 cm/px	0.55 cm/px
Angulo de cámara	90°	90°	90°
Superposición	80%	80%	80%

Nota: parámetros utilizados en los planes vuelos

Paso 03 levantamiento de fotogramétrico del tramo estudiado, se realizaron vuelos de Dron a lo largo de los 400 metros. Los vuelos se realizaron

para alturas de 10 metros, 15 metros y 20 metros sobre la superficie de rodadura.

Se realizaron 3 vuelos para cada altura.

Figura 15

Despegue de dron



Nota. La figura muestra el dron utilizado en el trabajo de campo

Figura 16

Captura de imágenes del área en estudio



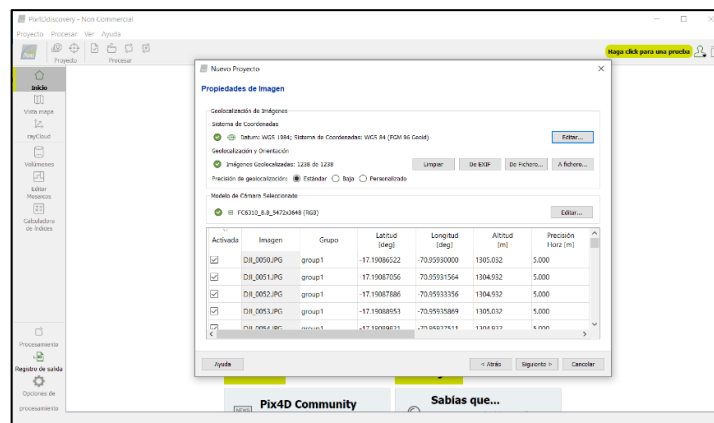
Nota. La figura muestra el dron en pleno vuelo utilizado en el trabajo de campo.

3.5.3 Procesamiento de imágenes

Paso 01, importación de imágenes al software PX4D, donde se muestra las propiedades de cada imagen.

Figura 17

Propiedades de importación de imágenes en px4d

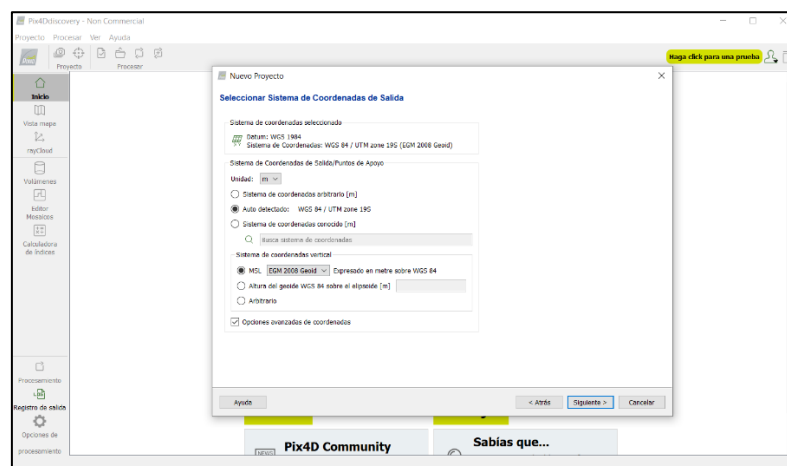


Nota. Figura se muestra las propiedades de imagen, coordenadas, altitud, precisión, etc.

Paso 02, se procede a configurar y seleccionar el sistema de coordenadas de salida.

Figura 18

Configuración de sistema de coordenadas de salida

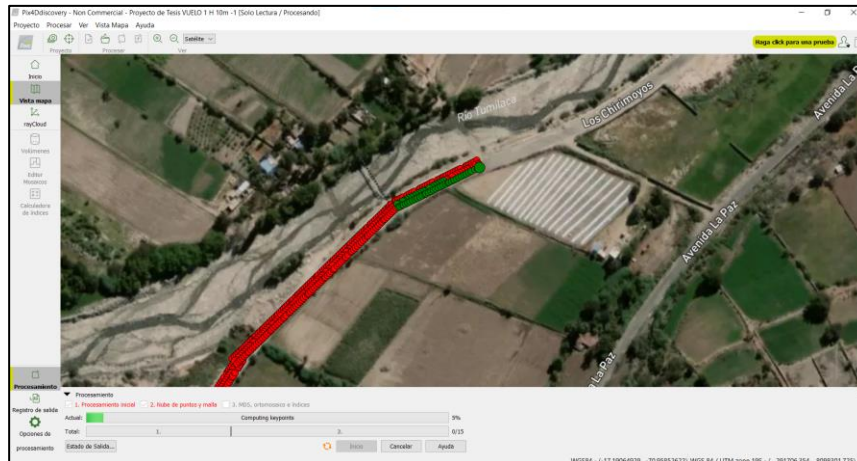


Nota. Figura se muestra designación de coordenadas de salida.

Paso 03, se procede a realizar la orientación de imágenes en el software Pix4D.

Figura 19

Orientación de imágenes y procesamiento preliminar

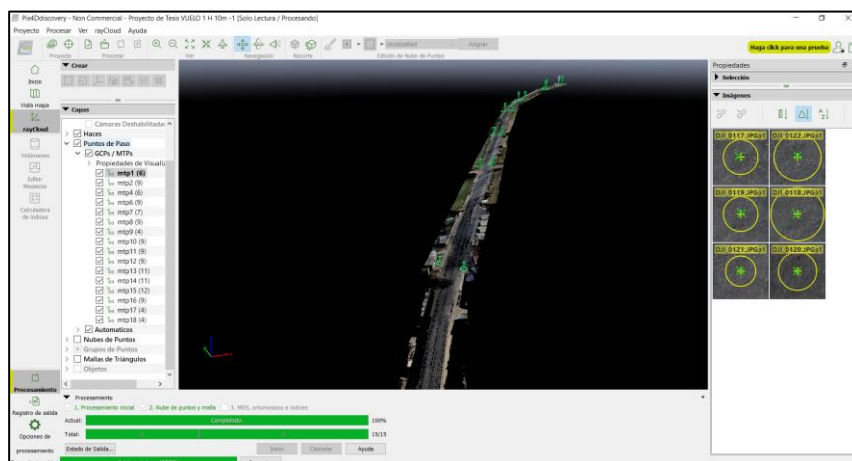


Nota. Se muestra el procesamiento de la información obtenida en el vuelo de dron.

Paso 04, Una vez realizados los pasos anteriores, se procede con la georreferenciación de imágenes en función a los puntos de foto control.

Figura 20

Ajuste de imágenes mediante puntos de foto control y la generación de nube de puntos densa

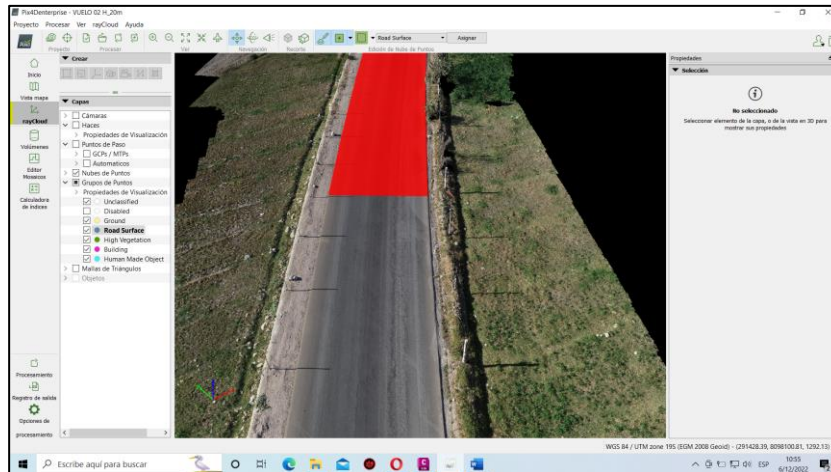


Nota: se muestra la georreferenciación de imágenes y la generación de la nube puntos densa.

Paso 05, se realizó la clasificación de la nube de puntos densa de forma manual.

Figura 21

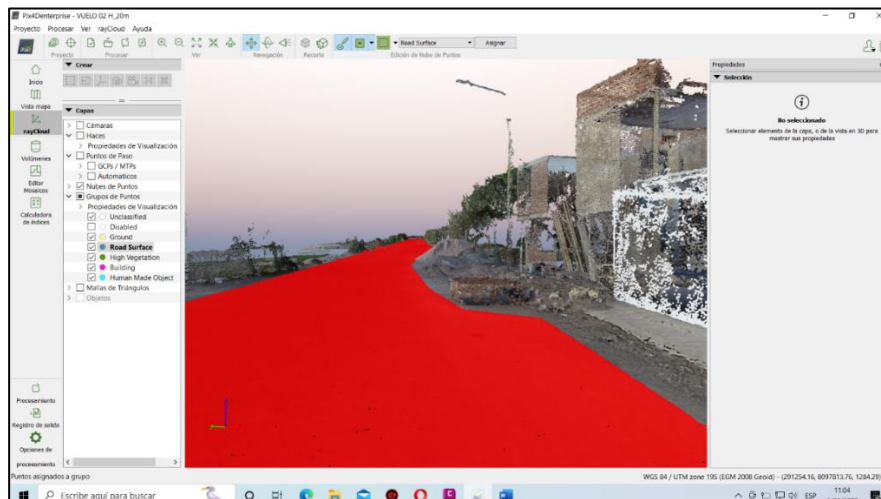
Clasificación de nube de puntos densa



Nota. En la figura se muestra la clasificación de la nube puntos densa, perspectiva 1.

Figura 22

Clasificación de nube de puntos, perspectiva 2

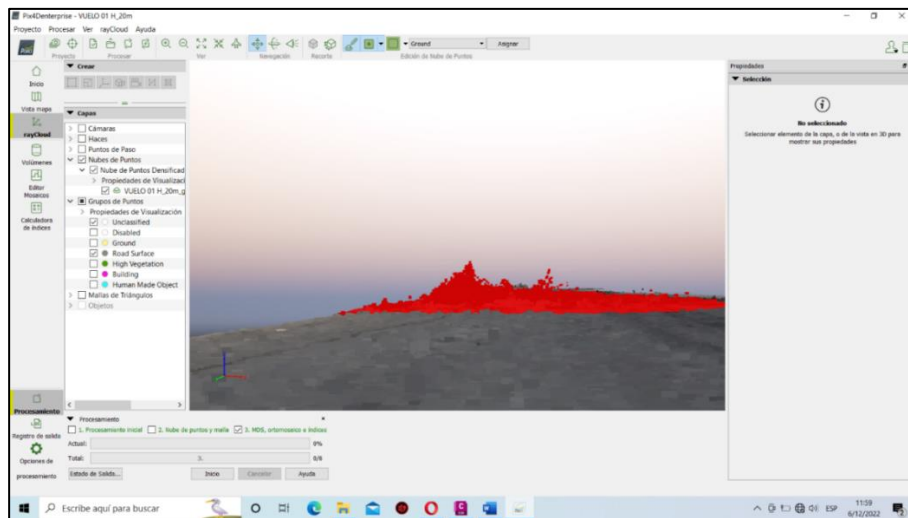


Nota. En la figura se muestra la clasificación de la nube puntos densa, perspectiva 2.

Paso 06, Luego de realizar la clasificación de la nube de puntos, se realizó la eliminación de ruido durante el procesamiento de la nube de puntos densa.

Figura 23

Eliminación de ruido – procesamiento de imágenes

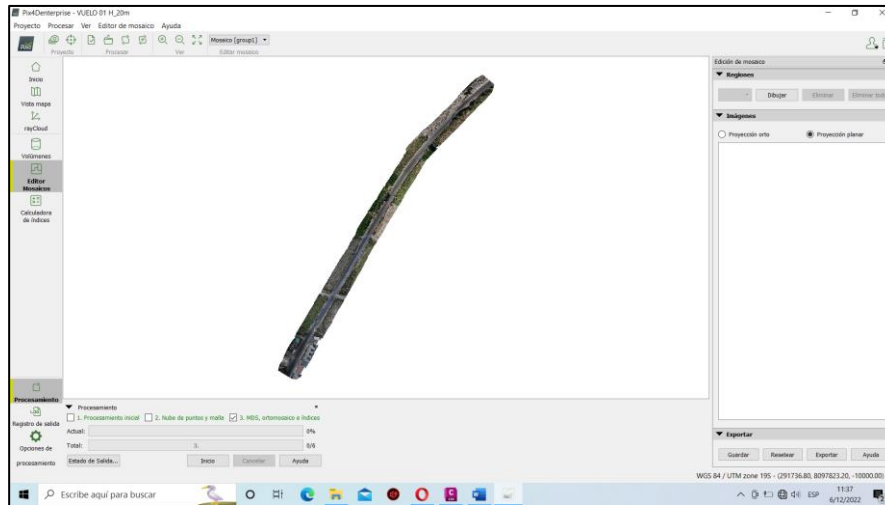


Nota. En la figura se muestra la identificación y la eliminación de puntos desfasados del modelo también llamado ruido.

Paso 07, luego de realizar la depuración de ruido durante el procesamiento de nube de puntos densa, se procede a la agrupación automática para la generación de la ortofoto y modelo digital de elevaciones.

Figura 24

Creación de la ortofoto

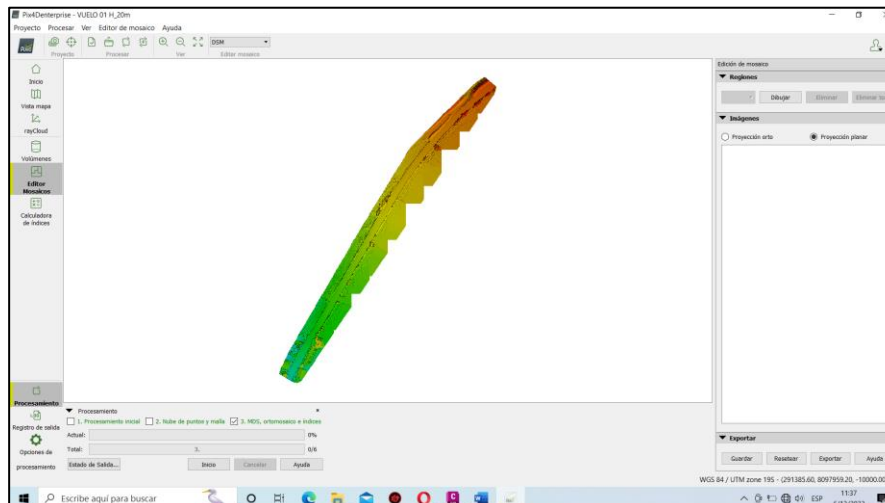


Nota. En la figura se muestra como resultado la ortofoto del área de estudio.

Finalmente, en la Figura 25 se muestra el modelo digital de elevaciones que se utilizó para el cálculo de Índice de Rugosidad Internacional.

Figura 25

Modelo digital de elevaciones



Nota. En la figura se muestra como resultado la MDE del área de estudio.

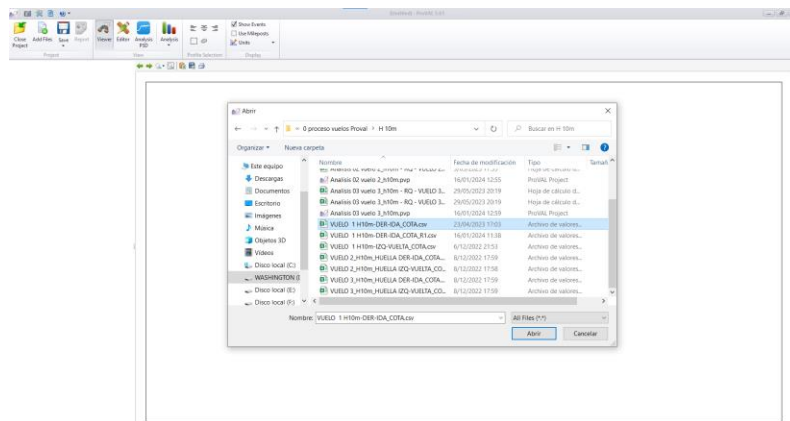
3.5.4 Cálculo IRI con software ProVAL

Para el cálculo del IRI mediante el software ProVAL, es necesario procesar antes los modelos digitales de superficie para obtener perfiles más suavizados, para ello se procede con los siguientes pasos

Paso 01, importación de cotas de perfil a partir de hojas Excel, txt.

