

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA LOS BAÑOS DEL INCA – CRUCE CARRETERA AEROPUERTO – OTUZCO, DISTRITO LOS BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Mario Italo Diaz Quispe

Asesor:

Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro

Cajamarca - Perú

2021

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Díaz Quispe Mario Italo

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Los Baños del Inca – Cajamarca” para aspirar al título profesional de: **Ingeniero Civil** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Mario Italo Diaz Quispe, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Los Baños del Inca – Cajamarca.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

Este documento está dedicado a Dios por guiarme hacia el cumplimiento exitoso de esta investigación, a mis padres, por su apoyo incondicional, motivación, amor y comprensión, a los docentes universitarios por sus exigencias para hacer de mi un profesional competente y a mis compañeros por compartir experiencias agradables en la búsqueda del logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por permitirme llegar hasta esta instancia importante de mi vida, a mi familia por su apoyo constante, a los docentes por brindarme sus conocimientos y experiencias durante mi vida universitaria y en la realización de esta investigación.

A la Universidad Privada del Norte, por todo el tiempo que pasé sus ambientes durante el cual pude fortalecer valores y adquirir conocimientos, permitiéndome desarrollar habilidades y competencias esenciales para ejercer mi profesión de manera exitosa con eficiencia y responsabilidad.

ÍNDICE

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS	31
3.1. Plano topográfico.....	32
3.2. Análisis de histogramas y datos de campo con rugosímetro Merlin.	33
3.2.1. Resultados de Ensayo N°1, borde derecho progresiva km 0+000 – km 0+400.	33
3.2.2. Resultados de Ensayo N°2, borde derecho progresiva km 0+400 – km 0+800.	35
3.2.3. Resultados de Ensayo N°3, borde derecho progresiva km 0+800 – km 1+200.	37
3.2.4. Resultados de Ensayo N°4, borde derecho progresiva km 1+200 – km 1+600.	39
3.2.5. Resultados de Ensayo N°5, borde derecho progresiva km 1+600 – km 2+000.	41
3.2.6. Resultados de Ensayo N°6, borde derecho progresiva km 2+000 – km 2+400.	43
3.2.7. Resultados de Ensayo N°7, borde derecho progresiva km 2+400 – km 2+800.	45
3.2.8. Resultados de Ensayo N°8, borde izquierdo progresiva km 0+000 – km 0+400. ..	47

3.2.9. Resultados de Ensayo N°9, borde izquierdo progresiva km 0+400 – km 0+800. ..	49
3.2.10. Resultados de Ensayo N°10, borde izquierdo progresiva km 0+800 – km 1+200.	51
3.2.11. Resultados de Ensayo N°11, borde izquierdo progresiva km 1+200 – km 1+600.	53
3.2.12. Resultados de Ensayo N°12, borde izquierdo progresiva km 1+600 – km 2+000.	55
3.2.13. Resultados de Ensayo N°13, borde izquierdo progresiva km 2+000 – km 2+400.	57
3.2.14. Resultados de Ensayo N°14, borde izquierdo progresiva km 2+400 – km 2+800.	59
3.2.15. Resultados de Ensayo N°15, borde derecho – borde izquierdo prog. km 2+800 – km 3+000.	61
3.3. Resumen de rugosidades.	63
3.3.1. Borde derecho e izquierdo.	63
3.3.2. Estado del pavimento flexible.	63
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS	69
ANEXOS	71
ANEXO n° 1. Partes de equipo Merlin.	71
ANEXO n° 2. Tablero para medir irregularidad con equipo Merlin.	72
ANEXO n° 3. Datos de campo.	73
ANEXO n° 4. Validación de instrumento de recolección de datos (Formato).	88
ANEXO n° 5. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde derecho).	93
ANEXO n° 6. Estación N°6.	93
ANEXO n° 7. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde derecho).	94
ANEXO n° 8. Estación N° 7.	94
ANEXO n° 9. Puente Vía Ducto.	95
ANEXO n° 10. Estación N° 9.	95
ANEXO n° 11. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde izquierdo).	96

ANEXO n° 12. Estación N° 14.....	96
ANEXO n° 13. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde izquierdo).	97
ANEXO n° 14. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde derecho).....	97
ANEXO n° 15. Equipo Merlin.....	98
ANEXO n° 16. Nivel para calibrar equipo Merlin.	98
ANEXO n° 17. Espesor de pastilla.	99
ANEXO n° 18. Calibración equipo Merlin.....	99
ANEXO n° 19. Toma de datos, progresiva km 0+000 – km 0+400.	100
ANEXO n° 20. Toma de datos, progresiva km 0+400 – km 0+800.	100
ANEXO n° 21. Toma de datos, progresiva km 0+800 – km 1+200.	101
ANEXO n° 22. Toma de datos, progresiva km 1+200 – km 1+600.	101
ANEXO n° 23. Toma de datos, progresiva km 1+600 – km 2+000.	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Formato para el registro de datos</i>	23
Tabla 2. <i>Estado vial, según Rugosidad</i>	28
Tabla 3. <i>Resumen de datos del ensayo N° 1, borde derecho km(00+000 – 00+400)</i>	34
Tabla 4. <i>Resumen de datos del ensayo N° 2, borde derecho km(00+400 – 00+800)</i>	36
Tabla 5. <i>Resumen de datos del ensayo N° 3, borde derecho km(00+800 – 01+200)</i>	38
Tabla 6. <i>Resumen de datos del ensayo N° 4, borde derecho km(01+200 – 01+600)</i>	40
Tabla 7. <i>Resumen de datos del ensayo N° 5, borde derecho km(01+600 – 02+000)</i>	42
Tabla 8. <i>Resumen de datos del ensayo N° 6, borde derecho km(02+000 – 02+400)</i>	44
Tabla 9. <i>Resumen de datos del ensayo N° 7, borde derecho km(02+400 – 02+800)</i>	46
Tabla 10. <i>Resumen de datos del ensayo N° 8, borde izquierdo km(00+000 – 00+400)</i>	48
Tabla 11. <i>Resumen de datos del ensayo N° 9, borde izquierdo km(00+400 – 00+800)</i>	50
Tabla 12. <i>Resumen de datos del ensayo N° 10, borde izquierdo km(00+800 – 01+200)</i> ...	52
Tabla 13. <i>Resumen de datos del ensayo N° 11, borde izquierdo km(01+200 – 01+600)</i> ...	54
Tabla 14. <i>Resumen de datos del ensayo N° 12, borde izquierdo km(01+600 – 02+000)</i> ...	56
Tabla 15. <i>Resumen de datos del ensayo N° 13, borde izquierdo km(02+000 – 02+400)</i> ...	58
Tabla 16. <i>Resumen de datos del ensayo N° 14, borde izquierdo km(02+400 – 02+800)</i> ...	60
Tabla 17. <i>Resumen de datos del ensayo N° 15, borde izquierdo km(02+800 – 03+000)</i> ...	62
Tabla 18. <i>Resumen de rugosidad borde derecho e izquierdo, progresiva km(00+00 – 00+300)</i>	63
Tabla 19. <i>Estado del Pavimento Flexible</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Provincia de Cajamarca.	21
Figura 3: Vía en estudio.	21
Figura 2: Distrito Los Baños del Inca.....	21
Figura 4: Escala de rugosidad de acuerdo a uso y estado de pavimento.	27

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo Evaluar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco en el Distrito Los Baños del Inca, para lograr dicho objetivo se realizó el levantamiento topográfico de la vía en estudio para establecer la cantidad de ensayos a ejecutar haciendo uso del equipo Merlin, el cual mide elevaciones cada 2 metros a lo largo de la vía y en ensayos de 400 metros cada uno. El total de ensayos realizados son 15 que permitieron evaluar 3000 metros de pavimento. Los resultados de IRI promedio para el borde derecho e izquierdo son 1.87 m/km y 2.22 m/km respectivamente y un IRI promedio para toda la vía en estudio de 2.02 m/km, este último permite concluir que la vía en general se encuentra en buen estado de acuerdo a los rangos establecidos en Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Palabras clave: Índice de Rugosidad Internacional, Equipo Merlin, Pavimento Flexible.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La red vial de las ciudades es de gran importancia ya que permite el desarrollo económico y social de la población. La carretera Los Baños del Inca – Cruce con la carretera que va del Aeropuerto - Otuzco, ha tomado mayor importancia, ya que permite el tránsito vehicular público, privado y de carga pesada, contribuyendo a la descongestión vehicular en la zona sur de la ciudad de Cajamarca.

Al momento de trasladarnos por esta vía de pavimento flexible, se puede observar deformaciones en la superficie de rodadura, así como la inexistencia de sardineles que permita un adecuado confinamiento del pavimento en algunos tramos, ello en combinación con factores climáticos deteriora aún más el pavimento, en consecuencia, aumenta la rugosidad de la superficie de rodadura y disminuye la vida útil del proyecto; motivos por el cual se realiza esta investigación haciendo uso del equipo Merlin.

Los conocimientos obtenidos de investigaciones realizadas en diferentes ciudades del mundo conforman el primer acercamiento sobre la evaluación de la rugosidad superficial de pavimentos flexibles teniendo en cuenta el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin, de los cuales se hacen referencias de algunas de ellas.

Alavi y Buttlar (2019, pág.3) en su estudio “Una visión general de la tecnología de teléfonos inteligentes para el monitoreo de infraestructura civil escalable, en tiempo real y centrada en el ciudadano” en Estados Unidos, menciona que la evaluación de la condición del pavimento es uno de los principales desafíos para muchos gobiernos. En el Informe de Calificaciones de la Sociedad Americana de Ingeniería Civil, aproximadamente el 20% de los pavimentos de las carreteras de Estados Unidos están en malas condiciones y necesitan una rehabilitación significativa para garantizar la seguridad y la comodidad de todos los

usuarios, los municipios y las autoridades viales deben gastar millones de dólares anuales para monitoreo y mantenimiento de pavimentos.

De acuerdo a Arbabpour, Golroo, Sheikhzadeh, Ghelmani y Ganji (2019, pág.9), realizaron la investigación “Medición de la rugosidad del camino mediante un sistema de monitoreo basado en sensores rentable”, concluye que la recopilación de datos de la rugosidad del pavimento es el núcleo principal de los sistemas de gestión del pavimento. El método automatizado de recopilación de datos tiene algunas ventajas sobre el método tradicional, como la seguridad, la consistencia, la velocidad y la iteratividad de los mismos. Así también una de las principales desventajas de la recopilación de datos automatizada es el alto costo de los dispositivos requeridos.

Los métodos basados en láser proporcionan una estimación de perfil con una alta precisión y resolución. Sin embargo, especialmente con las redes viales, su evaluación frecuente mediante el uso del método basado en láser no es práctica debido a su alto costo.

En Perú los escasos equipos, elevado costo de adquisición, alquiler y o servicio brindado por empresas privadas y reducido grupo de profesionales capacitados para la operación de estos equipos genera que la toma de datos del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) sea limitada.

De acuerdo a lo mencionado el Laboratorio de Investigación de Transporte y Carreteras del Reino Unido (TRRL) desarrolló un rugosímetro denominado MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine For Evaluating Roughness Using Low-Cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables. Fue desarrollado principalmente para el uso en países en vías de desarrollo (...). El dispositivo puede usarse para mediciones directas o para calibrar instrumentos de tipo respuesta, como el integrador de baches montado en el vehículo. Consiste en un marco de

metal de 1,8 m de largo con una rueda en la parte delantera y un pie en la parte trasera y una sonda a medio camino entre ellos que descansa sobre la superficie de la carretera. La sonda está unida a un brazo móvil en el otro extremo del cual hay un puntero que se mueve sobre un gráfico. La máquina se coloca en ubicaciones sucesivas a lo largo de la carretera y las posiciones del puntero se registran en el gráfico para construir un histograma. El ancho de este histograma se puede usar para dar una buena estimación de la rugosidad en términos del Índice de rugosidad internacional. La calibración del dispositivo se realizó utilizando simulaciones por computadora de su funcionamiento en perfiles de carretera medidos en el Experimento Internacional de Rugosidad Vial de 1982 (Cundill, 1996, pág.106).

Según Das (2014, pág.21), en su investigación denominada “Desarrollo de un dispositivo de medición de rugosidad vial de bajo costo” en la India, indica que el nivel automático y el equipo Merlin normalmente se consideran dispositivos simples para medir la rugosidad de la carretera. En su estudio ha intentado diseñar y desarrollar un nuevo dispositivo. Se han realizado experimentos con este dispositivo y al mismo tiempo con otros dos tipos de equipos (nivel automático y Merlin) en los mismos tramos de carretera. Los resultados de los experimentos sobre la aspereza de la carretera en términos de IRI usando estos tres dispositivos se han comparado entre los tres métodos considerados. Se observa que el nivel automático tiene un error porcentual de 3.95 en comparación con los valores IRI obtenidos de Merlin. Los tres instrumentos tienen una importancia única en el cálculo de la rugosidad de la carretera.

Los investigadores Babu y Chowhan (2018, pág.6), en su estudio “Evaluación de la rugosidad de pavimentos flexibles utilizando merlin y equipo de estación total”, observaron que los valores IRI finales obtenidos mediante el uso de Merlin y estación total estaban en un rango cercano. Por tanto, concluye que Merlin es un equipo de bajo costo y bueno para

medir la irregularidad de la superficie de la carretera, asimismo es fácil de trabajar y los datos se pueden recopilar en un corto tiempo.

En la investigación “Evaluación funcional de los caminos de la ribera del canal utilizando Merlin” realizada por (Penumatsa, Raju y Reddy, 2016, pág.5), el cual tuvo lugar en las carreteras pavimentadas a orillas de un canal fluvial entre Bhimavaram y Pippara del distrito de West Godavari, Andhra Pradesh, India. Evaluaron la cantidad de deterioro a partir del índice de rugosidad internacional ya que tiene una correlación significativa con la calidad del pavimento. Para tal fin se utilizó el equipo Merlin. Obteniendo los siguientes resultados, el valor IRI promedio (cuando Merlin se coloca en el lado izquierdo de la carretera) es 3.43 m / km, lo que indica que la superficie está en condiciones promedio según IRC: SP-16. El valor IRI promedio (cuando MERLIN se coloca en el lado derecho de la carretera) es 3.87 m / km, lo que indica que la superficie está en malas condiciones según IRC: SP-16. El promedio general de IRI - El valor es 3.65 m / km. lo que indica que la superficie está en malas condiciones según IRC: SP – 16 y por último el rendimiento promedio de evaluación usando Merlin es de 3 km por día.

Pozo (2018), en su tesis denominada “Evaluación funcional del pavimento flexible de la avenida principal Ciudadela Villa Club desde la entrada KM 12 Av. León Febres Cordero hasta la Etapa Boreal, Cantón Daule, provincia del Guayas”, utiliza el equipo Merlin para realizar dicha evaluación a lo largo de 800 metros de pavimento flexible; concluye que el pavimento evaluado es irregular debido a que presentan valores promedios del IRI que van de 4.01 a 4.41, estos valores son mayores al máximo permitido que es de 2.5 establecidos por el NEVI-12–MTOPE (Norma Técnica Ecuatoriana Vial).

Cáceres y Segura (2018), en su investigación denominada “Análisis y Evaluación de los Índices de Rugosidad de la Panamericana Norte – Trujillo, usando el método de Road and Level y el método de Merlín”. Se evaluaron y analizaron datos de campo a través del

Método de Merlin, a lo largo de 23.2 km, desde el ovalo Moche hasta el ovalo El Milagro; del cual se obtuvo un IRI promedio de 2.208 m/km, con una desviación estándar de 0.113 m/km. generando un IRI característico de 2.394 m/km, el cual representa un Índice de Serviciabilidad (PSI) de 3.235 indicando el buen estado del pavimento en condiciones generales a toda la vía.

Rivera (2017), en su tesis “Efectos de la Regularidad Superficial (IRI) en el Nivel de Servicio de vías afirmadas - carretera Chupuro – Lapa. Huancayo, Perú”, determinó que a medida que aumenta el Índice de Rugosidad Internacional, el indicador del nivel de servicio baja, debido que la velocidad de operación vehicular está en función de la rugosidad, obteniéndose un Índice de Rugosidad Internacional característico para la carretera seleccionada de 9.26, a partir de dicho IRI se obtuvo velocidades de operación para los cuatro tipos de vehículos que transitan que en promedio es 32.6 millas por hora, al cual le corresponde un Nivel de servicio E para la carretera en estudio.

La vía que conecta Los Baños del Inca – Cruce con la carretera que va del Aeropuerto al Centro Poblado Otuzco, está constituida por pavimento flexible; motivo por el cual se realiza esta investigación haciendo uso del equipo Merlin, mismo que al obtener datos de campo que al ser reemplazados en una serie de ecuaciones nos brinda como resultado el IRI (Índice de Rugosidad Internacional) que posteriormente servirá para definir el estado de la superficie del pavimento. Asimismo, esta investigación promueve el acercamiento a la utilización de equipos poco comunes en la evaluación de rugosidad superficial de pavimentos y permite fortalecer los conocimientos adquirido durante la carrera universitaria.

A continuación, se describen algunos términos.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI se llama así porque fue producto del Experimento Internacional de Rugosidad Vial (IRRE), realizado por equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados

Unidos y Bélgica con el propósito de identificar dicho índice. Se llevó a cabo el IRRE en Brasilia, Brasil, en 1982 e involucró la medición controlada de la rugosidad de la carretera para varias carreteras en una variedad de condiciones y mediante una variedad de instrumentos y métodos.

El Banco Mundial clasifica los métodos en 4 clases:

Clase 1: propone los Perfiles de precisión, los métodos de esta clase son aquellos que producen medidas de una calidad tan alta que la reproducibilidad del IRI numérico no se puede mejorar por ello requiere que el perfil longitudinal de una pista de ruedas se mida (como una serie de puntos de elevación precisos y espaciados a lo largo de la trayectoria recorrida) como base para calcular el valor IRI. Para los métodos de perfil estático, la distancia entre las muestras no debe ser superior a 250 mm (4 medidas / metro) y la precisión en las medidas de elevación debe ser de 0,5 mm para pavimentos muy lisos.

Clase 2: considera Otros métodos profilométricos. Esta clase incluye todos los otros métodos en los que el perfil se mide como la base para el cálculo directo del IRI, pero que no son capaces de la precisión requerida para una medición de Clase 1.

En consecuencia, el valor IRI calculado a partir de una medición de perfil de Clase 2 puede no ser exacto hasta el límite práctico debido a errores aleatorios o de sesgo en algún rango de condiciones. Esta clase actualmente incluye valores IRI calculados a partir de perfiles medidos con perfilómetros de alta velocidad y con métodos estáticos que no satisfacen los requisitos de precisión.