Figura 26

Importación de datos - ProVal

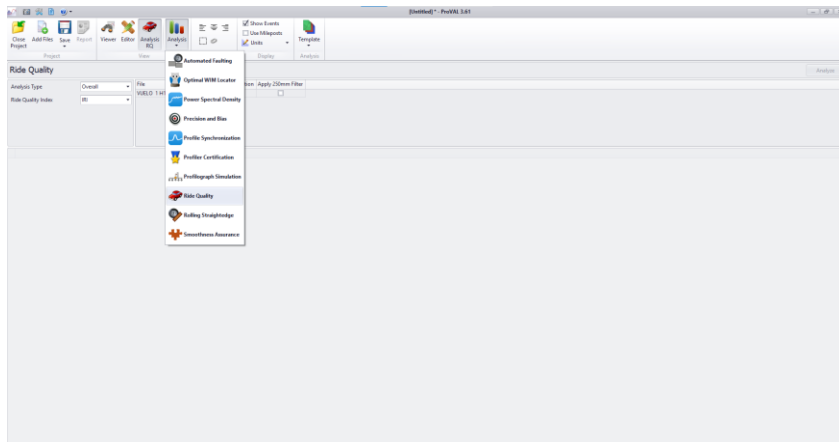


Nota: en la figura se muestra la importación de datos para el análisis correspondiente.

Paso 02, se selecciona el tipo de análisis a realizar.

Figura 27

Selección el tipo de análisis

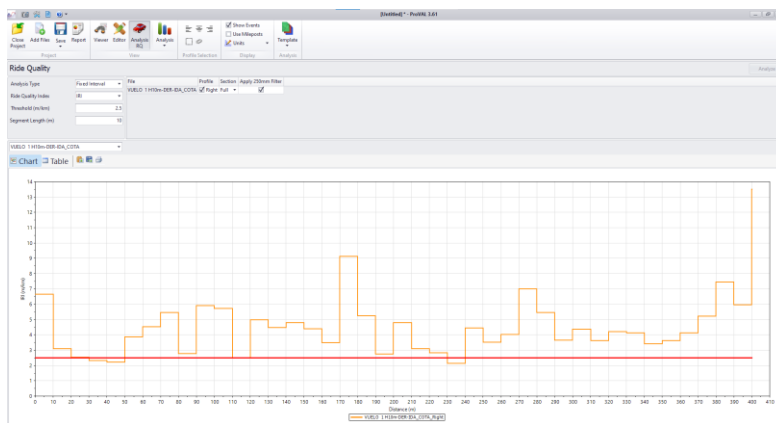


Nota: en la figura se muestra la selección del tipo de análisis utilizado para el proyecto.

Paso 03, se procede con el cálculo de IRI a partir de perfiles obtenidos mediante Dron.

Figura 28

Análisis por intervalo fijo



Nota: la figura muestra los resultados por intervalo fijo a 10m

Figura 29

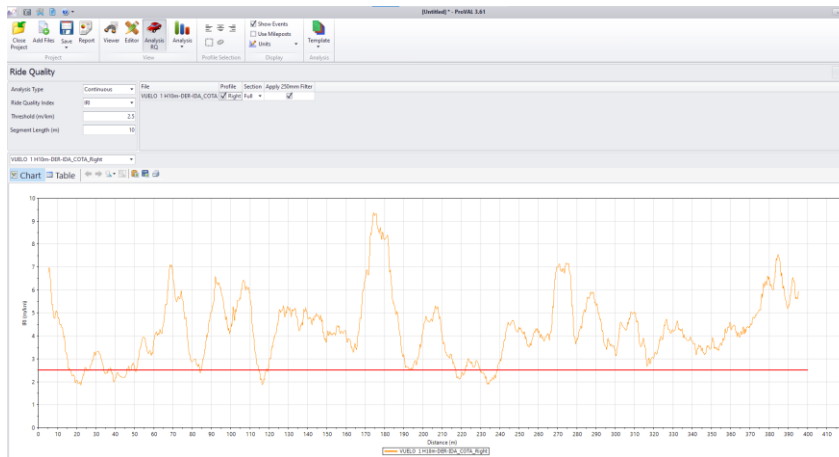
Resultados obtenidos por tramos de 10 m

Start Distance (m)	Stop Distance (m)	Length (m)	Right IR (m/ks)
0.000000	10.000000	10.000000	6.658
10.000000	20.000000	10.000000	5.098
20.000000	30.000000	10.000000	2.554
30.000000	40.000000	10.000000	2.237
40.000000	50.000000	10.000000	2.207
50.000000	60.000000	10.000000	2.862
60.000000	70.000000	10.000000	4.514
70.000000	80.000000	10.000000	5.452
80.000000	90.000000	10.000000	2.775
90.000000	100.000000	10.000000	5.866
100.000000	110.000000	10.000000	5.707
110.000000	120.000000	10.000000	2.488
120.000000	130.000000	10.000000	4.628
130.000000	140.000000	10.000000	4.452
140.000000	150.000000	10.000000	4.705
150.000000	160.000000	10.000000	4.277
160.000000	170.000000	10.000000	3.471
170.000000	180.000000	10.000000	9.133
180.000000	190.000000	10.000000	3.246
190.000000	200.000000	10.000000	2.742
200.000000	210.000000	10.000000	4.706
210.000000	220.000000	10.000000	3.975
220.000000	230.000000	10.000000	3.812
230.000000	240.000000	10.000000	4.428
240.000000	250.000000	10.000000	3.302
250.000000	260.000000	10.000000	4.017
260.000000	270.000000	10.000000	4.674
270.000000	280.000000	10.000000	5.446
280.000000	290.000000	10.000000	3.651
290.000000	300.000000	10.000000	4.894
300.000000	310.000000	10.000000	3.862

Nota: en la figura muestra resultados obtenidos en intervalos de 10 m

Figura 30

Análisis por intervalo continuo



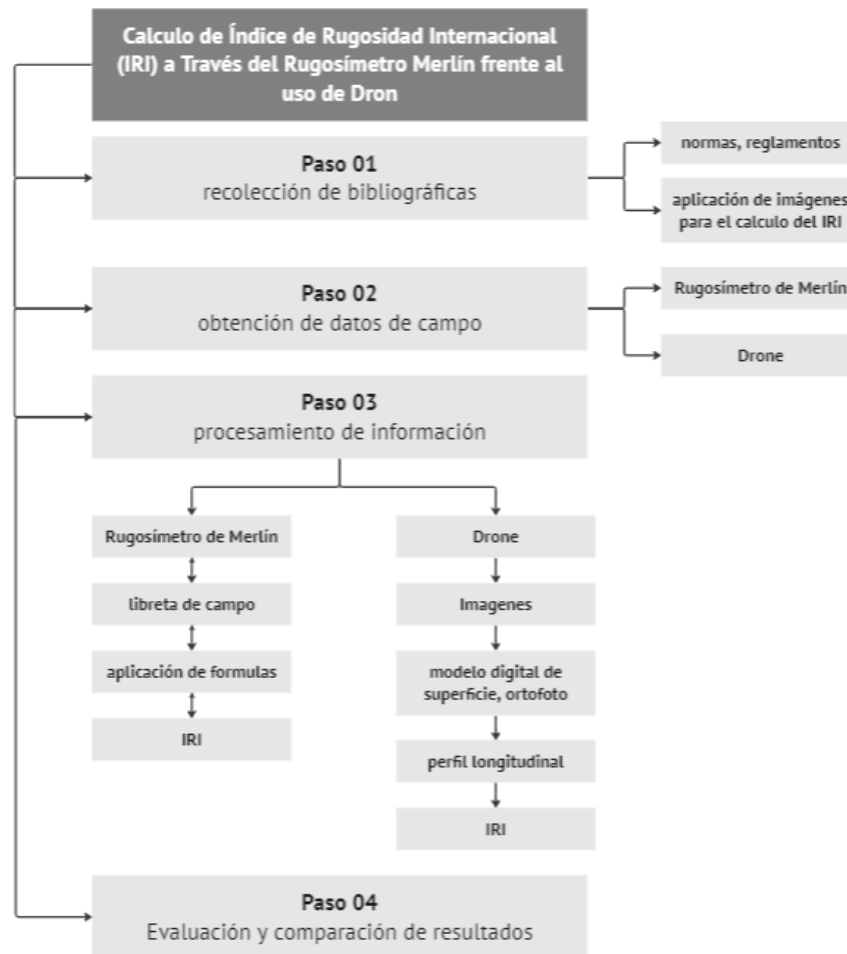
Nota: la figura muestra el análisis realizado por intervalo continuo

3.6 PROCEDIMIENTO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO

3.6.1 Flujo de trabajo mediante el rugosímetro de Merlín

Figura 31

Flujo de trabajo mediante el rugosímetro de Merlín frente al uso de dron

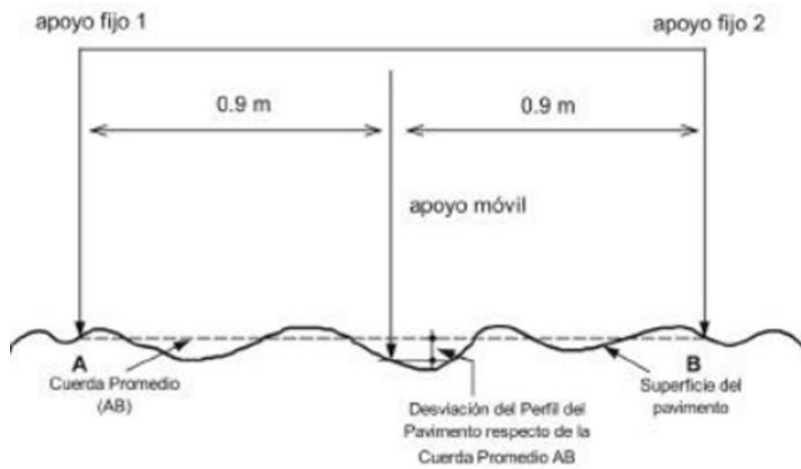


Nota. La figura muestra el flujo de trabajo para desarrollar el primer objetivo específico.

El rugosímetro de Merlín mide el desplazamiento vertical entre la superficie de rodadura y el punto medio de una línea imaginaria de longitud contante. El desplazamiento longitudinal de la cuerda promedio es de 1.80 m, por ser la distancia que mejor proporciona los mejores resultados en la correlación (Hernandez, 2018).

Figura 32

Medición de desviación del pavimento respecto a la cuerda promedio



Nota: esquema para la medición de desviaciones respecto a la línea imaginaria AB, fuente. (Hernandez, 2018).

Así mismo, se ha definido que es necesario medir desviaciones de forma consecutiva a lo largo de la vía. El parámetro estadístico que establece es el rango de la muestra (D), luego efectuar una depreciación del 10% de observaciones.

Se utilizan las siguientes expresiones para el cálculo del IRI.

- Si; $2.4 < \text{IRI} < 15.9$, entonces $\text{IRI} = 0.593 + 0.0471D$
- Si; $\text{IRI} < 2.4$, entonces $\text{IRI} = 0.0482D$

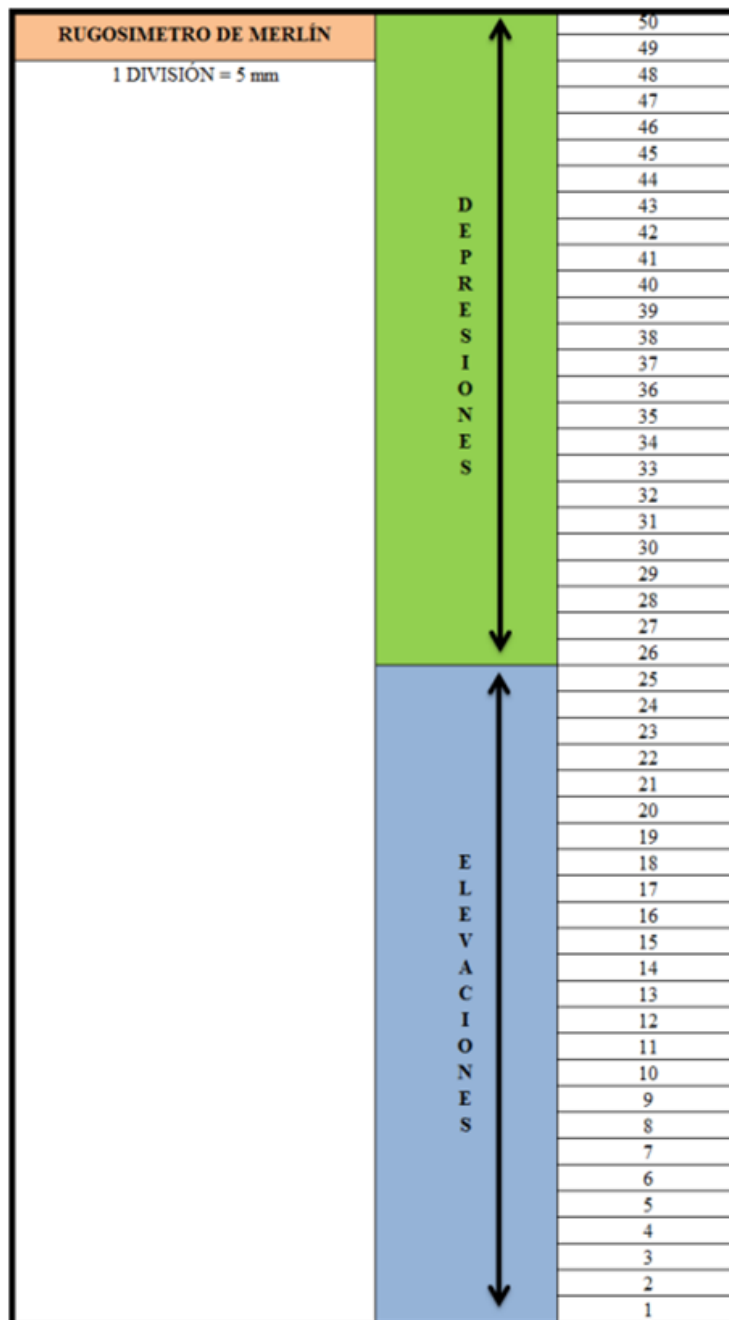
3.6.2 Trabajo de campo con el Rugosímetro de Merlín

Paso 01, Se realizó el registro de 200 observaciones utilizando el rugosímetro de merlín, el mismo que tiene una escala gráfica con 50 divisiones de 5mm de espesor, las mediciones de 1 a 25 son elevaciones y 25 a 50 indican depresiones. Cuando relación entre el patín móvil – pivot y pivot – puntero es de

1 a 10, da entender que un movimiento en la parte inferior del patín produce un desplazamiento de 1cm (10 mm) en el puntero (Vilca & Cuba, 2020).

Figura 33

Escala para determinar la dispersión del pavimento respecto a la cuerda promedio

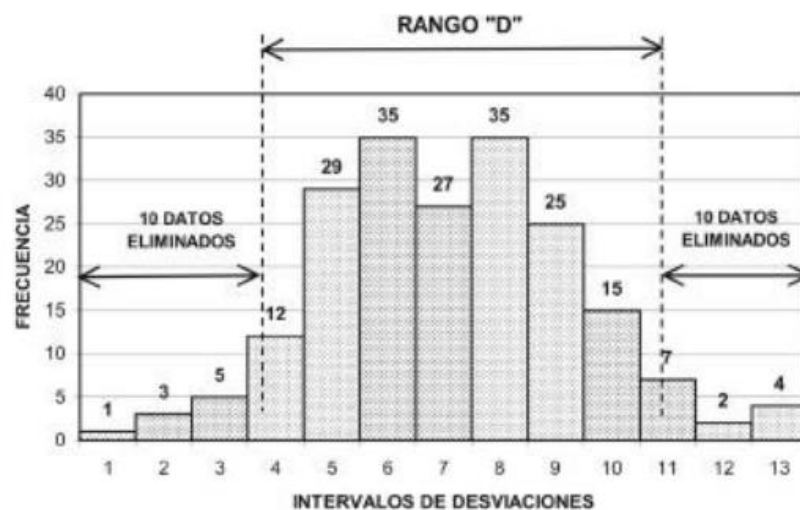


Nota: Escala incrustada en el rugosímetro de merlín, fuente: (Vilca & Cuba, 2020)

Paso 02, se realiza la digitalización de 200 observaciones, la dispersión de los datos obtenidos con el Merlín se analiza calculando la distribución de frecuencias o posiciones del puntero, estas 200 observaciones se representan en un histograma para su mejor análisis. Seguidamente se determina el rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), para luego descartar el 10% de las observaciones que corresponden a la posición del puntero. Para la investigación se eliminó el 5% equivalente a 10 datos por extremo inferior y superior, seguido a ello pasamos a calcular en ancho del histograma en unidades de la escala.