Clase 3: estimaciones de IRI a partir de ecuaciones de correlación. Con mucho, la mayoría de los datos de rugosidad de las carreteras que se recopilan en todo el mundo hoy en día se obtienen con RTRRMS Response (Type Road Roughness Measuring System). La medida de RTRRMS depende de la dinámica de un vehículo para escalar las mediciones para obtener propiedades de rugosidad comparables al IRI. Esta clase también incluye otros

instrumentos de medición de rugosidad capaces de generar un valor numérico de rugosidad razonablemente correlacionado con el IRI (por ejemplo, una regla de balanceo rodante). Las medidas obtenidas se pueden usar para estimar el IRI mediante ecuaciones de regresión si se realiza un experimento de correlación.

Clase 4: Calificaciones subjetivas y medidas no calibradas. Hay situaciones en las que se necesita una base de datos de rugosidad, pero una alta precisión no es esencial, o no se puede permitir. Aun así, es deseable relacionar las medidas con la escala IRI. En esos casos, se puede utilizar una evaluación subjetiva que incluya una experiencia de viaje en carretera o una inspección visual.

Pavimento Flexible

Son aquellos que tiene una base flexible o semi rígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

Capa de Rodadura

Plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico.

Sardinela

Obra de concreto, piedra u otros materiales, que sirve para delimitar o confinar la calzada o la plataforma de la vía. También se utiliza en puentes como defensa de la estructura contra los impactos que podría originar un vehículo.

Vida Útil

Tiempo previsto de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el estado vial, según rugosidad superficial de acuerdo a la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento

flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Los Baños del Inca – Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Los Baños del Inca – Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar el levantamiento topográfico de la carretera.
2. Definir el número de ensayos a ejecutar con el equipo Merlin.
3. Registrar datos de campo de la carretera en estudio con equipo Merlin.
4. Calcular valores de IRI a partir del procesamiento de datos obtenidos en campo.
5. Analizar valores calculados de IRI por tramo de ensayado.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al evaluar los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Los Baños del Inca – Cajamarca se encuentra dentro del rango establecido de 0 – 2.8m/km para un estado vial bueno según rugosidad superficial del pavimento.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Cuantitativo, no experimental, transversal, descriptivo.

El tipo de la investigación es cuantitativo no experimental, debido que el investigador se limita únicamente a contemplar el fenómeno en estado natural, sin manipulación deliberada de la variable en estudio para precisar el valor de IRI; asimismo se utiliza el diseño transversal, ya que la información registrada en campo se realizó en un periodo de tiempo limitado.

Además, el nivel de la investigación corresponde a descriptivo porque el investigador se limita únicamente a la descripción del estado actual que presenta la vía luego del análisis de IRI obtenidos a partir de datos de campo con el equipo Merlin.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población: Vías existentes en el distrito de Los Baños del Inca, cuya estructura corresponda a pavimento flexible.

2.2.2. Muestra: Pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco. La vía seleccionada cuenta en su mayoría con una calzada de dos carriles, uno para cada sentido. La vía en mención se ha convertido en un corredor principal, debido a los 3068 metros de distancia que se recorre para llegar a Los Baños del Inca desde el centro poblado Otuzco y viceversa.

Ubicación de la vía en estudio

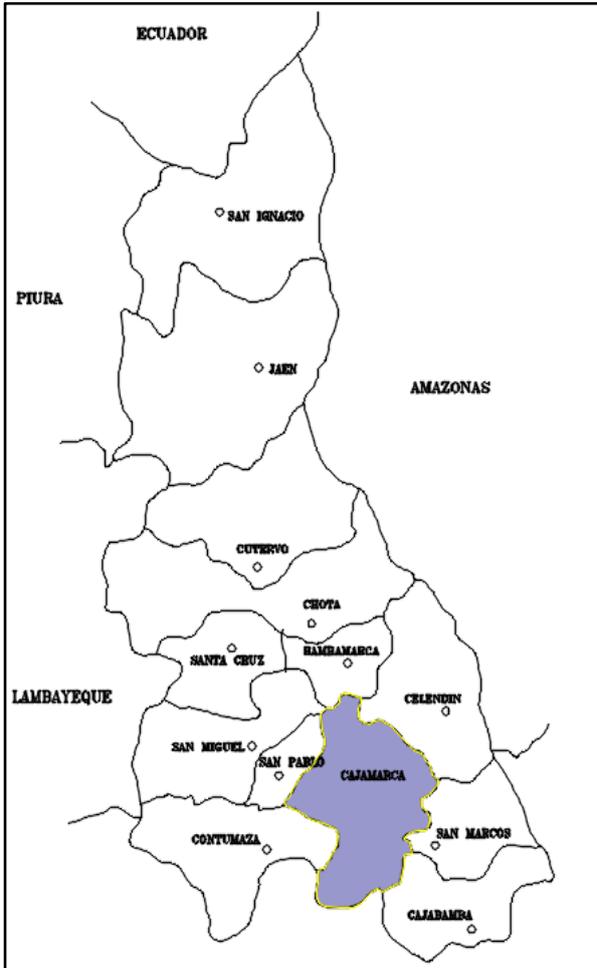


Figura 3: Provincia de Cajamarca.
Fuente: Sistema de Información Geográfica INEI 2013.

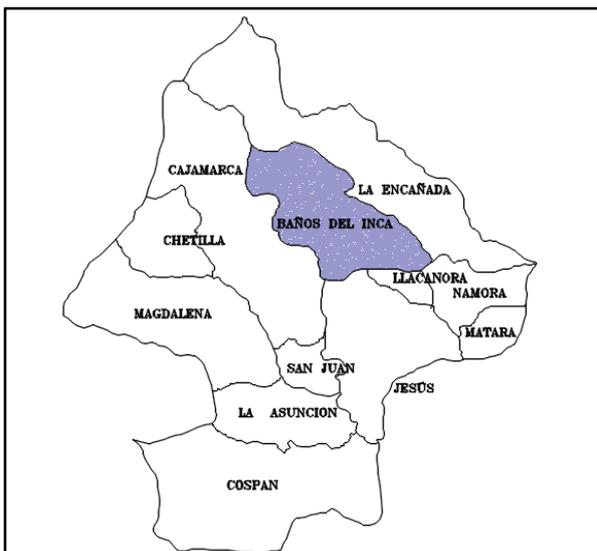


Figura 3: Distrito Los Baños del Inca.
Fuente: Sistema de Información Geográfica INEI 2013.

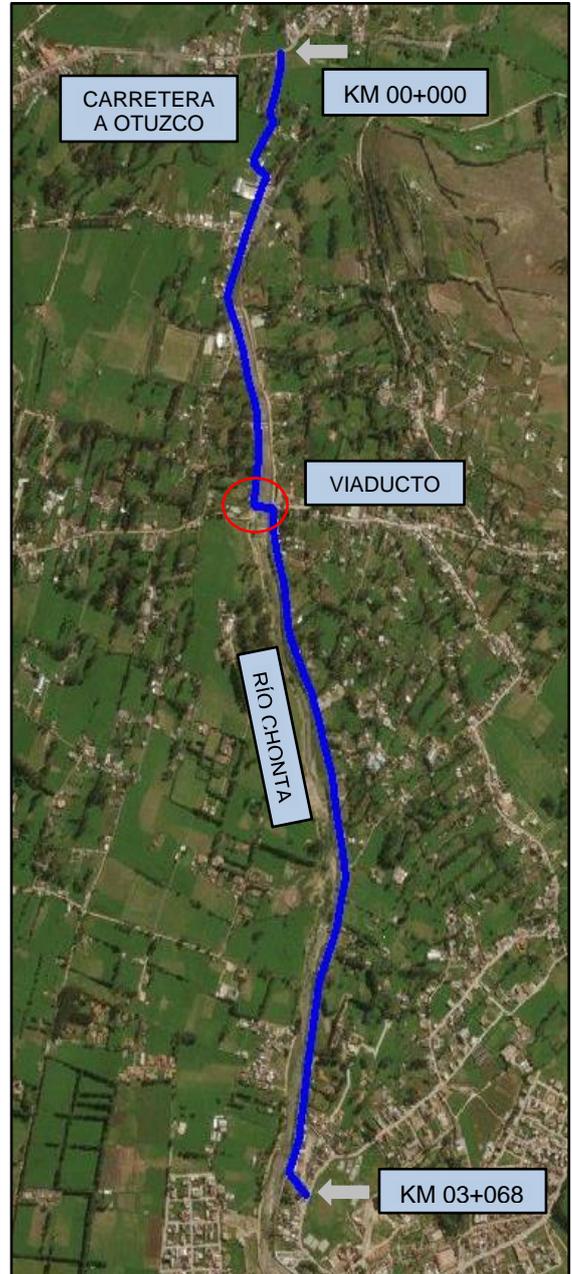


Figura 3: Vía en estudio.
Fuente: Google Maps.

Tabla 1:

Coordenadas de ubicación de la vía en estudio.

COORDENADA	UTM (WGS84)		GEOGRÁFICAS			
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD	HUSO	ZONA
Inicio	779754.04	9210561.28	-78.467252	-7.132126	17	M
Fin	779828.17	9207638.82	-78.466436	-7.158522	17	M

2.3. Aspectos éticos

Para realizar esta investigación se cuenta con la Normativa Peruana vigente como el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 y el Manual de Carreteras Conservación Vial 2007, así mismo se cuenta con el recurso humano y tiempo suficiente para terminar la investigación.

Los estudiantes de la carrera de ingeniería civil son los primeros beneficiarios de esta investigación, que en medida del análisis de los resultados obtenidos dará origen a próximas investigaciones. La sociedad en general también será beneficiada, debido que permitirá a los usuarios de esta vía conocer el estado actual de la superficie de rodadura para tener un conducción adecuada y mayor comodidad durante el tiempo de viaje.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección

Teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación, se define el método cuantitativo para la recolección de datos y la técnica de la observación y medición, las cuales serán empleadas durante la toma de datos en la vía previamente seleccionada.

El registro de datos de campo se realizará en el formato que se presenta a continuación.

Tabla 2

Formato para el registro de datos de campo.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"									
RESPONSABLE :	DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO									
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN									
LUGAR :	N° ENSAYO :									
TRAMO :	LONGITUD :									
CARRIL :	FECHA :									
SUPERFICIE DE RODADURA :	HORA :									
mm										
50										
49										
48										
47										
46										
45										
44										
43										
42										
41										
40										
39										
38										
37										
36										
35										
34										
33										
32										
31										
30										
29										
28										
27										
26										
25										
24										
23										
22										
21										
20										
19										
18										
17										
16										
15										
14										
13										
12										
11										
10										
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10
										20
										30
										40
										50
										60
										70
										80
										90
										100
										110
										120
										130
										140
										150
										160
										170
										180
										190
										200
HISTOGRAMA										
TESISTA					ASESOR					
 DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO					 URTEAGA TORO, MANUEL					

2.4.2. Análisis de datos

El análisis de datos será desarrollado en gabinete haciendo uso de la estadística descriptiva apoyado de tablas, gráficos y cuadros para un mejor entendimiento.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Para recolección de datos

Se hace una visita preliminar de la zona de estudio con el fin de determinar posibles estaciones, puntos de control y rango de visualización de equipos para luego efectuar el levantamiento topográfico utilizando wincha, GPS, estación total, prisma y portaprisma. A continuación, se sigue el procedimiento para el levantamiento topográfico mediante una poligonal abierta la cual comprende.

- Ubicación de estación E1.
- Toma de coordenada de E1 mediante GPS.
- Toma de coordenadas de punto de referencia (árbol, poste, etc) con GPS.
- Estacionar el equipo estación total (ubicación de trípode, fijación de estación total, nivelación de estación total mediante laser, longitud vertical estación total-punto E1 en el terreno).
- Configuración de archivo de trabajo.
- Ensamble de prisma en el portaprisma y determinar la longitud de vía y el número de ensayos a ejecutar con el equipo Merlin.
- Toma de puntos en el borde y eje de la calzada.
- Realizar cambios de estación según convenga.
- Transferencia de datos y elaboración de plano topográfico.

Para el ensayo Merlin el cual proporcionará datos de campo para determinar el IRI se tendrá en cuenta el procedimiento establecido en el manual

THE MERLIN LOW-COST ROAD ROUGHNESS MEASURING MACHINE

de M. A. Cundill.

El dispositivo tiene dos pies y una sonda que descansa sobre la superficie de la carretera a lo largo de la huella de la rueda cuya rugosidad se va a medir. Los pies están separados 1,8 metros y la sonda se encuentra a la mitad de la longitud entre ellos. El equipo Merlin mide el desplazamiento vertical entre la superficie de la carretera debajo de la sonda y el punto central de una línea imaginaria que une los dos puntos donde la superficie de la carretera está en contacto con los dos pies. Si las mediciones se toman a intervalos sucesivos a lo largo de una carretera, cuanto más rugosa sea la superficie, mayor será la variabilidad de los desplazamientos.

Para facilitar la operación, se usa una rueda como apoyo delantero, mientras que el apoyo trasero es una varilla metálica rígida. En un lado del apoyo trasero hay un apoyo estabilizador más corto que evita que el dispositivo se caiga al tomar una lectura. Detrás del apoyo trasero principal se proyectan dos asas, de modo que el dispositivo se parece en cierto modo a una carretilla muy larga y delgada. La sonda está unida a un brazo móvil que se pesa para que la sonda se mueva hacia abajo, ya sea hasta que alcanza la superficie de la carretera o el brazo alcanza el límite de su recorrido. En el otro extremo del brazo se adjunta un puntero que se mueve sobre el cuadro de datos preparado. El brazo tiene una amplificación mecánica de diez, de modo que un movimiento de la sonda de un milímetro producirá un movimiento del puntero de un centímetro. El cuadro consta de una serie de columnas, cada una de 5 mm de ancho, y divididas en cajas.

El procedimiento recomendado para determinar la aspereza de un tramo de carretera es tomar 200 mediciones a intervalos regulares, es decir una vez cada revolución de la rueda que presenta el equipo, el cual corresponde a 2 metros medidos longitudinalmente. En cada punto de medición, la máquina descansa sobre la carretera con la rueda, el apoyo trasero, la sonda y el estabilizador en contacto con la superficie de la carretera. Luego, el operador registra la posición del puntero en el gráfico con una cruz en la columna correspondiente y, para mantener un registro del número total de observaciones, hace una cruz en el "cuadro de conteo" en el gráfico. Luego se levantan las manijas del Merlin para que solo la rueda permanezca en contacto con la carretera y la máquina avance al siguiente punto de medición donde se repite el proceso.

Para determinar el IRI del pavimento se hará uso de la escala de rugosidad establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

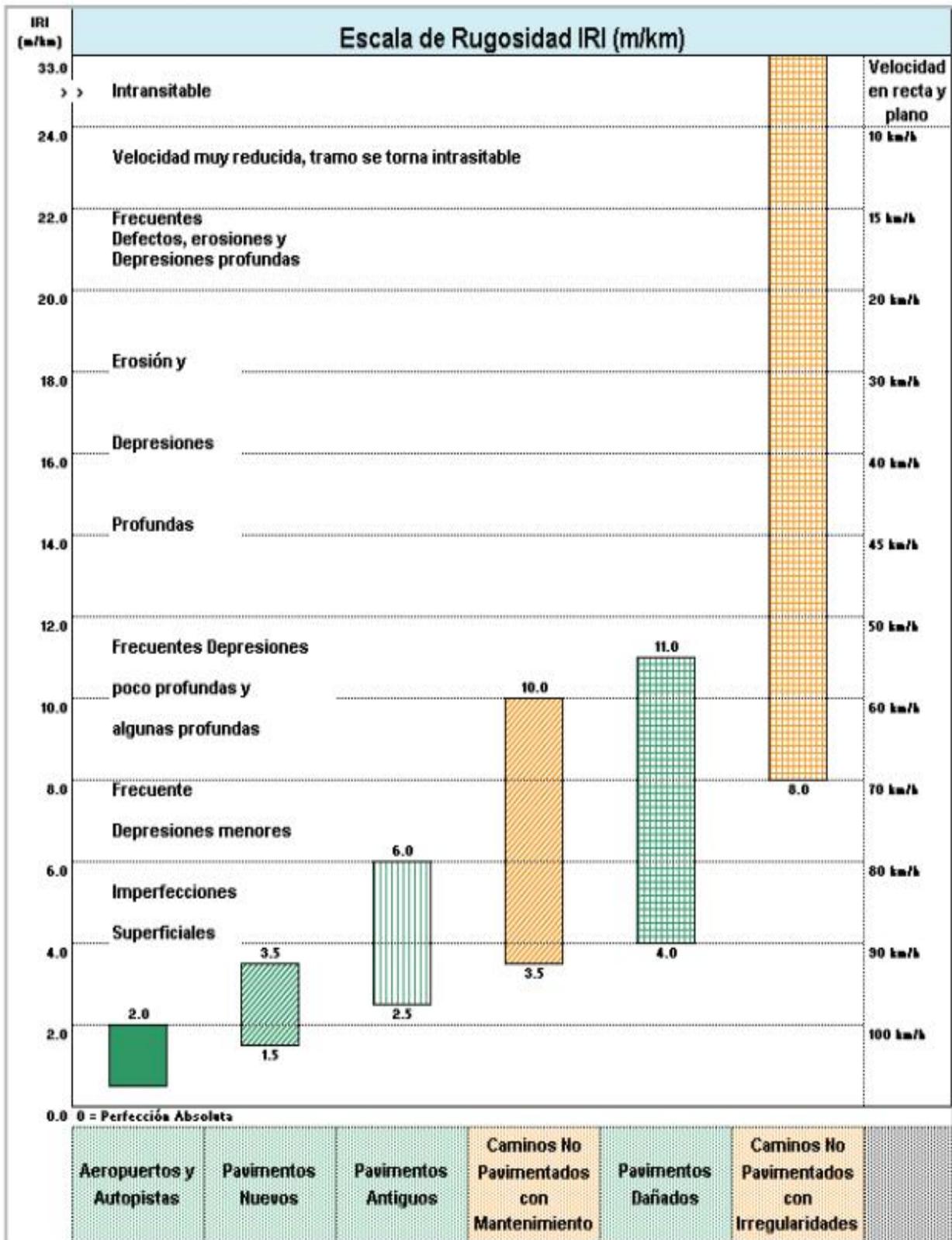


Figura 4: Escala de rugosidad de acuerdo a uso y estado de pavimento.
Fuente: Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos MTC (2014).

Una vez evaluado los valores de IRI se clasifica el estado en el que se encuentra la carretera de acuerdo a la **Tabla 2**, la cual define el estado vial, según la rugosidad de la superficie de rodadura que presenta el pavimento, cuya elaboración estuvo a cargo de Unidad de Gestión de Carreteras de Proviás Nacional en el año 2005, actualmente se encuentra en Especificaciones técnicas Generales para la Conservación de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones publicado en el año 2007; asimismo, dicho documento menciona que luego que el pavimento haya sido construido o rehabilitado, es decir se encuentra en buen estado, se debe tomar acciones permanentes para que dicha condición perdure en el tiempo. Dado el caso que cambie la condición de buena a regular, se procede a realizar la conservación periódica para tratar que la vía se asemeje a su estado inicial.

Tabla 3

Estado vial, según rugosidad superficial.

	Pavimentadas	No pavimentadas
Estado	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2,8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2,8 < IRI \leq 4,0$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$4,0 < IRI \leq 5,0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras MTC (2007).

2.5.2. Para análisis de datos.

A partir de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico de la carretera en estudio, se elabora el plano en planta de la calzada el cual muestra dos carriles y una longitud total de 3.068 km de pavimento flexible, sin incluir la longitud de 43 metros correspondientes al Puente Vía Ducto, que presenta concreto rígido en su calzada por tanto en este tramo de carretera no se toma datos de rugosidad con Merlin.

Para analizar los datos 200 datos obtenidos al término de cada tramo equivalente a 400 metros. Se hace uso del espesor de la pastilla, la lectura inicial y lectura final, datos que fueron registrados durante la calibración del Merlin.

De acuerdo a las especificaciones del manual anteriormente mencionado se procede a eliminar el 10% de los datos que representan 20 lecturas, se elimina el 5% es decir se eliminan 10 datos en límite izquierdo y/o superior y 10 datos límite derecho y/o inferior del histograma. A continuación, se calcula el rango D, para ello se multiplica el número de unidades que han permanecido intactas luego de la eliminación de datos por el espesor de cada unidad que en este caso son 5 mm.

El factor de corrección que permite el ajuste del rango D se calcula con la siguiente ecuación.

$$FC = (EP \times 10) / ((LF - LI) \times 5) \quad \text{Ecuación 1. Factor de Corrección.}$$

Donde:

- EP: Espesor de la pastilla.
- LI: Lectura inicial (sin pastilla).
- LF: Lectura final (con pastilla).

Asimismo, para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se necesita determinar la relación de brazo (RB), 1 a 10 para pavimentos nuevos o lisos (RB=1) y 1 a 5 para pavimentos afirmados o si el pavimento está muy deteriorado (RB=2). Se procede a calcular Rango D corregido de la siguiente manera.

$$\text{Rango "D" corregido} = \text{Rango "D"} \times \text{FC} \times \text{RB} \quad \text{Ecuación 2. Rango D}$$

Donde:

- Rango "D": Valor calculado inicial.
- FC: Factor de corrección.
- RB: Relación de brazo seleccionado.

Con el valor Rango "D" corregido el cual se expresa en unidades Merlin ya es posible efectuar la Ec(4) o Ec(5) para llevarlo a escala IRI.

Si:

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9, \text{ calcular } \quad \text{IRI} = 0.593 + 0.0471 * \text{D} \quad \text{Ecuación 3. Para } \text{D} > 50.$$

$$\text{IRI} < 2.4, \text{ calcular } \quad \text{IRI} = 0.0485 * \text{D} \quad \text{Ecuación 4. Para } \text{D} < 50.$$

De acuerdo a lo establecido por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) basado en datos obtenidos en 1982 durante el Ensayo Internacional sobre Rugosidad desarrollado en Brasil, menciona que la ecuación de corrección Ec(3) se utiliza cuando se evalúa pavimentos en servicio, los que constituyen en su carpeta de rodadura asfalto. La ecuación de corrección Ec(4) se estableció para la realidad en el Perú, luego de una serie de evaluaciones en 1993, a la actualidad no ha sido modificada teniendo en cuenta la variación del IMDA y de acuerdo al tipo de clima, siendo descartada para esta investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del análisis de los datos de rugosidad obtenidos en campo con equipo Merlin. El orden establecido es secuencial, empezando en la progresiva km 0+000 hasta la progresiva km 2+800 tomando tramos de 400 metros, luego se hace un ensayo de 200 metros en cada borde de la vía para así evaluar 3 km de pavimento. Los ensayos tienen lugar en el borde derecho y borde izquierdo de la vía. Cabe resaltar que el total de los ensayos que abarca 6 km de longitud, se registraron durante un día, de 8.30 am – 5.50 pm.

3.2. Plano topográfico.



El plano topográfico guarda relación con los objetivos específicos 1 y 2.

3.2. Análisis de histogramas y datos de campo con rugosímetro Merlin.

3.2.1. Resultados de Ensayo N°1, borde derecho progresiva km 0+000 – km 0+400.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																			
15	14	18	26	29	22	25	25	24	28	26	34	28	24	22	22	21	21	26	26
24	48	28	21	35	26	27	28	16	25	22	26	25	25	24	27	28	39	24	25
19	29	14	32	30	25	26	25	34	30	29	27	22	26	25	22	25	26	27	25
31	22	21	27	31	28	26	24	20	28	23	26	24	24	25	31	27	27	24	24
25	21	24	23	33	22	25	25	16	34	26	29	22	14	29	31	27	27	24	24
22	25	23	25	25	27	25	26	24	30	29	26	27	22	26	32	23	25	24	23
30	22	35	20	27	20	27	31	22	25	25	24	31	24	22	30	18	32	23	24
23	25	30	28	25	27	27	26	27	29	27	27	24	27	24	20	18	23	25	29
19	14	34	23	26	25	26	30	26	21	25	26	28	24	22	21	26	33	33	28
22	22	26	24	26	28	23	23	37	25	29	22	24	29	23	24	26	23	27	25

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
$2.4 < IRI < 15.9 \text{ -- } D > 40 \text{ mm}$	$IRI < 2.4 \text{ --- } D < 40 \text{ mm}$
$IRI = 0.593 + 0.0471D$	$IRI = 0.0485 \times D$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	3	-	3
LECTURAS CONSIDERADAS	0	-	2
FRACIONES RESULTANTES	0.00	14	0.67
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)		14.67	
D (mm)		73.33	
Rnago D corregido (mm)		61.60	
IRI		3.49	

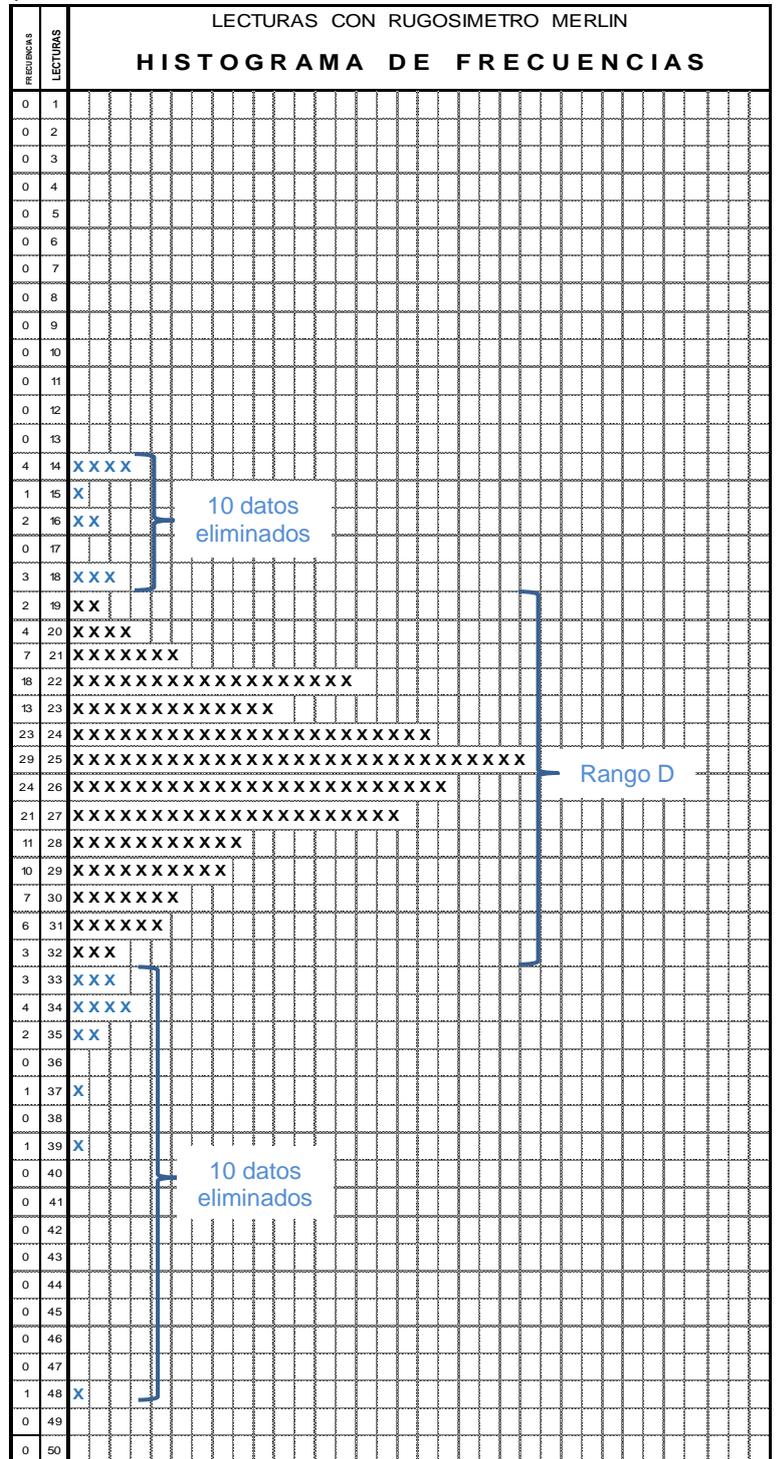


Gráfico 1. Histograma de Frecuencias N°1, borde derecho, progresiva Km(0+000 – 0+400).

Se observa que los valores menos frecuentes son 15, 37, 39 y el valor más frecuente es 25. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 18 y en el límite inferior hasta la lectura 33 de la cual se toma 1 dato a eliminar y queda 2/3, las lecturas que no han sido alteradas son de 19 a 32 el cual corresponde a 14 intervalos. Rango D=(0+14+1/3)x5mm=73.33 mm, Rango D corregido=73.33x0.84 x1=61.60 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 1, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 4

Resumen de datos del ensayo N° 1 borde derecho Km (0+000 – 0+400).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	73.33	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	61.60	mm
Valor en escala IRI	3.49	mm

La Tabla 4 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo del Ensayo N° 1.

LECTURAS CAMPO																			
15	14	18	26	29	22	25	25	24	28	26	34	28	24	22	22	21	21	26	26
24	48	28	21	35	26	27	28	16	25	22	26	25	25	24	27	28	39	24	25
19	29	14	32	30	25	26	25	34	30	29	27	22	26	25	22	25	26	27	25
31	22	21	27	31	28	26	24	20	28	23	26	24	24	25	31	27	27	24	24
25	21	24	23	33	22	25	25	16	34	26	29	22	14	29	31	27	27	27	24
22	25	23	25	25	27	25	26	24	30	29	26	27	22	26	32	23	25	24	23
30	22	35	20	27	20	27	31	22	25	25	24	31	24	22	30	18	32	23	24
23	25	30	28	25	27	27	26	27	29	27	27	24	27	24	20	18	23	25	29
19	14	34	23	26	25	26	30	26	21	25	26	28	24	22	21	26	33	33	28
22	22	26	24	26	28	23	23	37	25	29	22	24	29	23	24	26	23	27	25

3.2.2. Resultados de Ensayo N°2, borde derecho progresiva km 0+400 – km 0+800.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																			
22	24	25	23	19	25	27	27	27	26	24	34	26	24	29	26	28	32	26	21
27	22	25	24	16	24	24	19	24	25	24	25	23	25	26	23	24	25	24	28
24	27	24	25	27	24	26	25	24	25	24	24	25	28	22	28	26	26	26	27
24	30	22	25	23	26	26	27	26	25	27	23	23	23	26	27	20	21	25	22
23	17	24	21	28	26	27	24	23	23	25	26	22	29	23	23	25	25	27	30
27	28	23	29	28	22	26	27	24	20	23	24	27	36	25	23	21	24	24	21
25	22	24	27	29	24	26	24	24	22	24	24	18	25	25	25	26	24	24	
23	26	25	21	22	26	24	25	27	21	24	22	22	28	23	25	30	25	23	26
23	36	26	24	24	21	26	24	25	24	29	25	21	23	23	25	23	23	23	25
27	28	24	31	24	26	25	25	25	26	26	24	25	23	23	24	18	26	28	25

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
$2.4 < IRI < 15.9 \text{ -- } D > 40 \text{ mm}$	$IRI < 2.4 \text{ -- } D < 40 \text{ mm}$
$IRI = 0.593 + 0.0471D$	$IRI = 0.0485 \cdot D$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	9	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	7	-	3
FRACCIONES RESULTANTES	0.78	7	0.60
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	8.38		
D (mm)	41.89		
Rnago D corregido (mm)	35.19		
IRI	1.71		

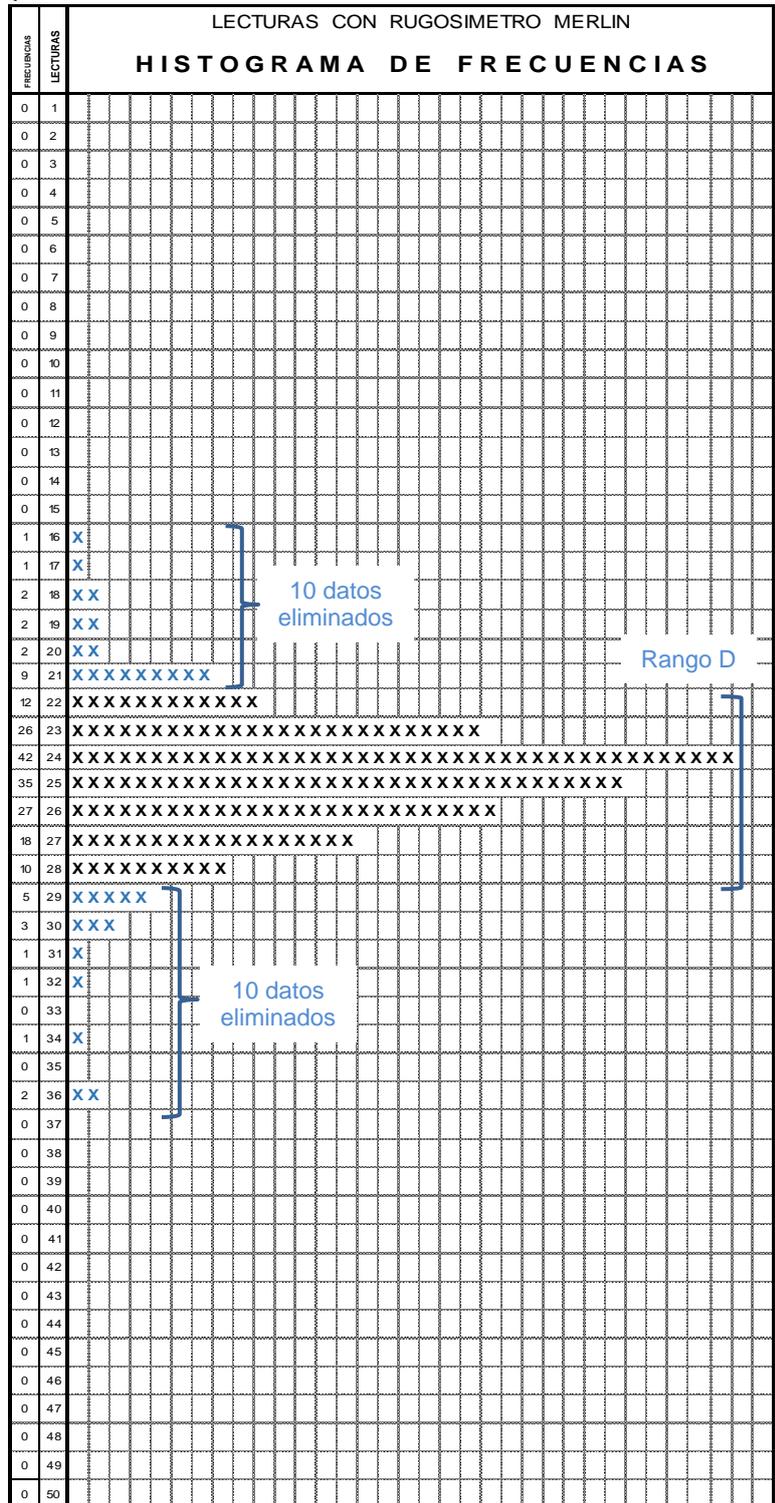


Gráfico 2. Histograma de Frecuencias N°2, borde derecho progresiva Km (0+400 – 0+800).

Se observa que los valores menos frecuentes son 16, 17, 31, 32, 34 y el valor más frecuente es 24. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 21, del cual se elimina 2 y quedan 7/9; en el límite inferior hasta la lectura 29 de la cual se toma 2 datos a eliminar y queda 3/5, las lecturas que no han sido alteradas son de 22 a 28 el cual corresponde a 7 intervalos. $Rango D = (7/9 + 3/5) \times 5 \text{ mm} = 41.89 \text{ mm}$, $Rango D \text{ corregido} = 41.89 \times 0.84 \times 1 = 35.19 \text{ mm}$.

Los resultados mostrados en el Gráfico 2, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 5

Resumen de datos del ensayo N° 2 borde derecho progresiva Km (0+400 – 0+800).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	41.89	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	35.19	mm
Valor en escala IRI	1.71	mm

La Tabla 5 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°2.

LECTURAS CAMPO																			
22	24	25	23	19	25	27	27	27	26	24	34	26	24	29	26	28	32	26	21
27	22	25	24	16	24	24	19	24	25	24	25	23	25	26	23	24	25	24	28
24	27	24	25	27	24	26	25	24	25	24	24	25	28	22	28	26	26	26	27
24	30	22	25	23	26	26	27	26	25	27	23	23	23	26	27	20	21	25	22
23	17	24	21	28	26	27	24	23	23	25	26	22	29	23	23	25	25	27	30
27	28	23	29	28	22	26	27	24	20	23	24	27	36	25	23	21	24	24	21
25	22	24	27	29	24	26	24	24	22	24	24	24	18	25	25	25	26	24	24
23	26	25	21	22	26	24	25	27	21	24	22	22	28	23	25	30	25	23	26
23	36	26	24	24	21	26	24	25	24	29	25	21	23	23	25	23	23	23	25
27	28	24	31	24	26	25	25	25	26	26	24	25	23	23	24	18	26	28	25

Los resultados mostrados en el Gráfico 3, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 6

Resumen de datos del ensayo N°3 borde derecho progresiva Km (0+800 – 1+200).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	40.42	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	33.95	mm
Valor en escala IRI	1.65	mm

La Tabla 6 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°3.