Figura 34

Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones consecutivas



Nota: Histograma para cálculo de rango D, fuente: (Vilca, 2020)

Paso 03, posterior a ello se calcula el Factor de corrección para el ajuste “D”.

$$F.C. = \frac{(EP \times 10)}{[(LI - LF) \times 5]}$$

Donde,

EP : Espeso de la pastilla

LI : Posición inicial del puntero

LF : posición final del puntero

Se realizó la medición de la rugosidad en el tramo estudiado con el rugosímetro de merlín, tal y como se muestra en la figura 34, figura 35 y figura 36.

Figura 35

Medición con el rugosímetro de Merlín (Parte 1)



Nota. La figura muestra la medición de la rugosidad en la superficie del pavimento con el rugosímetro de Merlín.

Figura 36

Medición con el rugosímetro de Merlín (Parte 2)



Nota. La figura muestra la medición de la rugosidad en la superficie del pavimento con el rugosímetro de Merlín.

Figura 37

Medición con el rugosímetro de Merlín (Parte 3)



Nota. La figura muestra la medición de la rugosidad en la superficie del pavimento con el rugosímetro de Merlín.

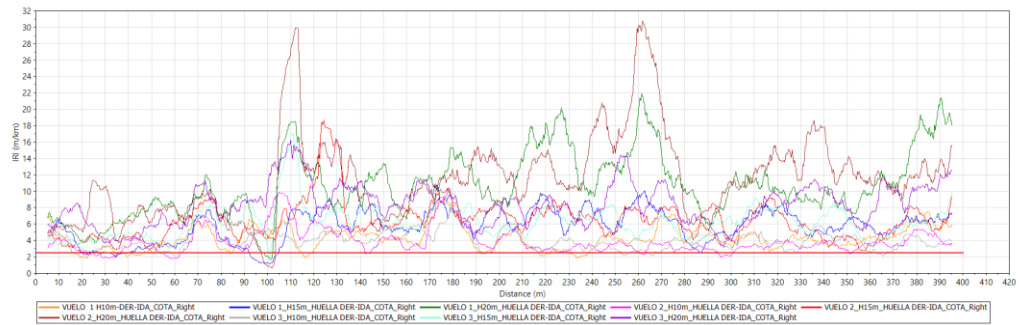
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

Figura 38

Análisis Proval - Dron carril derecho



Nota. La figura muestra el análisis realizado mediante el software Proval, mediante información obtenida por el dron a alturas de 10m,15m, y 20m para el carril derecho

la tabla 6 muestra resumen del cálculo del IRI al procesar el vuelo 01, vuelo 02 y vuelo 03 (Alturas 10,15,20 metros) realizado en el carril derecho.

Tabla 6

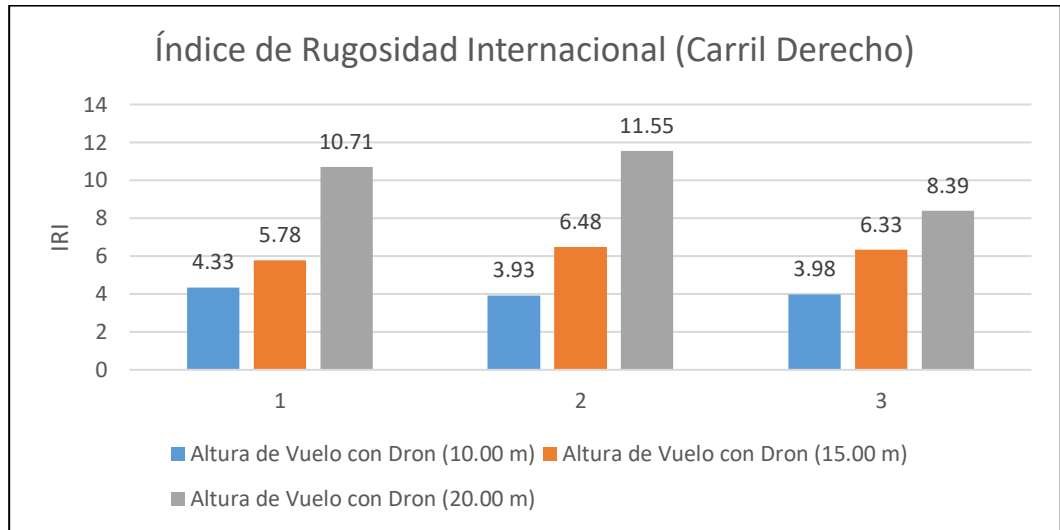
Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Derecho obtenido mediante dron

Dron – Phamtom 4pro		
IRI Carril derecho Altura 10.00 m	IRI Carril derecho Altura 15.00 m	IRI Carril derecho Altura 20.00 m
4.33	5.77	10.71
3.93	6.48	11.55
3.98	6.33	8.39

Nota. La tabla muestra el índice de rugosidad internacional en el carril derecho.

Figura 39

Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Derecho obtenido mediante Dron



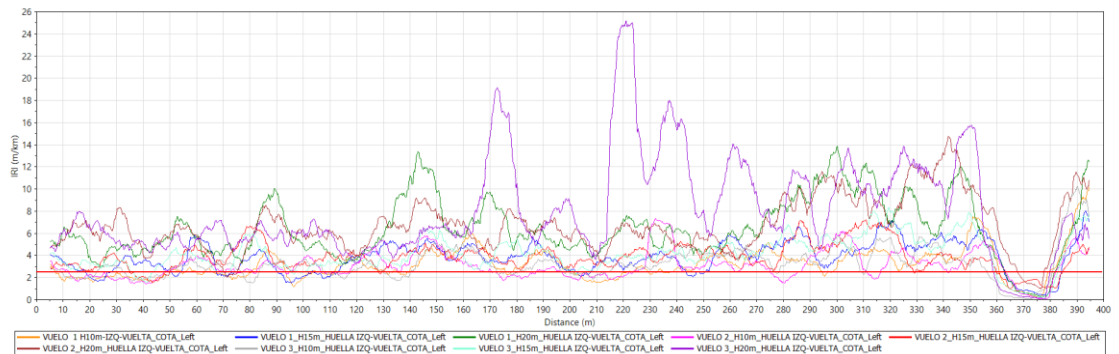
Nota. La figura muestra el índice de rugosidad internacional en el carril derecho.

Como se puede observar en la Figura 27 el mayor índice de rugosidad se presenta en los vuelos de Dron con una altura de 20 metros con valores entre 8.39 y 11.55, lo cual según el Manual de Diseño Geométrico 2018, se clasifican con una rugosidad Muy mala para vías pavimentadas.

Así mismo se realizó el análisis correspondiente para el carril izquierdo.

Figura 40

Análisis Proval - Dron carril izquierdo



Nota. La figura muestra el análisis realizado en el software Proval, mediante información obtenida por el dron a alturas de 10m,15m, y 20m para el carril izquierdo

Tabla 7

Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Izquierdo obtenido mediante Dron

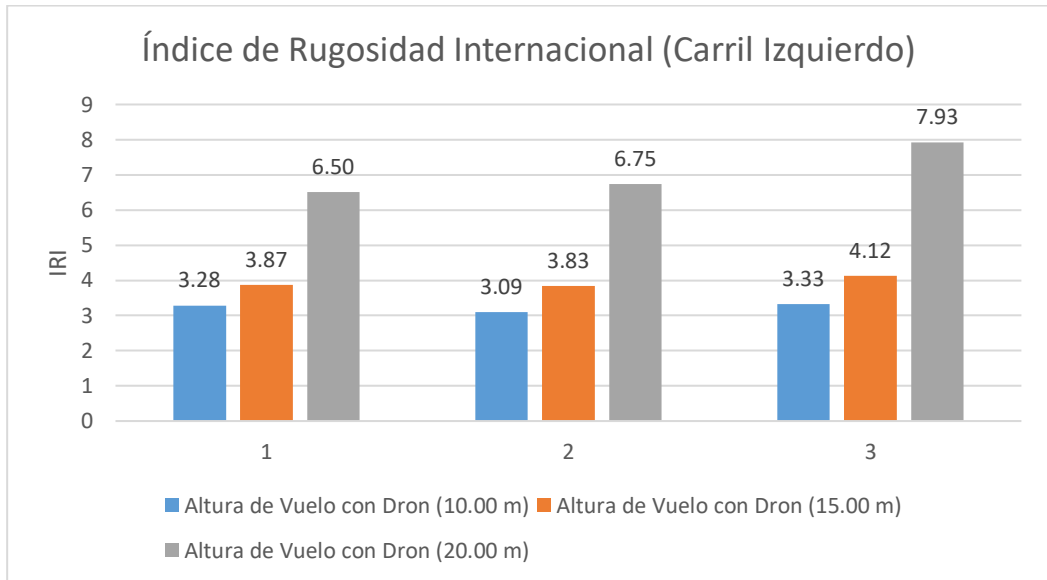
Dron – Phantom 4pro		
IRI Carril izquierdo Altura 10.00 m	IRI Carril izquierdo Altura 15.00 m	IRI Carril izquierdo Altura 20.00 m
3.28	3.87	6.50
3.09	3.83	6.75
3.33	4.12	7.93

Nota. La tabla muestra el índice de rugosidad internacional en el carril izquierdo.

Adicional a la tabla 7, se presenta la figura 7 donde se resume en un gráfico de barras las rugosidades obtenidas.

Figura 41

Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el Carril Izquierdo obtenido mediante dron



Nota. La tabla muestra el índice de rugosidad internacional en el carril izquierdo.

Como se puede observar en la figura 29 el mayor índice de rugosidad se presenta en los vuelos de dron con una altura de 20 metros con valores entre 6.50 y 7.93, lo cual según el Manual de Diseño Geométrico 2018, se clasifican con una rugosidad Muy mala para vías pavimentadas.

Las lecturas obtenidas con el dron a una altura de 10 metros, tienen un valor promedio de IRI entre 3.09 y 3.33 clasificándose según el manual de diseño geométrico 2018 con un coeficiente de rugosidad Regular.



4.2 RESULTADOS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO

De las mediciones realizadas con el rugosímetro de Merlín, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 8

Resumen de cálculo de IRI mediante el rugosímetro de Merlín

Ensayo Rugosímetro de Merlín					
Número de ensayo	Prog. Inicio	Prog. Fin	Long. M	IRI carril derecho (m/km)	IRI carril izquierdo (m/km)
1	7+700	8+100	400	1.13	0.90
2	7+700	8+100	400	1.40	1.00
3	7+700	8+100	400	1.30	1.10

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos con el rugosímetro de Merlín.

Seguidamente se compara el índice de rugosidad internacional (IRI) obtenido mediante el uso Dron a diferentes alturas de vuelo frente al rugosímetro de Merlín.

Para el carril derecho del tramo en estudio, se tiene como resultado lo siguiente:

Tabla 9

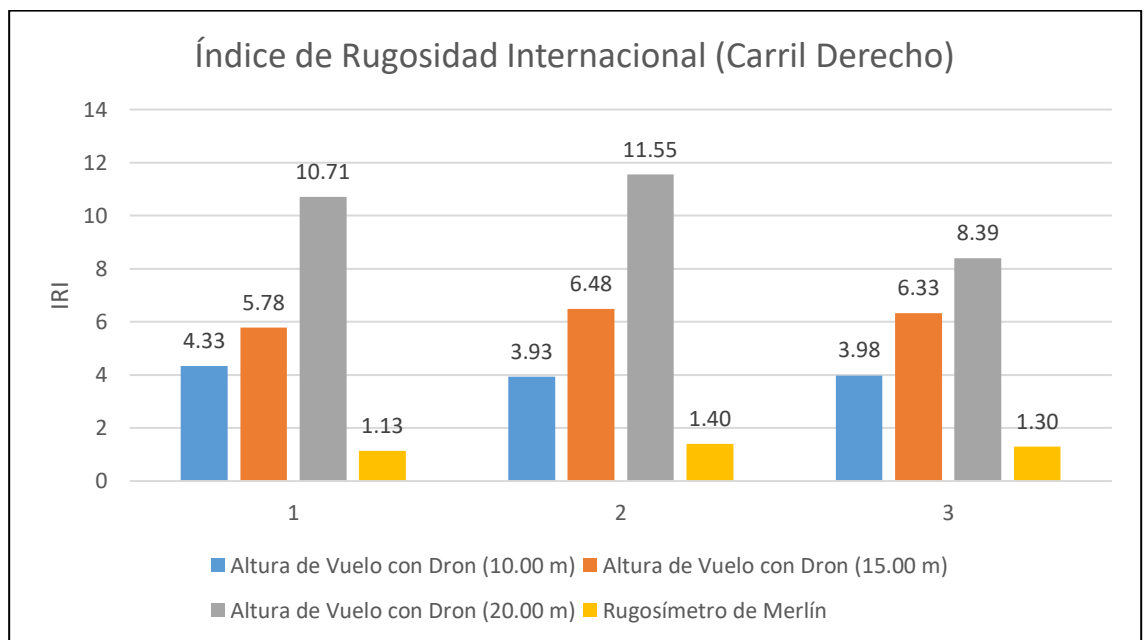
Comparación de resultados de IRI obtenido en el carril derecho mediante Dron frente al Rugosímetro de Merlín.

Dron – Phantom 4pro			Rugosímetro de Merlín
IRI Carril derecho Altura 10.00 m	IRI Carril derecho Altura 15.00 m	IRI Carril derecho Altura 20.00 m	IRI Carril Derecho (m/km)
4.33	5.77	10.71	1.13
3.93	6.48	11.55	1.40
3.98	6.33	8.39	1.30

Nota. La tabla muestra el resumen del índice de rugosidad internacional en el carril derecho.

Figura 42

Comparación de resultados IRI carril derecho



Nota: La tabla muestra el índice de rugosidad internacional en el carril derecho.

Por otro lado, el menor índice de rugosidad se presentó en las lecturas tomadas fueron con el Rugosímetro de Merlín, con valores entre 1.13 y 1.40, clasificándose con



una rugosidad Buena según la Norma Técnica Peruana CE.010. donde el valor que mas se acerca a los resultados obtenidos por el Merlín son los valores obtenidos a altura de 10 m que van de 3.93 a 4.33, calificándose con una rugosidad regular y malo según la escala de la Norma Técnica Peruana CE.010.

Así mismo para el carril izquierdo del tramo en estudio, se tiene como resultado lo siguiente:

Tabla 10

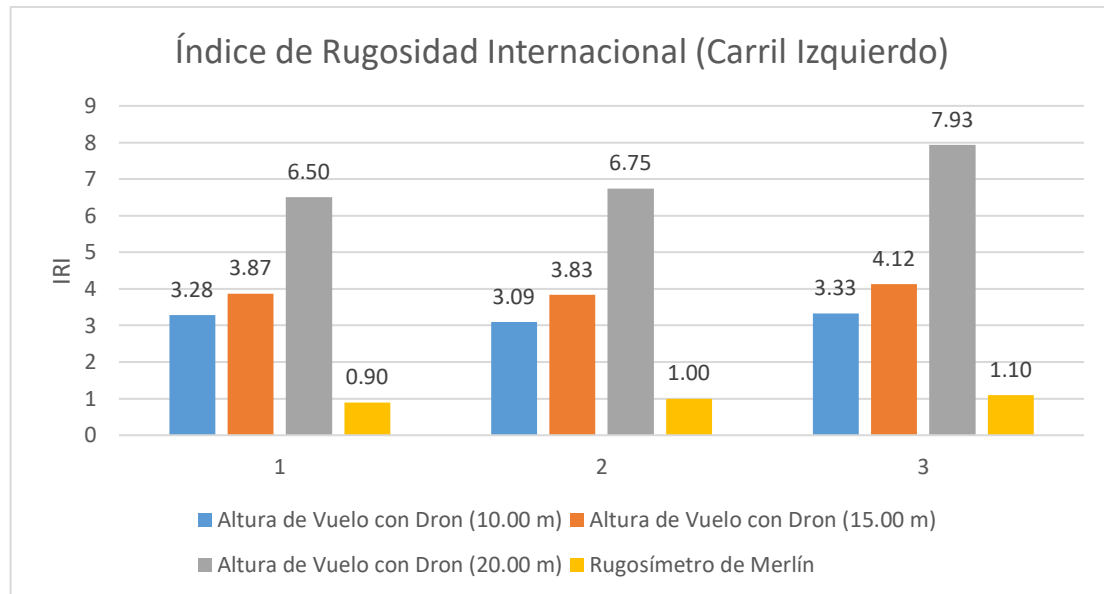
Comparación de resultados de IRI obtenido en el carril izquierdo mediante Dron frente al Rugosímetro de Merlín

Dron – Phantom 4pro			Rugosímetro de Merlín
IRI Carril derecho Altura 10.00 m	IRI Carril derecho Altura 15.00 m	IRI Carril derecho Altura 20.00 m	IRI Carril izquierdo (m/km)
3.28	3.87	6.50	0.90
3.09	3.83	6.75	1.00
3.33	4.12	7.93	1.10

Nota: La tabla muestra el índice de rugosidad internacional en el carril izquierdo.