LECTURAS CAMPO																			
23	23	28	24	24	29	26	26	24	26	25	27	24	23	25	26	28	26	20	25
24	20	25	24	25	24	25	26	26	31	24	23	21	25	25	31	25	24	25	27
18	22	25	26	24	28	25	24	25	27	25	24	23	23	27	33	25	23	24	23
24	20	26	24	26	29	26	23	26	25	24	27	23	25	25	28	22	25	26	19
20	23	24	25	24	26	25	24	26	22	30	32	25	25	24	24	24	23	27	25
25	29	21	26	24	23	27	25	23	26	26	24	25	22	24	28	23	24	20	27
26	24	27	24	25	21	25	24	24	25	24	18	25	26	25	27	26	21	24	26
24	27	24	24	24	20	25	24	28	25	25	26	25	24	24	25	22	27	22	25
25	26	23	33	24	25	25	24	25	26	25	25	24	24	22	26	26	24	25	22
22	26	24	25	24	25	25	24	30	25	24	25	24	26	25	30	27	25	24	28

3.2.4. Resultados de Ensayo N°4, borde derecho progresiva km 1+200 – km 1+600.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																			
17	36	31	25	22	24	26	29	24	27	26	27	23	27	28	25	22	28	22	29
24	23	28	26	25	24	25	22	25	26	24	21	26	24	26	25	26	21	25	25
25	21	25	23	26	23	25	27	26	26	24	26	24	25	25	25	23	26	22	23
27	33	24	26	26	27	26	26	24	24	25	29	24	26	25	23	25	30	26	24
26	18	24	26	26	27	26	26	24	24	25	29	24	26	25	23	25	30	26	24
22	26	25	26	26	25	26	27	23	23	23	27	25	28	23	24	23	27	22	23
23	26	25	28	26	27	25	19	25	19	26	16	26	24	26	26	23	35	22	24
26	21	26	24	26	27	25	25	26	24	24	36	22	25	24	26	25	20	22	22
28	22	24	26	27	25	24	26	25	27	27	23	25	23	24	23	23	28	25	26
24	26	26	28	24	24	23	27	23	19	25	25	24	25	25	26	24	35	28	25

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

2.4 < IRI < 15.9 -- D > 40 mm IRI < 2.4 --- D < 40 mm

IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485*D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	4	-	4
LECTURAS CONSIDERADAS	1	-	2
FRACIONES RESULTANTES	0.25	7	0.50
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	7.75		
D (mm)	38.75		
Rango D corregido (mm)	32.55		
IRI	1.58		

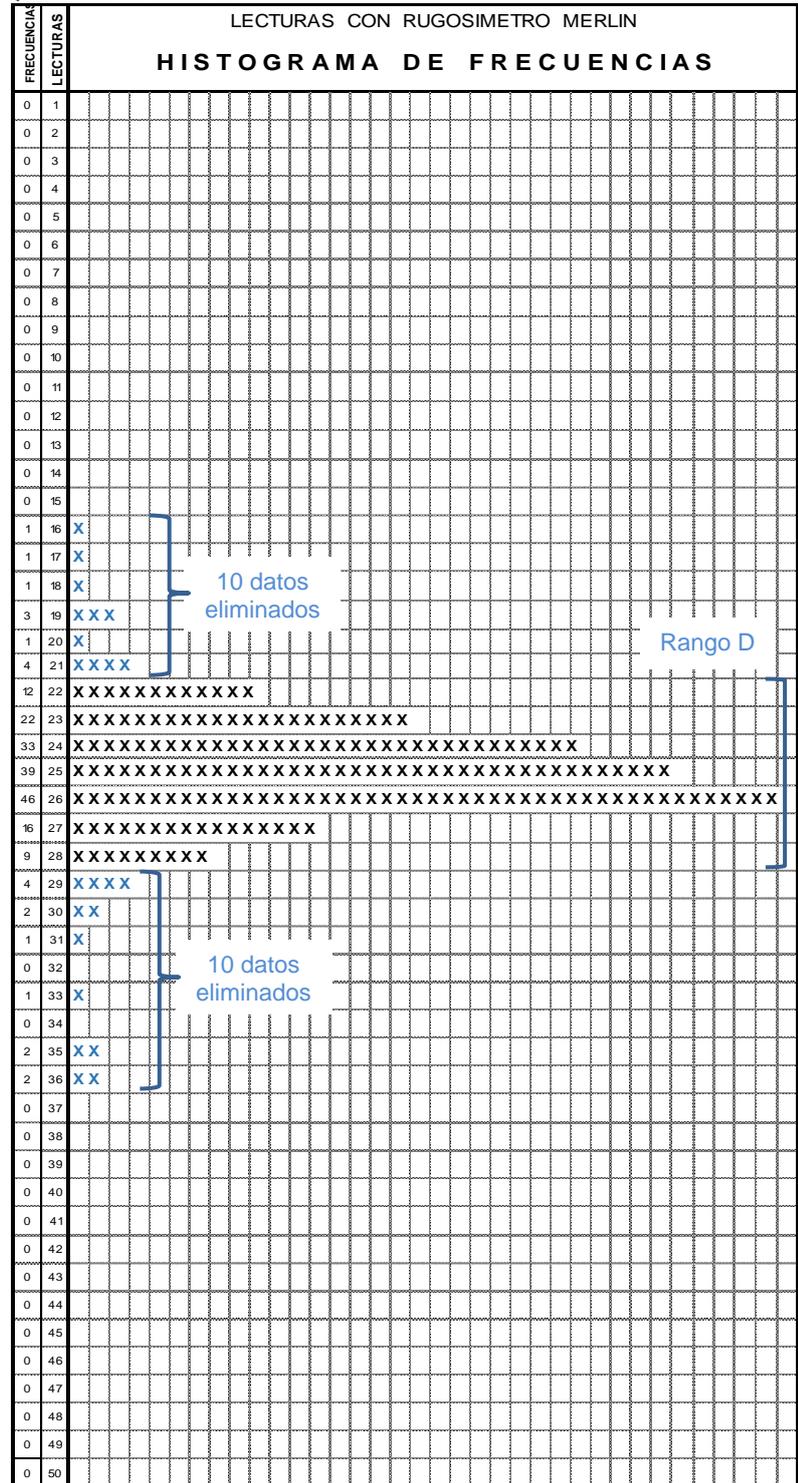


Gráfico 4. Histograma de Frecuencias N°4, borde derecho progresiva Km (1+200 – 1+600).

Se observa que los valores menos frecuentes son 16,17,18,31,33 y el valor más frecuente es 26. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 21, del cual se eliminan 3 y queda 1/4; en el límite inferior hasta la lectura 29 de la cual se eliminan 2 datos y queda 2/4, las lecturas que no han sido alteradas son de 22 a 28 el cual corresponde a 7 intervalos. Rango D = (1/4+7+2/4)x5mm=38.75 mm, Rango D corregido=38.75x0.84 x1=32.55 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 4, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 7

Resumen de datos del ensayo N°4 borde derecho progresiva Km (1+200 – 1+600).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	38.75	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	32.55	mm
Valor en escala IRI	1.58	mm

La Tabla 7 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N° 4.

LECTURAS CAMPO																			
17	36	31	25	22	24	26	29	24	27	26	27	23	27	28	25	22	28	22	29
24	23	28	26	25	24	25	22	25	26	24	21	26	24	26	25	26	21	25	25
25	21	25	23	26	23	25	27	26	26	24	26	24	25	25	25	23	26	22	23
27	33	24	26	26	27	26	26	24	24	25	29	24	26	25	23	25	30	26	24
26	18	24	26	26	27	26	26	24	24	25	29	24	26	25	23	25	30	26	24
22	26	25	26	26	25	26	27	23	23	23	27	25	28	23	24	23	27	22	23
23	26	25	28	26	27	25	19	25	19	26	16	26	24	26	26	23	35	22	24
26	21	26	24	26	27	25	25	26	24	24	36	22	25	24	26	25	20	22	22
28	22	24	26	27	25	24	26	25	27	27	23	25	23	24	23	23	28	25	26
24	26	26	28	24	24	23	27	23	19	25	25	24	25	25	26	24	35	28	25

3.2.5. Resultados de Ensayo N°5, borde derecho progresiva km 1+600 – km 2+000.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

24	21	24	25	26	20	26	26	21	25	26	24	16	29	23	27	24	24	26	25
27	29	24	23	24	24	20	25	24	26	21	26	25	23	30	25	23	26	24	22
23	24	26	23	27	30	27	26	23	29	26	24	19	22	24	25	25	28	24	24
25	25	27	25	19	25	26	24	26	25	24	26	31	28	25	24	26	27	25	24
25	26	23	24	27	22	26	24	28	25	24	26	24	24	25	23	28	26	24	31
24	26	27	24	26	31	23	29	28	25	23	22	23	22	23	22	25	28	30	24
24	25	22	25	28	24	26	23	23	24	24	25	23	26	25	26	22	24	22	13
26	25	33	22	24	29	26	25	27	26	27	24	22	25	24	25	21	25	25	27
24	25	27	24	25	23	27	22	14	25	25	22	29	26	25	26	18	25	25	23
22	24	27	25	24	19	29	26	26	26	25	27	29	24	27	24	24	23	26	28

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
2.4 < IRI < 15.9 -- D > 40 mm	IRI < 2.4 --- D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485*D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	4	-	8
LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	5
FRACIONES RESULTANTES	0.75	7	0.63
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	8.38		
D (mm)	41.88		
Rnago D corregido (mm)	35.18		
IRI	1.71		

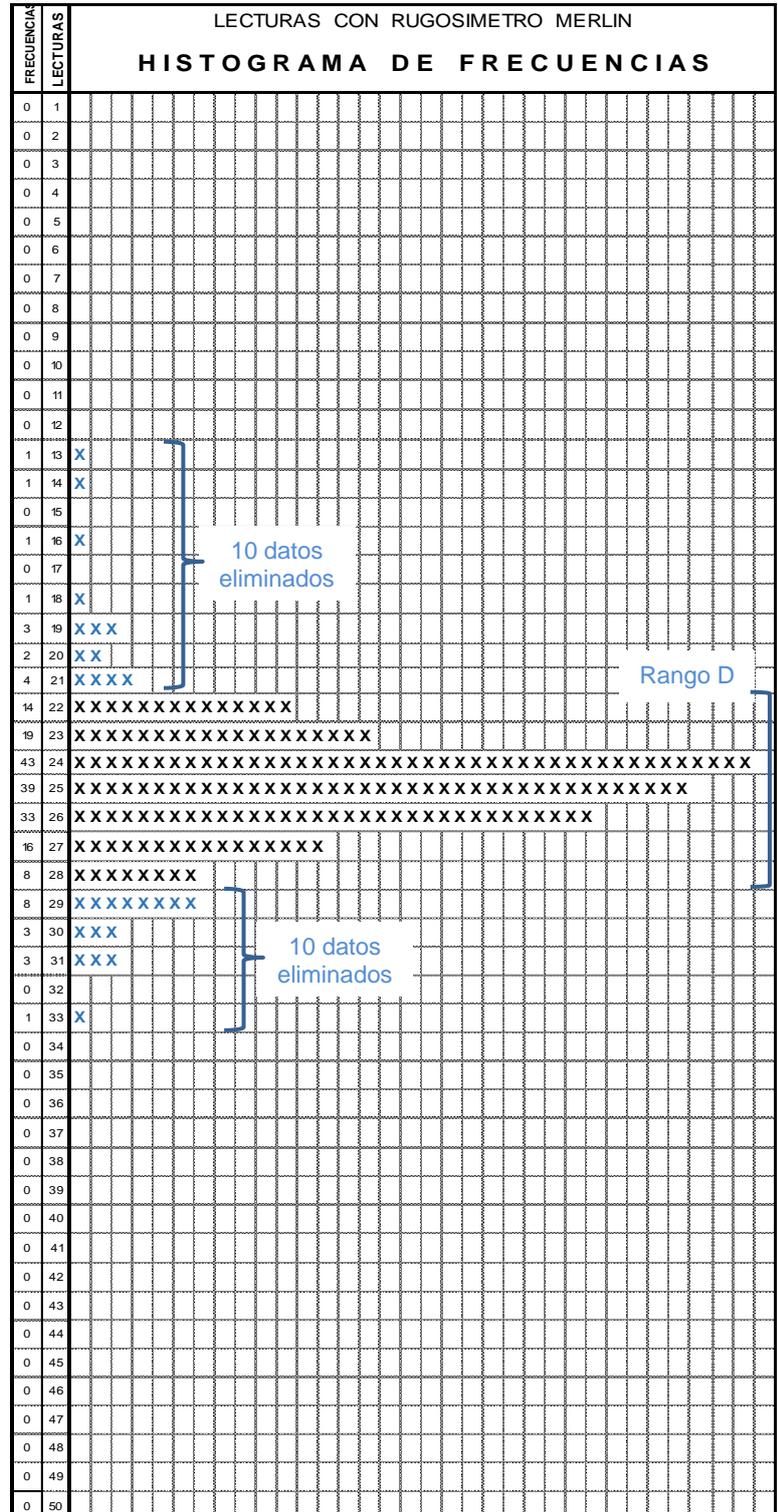


Gráfico 5. Histograma de Frecuencias N°5, borde derecho progresiva Km (1+600 – 2+000).

Se observa que los valores menos frecuentes son 13,14,16,18,33 y más frecuente es 24. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 21, del cual se elimina 1 y queda 3/4; en el límite inferior hasta la lectura 29 de la cual se eliminan 3 datos y queda 5/8, las lecturas que no han sido alteradas son de 22 a 28 el cual corresponde a 7 intervalos. Rango D = (3/4+7+5/8)x5mm=41.88 mm, Rango D corregido=41.38x0.84 x1=35.18 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 5, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 8

Resumen de datos del ensayo N°5 borde derecho progresiva Km (1+600 – 2+000).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	41.88	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	32.18	mm
Valor en escala IRI	1.71	mm

La Tabla 8 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 5.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°5.

LECTURAS CAMPO																			
24	21	24	25	26	20	26	26	21	25	26	24	16	29	23	27	24	24	26	25
27	29	24	23	24	24	20	25	24	26	21	26	25	23	30	25	23	26	24	22
23	24	26	23	27	30	27	26	23	29	26	24	19	22	24	25	25	28	24	24
25	25	27	25	19	25	26	24	26	25	24	26	31	28	25	24	26	27	25	24
25	26	23	24	27	22	26	24	28	25	24	26	24	24	25	23	28	26	24	31
24	26	27	24	26	31	23	29	28	25	23	22	23	22	23	22	25	28	30	24
24	25	22	25	28	24	26	23	23	24	24	25	23	26	25	26	22	24	22	13
26	25	33	22	24	29	26	25	27	26	27	24	22	25	24	25	21	25	25	27
24	25	27	24	25	23	27	22	14	25	25	22	29	26	25	26	18	25	25	23
22	24	27	25	24	19	29	26	26	26	25	27	29	24	27	24	24	23	26	28

3.2.6. Resultados de Ensayo N°6, borde derecho progresiva km 2+000 – km 2+400.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

24	25	21	19	24	24	24	27	24	26	22	18	26	24	23	25	25	24	22	
25	24	26	23	25	26	25	24	27	25	23	24	24	25	22	27	29	31	27	25
29	24	24	24	28	26	26	26	25	25	27	28	21	26	25	28	27	21	29	23
26	26	25	26	26	24	22	23	23	26	25	22	25	25	26	29	26	24	26	24
26	24	25	24	26	26	27	26	26	24	27	23	21	26	22	27	25	27	26	25
27	25	24	24	25	25	23	26	25	24	25	23	22	23	25	25	25	25	24	23
26	27	25	24	23	25	22	22	25	24	26	24	28	25	28	25	24	27	28	28
24	26	20	29	25	22	23	25	24	23	24	21	25	28	26	25	24	26	24	26
24	23	26	25	27	25	26	27	23	27	28	27	26	14	26	22	22	29	25	24
23	23	26	23	24	25	21	25	24	35	28	20	28	32	23	24	27	21	16	24

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

2.4 < IRI < 15.9 -- D > 40 mm IRI < 2.4 --- D < 40 mm

IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485*D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	7	-	11
LECTURAS CONSIDERADAS	3	-	10
FRACIONES RESULTANTES	0.43	6	0.91
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	7.34		
D (mm)	36.69		
Rnago D corregido (mm)	30.82		
IRI	1.49		

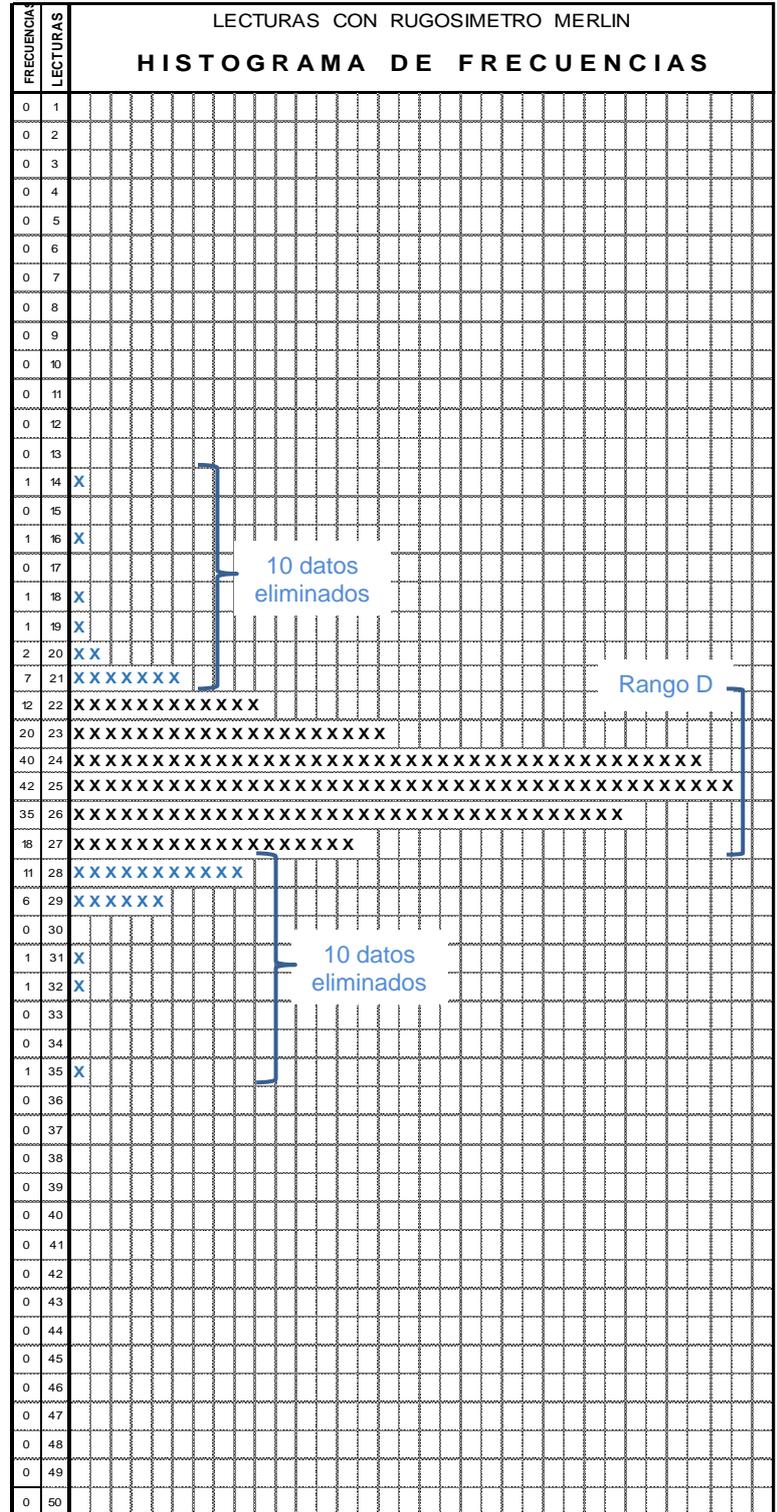


Gráfico 6. Histograma de Frecuencias N°6, borde derecho progresiva Km (2+000 – 2+400).

Se observa que los valores menos frecuentes son 14,16,18,19,31,32,35 y el valor más frecuente es 25. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 21, del cual se eliminan 4 y queda 3/7; en el límite inferior hasta la lectura 28 de la cual se elimina 1 dato y queda 10/11, las lecturas que no han sido alteradas son de 22 a 27 el cual corresponde a 6 intervalos. Rango D = (3/7+6+10/11)x5mm=36.69 mm, Rango D corregido=36.69x0.84x1=30.82 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 6, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 9

Resumen de datos del Ensayo N°6 borde derecho progresiva Km (2+000 – 2+400).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	36.69	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	30.82	mm
Valor en escala IRI	1.49	mm

La Tabla 9 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°6.

LECTURAS CAMPO																			
24	25	21	19	24	24	24	27	24	26	22	18	26	24	23	25	25	24	24	22
25	24	26	23	25	26	25	24	27	25	23	24	24	25	22	27	29	31	27	25
29	24	24	24	28	26	26	26	25	25	27	28	21	26	25	28	27	21	29	23
26	26	25	26	26	24	22	23	23	26	25	22	25	25	26	29	26	24	26	24
26	24	25	24	26	26	27	26	26	24	27	23	21	26	22	27	25	27	26	25
27	25	24	24	25	25	23	26	25	24	25	23	22	23	25	25	25	25	24	23
26	27	25	24	23	25	22	22	25	24	26	24	28	25	28	25	24	27	28	28
24	26	20	29	25	22	23	25	24	23	24	21	25	28	26	25	24	26	24	26
24	23	26	25	27	25	26	27	23	27	28	27	26	14	26	22	22	29	25	24
23	23	26	23	24	25	21	25	24	35	28	20	28	32	23	24	27	21	16	24

Los resultados mostrados en el Gráfico 7, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 10

Resumen de datos del ensayo N°7 borde derecho progresiva Km (2+400 – 2+800).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	35.00	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	29.40	mm
Valor en escala IRI	1.43	mm

La Tabla 10 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°7.

LECTURAS CAMPO																			
23	20	23	26	24	26	25	24	25	22	28	24	23	24	27	24	24	23	25	18
28	24	25	25	23	28	26	24	24	23	24	24	23	25	26	24	23	24	25	29
24	27	18	25	31	27	24	23	25	20	28	21	25	23	26	26	28	24	24	25
24	29	27	26	27	24	26	25	25	29	25	23	24	26	20	26	22	24	25	25
26	24	26	23	29	28	25	26	25	23	25	24	27	22	24	26	23	22	24	25
28	24	27	26	25	28	24	26	25	24	25	23	24	23	26	26	26	27	25	25
25	30	24	27	24	28	27	23	22	24	23	26	24	24	24	21	24	22	27	22
27	30	28	26	26	27	25	27	29	25	22	23	26	23	26	25	26	24	24	25
22	28	26	27	24	21	28	24	30	25	24	28	27	22	25	27	24	24	23	26
24	21	26	23	26	24	25	25	27	26	24	22	22	26	26	32	26	23	18	25

3.2.8. Resultados de Ensayo N°8, borde izquierdo progresiva km 0+000 – km 0+400.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																			
1	9	24	12	26	17	32	19	30	18	25	31	23	28	15	18	18	23	20	13
17	13	17	16	23	31	28	25	22	20	20	24	25	22	19	30	24	20	20	25
25	21	24	24	27	24	28	20	24	24	24	27	23	22	24	21	24	19	21	23
25	23	23	20	27	25	25	19	21	24	33	16	24	31	27	25	24	25	29	23
18	31	35	35	27	24	20	24	21	21	24	20	23	23	29	31	23	21	28	24
17	25	18	29	14	23	24	21	24	23	24	24	18	23	25	22	21	22	24	
29	26	22	23	25	22	33	25	20	34	18	34	23	25	49	29	24	20	21	23
22	27	23	23	22	21	24	22	23	21	28	29	26	34	27	28	31	24	17	29
25	22	17	20	20	28	32	21	19	25	21	25	23	21	26	24	21	23	26	23
21	22	25	39	31	30	25	30	24	24	21	19	30	20	22	22	25	21	22	27

DATOS: E.P.= 4.2 L.I.= 15 L.F.= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
2.4 < IRI < 15.9 -- D > 40 mm	IRI < 2.4 --- D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485*D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	6	-	2
LECTURAS CONSIDERADAS	5	-	1
FRACCIONES RESULTANTES	0.83	14	0.50
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	15.33		
D (mm)	76.67		
Rango D corregido (mm)	64.40		
IRI	3.63		

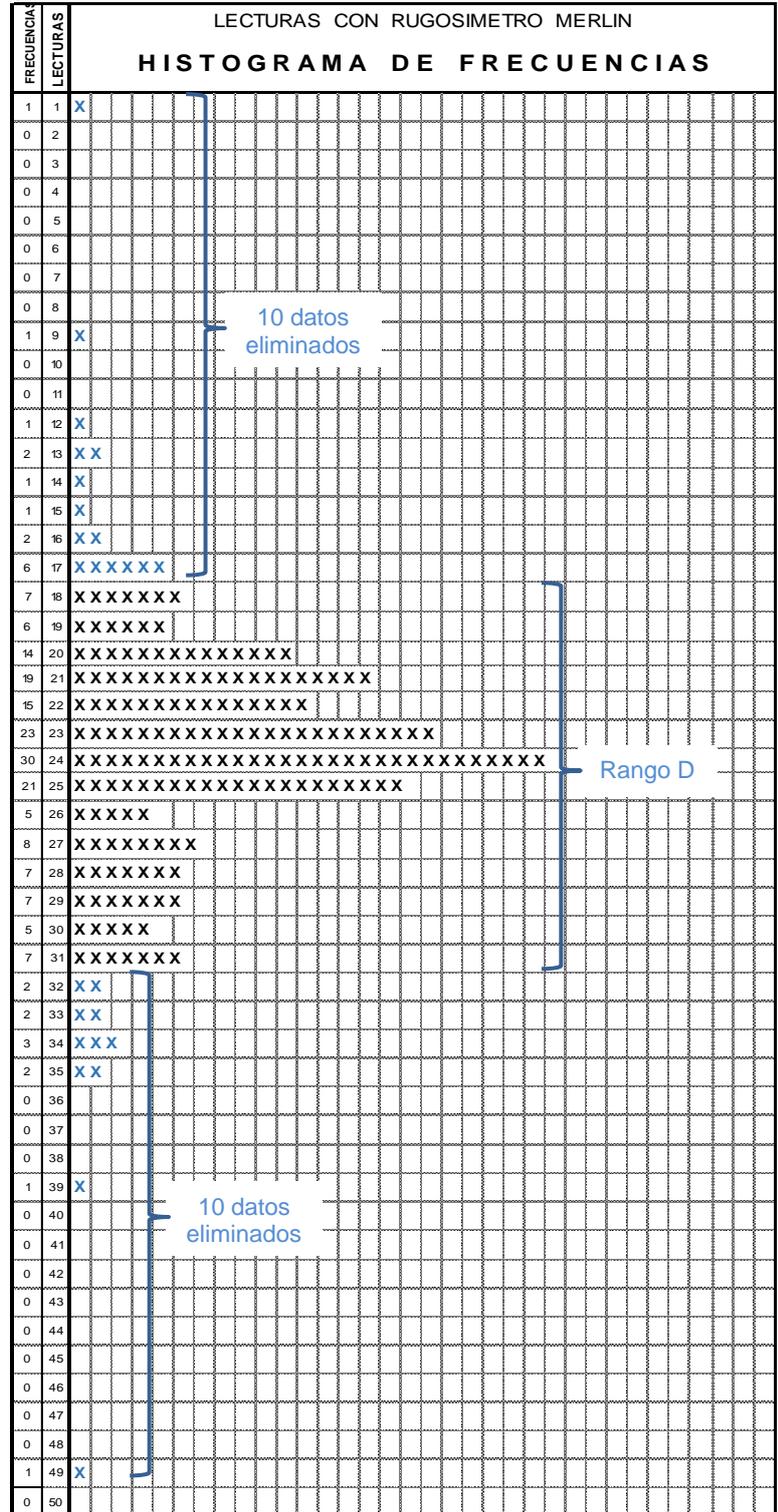


Gráfico 8. Histograma de Frecuencias N°8, borde izquierdo progresiva Km (0+000 – 0+400).

Se observa que los valores menos frecuentes son 1,9,12,14,15,39 y 49, el valor más frecuente es 24. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 17 del que se elimina 1 dato y queda 5/6; en el límite inferior hasta la lectura 32 de esta se elimina 1 dato y queda 1/2, las lecturas que no han sido alteradas son de 18 a 31 el cual corresponde a 14 intervalos. Rango D = (5/6+14+1/2)x5mm=76.67 mm, Rango D corregido=76.67x0.84x1=64.40 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 8, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 11

Resumen de datos del ensayo N°8 borde izquierdo progresiva Km (0+000 – 0+400).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	76.67	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	64.40	mm
Valor en escala IRI	3.63	mm

La Tabla 11 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°8.

LECTURAS CAMPO																			
1	9	24	12	26	17	32	19	30	18	25	31	23	28	15	18	18	23	20	13
17	13	17	16	23	31	28	25	22	20	20	24	25	22	19	30	24	20	20	25
25	21	24	24	27	24	28	20	24	24	24	27	23	22	24	21	24	19	21	23
25	23	23	20	27	25	25	19	21	24	33	16	24	31	27	25	24	25	29	23
18	31	35	35	27	24	20	24	21	21	24	20	23	23	29	31	23	21	28	24
17	25	18	29	14	23	24	21	24	23	24	24	24	18	23	25	22	21	22	24
29	26	22	23	25	22	33	25	20	34	18	34	23	25	49	29	24	20	21	23
22	27	23	23	22	21	24	22	23	21	28	29	26	34	27	28	31	24	17	29
25	22	17	20	20	28	32	21	19	25	21	25	23	21	26	24	21	23	26	23
21	22	25	39	31	30	25	30	24	24	21	19	30	20	22	22	25	21	22	27

3.2.9. Resultados de Ensayo N°9, borde izquierdo progresiva km 0+400 – km 0+800.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																							
25	27	28	23	23	24	24	23	25	28	24	24	27	28	24	22	24	26	25	23				
22	23	25	24	26	25	22	24	26	27	22	20	19	32	27	21	25	22	28	24				
25	24	26	24	26	25	22	25	22	20	24	24	22	24	25	26	25	27	20	24				
21	26	27	17	31	33	28	27	20	24	25	25	27	24	27	24	24	26	23	23				
23	27	27	24	23	25	25	27	24	22	27	25	23	22	21	21	22	23	26	27				
15	20	24	26	24	20	16	31	29	27	22	17	30	24	25	22	24	25	22	25				
23	23	21	24	25	23	21	25	25	20	24	24	25	23	21	15	29	23	21	24				
23	40	18	24	22	26	25	26	25	23	21	27	24	41	30	22	21	20	23	23				
22	26	19	28	23	21	25	23	22	25	29	33	21	29	21	22	20	25	30	27				
24	22	28	23	29	25	24	23	23	26	24	24	28	27	30	36	25	22	25	24				

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
$2.4 < IRI < 15.9 \text{ -- } D > 40 \text{ mm}$	$IRI < 2.4 \text{ --- } D < 40 \text{ mm}$
$IRI = 0.593 + 0.0471D$	$IRI = 0.0485 \times D$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	9	-	4
LECTURAS CONSIDERADAS	7	-	2
FRACIONES RESULTANTES	0.78	9	0.50
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	10.28		
D (mm)	51.39		
Rnago D corregido (mm)	43.17		
IRI	2.63		

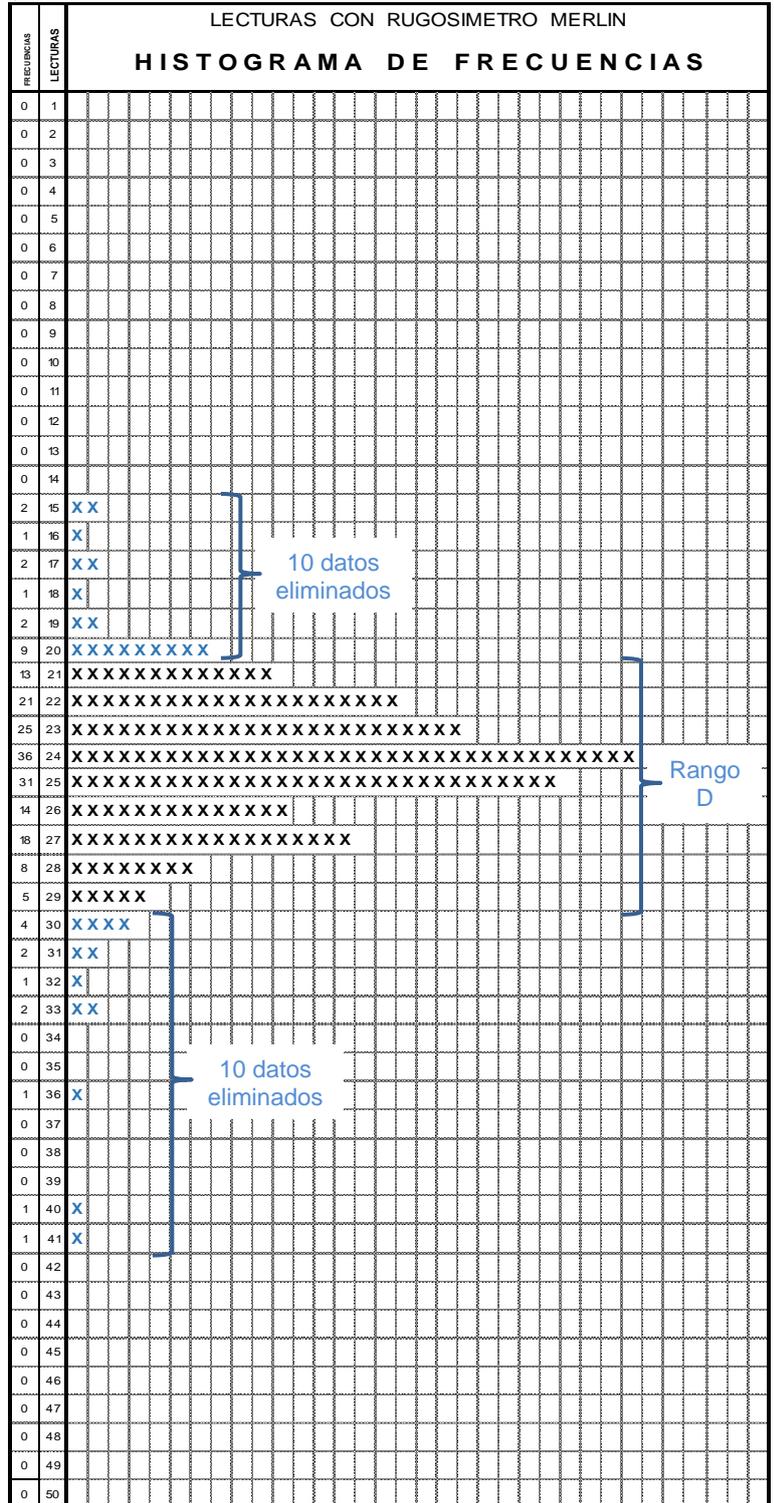


Gráfico 9. Histograma de Frecuencias N°8, borde izquierdo progresiva Km (0+400 – 0+800).

Se observa que los valores menos frecuentes son 16,18,32,36,40 y 41, el valor más frecuente es 24. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 20 del que se elimina 2 datos y queda 7/9; en el límite inferior hasta la lectura 30 de esta se elimina 2 dato y queda 2/4, las lecturas que no han sido alteradas son de 21 a 29 el cual corresponde a 9 intervalos. Rango D = (7/9+14+2/4)x5mm=51.39 mm, Rango D corregido=51.39x0.84x1=43.17 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 9, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 12

Resumen de datos del ensayo N°9 borde izquierdo progresiva Km (0+400 – 0+800).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	51.39	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	43.17	mm
Valor en escala IRI	2.63	mm

La Tabla 12 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°9.