Figura 43

Comparación de resultados IRI carril Izquierdo



Nota: La tabla muestra el índice de rugosidad internacional en el carril izquierdo.

Por otro lado, el menor índice de rugosidad se presentó en las lecturas tomadas con el Rugosímetro de Merlín, con valores entre 0.90 y 1.10, clasificándose con una rugosidad Buena según la escala de la Norma Técnica Peruana CE.010. donde el valor que más se acerca a los resultados obtenidos por el Merlín son los valores obtenidos a altura de 10 m que van de 3.09 a 3.33, clasificándose con una rugosidad regular según la escala de la Norma Técnica Peruana CE.010.

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE NORMALIDAD

4.3.1 Prueba de Normalidad

Test de normalidad por población de estudio

- Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov – Smirnov
- Si $n \leq 50$ se aplica Shapiro – Wilk

Criterios de distribución de las hipótesis

- Si $P < 0.05$ se rechaza la H_0
- Si $p \geq 0.05$ se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

planteamiento de hipótesis

- H_0 : Los datos tienen una distribución normal
- H_a : Los datos no tienen una distribución normal

Nivel de significancia

- Confianza 95%
- Significancia (alfa) 5%

Tabla 11

Resultados prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IRI_Merlin_CD	0.235	3	-	0.978	3	0.716
IRI_Merlin_CI	0.175	3	-	1.000	3	1.000
IRI_H10_CD	0.343	3	-	0.842	3	0.220
IRI_H10_CI	0.310	3	-	0.898	3	0.380
IRI_H15_CD	0.309	3	-	0.900	3	0.385
IRI_H15_CI	0.339	3	-	0.851	3	0.244
IRI_H20_CD	0.285	3	-	0.932	3	0.496
IRI_H20_CI	0.324	3	-	0.876	3	0.314

Nota. Corrección de significación de Lilliefors



Según la tabla 9 se observa que el número de nuestra muestra es menor a 50 por lo que se utilizara la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Así mismo se puede determinar que $p > 0.05$ por lo se acepta la hipótesis nula determinando que se tiene una distribución normal.

Carril derecho.

Tabla 12

Anova carril derecho

IRI Carril Derecho					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	127.701	3	42.567	59.016	0.000
Dentro de grupos	5.770	8	0.721		
Total	133.471	11			

Nota: resultados estadístico prueba de Anova

En la tabla 18 el análisis estadístico ANOVA, se ha obtenido un nivel significancia bilateral para el carril derecho de 0.000 lo cual es menor al calor del nivel de significancia de 0.05.

Tabla 13

Comparaciones múltiples

(I) Valores			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	IRI_Merlin_CD	IRI_H10_CD	-2,80333*	0.69343	0.016	-5.0240	-0.5827
		IRI_H15_CD	-4,91667*	0.69343	0.000	-7.1373	-2.6960
		IRI_H20_CD	-8,94000*	0.69343	0.000	-11.1606	-6.7194
	IRI_H10_CD	IRI_Merlin_CD	2,80333*	0.69343	0.016	0.5827	5.0240
		IRI_H15_CD	-2.11333	0.69343	0.062	-4.3340	0.1073
		IRI_H20_CD	-6,13667*	0.69343	0.000	-8.3573	-3.9160
	IRI_H15_CD	IRI_Merlin_CD	4,91667*	0.69343	0.000	2.6960	7.1373
		IRI_H10_CD	2.11333	0.69343	0.062	-0.1073	4.3340
		IRI_H20_CD	-4,02333*	0.69343	0.002	-6.2440	-1.8027
	IRI_H20_CD	IRI_Merlin_CD	8,94000*	0.69343	0.000	6.7194	11.1606
		IRI_H10_CD	6,13667*	0.69343	0.000	3.9160	8.3573
		IRI_H15_CD	4,02333*	0.69343	0.002	1.8027	6.2440
Bonferroni	IRI_Merlin_CD	IRI_H10_CD	-2,80333*	0.69343	0.022	-5.2157	-0.3910
		IRI_H15_CD	-4,91667*	0.69343	0.001	-7.3290	-2.5043
		IRI_H20_CD	-8,94000*	0.69343	0.000	-11.3524	-6.5276
	IRI_H10_CD	IRI_Merlin_CD	2,80333*	0.69343	0.022	0.3910	5.2157
		IRI_H15_CD	-2.11333	0.69343	0.095	-4.5257	0.2990
		IRI_H20_CD	-6,13667*	0.69343	0.000	-8.5490	-3.7243
	IRI_H15_CD	IRI_Merlin_CD	4,91667*	0.69343	0.001	2.5043	7.3290
		IRI_H10_CD	2.11333	0.69343	0.095	-0.2990	4.5257
		IRI_H20_CD	-4,02333*	0.69343	0.002	-6.4357	-1.6110
	IRI_H20_CD	IRI_Merlin_CD	8,94000*	0.69343	0.000	6.5276	11.3524
		IRI_H10_CD	6,13667*	0.69343	0.000	3.7243	8.5490
		IRI_H15_CD	4,02333*	0.69343	0.002	1.6110	6.4357

Nota: diferencias de medias es significativa en el nivel 0.05 Carril derecho.



Tabla 14

Conjuntos homogéneos carril derecho

Valores	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HSD	IRI_Merlin_CD	3	1.2767	
Tukey ^a	IRI_H10_CD	3		4.0800
	IRI_H15_CD	3		6.1933
	IRI_H20_CD	3		10.2167
Sig.		1.000	0.062	1.000

Nota: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Carril izquierdo.

Tabla 15

Anova carril izquierdo

IRI Carril Izquierdo					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	56.424	3	18.808	118.656	0.000
Dentro de grupos	1.268	8	0.159		
Total	57.692	11			

Nota: resultados estadístico prueba de Anova

En la tabla 18 el análisis estadístico ANOVA, se ha obtenido un nivel significancia bilateral para el carril derecho de 0.000 lo cual es menor al calor del nivel de significancia de 0.05.

Tabla 16

Comparaciones múltiples

(I) Valores			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	IRI_Merlin_CI	IRI_H10_CI	-2,23333*	0.32507	0.001	-3.2743	-1.1923
		IRI_H15_CI	-2,94000*	0.32507	0.000	-3.9810	-1.8990
		IRI_H20_CI	-6,06000*	0.32507	0.000	-7.1010	-5.0190
	IRI_H10_CI	IRI_Merlin_CI	2,23333*	0.32507	0.001	1.1923	3.2743
		IRI_H15_CI	-0.70667	0.32507	0.210	-1.7477	0.3343
		IRI_H20_CI	-3,82667*	0.32507	0.000	-4.8677	-2.7857
	IRI_H15_CI	IRI_Merlin_CI	2,94000*	0.32507	0.000	1.8990	3.9810
		IRI_H10_CI	0.70667	0.32507	0.210	-0.3343	1.7477
		IRI_H20_CI	-3,12000*	0.32507	0.000	-4.1610	-2.0790
	IRI_H20_CI	IRI_Merlin_CI	6,06000*	0.32507	0.000	5.0190	7.1010
IRI_H10_CI		3,82667*	0.32507	0.000	2.7857	4.8677	
IRI_H15_CI		3,12000*	0.32507	0.000	2.0790	4.1610	
Bonferroni	IRI_Merlin_CI	IRI_H10_CI	-2,23333*	0.32507	0.001	-3.3642	-1.1024
		IRI_H15_CI	-2,94000*	0.32507	0.000	-4.0709	-1.8091
		IRI_H20_CI	-6,06000*	0.32507	0.000	-7.1909	-4.9291
	IRI_H10_CI	IRI_Merlin_CI	2,23333*	0.32507	0.001	1.1024	3.3642
		IRI_H15_CI	-0.70667	0.32507	0.369	-1.8376	0.4242
		IRI_H20_CI	-3,82667*	0.32507	0.000	-4.9576	-2.6958
	IRI_H15_CI	IRI_Merlin_CI	2,94000*	0.32507	0.000	1.8091	4.0709
		IRI_H10_CI	0.70667	0.32507	0.369	-0.4242	1.8376
		IRI_H20_CI	-3,12000*	0.32507	0.000	-4.2509	-1.9891
	IRI_H20_CI	IRI_Merlin_CI	6,06000*	0.32507	0.000	4.9291	7.1909
IRI_H10_CI		3,82667*	0.32507	0.000	2.6958	4.9576	
IRI_H15_CI		3,12000*	0.32507	0.000	1.9891	4.2509	

Nota: diferencias de medias es significativa en el nivel 0.05

Tabla 17*Conjuntos homogéneos carril izquierdo*

Valores	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HSD IRI_Merlin_CI	3	1.0000		
Tukey ^a IRI_H10_CI	3		3.2333	
IRI_H15_CI	3		3.9400	
IRI_H20_CI	3			7.0600
Sig.		1.000	0.210	1.000

Nota: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

4.3.2 Prueba de Hipótesis

Ho: El Índice de rugosidad internacional (IRI) en pavimento flexible mediante el uso de dron a diferentes alturas de vuelo y el rugosímetro de Merlín son similares.

Ha: El Índice de rugosidad internacional (IRI) en pavimento flexible mediante el uso de dron a diferentes alturas de vuelo y el rugosímetro de Merlín no son similares.

si $p > 0.05$ entonces se acepta la Ho, se rechaza Ha

si $p \leq 0.05$ entonces se acepta la Ha, se rechaza Ho

se realizó el análisis de varianza del el Índice de rugosidad internacional en pavimento flexible mediante el uso de dron a diferentes alturas de vuelo y el rugosímetro de Merlín, donde $p < 0.05$ por lo tanto se acepta la Ha.

4.4 DISCUSIÓN

se realizó la comparación de las lecturas tomadas con el dron a diferentes alturas (10, 15 y 20 metros) donde se pudo determinar que mientras más bajo es el vuelo mejor resultado en el cálculo del IRI.



Por otro lado, se realizó la comparación de las lecturas tomadas con el dron a diferentes alturas (10, 15 y 20 metros) y el IRI obtenido con el rugosímetro de Merlín. Las lecturas obtenidas con el dron a una altura de 10 metros, tienen un valor promedio de IRI entre 3.93 y 4.33 clasificándose según la Norma Técnica Peruana CE.010 con un coeficiente de rugosidad entre Regular y Malo.

Prosser-Contreras et al. (2020) en su investigación concluyó que, para capturar un rango de deformaciones adecuado, es necesario que el dron sea utilizado en alturas inferiores a 10 m (en su investigación, se utilizaron alturas entre 1 y 10 metros).

Así mismo, Flores (2022) en su investigación se tuvo un IRI de 5.10 m/km, mientras que en la otra calzada se obtuvo un valor de 6.68 m/km, cabe señalar que se desarrolló en una longitud de 400 metros, obteniéndose como resultado promedio un valor de 5.89 m/km. Por otro lado, Tingal (2021) en su investigación determinó valores de la rugosidad en unidades del IRI siendo los siguientes: para la calzada de ida (Cajamarca – Baños del Inca) el valor del IRI fue 1.07 m/km; y para la calzada de vuelta (Baños del Inca – Cajamarca) se obtuvo un valor de 1.10 m/km. Tingal concluyó que a partir de las mediciones con el Rugosímetro MERLIN, estos datos y resultados que nos brinda este equipo, son datos eficientes además de ser una herramienta de fácil uso y de bajo costo.

Callacondo (2020) indica que el IRI medio por el método estático es de 18,55 m/km, y el IRI del método indirecto es de 17,42 m/km y 15,67 m/km. El porcentaje de similitud del IRI en su investigación fue del 93,89 % con una fuerte tendencia de correlación positiva. Por otro lado, Camacho (2018) en su investigación hizo un análisis y comparación con dos métodos los cuales son: El método tradicional (Rugosímetro de Merlín) y un método innovador (Aplicación del Roadroid). Llegando a la conclusión que



el Roadroid nos proporciona valores similares al Rugosímetro de Merlín y se puede aseverar que el rendimiento es mucho mejor con la aplicación del Roadroid.

Por otro lado, Alvarado et al. (2022) obtuvo un resultado el cuál determinó que la rugosidad en el en el carril de subida es igual a 6,801 m/km, y en el carril de bajada es igual a 4,376 m/km, por lo que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) promedio de la vía evaluada es igual a 5,588 m/km, considerando el estado del pavimento como Muy Malo.

En esta investigación se puede concluir, en el caso del carril derecho, las lecturas con dron que más se aproximan a las del rugosímetro de Merlín, son las realizadas a una altura promedio de 10 metros, sin embargo, el porcentaje de similitud obtenido es muy baja, siendo este de 35.62% con una tendencia negativa.

Callacondo (2020) indica que el IRI medio por el método estático es de 18,55 m/km, y el IRI del método indirecto es de 17,42 m/km y 15,67 m/km. El porcentaje de similitud del IRI en su investigación fue del 93,89 % con una fuerte tendencia de correlación positiva. Por otro lado, Camacho (2018) en su investigación hizo un análisis y comparación con dos métodos los cuales son: El método tradicional (Rugosímetro de Merlín) y un método innovador (Aplicación del Roadroid). Llegando a la conclusión que el Roadroid nos proporciona valores similares al Rugosímetro de Merlín y se puede aseverar que el rendimiento es mucho mejor con la aplicación del Roadroid.



V. CONCLUSIONES

- Se determinó la influencia de altura de vuelo, donde el mayor índice de rugosidad se presenta en los vuelos de dron con una altura de 20 metros obteniendo un valor promedio de IRI entre 8.39 m/km y 10.71 m/km esto para el carril derecho y un valor promedio de IRI entre 6.50 m/km y 7.93 m/km para el carril izquierdo; mientras que, a alturas de 10 metros se obtienen un valor promedio de IRI entre 3.93 m/km y 4.33 m/km para el carril derecho y un valor promedio de IRI entre 3.09 m/km y 3.33 m/km para el carril izquierdo. Como podemos observar, hay una diferencia considerable del índice de rugosidad para diferentes alturas.
- Se comparo el IRI donde en el carril derecho, el menor índice de rugosidad se presentó en las lecturas tomadas con el Rugosímetro de Merlín, con valores entre 1.13 m/km y 1.40 m/km, Se concluye que, en el caso del carril derecho, las lecturas con dron que más se aproximan a las del rugosímetro de Merlín, son las realizadas a una altura de 10 metros, sin embargo, el porcentaje de similitud obtenido es de 35.62% con una tendencia negativa. Por otro lado, en el carril izquierdo el menor índice de rugosidad se presentó en las lecturas tomadas con el Rugosímetro de Merlín, con valores entre 0.90 m/km y 1.10 m/km. Se concluye que, en el caso del carril izquierdo, las lecturas con dron que más se aproximan a las del rugosímetro de Merlín, son las realizadas a una altura promedio de 10 metros, sin embargo, el porcentaje de similitud obtenido es de 35.60% con una tendencia negativa.