LECTURAS CAMPO																			
25	27	28	23	23	24	24	23	25	28	24	24	27	28	24	22	24	26	25	23
22	23	25	24	26	25	22	24	26	27	22	20	19	32	27	21	25	22	28	24
25	24	26	24	26	25	22	25	22	20	24	24	22	24	25	26	25	27	20	24
21	26	27	17	31	33	28	27	20	24	25	25	27	24	27	24	24	26	23	23
23	27	27	24	23	25	25	27	24	22	27	25	23	22	21	21	22	23	26	27
15	20	24	26	24	20	16	31	29	27	22	17	30	24	25	22	24	25	22	25
23	23	21	24	25	23	21	25	25	20	24	24	25	23	21	15	29	23	21	24
23	40	18	24	22	26	25	26	25	23	21	27	24	41	30	22	21	20	23	23
22	26	19	28	23	21	25	23	22	25	29	33	21	29	21	22	20	25	30	27
24	22	28	23	29	25	24	23	23	26	24	24	28	27	30	36	25	22	25	24

Los resultados mostrados en el Gráfico 10, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 13

Resumen de datos del ensayo N°10 borde izquierdo progresiva Km (0+800 – 1+200).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	37.12	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	31.18	mm
Valor en escala IRI	1.51	mm

La Tabla 13 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°10.

LECTURAS CAMPO																			
21	23	24	22	24	23	26	24	24	26	27	19	24	22	18	17	18	22	22	25
22	23	24	21	22	25	21	26	24	25	24	25	23	24	26	26	24	22	25	22
24	21	24	21	24	25	23	24	24	25	23	26	22	24	27	22	21	21	25	24
26	29	24	23	28	26	25	25	24	24	23	23	23	23	24	22	30	26	28	22
26	25	22	24	21	23	24	25	23	23	23	24	21	27	27	26	24	24	25	19
26	25	15	19	24	25	27	26	26	20	30	20	26	29	27	21	24	24	25	22
25	29	26	25	25	25	24	25	25	22	27	24	22	25	26	26	28	26	22	27
25	25	23	25	27	25	23	26	28	24	26	26	27	26	23	26	24	26	25	26
24	26	24	24	21	23	22	23	25	24	24	24	22	24	23	25	26	24	26	22
24	23	22	23	26	21	21	26	25	23	23	28	32	24	27	23	27	28	29	25

3.2.11. Resultados de Ensayo N°11, borde izquierdo progresiva km 1+200 – km 1+600.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																											
27	24	25	24	23	24	25	27	28	24	29	25	25	26	24	26	24	27	18	27								
31	31	24	26	23	25	23	26	27	25	26	25	21	21	24	22	22	24	25	21								
24	25	21	28	21	27	29	25	27	28	22	26	23	22	24	23	28	23	24	28								
24	25	24	26	22	24	25	27	37	21	28	24	23	24	26	18	23	23	24	24								
23	19	26	22	26	28	23	24	20	26	17	21	30	24	26	30	23	49	24	23								
27	24	25	21	22	21	23	26	21	21	22	24	21	24	23	28	28	21	14	32								
25	23	24	23	24	25	21	25	26	25	28	9	20	34	25	31	23	25	24	25								
27	27	24	36	22	27	25	26	25	23	25	26	25	24	26	25	24	25	26	24								
27	24	25	23	26	28	26	22	31	18	23	25	24	25	23	25	27	22	25	24								
27	22	23	23	25	22	23	25	28	28	24	25	22	32	29	15	19	28	26	26								

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
$2.4 < IRI < 15.9 \text{ -- } D > 40 \text{ mm}$	$IRI < 2.4 \text{ -- } D < 40 \text{ mm}$
$IRI = 0.593 + 0.0471D$	$IRI = 0.0485 \times D$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	2	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	1	-	0
FRACIONES RESULTANTES	0.50	10	0.00
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	10.50		
D (mm)	52.50		
Rnago D corregido (mm)	44.10		
IRI	2.67		

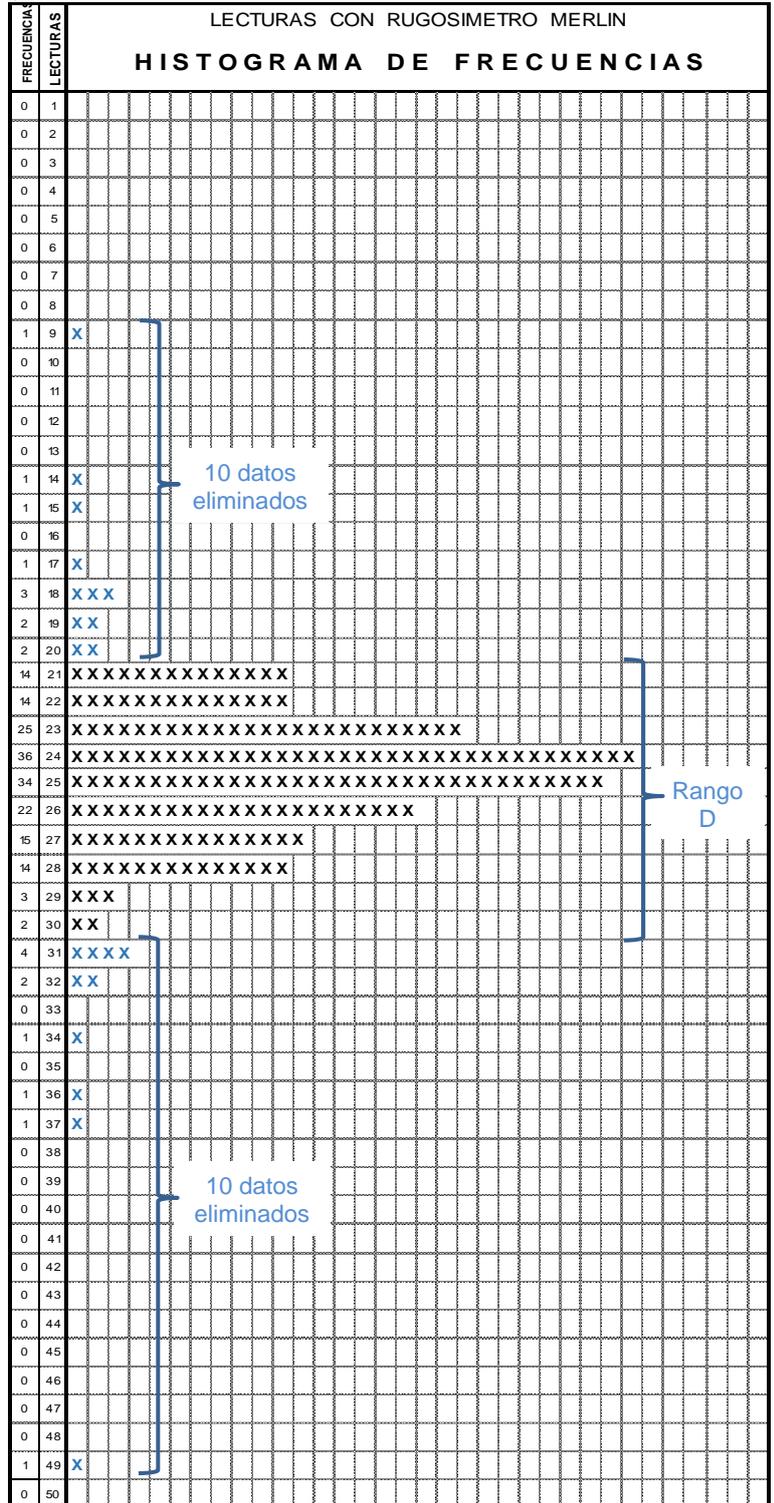


Gráfico 11. Histograma de Frecuencias N°11, borde izquierdo progresiva Km(1+200 – 1+600).

Se observa que los valores menos frecuentes son 9, 14, 15, 17, 34, 36, 37 y 49, el valor más frecuente es 24. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 20 del que se elimina 1 dato y queda 1/2; en el límite inferior hasta la lectura 31, las lecturas que no han sido alteradas son de 21 a 30 el cual corresponde 10 intervalos. $Rango D = (1/2 + 10) \times 5 \text{ mm} = 52.50 \text{ mm}$, $Rango D \text{ corregido} = 52.50 \times 0.84 \times 1 = 44.10 \text{ mm}$.

Los resultados mostrados en el Gráfico 11, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 14

Resumen de datos del ensayo N°11 borde izquierdo progresiva Km (1+200 – 1+600).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	52.50	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	44.10	mm
Valor en escala IRI	2.67	mm

La Tabla 14 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°11.

LECTURAS CAMPO																			
27	24	25	24	23	24	25	27	28	24	29	25	25	26	24	26	24	27	18	27
31	31	24	26	23	25	23	26	27	25	26	25	21	21	24	22	22	24	25	21
24	25	21	28	21	27	29	25	27	28	22	26	23	22	24	23	28	23	24	28
24	25	24	26	22	24	25	27	37	21	28	24	23	24	26	18	23	23	24	24
23	19	26	22	26	28	23	24	20	26	17	21	30	24	26	30	23	49	24	23
27	24	25	21	22	21	23	26	21	21	22	24	21	24	23	28	28	21	14	32
25	23	24	23	24	25	21	25	26	25	28	9	20	34	25	31	23	25	24	25
27	27	24	36	22	27	25	26	25	23	25	26	25	24	26	25	24	25	26	24
27	24	25	23	26	28	26	22	31	18	23	25	24	25	23	25	27	22	25	24
27	22	23	23	25	22	23	25	28	28	24	25	22	32	29	15	19	28	26	26

3.2.12. Resultados de Ensayo N°12, borde izquierdo progresiva km 1+600 – km 2+000.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																							
23	24	24	25	28	24	25	26	27	28	24	25	26	30	28	15	27	13	24	24				
26	28	27	24	25	27	25	25	17	26	28	25	20	23	28	20	23	22	25	29				
36	14	24	22	22	28	24	24	28	25	24	24	28	25	23	27	24	24	29	27				
20	24	29	25	30	19	42	20	20	21	23	23	24	25	28	24	22	20	26	25				
21	22	27	25	22	22	24	22	20	25	30	21	22	20	27	18	27	26	26	25				
29	26	26	24	23	24	25	25	21	22	22	23	26	25	25	23	25	23	24	23				
27	23	24	21	22	25	23	24	24	21	24	31	25	25	24	25	22	25	27	23				
23	21	21	25	25	25	23	27	21	25	25	26	23	26	16	18	19	21	30	20				
25	23	25	25	22	25	24	26	24	27	24	22	35	26	26	22	23	25	21	29				
22	22	25	23	22	22	24	27	26	26	25	24	23	23	35	16	25	23	24	24				

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
$2.4 < IRI < 15.9 \text{ -- } D > 40 \text{ mm}$	$IRI < 2.4 \text{ -- } D < 40 \text{ mm}$
$IRI = 0.593 + 0.0471D$	$IRI = 0.0485 \times D$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	2	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	0	-	4
FRACIONES RESULTANTES	0.00	9	0.80
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	9.80		
D (mm)	49.00		
Rnago D corregido (mm)	41.16		
IRI	2.53		

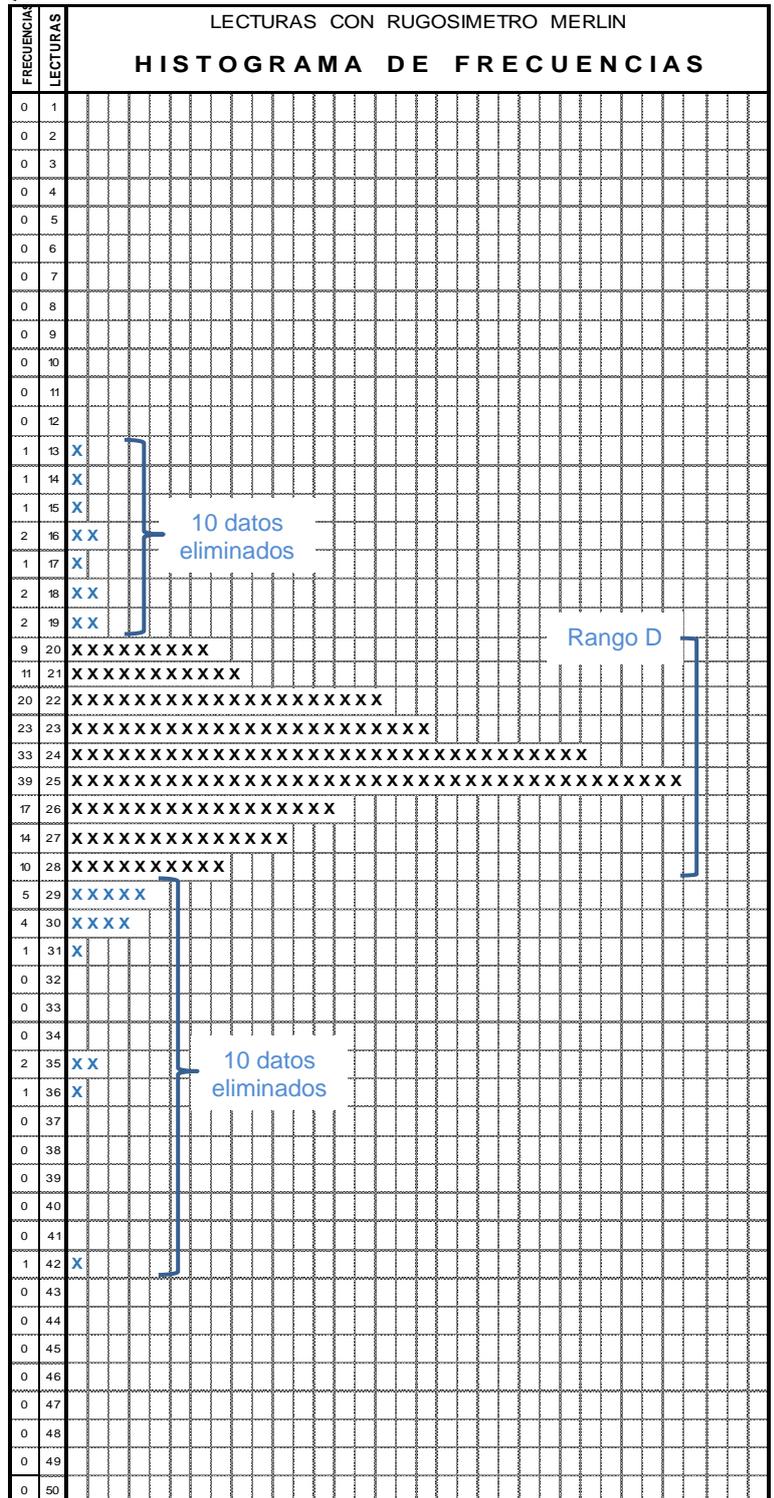


Gráfico 12. Histograma de Frecuencias N°12, borde izquierdo progresiva Km (1+600 – 2+000).

Se observa que los valores menos frecuentes son 13, 14, 15, 17, 31, 36 y 42, el valor más frecuente es 25. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 19; en el límite inferior hasta la lectura 29 del cual se elimina 1 dato y queda 4/5, las lecturas que no han sido alteradas son de 20 a 28 el cual corresponde 9 intervalos. $Rango D = (9 + 4/5) \times 5 \text{ mm} = 49.0 \text{ mm}$, $Rango D \text{ corregido} = 49.0 \times 0.84 \times 1 = 41.16 \text{ mm}$.

Los resultados mostrados en el Gráfico 12, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 15

Resumen de datos del ensayo N°12 borde izquierdo progresiva Km (1+600 – 2+000).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	49.00	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	41.16	mm
Valor en escala IRI	2.53	mm

La Tabla 15 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°12.

LECTURAS CAMPO																			
23	24	24	25	28	24	25	26	27	28	24	25	26	30	28	15	27	13	24	24
26	28	27	24	25	27	25	25	17	26	28	25	20	23	28	20	23	22	25	29
36	14	24	22	22	28	24	24	28	25	24	24	28	25	23	27	24	24	29	27
20	24	29	25	30	19	42	20	20	21	23	23	24	25	28	24	22	20	26	25
21	22	27	25	22	22	24	22	20	25	30	21	22	20	27	18	27	26	26	25
29	26	26	24	23	24	25	25	21	22	22	23	26	25	25	23	25	23	24	23
27	23	24	21	22	25	23	24	24	21	24	31	25	25	24	25	22	25	27	23
23	21	21	25	25	25	23	27	21	25	25	26	23	26	16	18	19	21	30	20
25	23	25	25	22	25	24	26	24	27	24	22	35	26	26	22	23	25	21	29
22	22	25	23	22	22	24	27	26	26	25	24	23	23	35	16	25	23	24	24

3.2.13. Resultados de Ensayo N°13, borde izquierdo progresiva km 2+000 – km 2+400.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																													
22	22	25	25	25	27	23	25	29	23	25	23	24	26	23	27	25	24	28											
27	23	24	23	22	24	23	25	23	21	22	24	24	25	18	25	23	27	25	29										
25	21	25	24	30	25	23	25	33	23	23	24	22	24	20	24	24	25	25	26										
25	24	26	23	24	24	23	21	22	23	25	28	12	22	26	30	22	24	24	25										
24	25	26	27	25	22	23	26	26	22	24	25	26	30	20	23	24	23	24	27										
14	44	23	21	22	24	25	24	24	22	23	24	25	19	28	26	24	23	24	27										
24	23	23	23	23	25	23	22	20	24	25	19	20	28	23	25	21	22	24	23										
23	24	23	25	24	23	32	18	25	26	26	20	26	25	23	25	24	25	22	23										
25	25	26	24	21	23	24	24	25	24	26	17	18	23	24	24	22	23	23	21										
24	28	24	24	26	27	27	23	22	24	25	26	24	22	24	25	24	23	25	17										

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
2.4 < IRI < 15.9 -- D > 40 mm	IRI < 2.4 --- D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485*D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	5	-	5
LECTURAS CONSIDERADAS	4	-	3
FRACCIONES RESULTANTES	0.80	7	0.60
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	8.40		
D (mm)	42.00		
Rango D corregido (mm)	35.28		
IRI	1.71		

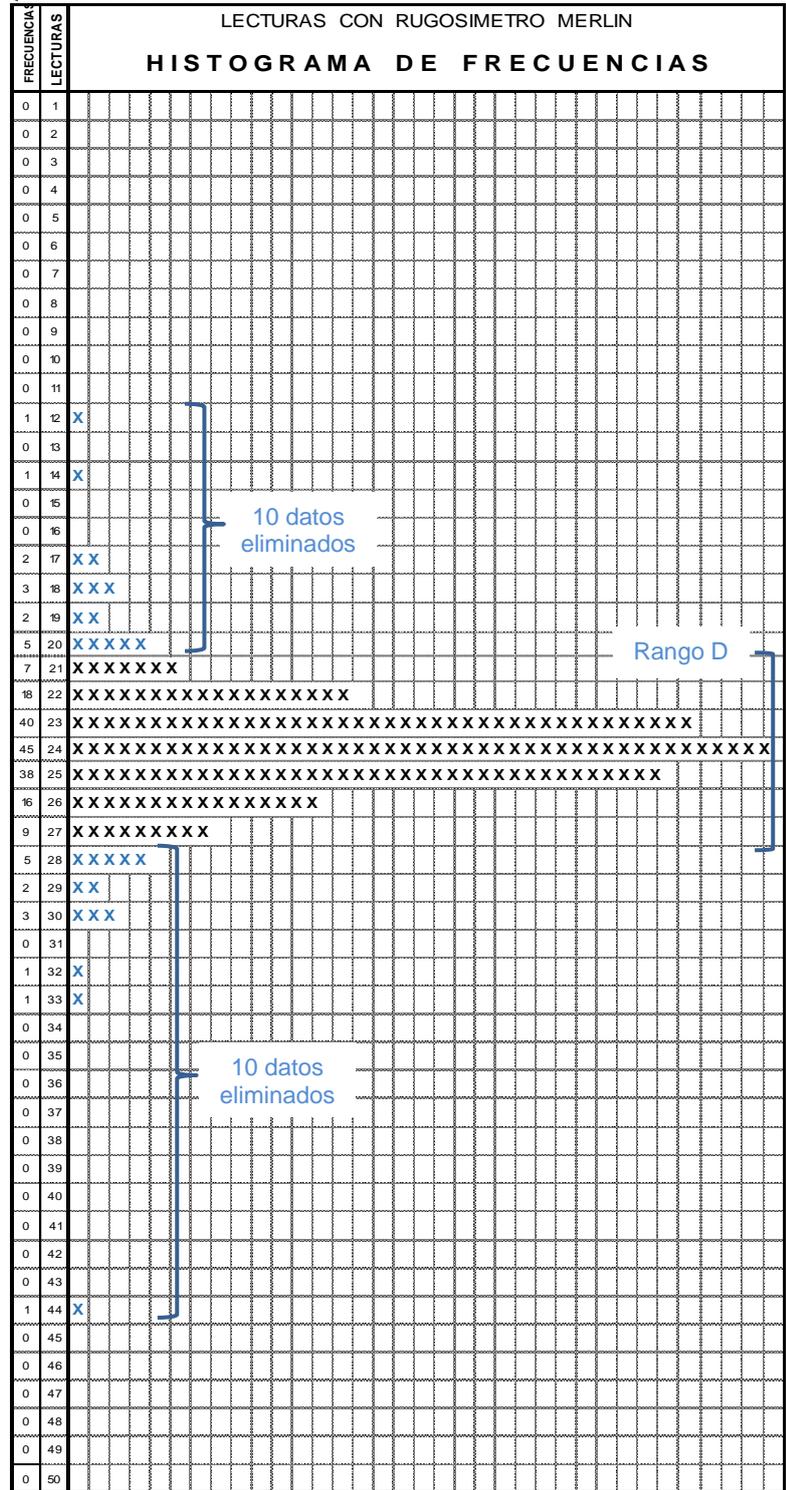


Gráfico 13. Histograma de Frecuencias N°13, borde izquierdo progresiva Km (2+000 – 2+400).

Se observa que los valores menos frecuentes son 12, 14, 32, 33 y 44, el valor más frecuente es 24. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 20 del cual se elimina 1 dato y queda 4/5; en el límite inferior hasta la lectura 28 del cual se elimina 2 datos y queda 3/5, las lecturas que no han sido alteradas son de 21 a 27 el cual corresponde 7 intervalos. $Rango D = (4/5 + 7 + 3/5) \times 5 \text{ mm} = 42.0 \text{ mm}$, $Rango D \text{ corregido} = 42.0 \times 0.84 \times 1 = 35.28 \text{ mm}$.

Los resultados mostrados en el Gráfico 13, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 16

Resumen de datos del ensayo N°13 borde izquierdo progresiva Km (2+000 – 2+400).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	42.00	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	35.28	mm
Valor en escala IRI	1.71	mm

La Tabla 16 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°13.

LECTURAS CAMPO																			
22	22	25	25	25	27	23	25	29	23	25	23	24	26	23	23	27	25	24	28
27	23	24	23	22	24	23	25	23	21	22	24	24	25	18	25	23	27	25	29
25	21	25	24	30	25	23	25	33	23	23	24	22	24	20	24	24	25	25	26
25	24	26	23	24	24	23	21	22	23	25	28	12	22	26	30	22	24	24	25
24	25	26	27	25	22	23	26	26	22	24	25	26	30	20	23	24	23	24	27
14	44	23	21	22	24	25	24	24	22	23	24	25	19	28	26	24	23	24	27
24	23	23	23	23	25	23	22	20	24	25	19	20	28	23	25	21	22	24	23
23	24	23	25	24	23	32	18	25	26	26	20	26	25	23	25	24	25	22	23
25	25	26	24	21	23	24	24	25	24	26	17	18	23	24	24	22	23	23	21
24	28	24	24	26	27	27	23	22	24	25	26	24	22	24	25	24	23	25	17

3.2.14. Resultados de Ensayo N°14, borde izquierdo progresiva km 2+400 – km 2+800.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																								
33	28	25	22	26	21	22	24	25	23	24	25	24	26	24	24	23	22	25	22					
26	25	25	25	24	25	24	25	23	23	23	25	24	22	23	22	31	32	24	32					
26	27	21	32	24	24	24	25	24	22	25	25	23	21	23	25	28	25	25	24					
23	25	26	24	25	25	26	26	28	23	26	24	23	23	26	24	26	25	27	14					
40	17	22	25	24	28	26	23	23	22	23	22	23	25	22	22	24	23	24	26					
23	24	23	27	24	22	24	25	26	24	24	24	26	12	35	23	24	25	22	23					
24	26	24	27	21	23	24	30	22	25	24	25	27	24	22	24	25	24	23	24					
25	26	24	24	23	25	24	23	25	26	24	24	23	25	19	25	24	31	26	24					
20	24	22	25	26	23	19	27	23	27	25	22	23	22	23	24	24	25	22	25					
25	22	22	23	24	24	25	23	22	23	22	21	27	23	28	28	25	22	28	19					

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

2.4 < IRI < 15.9 -- D > 40 mm IRI < 2.4 --- D < 40 mm

IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485*D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	5	-	7
LECTURAS CONSIDERADAS	2	-	6
FRACCIONES RESULTANTES	0.40	6	0.86
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	7.26		
D (mm)	36.29		
Rnago D corregido (mm)	30.48		
IRI	1.48		

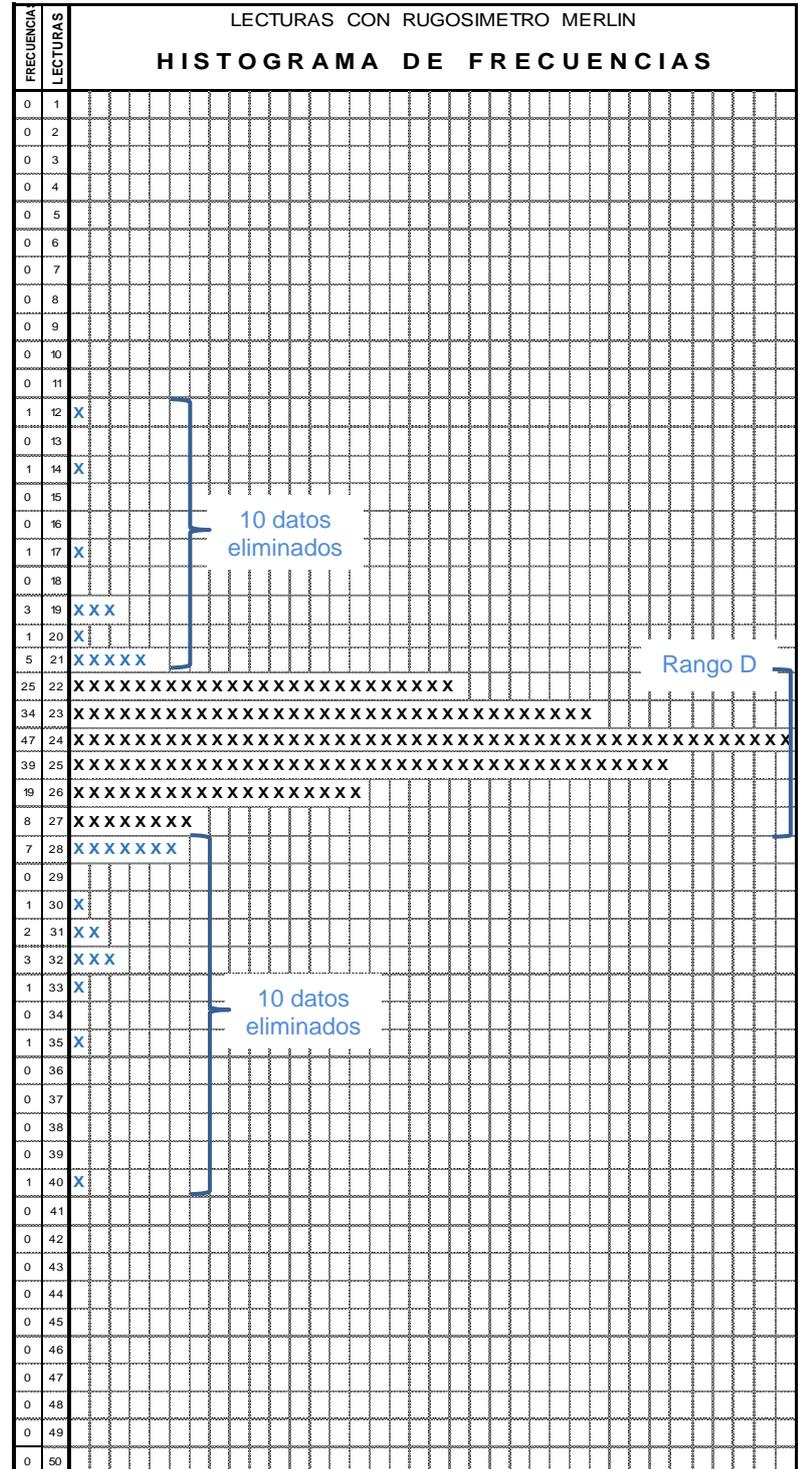


Gráfico 14. Histograma de Frecuencias N°14, borde izquierdo progresiva Km (2+400 – 2+800).

Se observa que los valores menos frecuentes son 12, 14, 17, 20, 30, 33, 35 y 40, el valor más frecuente es 24. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 21 del cual se elimina 3 datos y queda 2/5; en el límite inferior hasta la lectura 28 del cual se elimina 1 dato y queda 6/7, las lecturas que no han sido alteradas son de 22 a 27 el cual corresponde 6 intervalos. Rango D = (2/5+6+6/7)x5mm=36.29 mm, Rango D corregido=36.29x0.84x1=30.48 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 14, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 17

Resumen de datos del ensayo N°14 borde izquierdo progresiva Km (2+400 – 2+800).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	36.29	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	30.48	mm
Valor en escala IRI	1.48	mm

La Tabla 17 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°14.

LECTURAS CAMPO																			
33	28	25	22	26	21	22	24	25	23	24	25	24	26	24	24	23	22	25	22
26	25	25	25	24	25	24	25	23	23	23	25	24	22	23	22	31	32	24	32
26	27	21	32	24	24	24	25	24	22	25	25	23	21	23	25	28	25	25	24
23	25	26	24	25	25	26	26	28	23	26	24	23	23	26	24	26	25	27	14
40	17	22	25	24	28	26	23	23	22	23	22	23	25	22	22	24	23	24	26
23	24	23	27	24	22	24	25	26	24	24	24	26	12	35	23	24	25	22	23
24	26	24	27	21	23	24	30	22	25	24	25	27	24	22	24	25	24	23	24
25	26	24	24	23	25	24	23	25	26	24	24	23	25	19	25	24	31	26	24
20	24	22	25	26	23	19	27	23	27	25	22	23	22	23	24	24	25	22	25
25	22	22	23	24	24	25	23	22	23	22	21	27	23	28	28	25	22	28	19

3.2.15. Resultados de Ensayo N°15, borde derecho – borde izquierdo prog. km 2+800 – km 3+000.

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

EQUIPO MERLIN - TRRL

LECTURAS CAMPO																			
28	31	27	23	25	27	25	25	24	26	24	21	26	21	28	19	24	23	24	24
29	31	24	25	25	22	25	24	23	28	27	27	24	31	26	20	23	30	26	28
24	25	25	23	22	23	22	23	26	25	24	22	25	25	19	21	26	24	26	28
24	21	22	23	21	27	22	24	21	23	24	19	23	26	22	24	25	24	23	25
23	21	28	21	28	19	25	22	23	24	23	23	26	27	23	21	23	21	23	24
23	28	23	23	23	25	25	23	25	24	24	26	25	25	23	28	25	25	23	27
23	24	26	23	24	21	25	26	25	26	23	23	24	24	25	25	25	27	24	25
27	28	25	24	25	25	25	25	23	28	24	28	24	16	29	33	22	27	26	24
25	24	27	25	26	27	21	25	26	25	33	26	25	24	25	23	24	26	31	24
21	24	24	26	26	25	25	26	23	24	25	24	25	25	23	22	25	26	20	29

DATOS: E.P= 4.2 L.I= 15 L.F= 25 RB= 1

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.84000

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
$2.4 < IRI < 15.9 \rightarrow D > 40 \text{ mm}$	$IRI < 2.4 \rightarrow D < 40 \text{ mm}$
$IRI = 0.593 + 0.0471D$	$IRI = 0.0485 \times D$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES LECTURAS EXTREMAS	13	-	3
LECTURAS CONSIDERADAS	10	-	0
FRACIONES RESULTANTES	0.77	7	0.00
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	7.77		
D (mm)	38.85		
Rnago D corregido (mm)	32.63		
IRI	1.58		

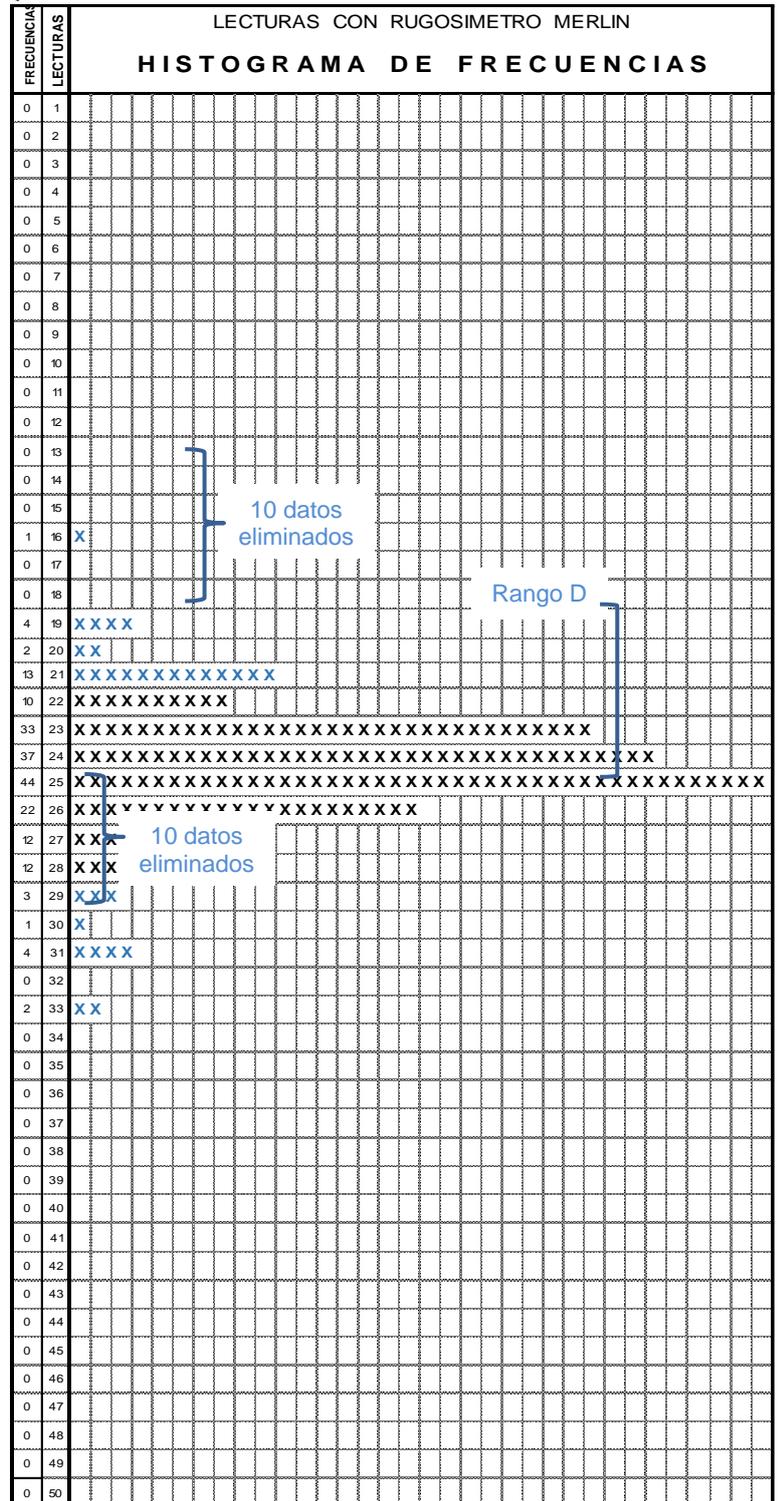


Gráfico 15. Histograma de Frecuencias N°15, borde derecho – borde izquierdo progresiva Km(2+800 – 3+000).

Se observa que los valores menos frecuentes son 16 y 30, el valor más frecuente es 25. Para el cálculo de Rango D se eliminó el 5% de datos, en el límite superior hasta la lectura 21 del cual se elimina 3 datos y queda 10/13; en el límite inferior hasta la lectura 29 del cual se elimina todos los datos, las lecturas que no han sido alteradas son de 22 a 28 el cual corresponde 7 intervalos. Rango D=(10/13+7)x5mm=38.85 mm, Rango D corregido=38.85x0.84x1=32.63 mm.

Los resultados mostrados en el Gráfico 15, tienen relación con el objetivo específico 3.

Tabla 18

Resumen de datos del ensayo N°15 borde izquierdo - borde derecho progresiva Km (2+800 – 3+000).