VI. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones, se recomienda realizar lecturas de dron con alturas menores a 10.00 m, debido a la tendencia es positiva cuando más cerca está el dron de la superficie de la tierra mejores son los resultados, utilizar planificación de vuelo función a la orografía de la tierra.
- Se recomienda comparar el Índice de Rugosidad Internacional medido con dron y rugosímetro de Merlín con otros métodos de lectura o diferentes tipos de Vehículos Aéreos No Tripuladas, como son los scanner, sensores lidar, entre otros.
- Se recomienda tener en cuenta los factores climáticos para tomas de datos como son la luz solar, temperatura, horario, velocidad de viento.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Quispe, M. M., & Laura Santos, A. I. (2022). *Evaluación superficial para la mejora de la transitabilidad vehicular en la calle Antunez de Mayolo mediante el método PCI y Rugosímetro Merlín, Tacna, 2022*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Angarita, L. F. (2017). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Bogotá: Comparación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) a partir de información obtenida por métodos fotogramétricos. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/6912>
- Callacondo, J. L. (2020). *Análisis De La Rugosidad Superficial En Carretera No Pavimentada A Partir De Información Derivada De Método Estático Directo Y Sistema De Aeronaves Pilotadas A Distancia Phantom 4 RTK, Carretera Dv. Isla Esteves – EMP. PE 3S PUNO*. Puno: Universidad del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14472>
- Camacho Pampamallco, S. Y. (2019). *Evaluación y análisis de la Rugosidad en Pavimentos de la Ciudad de Puno Aplicando el Método Roadroid y el Rugosímetro de Merlín*. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Camacho, S. Y. (2018). *Evaluación Y Análisis De La Rugosidad En Pavimentos De La Ciudad De Puno Aplicando El Método Roadroid Y El Rugosímetro De Merlín*. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2602>



- Chambilla, E. D. (2021). *Evaluación De Pavimento Flexible Mediante Método Del Rugosímetro De Merlín Y El Aplicativo IRI-Calc- Free En La Avenida Simón Bolívar, Puno*. Callao: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75230>
- Cruz Toribio, J. O. (2022). *Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) a Través de Imágenes Obtenidas de un Vehículo Aéreo no Tripulado*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio: Universidad de Costa Rica. doi:<https://hdl.handle.net/10669/87477>
- DJI. (2017). *Manual de usuario Phantom 4 Pro/ Pro+*. Obtenido de https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4_pro/20170719/Phantom_4_Pro_Pro_Plus_User_Manual_ES
- Flores, F. H., & Chura, E. (2022). *Modelo matemático y medición para estimar el índice de regularidad internacional (IRI) preciso en carreteras sinuosas caso: tramo Urcos - Ocongate de la red vial PE-30C región Cusco, 2018*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de <http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.05>
- Flores, L. M. (2022). *Análisis comparativo del IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de Merlín, dando propuesta de solución en la A.V Los Ángeles del Distrito de Pocollay, Tacna - 2022*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Obtenido de <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01>
- Goicochea, A. A. (2020). *Análisis comparativo entre el sistema Roadroid y el procedimiento fotogramétrico para realizar el diagnóstico IRI de la Av. Enrique*



Meiggs, Chimbote – 2020. Chimbote: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61251>

Hernandez Sampieri, R., Fenández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGrawHill.

Hernandez, J. C. (2018). *Determinar El Índice De Rugosidad IRI Y Desarrollar Un Manual Para El Equipo Merlín*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/5627>

Loyola, J. A., & Navarro, L. P. (2017). *Estudio comparativo de los métodos AASHTO 1993 y mecánico - empírico MEPDG AAHSTO 2008 en el diseño del pavimento flexible del Jr. Libertad en el P.J. Miramar Alto - Chimbote*. Chimbote: Universidad Nacional del Santa.

Maximiliano, E. J. (2016). *Implementación del modelo climatico EICM con fines de diseño para pavimento de concreto asfáltico aplicando la metodología MEPDG*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2022). *Infraestructura vial del Sistema Nacional de Carreteras por tipo de superficie, según departamento, 2022*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Montoya, J. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/1967>
- Moyano, M. P. (2020). *Procedimiento para determinar el Índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/4781>
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos*. Lima.
- Peña, M. J. (2018). *Análisis Comparativo Entre El Índice De Rugosidad Internacional Teórico Y El Índice De Rugosidad Internacional Real De Una Carretera Con Orografía Accidentada Ubicada A Más De 3000 Msnm Verificada En La Carretera Huancarani – Paucartambo*. Cusco: Universidad Andina Del Cusco. Obtenido de <https://doi.org/10.36888/udual.universidades.2019.80.19>
- PIX4D. (2023). *Softwarer PIX4D*. Obtenido de <https://support.pix4d.com>
- Prosser-Contreras, E. A. (2020). Uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs) y Fotogrametría para la Obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en Carreteras. *Applied Sciences*, 1–22. Obtenido de <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app10248788>
- Ramos, F. C. (2021). *Análisis de variación del IRI aplicado en construcción de una carretera de bajo volumen de tránsito respecto del IRI topográfico*. Lima:



Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01>

Rico Castillo, A., & Del Castillo, H. (2010). *Ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. Mexico.

Rico, A., & Del Castillo, H. (2010). *Ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. Mexico.

Rodríguez, E. V. (2019). *Desarrollo De Metodología Para La Medición De Iri (International Roughness Index), Mediante El Uso De Un Rugosímetro Basado En El Merlin (Machine Evaluating Roughness Using Low Cost Instrumentation), Para Evaluación De pavimentos Flexibles Y Rígidos en El. El Salvador: Universidad de El Salvador*. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20699>

Rodríguez, E., Torres, L., & Villeda, M. (2019). *Desarrollo de Metodología para la Medición de IRI (Internacional Roughness Index), mediante el uso de un rugosímetro basado en el Merlin (Machine Evaluating Roughness Using Low cost Instrumentation), para la evaluación de pavimentos flexibles y rígidos e*. San Salvador: Universidad de El Salvador.

Tingal Limay, H. (2021). *Análisis de índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca - Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de Merlin*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Velasquez, J. A. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible para la conservación adecuada aplicando metodologías ASTM D 6433-03, MTC e IRI en Av. Circunvalación – Puno – 2021*. Puno: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.05.01>



Vilca, R. J. (2020). *Evaluación Superficial En Pavimentos Flexibles Aplicando La Metodología PCI, IRI y Deflectometria En Las Avs. Floral Y El Sol De La Ciudad De Puno 2019*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16428>



ANEXOS

ANEXO 1 Análisis 01 Resultados IRI - Vuelo 01 (H-10m) - Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	6.64
0+010.00	0+020.00	10.00	3.09
0+020.00	0+030.00	10.00	2.52
0+030.00	0+040.00	10.00	2.32
0+040.00	0+050.00	10.00	2.21
0+050.00	0+060.00	10.00	3.86
0+060.00	0+070.00	10.00	4.52
0+070.00	0+080.00	10.00	5.46
0+080.00	0+090.00	10.00	2.77
0+090.00	0+100.00	10.00	5.89
0+100.00	0+110.00	10.00	5.70
0+110.00	0+120.00	10.00	2.47
0+120.00	0+130.00	10.00	4.98
0+130.00	0+140.00	10.00	4.45
0+140.00	0+150.00	10.00	4.79
0+150.00	0+160.00	10.00	4.38
0+160.00	0+170.00	10.00	3.47
0+170.00	0+180.00	10.00	9.11
0+180.00	0+190.00	10.00	5.24
0+190.00	0+200.00	10.00	2.74
0+200.00	0+210.00	10.00	4.79
0+210.00	0+220.00	10.00	3.08
0+220.00	0+230.00	10.00	2.81
0+230.00	0+240.00	10.00	2.11
0+240.00	0+250.00	10.00	4.44
0+250.00	0+260.00	10.00	3.50
0+260.00	0+270.00	10.00	4.01
0+270.00	0+280.00	10.00	6.98
0+280.00	0+290.00	10.00	5.46
0+290.00	0+300.00	10.00	3.65
0+300.00	0+310.00	10.00	4.36
0+310.00	0+320.00	10.00	3.60
0+320.00	0+330.00	10.00	4.20
0+330.00	0+340.00	10.00	4.12
0+340.00	0+350.00	10.00	3.40
0+350.00	0+360.00	10.00	3.61
0+360.00	0+370.00	10.00	4.11
0+370.00	0+380.00	10.00	5.20
0+380.00	0+390.00	10.00	7.43
0+390.00	0+400.00	10.00	5.94



ANEXO 2 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-10m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	2.97
0+010.00	0+020.00	10.00	3.63
0+020.00	0+030.00	10.00	2.39
0+030.00	0+040.00	10.00	2.29
0+040.00	0+050.00	10.00	4.03
0+050.00	0+060.00	10.00	2.37
0+060.00	0+070.00	10.00	3.05
0+070.00	0+080.00	10.00	6.22
0+080.00	0+090.00	10.00	3.22
0+090.00	0+100.00	10.00	4.79
0+100.00	0+110.00	10.00	9.70
0+110.00	0+120.00	10.00	4.22
0+120.00	0+130.00	10.00	5.55
0+130.00	0+140.00	10.00	5.04
0+140.00	0+150.00	10.00	2.95
0+150.00	0+160.00	10.00	4.30
0+160.00	0+170.00	10.00	3.43
0+170.00	0+180.00	10.00	8.69
0+180.00	0+190.00	10.00	6.00
0+190.00	0+200.00	10.00	3.20
0+200.00	0+210.00	10.00	5.18
0+210.00	0+220.00	10.00	3.11
0+220.00	0+230.00	10.00	2.52
0+230.00	0+240.00	10.00	3.53
0+240.00	0+250.00	10.00	2.83
0+250.00	0+260.00	10.00	3.34
0+260.00	0+270.00	10.00	3.86
0+270.00	0+280.00	10.00	2.86
0+280.00	0+290.00	10.00	3.26
0+290.00	0+300.00	10.00	2.20
0+300.00	0+310.00	10.00	3.23
0+310.00	0+320.00	10.00	3.15
0+320.00	0+330.00	10.00	3.70
0+330.00	0+340.00	10.00	3.38
0+340.00	0+350.00	10.00	3.49
0+350.00	0+360.00	10.00	3.18
0+360.00	0+370.00	10.00	3.85
0+370.00	0+380.00	10.00	3.91
0+380.00	0+390.00	10.00	4.68
0+390.00	0+400.00	10.00	3.74



ANEXO 3 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-10m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	4.20
0+010.00	0+020.00	10.00	3.82
0+020.00	0+030.00	10.00	2.68
0+030.00	0+040.00	10.00	3.01
0+040.00	0+050.00	10.00	3.73
0+050.00	0+060.00	10.00	2.76
0+060.00	0+070.00	10.00	3.77
0+070.00	0+080.00	10.00	6.25
0+080.00	0+090.00	10.00	3.45
0+090.00	0+100.00	10.00	5.01
0+100.00	0+110.00	10.00	4.56
0+110.00	0+120.00	10.00	3.67
0+120.00	0+130.00	10.00	4.88
0+130.00	0+140.00	10.00	4.08
0+140.00	0+150.00	10.00	4.25
0+150.00	0+160.00	10.00	4.18
0+160.00	0+170.00	10.00	5.86
0+170.00	0+180.00	10.00	5.99
0+180.00	0+190.00	10.00	5.53
0+190.00	0+200.00	10.00	2.63
0+200.00	0+210.00	10.00	5.99
0+210.00	0+220.00	10.00	2.89
0+220.00	0+230.00	10.00	3.92
0+230.00	0+240.00	10.00	3.12
0+240.00	0+250.00	10.00	3.74
0+250.00	0+260.00	10.00	2.34
0+260.00	0+270.00	10.00	2.35
0+270.00	0+280.00	10.00	4.20
0+280.00	0+290.00	10.00	3.83
0+290.00	0+300.00	10.00	3.52
0+300.00	0+310.00	10.00	4.62
0+310.00	0+320.00	10.00	3.91
0+320.00	0+330.00	10.00	2.83
0+330.00	0+340.00	10.00	5.28
0+340.00	0+350.00	10.00	3.90
0+350.00	0+360.00	10.00	4.13
0+360.00	0+370.00	10.00	2.22
0+370.00	0+380.00	10.00	4.66
0+380.00	0+390.00	10.00	3.37
0+390.00	0+400.00	10.00	3.96



ANEXO 4 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-10m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	3.24
0+010.00	0+020.00	10.00	1.91
0+020.00	0+030.00	10.00	2.14
0+030.00	0+040.00	10.00	2.04
0+040.00	0+050.00	10.00	1.99
0+050.00	0+060.00	10.00	2.46
0+060.00	0+070.00	10.00	2.66
0+070.00	0+080.00	10.00	2.04
0+080.00	0+090.00	10.00	4.22
0+090.00	0+100.00	10.00	1.74
0+100.00	0+110.00	10.00	2.46
0+110.00	0+120.00	10.00	3.20
0+120.00	0+130.00	10.00	2.93
0+130.00	0+140.00	10.00	2.58
0+140.00	0+150.00	10.00	3.92
0+150.00	0+160.00	10.00	3.97
0+160.00	0+170.00	10.00	5.26
0+170.00	0+180.00	10.00	2.80
0+180.00	0+190.00	10.00	3.76
0+190.00	0+200.00	10.00	3.50
0+200.00	0+210.00	10.00	1.85
0+210.00	0+220.00	10.00	1.88
0+220.00	0+230.00	10.00	2.94
0+230.00	0+240.00	10.00	2.47
0+240.00	0+250.00	10.00	2.64
0+250.00	0+260.00	10.00	4.13
0+260.00	0+270.00	10.00	3.31
0+270.00	0+280.00	10.00	4.73
0+280.00	0+290.00	10.00	3.68
0+290.00	0+300.00	10.00	2.15
0+300.00	0+310.00	10.00	4.54
0+310.00	0+320.00	10.00	4.38
0+320.00	0+330.00	10.00	3.18
0+330.00	0+340.00	10.00	4.05
0+340.00	0+350.00	10.00	3.89
0+350.00	0+360.00	10.00	6.57
0+360.00	0+370.00	10.00	0.97
0+370.00	0+380.00	10.00	0.27
0+380.00	0+390.00	10.00	4.27
0+390.00	0+400.00	10.00	10.62



ANEXO 5 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-10m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	3.43
0+010.00	0+020.00	10.00	1.72
0+020.00	0+030.00	10.00	2.40
0+030.00	0+040.00	10.00	1.61
0+040.00	0+050.00	10.00	1.88
0+050.00	0+060.00	10.00	3.50
0+060.00	0+070.00	10.00	3.57
0+070.00	0+080.00	10.00	2.39
0+080.00	0+090.00	10.00	3.35
0+090.00	0+100.00	10.00	2.61
0+100.00	0+110.00	10.00	3.03
0+110.00	0+120.00	10.00	2.34
0+120.00	0+130.00	10.00	4.29
0+130.00	0+140.00	10.00	2.75
0+140.00	0+150.00	10.00	5.59
0+150.00	0+160.00	10.00	3.82
0+160.00	0+170.00	10.00	3.08
0+170.00	0+180.00	10.00	1.76
0+180.00	0+190.00	10.00	2.42
0+190.00	0+200.00	10.00	2.65
0+200.00	0+210.00	10.00	2.47
0+210.00	0+220.00	10.00	1.90
0+220.00	0+230.00	10.00	2.54
0+230.00	0+240.00	10.00	6.74
0+240.00	0+250.00	10.00	2.88
0+250.00	0+260.00	10.00	3.06
0+260.00	0+270.00	10.00	3.19
0+270.00	0+280.00	10.00	2.49
0+280.00	0+290.00	10.00	2.38
0+290.00	0+300.00	10.00	4.47
0+300.00	0+310.00	10.00	5.68
0+310.00	0+320.00	10.00	1.94
0+320.00	0+330.00	10.00	4.65
0+330.00	0+340.00	10.00	3.22
0+340.00	0+350.00	10.00	2.69
0+350.00	0+360.00	10.00	5.17
0+360.00	0+370.00	10.00	1.77
0+370.00	0+380.00	10.00	0.15
0+380.00	0+390.00	10.00	3.88
0+390.00	0+400.00	10.00	4.22



ANEXO 6 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-10m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	2.71
0+010.00	0+020.00	10.00	2.03
0+020.00	0+030.00	10.00	2.99
0+030.00	0+040.00	10.00	1.84
0+040.00	0+050.00	10.00	2.28
0+050.00	0+060.00	10.00	3.05
0+060.00	0+070.00	10.00	3.04
0+070.00	0+080.00	10.00	2.74
0+080.00	0+090.00	10.00	3.34
0+090.00	0+100.00	10.00	2.74
0+100.00	0+110.00	10.00	3.23
0+110.00	0+120.00	10.00	1.90
0+120.00	0+130.00	10.00	3.47
0+130.00	0+140.00	10.00	1.73
0+140.00	0+150.00	10.00	3.94
0+150.00	0+160.00	10.00	4.51
0+160.00	0+170.00	10.00	4.31
0+170.00	0+180.00	10.00	2.42
0+180.00	0+190.00	10.00	2.93
0+190.00	0+200.00	10.00	3.08
0+200.00	0+210.00	10.00	2.38
0+210.00	0+220.00	10.00	2.62
0+220.00	0+230.00	10.00	2.83
0+230.00	0+240.00	10.00	3.39
0+240.00	0+250.00	10.00	4.46
0+250.00	0+260.00	10.00	3.92
0+260.00	0+270.00	10.00	4.68
0+270.00	0+280.00	10.00	3.14
0+280.00	0+290.00	10.00	3.34
0+290.00	0+300.00	10.00	3.69
0+300.00	0+310.00	10.00	4.47
0+310.00	0+320.00	10.00	5.45
0+320.00	0+330.00	10.00	3.44
0+330.00	0+340.00	10.00	4.71
0+340.00	0+350.00	10.00	3.61
0+350.00	0+360.00	10.00	2.91
0+360.00	0+370.00	10.00	0.32
0+370.00	0+380.00	10.00	0.68
0+380.00	0+390.00	10.00	7.30
0+390.00	0+400.00	10.00	7.69



ANEXO 7 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-15m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	4.85
0+010.00	0+020.00	10.00	4.99
0+020.00	0+030.00	10.00	2.66
0+030.00	0+040.00	10.00	2.11
0+040.00	0+050.00	10.00	3.08
0+050.00	0+060.00	10.00	3.32
0+060.00	0+070.00	10.00	4.16
0+070.00	0+080.00	10.00	7.68
0+080.00	0+090.00	10.00	3.26
0+090.00	0+100.00	10.00	1.61
0+100.00	0+110.00	10.00	3.08
0+110.00	0+120.00	10.00	7.24
0+120.00	0+130.00	10.00	8.50
0+130.00	0+140.00	10.00	5.54
0+140.00	0+150.00	10.00	8.44
0+150.00	0+160.00	10.00	5.31
0+160.00	0+170.00	10.00	5.21
0+170.00	0+180.00	10.00	8.54
0+180.00	0+190.00	10.00	5.91
0+190.00	0+200.00	10.00	7.54
0+200.00	0+210.00	10.00	5.57
0+210.00	0+220.00	10.00	8.24
0+220.00	0+230.00	10.00	7.28
0+230.00	0+240.00	10.00	7.39
0+240.00	0+250.00	10.00	6.16
0+250.00	0+260.00	10.00	7.68
0+260.00	0+270.00	10.00	8.23
0+270.00	0+280.00	10.00	6.57
0+280.00	0+290.00	10.00	2.96
0+290.00	0+300.00	10.00	4.74
0+300.00	0+310.00	10.00	5.95
0+310.00	0+320.00	10.00	8.42
0+320.00	0+330.00	10.00	7.14
0+330.00	0+340.00	10.00	4.62
0+340.00	0+350.00	10.00	5.44
0+350.00	0+360.00	10.00	6.72
0+360.00	0+370.00	10.00	4.62
0+370.00	0+380.00	10.00	6.49
0+380.00	0+390.00	10.00	6.36
0+390.00	0+400.00	10.00	7.37
0+400.00	0+400.25	0.00	14.52



ANEXO 8 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-15m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	4.75
0+010.00	0+020.00	10.00	3.42
0+020.00	0+030.00	10.00	4.75
0+030.00	0+040.00	10.00	2.98
0+040.00	0+050.00	10.00	4.61
0+050.00	0+060.00	10.00	4.25
0+060.00	0+070.00	10.00	6.48
0+070.00	0+080.00	10.00	8.99
0+080.00	0+090.00	10.00	4.70
0+090.00	0+100.00	10.00	5.21
0+100.00	0+110.00	10.00	5.57
0+110.00	0+120.00	10.00	9.30
0+120.00	0+130.00	10.00	17.53
0+130.00	0+140.00	10.00	5.67
0+140.00	0+150.00	10.00	5.96
0+150.00	0+160.00	10.00	5.95
0+160.00	0+170.00	10.00	7.01
0+170.00	0+180.00	10.00	9.79
0+180.00	0+190.00	10.00	6.21
0+190.00	0+200.00	10.00	7.44
0+200.00	0+210.00	10.00	7.10
0+210.00	0+220.00	10.00	7.87
0+220.00	0+230.00	10.00	8.04
0+230.00	0+240.00	10.00	7.49
0+240.00	0+250.00	10.00	4.70
0+250.00	0+260.00	10.00	7.80
0+260.00	0+270.00	10.00	5.94
0+270.00	0+280.00	10.00	8.07
0+280.00	0+290.00	10.00	4.80
0+290.00	0+300.00	10.00	7.16
0+300.00	0+310.00	10.00	5.60
0+310.00	0+320.00	10.00	8.77
0+320.00	0+330.00	10.00	5.40
0+330.00	0+340.00	10.00	5.20
0+340.00	0+350.00	10.00	4.53
0+350.00	0+360.00	10.00	3.08
0+360.00	0+370.00	10.00	4.64
0+370.00	0+380.00	10.00	6.65
0+380.00	0+390.00	10.00	6.47
0+390.00	0+400.00	10.00	9.32
0+400.00	0+400.25	0.00	13.49



ANEXO 9 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-15m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	3.88
0+010.00	0+020.00	10.00	4.12
0+020.00	0+030.00	10.00	3.53
0+030.00	0+040.00	10.00	4.59
0+040.00	0+050.00	10.00	4.53
0+050.00	0+060.00	10.00	3.39
0+060.00	0+070.00	10.00	5.28
0+070.00	0+080.00	10.00	8.23
0+080.00	0+090.00	10.00	5.92
0+090.00	0+100.00	10.00	6.77
0+100.00	0+110.00	10.00	11.14
0+110.00	0+120.00	10.00	8.80
0+120.00	0+130.00	10.00	7.05
0+130.00	0+140.00	10.00	6.75
0+140.00	0+150.00	10.00	7.32
0+150.00	0+160.00	10.00	6.29
0+160.00	0+170.00	10.00	5.42
0+170.00	0+180.00	10.00	9.90
0+180.00	0+190.00	10.00	7.58
0+190.00	0+200.00	10.00	5.06
0+200.00	0+210.00	10.00	5.48
0+210.00	0+220.00	10.00	5.62
0+220.00	0+230.00	10.00	7.38
0+230.00	0+240.00	10.00	7.29
0+240.00	0+250.00	10.00	7.52
0+250.00	0+260.00	10.00	5.43
0+260.00	0+270.00	10.00	5.60
0+270.00	0+280.00	10.00	5.45
0+280.00	0+290.00	10.00	4.59
0+290.00	0+300.00	10.00	6.22
0+300.00	0+310.00	10.00	6.74
0+310.00	0+320.00	10.00	7.86
0+320.00	0+330.00	10.00	7.97
0+330.00	0+340.00	10.00	5.43
0+340.00	0+350.00	10.00	8.43
0+350.00	0+360.00	10.00	4.78
0+360.00	0+370.00	10.00	4.27
0+370.00	0+380.00	10.00	6.08
0+380.00	0+390.00	10.00	5.87
0+390.00	0+400.00	10.00	9.80



ANEXO 10 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-15m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	3.98
0+010.00	0+020.00	10.00	2.69
0+020.00	0+030.00	10.00	1.77
0+030.00	0+040.00	10.00	3.88
0+040.00	0+050.00	10.00	3.20
0+050.00	0+060.00	10.00	3.20
0+060.00	0+070.00	10.00	4.49
0+070.00	0+080.00	10.00	2.50
0+080.00	0+090.00	10.00	4.27
0+090.00	0+100.00	10.00	1.65
0+100.00	0+110.00	10.00	2.31
0+110.00	0+120.00	10.00	3.26
0+120.00	0+130.00	10.00	4.00
0+130.00	0+140.00	10.00	4.88
0+140.00	0+150.00	10.00	5.01
0+150.00	0+160.00	10.00	3.64
0+160.00	0+170.00	10.00	4.66
0+170.00	0+180.00	10.00	3.32
0+180.00	0+190.00	10.00	5.02
0+190.00	0+200.00	10.00	3.24
0+200.00	0+210.00	10.00	2.27
0+210.00	0+220.00	10.00	3.71
0+220.00	0+230.00	10.00	3.32
0+230.00	0+240.00	10.00	4.10
0+240.00	0+250.00	10.00	2.18
0+250.00	0+260.00	10.00	4.34
0+260.00	0+270.00	10.00	4.61
0+270.00	0+280.00	10.00	4.59
0+280.00	0+290.00	10.00	6.51
0+290.00	0+300.00	10.00	2.97
0+300.00	0+310.00	10.00	4.12
0+310.00	0+320.00	10.00	6.48
0+320.00	0+330.00	10.00	5.17
0+330.00	0+340.00	10.00	5.33
0+340.00	0+350.00	10.00	5.23
0+350.00	0+360.00	10.00	6.07
0+360.00	0+370.00	10.00	1.64
0+370.00	0+380.00	10.00	0.55
0+380.00	0+390.00	10.00	3.56
0+390.00	0+400	9.25	7.16



ANEXO 11 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-15m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	2.89
0+010.00	0+020.00	10.00	3.26
0+020.00	0+030.00	10.00	3.81
0+030.00	0+040.00	10.00	2.45
0+040.00	0+050.00	10.00	1.72
0+050.00	0+060.00	10.00	4.31
0+060.00	0+070.00	10.00	3.51
0+070.00	0+080.00	10.00	4.77
0+080.00	0+090.00	10.00	5.86
0+090.00	0+100.00	10.00	2.95
0+100.00	0+110.00	10.00	3.52
0+110.00	0+120.00	10.00	3.56
0+120.00	0+130.00	10.00	3.51
0+130.00	0+140.00	10.00	3.60
0+140.00	0+150.00	10.00	4.67
0+150.00	0+160.00	10.00	4.16
0+160.00	0+170.00	10.00	4.17
0+170.00	0+180.00	10.00	3.17
0+180.00	0+190.00	10.00	4.02
0+190.00	0+200.00	10.00	3.76
0+200.00	0+210.00	10.00	3.50
0+210.00	0+220.00	10.00	2.97
0+220.00	0+230.00	10.00	4.47
0+230.00	0+240.00	10.00	3.93
0+240.00	0+250.00	10.00	4.96
0+250.00	0+260.00	10.00	3.84
0+260.00	0+270.00	10.00	4.02
0+270.00	0+280.00	10.00	2.75
0+280.00	0+290.00	10.00	6.25
0+290.00	0+300.00	10.00	4.82
0+300.00	0+310.00	10.00	6.22
0+310.00	0+320.00	10.00	6.70
0+320.00	0+330.00	10.00	4.36
0+330.00	0+340.00	10.00	3.30
0+340.00	0+350.00	10.00	3.69
0+350.00	0+360.00	10.00	3.66
0+360.00	0+370.00	10.00	1.01
0+370.00	0+380.00	10.00	1.81
0+380.00	0+390.00	10.00	2.77
0+390.00	0+400.00	9.25	4.66



ANEXO 12 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-15m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	4.10
0+010.00	0+020.00	10.00	2.71
0+020.00	0+030.00	10.00	3.24
0+030.00	0+040.00	10.00	2.59
0+040.00	0+050.00	10.00	3.01
0+050.00	0+060.00	10.00	4.09
0+060.00	0+070.00	10.00	3.16
0+070.00	0+080.00	10.00	3.91
0+080.00	0+090.00	10.00	4.54
0+090.00	0+100.00	10.00	2.71
0+100.00	0+110.00	10.00	3.13
0+110.00	0+120.00	10.00	3.43
0+120.00	0+130.00	10.00	3.27
0+130.00	0+140.00	10.00	3.17
0+140.00	0+150.00	10.00	6.19
0+150.00	0+160.00	10.00	4.52
0+160.00	0+170.00	10.00	2.75
0+170.00	0+180.00	10.00	5.13
0+180.00	0+190.00	10.00	4.10
0+190.00	0+200.00	10.00	3.72
0+200.00	0+210.00	10.00	2.91
0+210.00	0+220.00	10.00	3.41
0+220.00	0+230.00	10.00	4.02
0+230.00	0+240.00	10.00	4.36
0+240.00	0+250.00	10.00	3.65
0+250.00	0+260.00	10.00	4.98
0+260.00	0+270.00	10.00	3.83
0+270.00	0+280.00	10.00	5.05
0+280.00	0+290.00	10.00	5.01
0+290.00	0+300.00	10.00	5.72
0+300.00	0+310.00	10.00	4.76
0+310.00	0+320.00	10.00	7.57
0+320.00	0+330.00	10.00	6.69
0+330.00	0+340.00	10.00	4.41
0+340.00	0+350.00	10.00	6.97
0+350.00	0+360.00	10.00	4.96
0+360.00	0+370.00	10.00	0.95
0+370.00	0+380.00	10.00	0.30
0+380.00	0+390.00	10.00	3.96
0+390.00	0+400.00	9.25	8.02



ANEXO 13 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-15m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	6.75
0+010.00	0+020.00	10.00	5.63
0+020.00	0+030.00	10.00	4.03
0+030.00	0+040.00	10.00	6.04
0+040.00	0+050.00	10.00	7.41
0+050.00	0+060.00	10.00	8.40
0+060.00	0+070.00	10.00	7.60
0+070.00	0+080.00	10.00	11.16
0+080.00	0+090.00	10.00	8.08
0+090.00	0+100.00	10.00	4.03
0+100.00	0+110.00	10.00	12.91
0+110.00	0+120.00	10.00	13.40
0+120.00	0+130.00	10.00	9.98
0+130.00	0+140.00	10.00	9.56
0+140.00	0+150.00	10.00	11.88
0+150.00	0+160.00	10.00	8.38
0+160.00	0+170.00	10.00	11.25
0+170.00	0+180.00	10.00	11.42
0+180.00	0+190.00	10.00	12.80
0+190.00	0+200.00	10.00	10.56
0+200.00	0+210.00	10.00	9.53
0+210.00	0+220.00	10.00	16.22
0+220.00	0+230.00	10.00	18.64
0+230.00	0+240.00	10.00	10.77
0+240.00	0+250.00	10.00	13.34
0+250.00	0+260.00	10.00	14.59
0+260.00	0+270.00	10.00	18.28
0+270.00	0+280.00	10.00	10.69
0+280.00	0+290.00	10.00	8.81
0+290.00	0+300.00	10.00	7.93
0+300.00	0+310.00	10.00	10.56
0+310.00	0+320.00	10.00	11.81
0+320.00	0+330.00	10.00	9.69
0+330.00	0+340.00	10.00	8.90
0+340.00	0+350.00	10.00	8.65
0+350.00	0+360.00	10.00	8.86
0+360.00	0+370.00	10.00	12.22
0+370.00	0+380.00	10.00	11.93
0+380.00	0+390.00	10.00	17.37
0+390.00	0+400.00	10.00	18.48



ANEXO 14 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-15m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	4.57
0+010.00	0+020.00	10.00	5.99
0+020.00	0+030.00	10.00	11.16
0+030.00	0+040.00	10.00	4.02
0+040.00	0+050.00	10.00	8.13
0+050.00	0+060.00	10.00	7.97
0+060.00	0+070.00	10.00	5.76
0+070.00	0+080.00	10.00	10.20
0+080.00	0+090.00	10.00	6.08
0+090.00	0+100.00	10.00	3.72
0+100.00	0+110.00	10.00	17.76
0+110.00	0+120.00	10.00	16.12
0+120.00	0+130.00	10.00	15.19
0+130.00	0+140.00	10.00	13.73
0+140.00	0+150.00	10.00	6.11
0+150.00	0+160.00	10.00	7.13
0+160.00	0+170.00	10.00	10.12
0+170.00	0+180.00	10.00	11.41
0+180.00	0+190.00	10.00	10.70
0+190.00	0+200.00	10.00	13.53
0+200.00	0+210.00	10.00	12.20
0+210.00	0+220.00	10.00	13.80
0+220.00	0+230.00	10.00	10.97
0+230.00	0+240.00	10.00	10.19
0+240.00	0+250.00	10.00	20.14
0+250.00	0+260.00	10.00	18.37
0+260.00	0+270.00	10.00	26.93
0+270.00	0+280.00	10.00	14.63
0+280.00	0+290.00	10.00	6.41
0+290.00	0+300.00	10.00	8.49
0+300.00	0+310.00	10.00	11.34
0+310.00	0+320.00	10.00	12.70
0+320.00	0+330.00	10.00	15.07
0+330.00	0+340.00	10.00	18.13
0+340.00	0+350.00	10.00	11.04
0+350.00	0+360.00	10.00	12.52
0+360.00	0+370.00	10.00	11.57
0+370.00	0+380.00	10.00	10.73
0+380.00	0+390.00	10.00	11.88
0+390.00	0+400.00	10.00	15.45



ANEXO 15 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-15m) – Carril Derecho

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril derecho - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	5.84
0+010.00	0+020.00	10.00	7.75
0+020.00	0+030.00	10.00	5.60
0+030.00	0+040.00	10.00	3.94
0+040.00	0+050.00	10.00	4.55
0+050.00	0+060.00	10.00	7.22
0+060.00	0+070.00	10.00	6.79
0+070.00	0+080.00	10.00	9.16
0+080.00	0+090.00	10.00	8.66
0+090.00	0+100.00	10.00	8.75
0+100.00	0+110.00	10.00	13.50
0+110.00	0+120.00	10.00	13.40
0+120.00	0+130.00	10.00	8.14
0+130.00	0+140.00	10.00	10.33
0+140.00	0+150.00	10.00	9.46
0+150.00	0+160.00	10.00	8.36
0+160.00	0+170.00	10.00	11.03
0+170.00	0+180.00	10.00	8.58
0+180.00	0+190.00	10.00	6.58
0+190.00	0+200.00	10.00	5.49
0+200.00	0+210.00	10.00	8.90
0+210.00	0+220.00	10.00	6.97
0+220.00	0+230.00	10.00	7.57
0+230.00	0+240.00	10.00	6.45
0+240.00	0+250.00	10.00	8.01
0+250.00	0+260.00	10.00	14.18
0+260.00	0+270.00	10.00	8.76
0+270.00	0+280.00	10.00	9.27
0+280.00	0+290.00	10.00	6.67
0+290.00	0+300.00	10.00	3.86
0+300.00	0+310.00	10.00	6.45
0+310.00	0+320.00	10.00	9.00
0+320.00	0+330.00	10.00	8.45
0+330.00	0+340.00	10.00	11.16
0+340.00	0+350.00	10.00	8.91
0+350.00	0+360.00	10.00	5.71
0+360.00	0+370.00	10.00	11.51
0+370.00	0+380.00	10.00	7.85
0+380.00	0+390.00	10.00	10.28
0+390.00	0+400.00	10.00	12.53



ANEXO 16 Análisis 01 Resultados IRI – Vuelo 01 (H-20m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	5.21
0+010.00	0+020.00	10.00	5.63
0+020.00	0+030.00	10.00	3.42
0+030.00	0+040.00	10.00	4.90
0+040.00	0+050.00	10.00	5.24
0+050.00	0+060.00	10.00	6.83
0+060.00	0+070.00	10.00	4.41
0+070.00	0+080.00	10.00	3.77
0+080.00	0+090.00	10.00	8.73
0+090.00	0+100.00	10.00	5.87
0+100.00	0+110.00	10.00	5.13
0+110.00	0+120.00	10.00	3.26
0+120.00	0+130.00	10.00	4.53
0+130.00	0+140.00	10.00	9.10
0+140.00	0+150.00	10.00	11.77
0+150.00	0+160.00	10.00	6.14
0+160.00	0+170.00	10.00	6.99
0+170.00	0+180.00	10.00	7.75
0+180.00	0+190.00	10.00	6.18
0+190.00	0+200.00	10.00	4.89
0+200.00	0+210.00	10.00	5.21
0+210.00	0+220.00	10.00	5.54
0+220.00	0+230.00	10.00	6.53
0+230.00	0+240.00	10.00	5.57
0+240.00	0+250.00	10.00	5.39
0+250.00	0+260.00	10.00	4.63
0+260.00	0+270.00	10.00	6.29
0+270.00	0+280.00	10.00	7.67
0+280.00	0+290.00	10.00	9.87
0+290.00	0+300.00	10.00	11.45
0+300.00	0+310.00	10.00	10.26
0+310.00	0+320.00	10.00	9.87
0+320.00	0+330.00	10.00	9.98
0+330.00	0+340.00	10.00	6.09
0+340.00	0+350.00	10.00	11.19
0+350.00	0+360.00	10.00	5.42
0+360.00	0+370.00	10.00	1.66
0+370.00	0+380.00	10.00	0.41
0+380.00	0+390.00	10.00	4.79
0+390.00	0+400.00	10.00	12.61



ANEXO 17 Análisis 02 Resultados IRI – Vuelo 02 (H-20m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierda - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	4.59
0+010.00	0+020.00	10.00	6.63
0+020.00	0+030.00	10.00	6.36
0+030.00	0+040.00	10.00	5.95
0+040.00	0+050.00	10.00	4.95
0+050.00	0+060.00	10.00	6.40
0+060.00	0+070.00	10.00	4.20
0+070.00	0+080.00	10.00	2.46
0+080.00	0+090.00	10.00	8.43
0+090.00	0+100.00	10.00	5.65
0+100.00	0+110.00	10.00	6.22
0+110.00	0+120.00	10.00	5.15
0+120.00	0+130.00	10.00	5.36
0+130.00	0+140.00	10.00	6.49
0+140.00	0+150.00	10.00	9.09
0+150.00	0+160.00	10.00	7.46
0+160.00	0+170.00	10.00	4.85
0+170.00	0+180.00	10.00	7.30
0+180.00	0+190.00	10.00	6.37
0+190.00	0+200.00	10.00	6.40
0+200.00	0+210.00	10.00	5.44
0+210.00	0+220.00	10.00	5.15
0+220.00	0+230.00	10.00	6.05
0+230.00	0+240.00	10.00	6.17
0+240.00	0+250.00	10.00	4.83
0+250.00	0+260.00	10.00	5.42
0+260.00	0+270.00	10.00	4.33
0+270.00	0+280.00	10.00	6.68
0+280.00	0+290.00	10.00	9.13
0+290.00	0+300.00	10.00	11.08
0+300.00	0+310.00	10.00	9.37
0+310.00	0+320.00	10.00	8.75
0+320.00	0+330.00	10.00	9.67
0+330.00	0+340.00	10.00	11.22
0+340.00	0+350.00	10.00	13.55
0+350.00	0+360.00	10.00	8.31
0+360.00	0+370.00	10.00	3.30
0+370.00	0+380.00	10.00	1.21
0+380.00	0+390.00	10.00	9.05
0+390.00	0+400.00	9.25	10.82



ANEXO 18 Análisis 03 Resultados IRI – Vuelo 03 (H-20m) – Carril Izquierdo

Progresiva inicial (m)	Progresiva Final (m)	Longitud (m)	Carril izquierdo - IRI (m/km)
0+000.00	0+010.00	10.00	4.67
0+010.00	0+020.00	10.00	7.84
0+020.00	0+030.00	10.00	6.31
0+030.00	0+040.00	10.00	4.75
0+040.00	0+050.00	10.00	5.64
0+050.00	0+060.00	10.00	4.76
0+060.00	0+070.00	10.00	6.22
0+070.00	0+080.00	10.00	4.91
0+080.00	0+090.00	10.00	6.53
0+090.00	0+100.00	10.00	5.46
0+100.00	0+110.00	10.00	6.52
0+110.00	0+120.00	10.00	3.96
0+120.00	0+130.00	10.00	4.71
0+130.00	0+140.00	10.00	4.44
0+140.00	0+150.00	10.00	6.49
0+150.00	0+160.00	10.00	6.12
0+160.00	0+170.00	10.00	8.14
0+170.00	0+180.00	10.00	16.97
0+180.00	0+190.00	10.00	6.07
0+190.00	0+200.00	10.00	8.03
0+200.00	0+210.00	10.00	5.86
0+210.00	0+220.00	10.00	15.88
0+220.00	0+230.00	10.00	15.90
0+230.00	0+240.00	10.00	16.31
0+240.00	0+250.00	10.00	10.64
0+250.00	0+260.00	10.00	8.61
0+260.00	0+270.00	10.00	12.65
0+270.00	0+280.00	10.00	6.64
0+280.00	0+290.00	10.00	11.40
0+290.00	0+300.00	10.00	5.92
0+300.00	0+310.00	10.00	12.74
0+310.00	0+320.00	10.00	8.28
0+320.00	0+330.00	10.00	13.67
0+330.00	0+340.00	10.00	10.93
0+340.00	0+350.00	10.00	14.04
0+350.00	0+360.00	10.00	5.71
0+360.00	0+370.00	10.00	0.62
0+370.00	0+380.00	10.00	0.19
0+380.00	0+390.00	10.00	7.01
0+390.00	0+400.00	9.25	5.59



ANEXO 19 Ensayo 01 Rugosímetro Merlín – Carril Derecho

		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura																										
PROYECTO: INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA												FECHA: 24/10/2023																
Tramo: KM 7+700 AL KM 8+100 CARRIL DERECHO - IDA																												
LUGAR: VÍA MO-590-MOQUEGUA																												
ENSAYO 01																												
1.- DATOS										2.- TESISISTA																		
SECTOR: 7+700 8+100		HUELLA: DER CARRIL: DERECHO		POS. PUNTERO INI: 21.0 mm POS. PUNTERO FIN: 49.0 mm		PASTILLA e =12 mm		PIVOT/PUNTERO 1:10		Washington Quispe Quispe																		
2.- LECTURAS DEL ENSAYO																												
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIPO DE PAVIMENTO							
1	25	23	23	22	24	22	21	21	22	21	26	22	23	21	21	22	22	22	22	22	22	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>					
2	27	23	21	26	25	21	29	19	21	18	22	23	23	22	20	20	20	22	22	22	22	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>					
3	24	22	23	22	21	21	21	22	23	20	21	21	21	21	21	23	25	22	22	22	22	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>					
4	24	23	22	19	21	22	22	22	22	19	20	20	21	22	22	24	25	22	25	21	21	TRAT. BI-CAPA	<input type="checkbox"/>					
5	27	22	23	20	23	22	23	22	18	24	20	22	23	21	23	24	23	23	24	23	23	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>					
6	21	23	22	26	23	21	22	23	21	24	19	23	22	22	23	21	21	23	22	22	22	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>					
7	22	24	23	19	22	23	21	24	21	21	20	23	22	22	23	20	23	24	21	21	21	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>					
8	22	23	23	23	23	23	22	20	25	22	20	21	21	22	22	21	22	22	19	23	23	SELLO	<input type="checkbox"/>					
9	24	24	23	22	22	20	22	26	22	23	23	24	21	21	22	22	22	22	21	24	24	RECUBRIMIENTO BITUMINOSO	<input type="checkbox"/>					
10	23	22	22	19	21	21	23	22	25	20	23	23	23	25	22	24	20	23	24	23	23		<input type="checkbox"/>					
3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																												
$V_{1/25}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	14	39	60	46	17	8		
$V_{26/50}$	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50			
	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4.- HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA 200 DESVIACIONES CONSECUTIVAS																												
5.- CALCULOS										6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL																		
1	Fracción de datos remanentes en el intervalo [20] = 13 = 0.93 und			1			Valor máximo registrado			145.00 mm																		
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo [25] = 4 = 0.50 und			2			Valor mínimo registrado			90.00 mm																		
3	Número de datos centrales intervalos desde [20] al [25] = 4.00 und			3			Factor de corrección			0.86																		
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) = 5.43 und			4			Rango de D, corregido			23.27 mm																		
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) = 27.14 mm			5			IRI=0.0485*Dc			1.13 m/km																		
7.- EQUIPOS DE MEDICION																												
EQ.	MERLIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
8.- OBSERVACIONES																												



ANEXO 20 Ensayo 01 Rugosímetro Merlín – Carril Izquierdo

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura																											
PROYECTO: ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA																											
Tramo: KM 8+100 AL KM 7+700 CARRIL IZQUIERDO - VUELTA															FECHA: 24/10/2023												
LUGAR: EN VIA ASFALTADA															ENSAYO 01												
1.- DATOS															2.- TESISTA												
SECTOR: 8+100 7+700		HUELLA: IZQ CARRIL: IZQUIERDO		POS. PUNTERO INI: 21.0 mm		PASTILLA e = 12 mm		PIVOT/PUNTERO 1:10		Washington Quispe Quispe																	
				POS. PUNTERO FIN: 49.0 mm																							
2.- LECTURAS DEL ENSAYO																											
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIPO DE PAVIMENTO						
1	25	25	28	27	26	26	27	27	26	26	26	27	26	27	27	25	25	26	26	26	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>					
2	28	26	28	26	26	28	28	26	26	26	24	27	26	36	27	25	25	26	27	26	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>					
3	25	26	26	27	26	27	25	29	27	26	25	28	27	26	27	27	28	27	26	26	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>					
4	25	25	26	23	27	25	27	25	25	26	28	27	26	27	26	24	26	28	26	28	TRAT. BI-CAPA	<input type="checkbox"/>					
5	25	25	26	25	27	25	26	26	26	25	26	26	26	24	25	26	26	25	26	27	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>					
6	27	27	27	25	25	26	27	26	27	26	27	27	26	27	28	26	24	28	26	27	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>					
7	28	29	25	27	24	26	26	26	28	27	21	28	26	26	27	28	26	27	26	26	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>					
8	26	26	27	27	28	28	25	27	25	25	21	27	32	25	26	25	25	25	26	26	SELLO	<input type="checkbox"/>					
9	26	26	25	25	27	25	27	27	25	26	30	27	19	26	25	27	27	27	23	27	RECUBRIMIENTO BITUMINOSO	<input type="checkbox"/>					
10	24	26	27	29	24	27	26	26	26	26	27	30	30	28	24	28	26	29	28	27		<input type="checkbox"/>					
3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																											
$V_{1/25}$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	8	36
$V_{26/50}$		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
		69	52	21	4	3	0	1	0	0	1	0	0	8	36	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
4.- HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA 200 DESVIACIONES CONSECUTIVAS																											
5.- CALCULOS										6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL																	
1	Fracción de datos remanentes en el intervalo [24] = 3 = 0.38 und			1	Valor máximo registrado = 180.00 mm																						
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo [28] = 20 = 0.95 und			2	Valor mínimo registrado = 95.00 mm																						
3	Número de datos centrales intervalos desde [24] al [28] = 3.00 und			3	Factor de corrección = 0.86																						
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) = 4.33 und			4	Rango de D, corregido = 18.55 mm																						
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) = 21.64 mm			5	IRI=0.0485*Dc = 0.90 m/km																						
7.- EQUIPOS DE MEDICION																											
EQ.	MERLIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
8.- OBSERVACIONES																											



ANEXO 21 Ensayo 02 Rugosímetro Merlín – Carril Derecho

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura																										
PROYECTO: ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA																										
Tramo: KM 7+700 AL KM 8+100 CARRIL DERECHO - IDA LUGAR: EN VIA ASFALTADA		FECHA: 24/10/2023																								
ENSAYO 02																										
1.- DATOS		2.- TESISTA																								
SECTOR: 7+700 8+100	HUELLA: DER CARRIL: DERECHO	POS. PUNTERO INI: 210 mm POS. PUNTERO FIN: 49.0 mm																								
		PASTILLA e =12 mm PIVOT/PUNTERO 1:10																								
		Washington Quispe Quispe																								
2.- LECTURAS DEL ENSAYO																										
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIPO DE PAVIMENTO					
1	25	20	22	21	28	18	20	21	22	21	22	22	20	19	20	21	20	20	22	22	22	AFIRMADO <input type="checkbox"/>				
2	20	18	19	19	22	20	20	21	20	21	21	20	21	18	19	21	17	13	20	16	16	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>				
3	20	22	19	17	22	20	21	22	21	20	20	19	19	23	21	20	20	20	20	20	20	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>				
4	24	27	21	21	22	20	19	19	21	20	19	21	20	20	20	21	26	22	22	21	21	TRAT. BI-CAPA <input type="checkbox"/>				
5	20	21	20	21	20	17	23	23	24	22	16	20	17	21	21	20	21	18	23	21	21	CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>				
6	21	20	19	19	22	18	21	20	21	21	20	20	21	23	21	19	24	21	21	22	22	CARPETA EN CALIENTE <input checked="" type="checkbox"/>				
7	21	19	21	22	21	20	21	22	21	22	21	19	20	21	22	22	20	23	21	22	22	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>				
8	20	19	21	21	21	20	21	21	22	20	20	22	24	19	19	20	21	20	18	19	19	SELLO <input type="checkbox"/>				
9	19	23	21	18	20	22	18	19	20	20	23	21	21	20	21	20	18	19	22	20	20	RECUBRIMIENTO BITUMINOSO <input type="checkbox"/>				
10	23	20	21	24	22	21	20	21	21	18	19	19	23	21	20	20	23	20	18	21	21	<input type="checkbox"/>				
3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																										
V _{1/25}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	4	11	24	55	56	27	11	5	1
V _{26/50}	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.- HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA 200 DESVIACIONES CONSECUTIVAS																										
5.- CALCULOS												6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL														
1	Fracción de datos remanentes en el intervalo [18] = 8 = 0.73 und											1	Valor máximo registrado 140.00 mm													
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo [23] = 10 = 0.91 und											2	Valor mínimo registrado 65.00 mm													
3	Número de datos centrales intervalos desde [18] al [23] = 5.00 und											3	Factor de corrección 0.86													
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) 6.64 und											4	Rango de D, corregido 28.44 mm													
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) 33.18 mm											5	IRI=0.0485*Dc 1.4 m/km													
7.- EQUIPOS DE MEDICION																										
EQ.	MERLIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EQ
8.- OBSERVACIONES																										



ANEXO 22 Ensayo 02 Rugosímetro Merlín – Carril Izquierdo

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura																									
PROYECTO: ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA																									
Tramo: KM 7+700 AL KM 8+100 CARRIL IZQUIERDO - VUELTA LUGAR: EN VÍA ASFALTADA		FECHA: 24/10/2023																							
SUPERVISIÓN: ENSAYO 02																									
1.- DATOS		2.- TESISTA																							
SECTOR: 8+100 7+700	HUELLA: IZQ CARRIL: IZQUIERDO	POS. PUNTERO INI: 21.0 mm POS. PUNTERO FIN: 49.0 mm																							
		PASTILLA: e = 12 mm PIVOT/PUNTERO: 1:10																							
		Washington Quispe Quispe																							
2.- LECTURAS DEL ENSAYO																									
NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIPO DE PAVIMENTO				
1	25	26	28	29	29	25	26	26	26	27	29	26	27	29	29	24	25	28	27	26	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>			
2	25	27	26	28	27	26	26	27	27	26	26	28	28	28	27	27	27	26	28	26	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>			
3	27	28	26	27	29	26	26	26	25	26	29	27	28	26	30	27	24	28	26	27	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>			
4	27	25	27	27	26	28	28	27	29	28	29	27	28	26	26	27	26	26	26	29	TRAT. BI-CAPA	<input type="checkbox"/>			
5	26	28	27	28	28	31	29	26	28	27	26	27	28	28	26	28	27	29	27	26	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>			
6	30	25	27	24	28	21	27	29	28	25	27	29	26	25	29	25	26	26	28	27	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>			
7	28	28	26	26	24	24	27	30	23	28	28	25	27	26	27	29	28	28	28	26	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>			
8	26	27	27	27	28	29	26	29	26	26	26	27	27	26	28	30	32	28	26	28	SELLO	<input type="checkbox"/>			
9	27	27	28	31	26	27	28	27	29	26	27	29	28	27	24	30	27	26	27	27	RECUBRIMIENTO BITUMINOSO	<input type="checkbox"/>			
10	26	27	27	28	27	28	30	29	26	28	27	28	27	28	27	27	27	28	27	27		<input type="checkbox"/>			
3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																									
$V_{1/25}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	6	11
$V_{26/50}$	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	50	57	44	21	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.- HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA 200 DESVIACIONES CONSECUTIVAS																									
5.- CALCULOS												6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL													
1	Fracción de datos remanentes en el intervalo [25] = 9 = 0.82 und											1	Valor máximo registrado 160.00 mm												
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo [29] = 20 = 0.95 und											2	Valor mínimo registrado 105.00 mm												
3	Número de datos centrales intervalos desde [25] al [29] = 3.00 und											3	Factor de corrección 0.86												
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) 4.77 und											4	Rango de D, corregido 20.45 mm												
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) 23.85 mm											5	IRI=0.0485*Dc 1.0 m/km												
7.- EQUIPOS DE MEDICION																									
EQ.	MERLIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EQ
8.- OBSERVACIONES																									



ANEXO 23 Ensayo 03 Rugosímetro Merlín – Carril Derecho

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura																										
PROYECTO: ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA																										
Tramo: KM 7+700 AL KM 8+100 CARRIL DERECHO - IDA LUGAR: EN VIA ASFALTADA		FECHA: 24/10/2023																								
ENSAYO 03																										
1.- DATOS		2.- TESISTA																								
SECTOR: 7+700 8+100	HUELLA: DER CARRIL: DERECHO	POS. PUNTERO INI: 210 mm POS. PUNTERO FIN: 490 mm																								
		PASTILLA e = 12 mm PIVOT/PUNTERO 1:10																								
		Washington Quispe Quispe																								
2.- LECTURAS DEL ENSAYO																										
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIPO DE PAVIMENTO					
1	25	23	22	21	24	19	22	21	20	21	25	21	20	21	20	21	20	20	22	22	22	AFIRMADO <input type="checkbox"/>				
2	26	23	21	19	25	20	26	19	22	21	21	19	21	23	19	20	17	22	22	17	17	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>				
3	20	22	23	17	22	21	21	22	21	20	22	20	19	21	21	22	20	25	22	20	20	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>				
4	24	23	23	21	21	18	22	20	18	19	19	21	20	22	20	21	26	22	25	21	21	TRAT. BI-CAPA <input type="checkbox"/>				
5	27	21	22	21	20	20	23	23	21	22	18	19	17	21	21	20	21	23	24	21	21	CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>				
6	21	20	19	19	26	23	21	20	24	21	20	20	21	22	21	18	24	21	21	22	22	CARPETA EN CALIENTE <input checked="" type="checkbox"/>				
7	21	19	21	22	21	20	22	24	21	22	20	19	20	22	22	20	23	23	21	22	22	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>				
8	22	19	21	21	22	22	21	22	22	20	20	22	24	22	19	21	22	20	18	19	19	SELLO <input type="checkbox"/>				
9	24	24	23	18	20	22	19	26	26	20	23	23	21	21	21	22	22	19	22	22	22	RECUBRIMIENTO BITUMINOSO <input type="checkbox"/>				
10	23	22	21	24	22	21	20	22	21	22	22	20	23	25	20	24	20	20	18	23	23	<input type="checkbox"/>				
3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																										
V _{1/25}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	18	36	49	44	18	11	6
V _{26/50}	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.- HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA 200 DESVIACIONES CONSECUTIVAS																										
5.- CALCULOS												6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL														
1	Fracción de datos remanentes en el intervalo [18] = 1 = 0.14 und											1	Valor máximo registrado 135.00 mm													
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo [25] = 3 = 0.27 und											2	Valor mínimo registrado 85.00 mm													
3	Número de datos centrales intervalos desde [18] al [25] = 6.00 und											3	Factor de corrección 0.86													
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) = 6.42 und											4	Rango de D, corregido 27.50 mm													
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D) = 32.08 mm											5	IRI=0.0485*Dc 1.3 m/km													
7.- EQUIPOS DE MEDICION																										
EQ.	MERLIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EQ
8.- OBSERVACIONES																										




ANEXO 24 Ensayo 03 Rugosímetro Merlín – Carril Izquierdo

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura																										
PROYECTO: ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA VÍA MO-590-MOQUEGUA Tramo: KM 7+700 AL KM 8+100 CARRIL DERECHO - VUELTA LUGAR: EN VIA ASFALTADA																										
ENSAYO 03	FECHA: 24/10/2023																									
1.- DATOS SECTOR: 8+100 / 7+700 HUELLA: IZQ CARRIL: IZQUIERDO POS. PUNTERO INI: 210 mm POS. PUNTERO FIN: 490 mm PASTILLA: e = 12 mm PIVOT/PUNTERO: 1:10	2.- TESISTA Washington Quispe Quispe																									
2.- LECTURAS DEL ENSAYO																										
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIPO DE PAVIMENTO					
1	25	26	26	29	29	25	26	26	26	26	27	26	27	27	25	25	37	26	26	26	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>				
2	27	26	27	28	24	26	26	27	26	24	27	28	28	27	25	25	26	27	26	26	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>				
3	26	27	28	27	24	27	25	29	26	25	28	28	27	27	27	28	27	26	26	27	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>				
4	26	24	27	27	26	28	28	27	26	28	27	27	28	26	24	26	28	26	28	29	TRAT. BI-CAPA	<input type="checkbox"/>				
5	26	27	27	28	28	31	29	26	25	26	26	27	28	28	26	28	27	29	27	26	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>				
6	29	25	26	25	28	22	27	29	23	27	27	29	26	25	29	25	26	26	28	27	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>				
7	28	28	26	27	25	26	27	26	27	20	28	27	26	27	28	28	26	27	26	26	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>				
8	26	27	27	27	28	29	26	29	25	21	27	27	27	26	28	25	25	25	26	26	SELLO	<input type="checkbox"/>				
9	27	25	27	30	26	27	28	27	26	30	24	29	28	27	24	26	27	26	23	26	RECUBRIMIENTO BITUMINOSO	<input type="checkbox"/>				
10	25	27	28	30	24	28	30	29	26	27	30	28	27	28	27	28	26	29	28	27		<input type="checkbox"/>				
3.- CONTEO DE DESVIACIONES (V) POR INTERVALO																										
V _{1/25}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	8	20
V _{26/50}	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	56	54	35	15	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.- HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA 200 DESVIACIONES CONSECUTIVAS																										
5.- CALCULOS													6.- INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL													
1	Fracción de datos remanentes en el intervalo	[24]	= 3	= 0.38	und	1	Valor máximo registrado	185.00 mm																		
2	Fracción de datos remanentes en el intervalo	[29]	= 12	= 0.80	und	2	Valor mínimo registrado	100.00 mm																		
3	Número de datos centrales intervalos desde	[24]	al [29]	= 4.00	und	3	Factor de corrección	0.86																		
4	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)			5.18	und	4	Rango de D, corregido	22.18 mm																		
5	Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D)			25.88	mm	5	IRI=0.0485*Dc	1.1 m/km																		
7.- EQUIPOS DE MEDICION																										
EQ.	MERLIN	-	-	-	-	-	-	EQ																		
8.- OBSERVACIONES																										



ANEXO 25 Pix4d licencia de no comercial

Acerca de Pix4Ddiscovery



Pix4Ddiscovery - Non Commercial

Version 4.7.5

License Type: **Non-Commercial**
License Key: **edf132d6**
License Account: **washington.quispe97@gmail.com**

This license cannot be used for commercial purposes. Every publication that uses results obtained by this software must contain the citation "Processed with Pix4Ddiscovery by Pix4D".

[Software EULA](#) AND [Privacy Policy](#)

The program is provided AS IS with NO WARRANTY OF ANY KIND, INCLUDING THE WARRANTY OF DESIGN, MERCHANTABILITY, AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

Third Party Licenses:

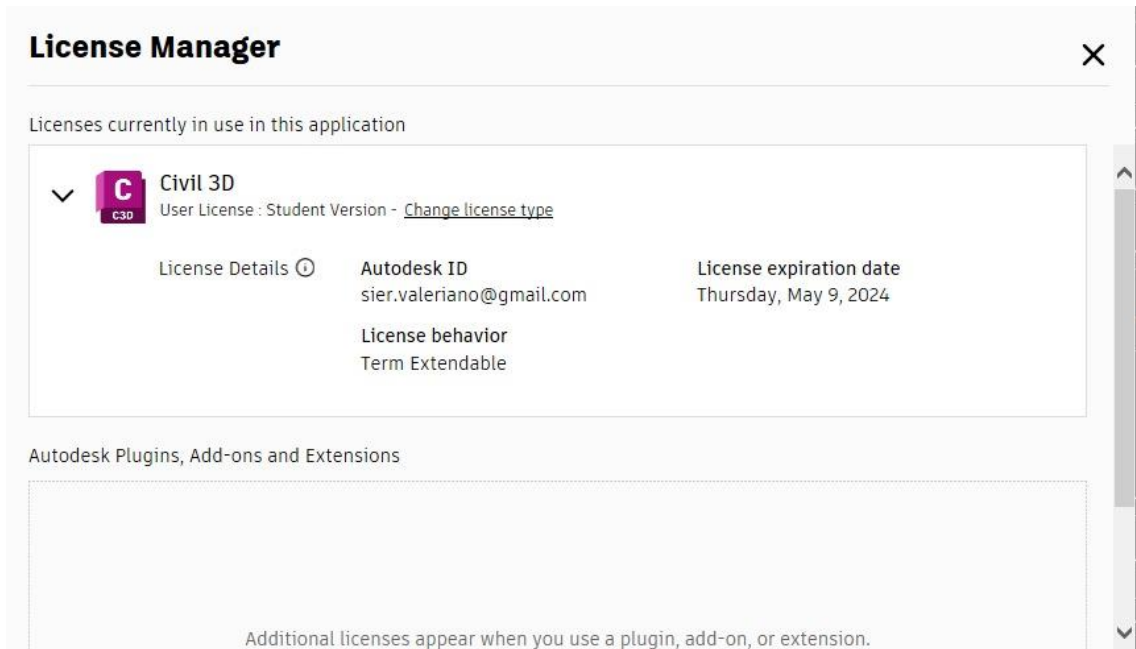
PIX4Dmapper is based on proprietary technology developed by Pix4D. However it also relies on open-source and free software that are acknowledged below:

Apache	website show license
Boost	website show license

Aceptar



ANEXO 26 Civil 3d - licencia versión estudiante



ANEXO 27 ProVal - licencia acceso libre



ANEXO 28 Certificado de calibración rugosímetro de Merlín



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

**CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN
RUGOSÍMETRO MERLÍN**

INFORME 002 - 23 RM

Solicitante :	CONSORCIO VIAL SAMEGUA	Fecha de Verificación :	2/06/2023
Equipo :	Aparato Merlín (Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation)	Frecuencia de Verificación :	6 Meses
Marca :	PyS Equipos	Fecha de Prox. Verificación :	2/12/2023
Serie :	209	Cantidad :	01 und
Equipo de Verificación usado :	Calibrador de 0 a 300 mm prec. 0.01 mm INSIZE / Japan Mod. 1108-300W, N/S 0405171013 (Calibrado)-IAD-0870-2022-INACAL Cinta Métrica de 0m a 8 m Resolución 1 mm. HULTAFORS Mod. PR8M N/S CM-001(*) (Calibrado) - LLA-038-2018 - INACAL		
Norma de Ensayo :	Laboratorio Británico de Investigación de Transporte y Caminos - TRRL		
Merlín :	Es un equipo que consta de un marco formado de dos elementos verticales y uno horizontal. Uno de los elementos verticales es una rueda donde una vuelta de la rueda es 1.97 m. En la parte central del elemento horizontal se proyecta una barra vertical cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil en cuyo extremo inferior se ubica un patín empinado ajustable, mientras en el extremo superior se ubica el puntero siendo la relación de los brazos entre los segmentos pivote-extremo es de 1:10.		
Calibrador Merlín :	Pastilla metálica de bronce de 6 mm de espesor.		
Medidas :	Distancia del elemento vertical delantero (eje de la rueda) al patín empinado ajustable trasero = 1.97 m aprox.		
Medidas :	Distancia del elemento vertical delantero (eje de la rueda) al elemento vertical central en cuyo extremo inferior se ubica un patín empinado ajustable = 0.90 m aprox.		
Medidas :	Distancia del elemento vertical central en cuyo extremo inferior se ubica un patín empinado ajustable al patín empinado ajustable trasero = 0.90 m aprox.		
Medidas :	Distancia del pivote del puntero al patín central = 10 cm.		
Acción Recomendada			
	Reparación y/o dar de baja		NO
	Equipo OK		SI
Comentarios	EQUIPO ACEPTABLE PARA SER USADO		

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Luis Taboada Palacios
Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 9455

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15, Lurigancho | Tel: 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989
laboratorio@orionrcp.com | areatecnica@orionrcp.com | ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Washington Quispe Quispe
identificado con DNI 70817486 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" INDICE DE BUEQUAD INTERNACIONAL (IRI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE
MEDIANTE EL USO DE UN A DIFERENTES ALTURAS DE VISTA Y EL
QUISOMETRO DE MERRIN EN LA VÍA MD-SRD-MDQ-EJUA "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 26 de enero del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Washington Guse Guse
identificado con DNI 70817486 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"INDICE DE RUGALIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN MOVIMIENTOS FLEXIBLE
MEDIANTE EL USO DRON A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO Y EL
RUGOMETRO DE MERLIN EN LA VÍA MD-590-MADREDEA"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de enero del 2024


FIRMA (obligatoria)