DATO	VALOR	UNIDAD
Rango D	38.85	mm
Factor de corrección	0.84	mm
Relación de Brazo	1	-
Rango D corregido	32.63	mm
Valor en escala IRI	1.58	mm

La Tabla 18 muestra el resumen de datos calculados los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

A continuación, se presentan los datos de campo Ensayo N°15.

LECTURAS CAMPO																			
28	31	27	23	25	27	25	25	24	26	24	21	26	21	28	19	24	23	24	24
29	31	24	25	25	22	25	24	23	28	27	27	24	31	26	20	23	30	26	28
24	25	25	23	22	23	22	23	26	25	24	22	25	25	19	21	26	24	26	28
24	21	22	23	21	27	22	24	21	23	24	19	23	26	22	24	25	24	23	25
23	21	28	21	28	19	25	22	23	24	23	23	26	27	23	21	23	21	23	24
23	28	23	23	23	25	25	23	25	24	24	26	25	25	23	28	25	25	23	27
23	24	26	23	24	21	25	26	25	26	23	23	24	24	25	25	25	27	24	25
27	28	25	24	25	25	25	25	23	28	24	28	24	16	29	33	22	27	26	24
25	24	27	25	26	27	21	25	26	25	33	26	25	24	25	23	24	26	31	24
21	24	24	26	26	25	25	26	23	24	25	24	25	25	23	22	25	26	20	29

3.3. Resumen de rugosidades.

3.3.1. Borde derecho e izquierdo.

Tabla 19

Resumen de rugosidad borde derecho e izquierdo, progresiva km 0+000 – km 3+000

Rugosidad Borde Derecho e Izquierdo km00+000 – km03+000								
Ensayo	Progresiva (km)		Long.	B. Derecho		B. Izquierdo		Promedio
	Inicial	Final		Rango D corregido	Rugosidad	Rango D corregido	Rugosidad	
Nº	Km	km	M	mm	IRI	Mm	IRI	IRI
1-8	00+000	00+400	400.00	61.60	3.49	64.40	3.63	3.56
2-9	00+400	00+800	400.00	35.19	1.71	43.17	2.63	2.17
3-10	00+800	01+200	400.00	33.95	1.65	31.18	1.51	1.58
4-11	01+200	01+600	400.00	32.55	1.58	44.10	2.67	2.12
5-12	01+600	02+000	400.00	35.18	1.71	41.16	2.53	2.12
6-13	02+000	02+400	400.00	30.82	1.49	35.28	1.71	1.60
7-14	02+400	02+800	400.00	29.40	1.43	30.48	1.48	1.46
15	02+800	03+000	400.00	-	-	32.63	1.58	1.58
				Promedio	1.87	-	2.22	2.02

Por último, la Tabla 19 muestra el resumen de datos calculados de los 7 ensayos realizados en la vía, los cuales guardan relación con el objetivo específico 4.

3.3.2. Estado del pavimento flexible.

En la siguiente tabla se muestra el estado del pavimento de acuerdo al IRI promedio de los ensayos realizados y la información que brinda la Tabla 3.

Tabla 20

Estado del Pavimento Flexible según Rugosidad Superficial.

Estado del Pavimento Flexible km 0+000 – km 3+000			
Progresiva		Promedio	Estado
Inicial	Final		
Km	Km	IRI	
00+000	00+400	3.56	Regular
00+400	00+800	2.17	Bueno
00+800	01+200	1.58	Bueno
01+200	01+600	2.12	Bueno
01+600	02+000	2.12	Bueno
02+000	02+400	1.60	Bueno
02+400	02+800	1.46	Bueno
02+800	03+000	1.58	Bueno

Al término de la evaluación de los resultados se observa que el pavimento flexible muestra un IRI promedio es 2.02 m / km, cuyo valor permite definir el estado del pavimento según la rugosidad superficial como bueno en los 3 km de longitud de la carretera de acuerdo a la Tabla 3, establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en las Especificaciones Técnicas para la Conservación de Carreteras.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Al término de la investigación se realizó el análisis de los resultados obtenidos con el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Los Baños del Inca – Cajamarca; el cual comprende 3000 metros de pavimento flexible e hicieron posible realizar 15 ensayos en el borde derecho e izquierdo.

En la Tabla 19 se observa que en entre las progresivas km 0+000 – km 0+400 el valor de IRI de los bordes derecho e izquierdo son 3.49 m/km y 3.63m/km respectivamente, dichos valores definen que la superficie de la carretera se encuentra en estado regular; es posible que esto suceda debido que en este tramo cuenta con un solo carril y los bordes del pavimento se encuentran en contacto directo con terreno natural asimismo no se evidencia cunetas y bermas. Los valores de IRI que varían entre 1.46 m/km y 1.60 m/km corresponden a las progresivas km 2+000 – km 3+000, valores que determinan una superficie en buen estado, posiblemente porque en este tramo de pavimento presenta dos carriles de circulación y los bordes se encuentran debidamente confinados correctamente, con cunetas y bermas.

Teniendo en cuenta lo mostrado en la Tabla 20, se concluye de forma general que el estado vial, según su rugosidad es bueno.

Penumatsa, Raju y Reddy (2016) evaluaron el deterioro de una carretera pavimentada a orillas de un canal fluvial en India, haciendo uso del equipo Merlin. El lado izquierdo muestra un IRI de 3.43 m / km, en el borde derecho de 3.87 m / km y en promedio 3.65 m / km cuyo valor de acuerdo a la tabla 3, clasifica el estado vial de la carretera como regular. En tanto la investigación realizada en esta tesis muestran como resultados valores de IRI de 2.22m / km y 1.87 m / km, para el lado izquierdo y derecho respectivamente y un IRI

promedio de 2.02 m / km que define que la superficie de rodadura está en buen estado.

Claramente se evidencia que los resultados del estudio realizado por Penumatsa, Raju y Reddy en el año 2016 y esta investigación muestran en general que ambas carreteras pavimentadas tienen superficie de rodadura en buen estado, de acuerdo a los valores de IRI obtenidos, la carretera ubicada en el distrito de Los Baños del Inca se encuentra en mejor estado que la carretera analizada en India.

De igual forma Pozo en el año 2018, analizó 800 metros de pavimento flexible en Colombia, y los valores promedio varían entre 4.01 a 4.41 m / km, que clasifica al pavimento en regular el cual difiere significativamente con el estado de la carretera en que se analiza en este estudio.

Opuesto al caso anterior se encuentra la investigación de Cáceres y Segura (2017), quienes evaluaron 23.2 km de pavimento flexible que comprende el Ovalo Moche y el Ovalo El Milagro como inicio y final respectivamente, ambos lugares situados en la ciudad de Trujillo y determinaron un IRI promedio de 2.208 m / km que define una superficie de rodadura en estado bueno, valor similar al IRI promedio de esta investigación que es 2.02 m / km y también corresponde al mismo estado.

Las implicancias de la presente investigación están relacionadas a la búsqueda y análisis de literatura existente que hasta el momento ha pretendido abordar la problemática de la rugosidad superficial de pavimentos flexibles, haciendo uso de equipos de precisión, bajo costo y fácil operación; calcular y analizar el IRI a partir de datos obtenidos en campo, tiene como resultado el IRI promedio de la vía en estudio que permite determinar el estado actual de la superficie de rodadura; contribuir a llenar el vacío de evaluaciones de rugosidad superficial de pavimentos flexibles en el distrito Los Baños del Inca con el fin de tomar acciones de conservación vial y evitar el deterioro total; aportar desde un punto de vista

teórico y práctico el uso de equipo Merlin para la evaluación de rugosidad superficial de pavimentos.

La investigación tuvo como limite la ejecución de 15 ensayos con el equipo Merlin, que en total abarcan 3 km de pavimento flexible, dejando sin evaluar 68 metros en cada borde de calzada; los pocos equipos disponibles en la ciudad se alquilan generalmente a entidades públicas y privadas, para la verificación de rugosidad de pavimentos en proyectos que se encuentran en fase de ejecución, limitando este tipo de investigaciones y la evaluación de pavimentos de mayor longitud debido al poco tiempo de alquiler que brindan las empresas.

4.2 Conclusiones

- Se confirmó la hipótesis planteada debido que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) promedio obtenidos mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Los Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, es 2.02 m / km, cuyo valor se encuentra entre 0 – 2.8 m/km que corresponde a un estado vial bueno según su rugosidad superficial.
- Se realizó el levantamiento topográfico de la carretera en estudio presenta una longitud de 3 068 metros de pavimento flexible con un ancho que varía entre 3.50 y 5.80 metros de ancho.
- El plano topográfico permitió definir una cantidad de 15 ensayos a realizar con el equipo Merlin en la carretera.
- Se registraron los datos de campo de los 15 ensayos realizados con el equipo Merlin, haciendo uso del formato previamente aprobado.
- Se hizo el cálculo del valor de IRI por cada ensayo realizado en la presente investigación.

- Al analizar los valores de IRI calculados, encontramos que el IRI máximo y mínimo son 3.56 m / km y 1.46 m/ km respectivamente.

REFERENCIAS

- Alavi, A. H., & Buttlar, W. G. (2019). An overview of smartphone technology for citizen-centered, real-time and scalable civil infrastructure monitoring. *Future Generation Computer Systems*, 93, 651–672. <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2018.10.059>
- Arbabpour Bidgoli, M., Golroo, A., Sheikhzadeh Nadjar, H., Ghelmani Rashidabad, A., & Ganji, M. R. (2019). Road roughness measurement using a cost-effective sensor-based monitoring system. *Automation in Construction*, 104, 140–152. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2019.04.007>
- Babu, M. R. A. M., & Chowhan, L. S. (2018). Roughness evaluation of flexible pavements using merlin and total station equipment. *research papers*, 8(1), 41–47.
- Cáceres Vásquez, A. C. (ENERO de 2018). Análisis y evaluación de los índices de rugosidad de la panamericana norte – trujillo, usando el método de road and level y el método de merlín. Trujillo, Trujillo, Perú.
- Cristobal, Pozo. D. (Enero de 2018). Evaluacion funcional del pavimento flexible de la avenida principal ciudadela villa club desde la entrada km 12 av. león febres cordero hasta la etapa boreal, canton daule, provincia del guayas. Guayaquil, Ecuador.
- Cundill, M. A. (1996). MERLIN-A Low-Cost Machine for Measuring Road Roughness in Developing Countries. *Transportation Research Record*, 1291, 106–112. <https://doi.org/10.2514/3.50832>
- Das, J. B. (2014). Development of a Low Cost Road Roughness Measuring Device.
- Penumatsa, T. V., Raju, M. J., & Reddy, C. N. V. S. (2016). Functional Evaluation of Canal Bank Roads Using Merlin, 4(10), 8–12.
- Rivera, L. (2017). Efectos de la regularidad superficial (iri) en el nivel de servicio de vias afirmadas - carretera chupuro - lapa. huancayo, Perú.
- Sayers, M. W., Gillespie, T. D., & Paterson, W. D. O. (1986). Guidelines for Conducting

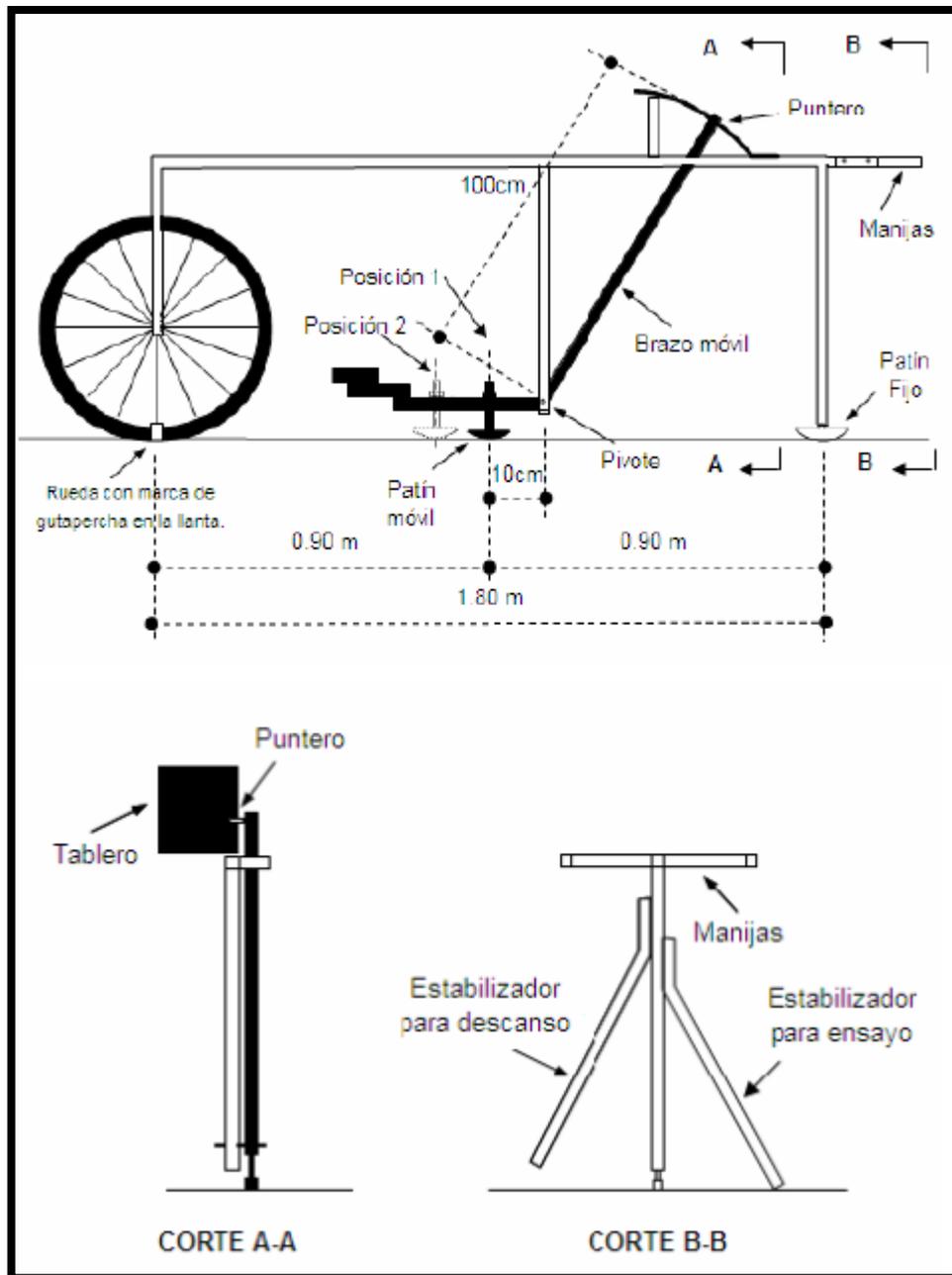
and Calibrating Road Roughness Measurements. *World Bank Technical Paper Number*

46, (46), 87 p. Retrieved from

<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/3133/72764.pdf?sequence=2>

ANEXOS

ANEXO n° 1. Partes de equipo Merlin.



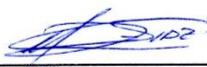
ANEXO n° 2. Tablero para medir irregularidad con equipo Merlin.

RUGOSIMETRO MERLIN		
1 DIVISION = 5 mm	DEPRESIONES	50
		49
		48
		47
		46
		45
		44
		43
		42
		41
		40
		39
		38
		37
		36
		35
		34
		33
		32
		31
		30
		29
		28
		27
		ELEVACIONES
	25	
	24	
	23	
	22	
	21	
	20	
	19	
	18	
	17	
	16	
	15	
	14	
	13	
	12	
	11	
	10	
	9	
	8	
	7	
	6	
	5	
	4	
	3	
	2	
	1	

ANEXO n° 3. Datos de campo.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :		"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"								
RESPONSABLE :		DIAZ QUISPE, MARIO ITALO								
NOMBRE DEL ENSAYO :		MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN								
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA				N° ENSAYO :			01		
TRAMO :	KM. 00 + 000 m - KM. 00 + 400 m				LONGITUD :			0.4 Km		
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO)				FECHA :			18/11/2019		
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA				HORA :			08:30 a. m.		

DATOS DE CAMPO										mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
15	14	18	26	29	22	25	25	24	28	10
26	34	28	24	22	22	21	21	26	26	20
24	48	28	21	35	26	27	28	16	25	30
22	26	25	25	24	27	28	39	24	25	40
19	29	14	32	30	25	26	25	34	30	50
29	27	22	26	25	22	25	26	27	25	60
31	22	21	27	31	28	26	24	20	28	70
23	26	24	24	25	31	27	27	24	24	80
25	21	24	23	33	22	25	25	16	34	90
26	29	22	14	29	31	27	27	27	24	100
22	25	23	25	25	27	25	26	24	30	110
29	26	27	22	26	32	23	25	24	23	120
30	22	35	20	27	20	27	31	22	25	130
25	29	31	29	22	30	18	32	23	24	140
23	25	30	28	25	27	27	26	27	29	150
27	27	24	27	24	20	18	23	25	29	160
19	14	34	23	26	25	26	30	26	21	170
25	26	28	24	27	21	26	33	33	28	180
22	22	26	24	26	28	23	23	37	25	190
29	22	24	24	23	24	26	23	27	25	200

TESISTA	ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 00 + 400 m - KM. 00 + 800 m
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	02
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	09:10 a. m.

DATOS DE CAMPO										mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
22	24	25	23	19	25	27	27	27	26	10
24	34	26	24	29	26	28	32	26	21	20
27	22	25	24	16	24	24	19	24	25	30
24	25	23	25	26	23	24	25	24	28	40
24	27	24	25	27	24	26	25	24	25	50
24	24	25	28	22	28	26	26	26	27	60
24	30	22	25	23	26	26	27	26	25	70
27	23	23	23	26	27	20	21	25	22	80
23	17	24	21	28	26	27	24	23	23	90
25	26	22	29	23	23	25	25	27	30	100
27	28	23	29	28	22	26	27	24	20	110
23	24	27	36	25	23	21	24	24	21	120
25	22	24	27	29	24	26	24	24	22	130
24	24	24	18	25	25	25	26	24	24	140
23	26	25	21	22	26	24	25	27	21	150
24	22	22	28	23	25	30	25	23	26	160
23	36	26	24	24	21	26	24	25	24	170
29	25	21	23	23	25	23	23	23	25	180
27	28	24	31	24	26	25	25	25	26	190
26	24	25	23	23	24	18	26	28	25	200

TESISTA	ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 00 + 800 m - KM. 01+ 200 m
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	03
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	09:50 a. m.

mm											
											50
											49
											48
											47
											46
											45
											44
											43
											42
											41
											40
											39
											38
											37
											36
											35
											34
											33
											32
											31
											30
											29
											28
											27
											26
											25
											24
											23
											22
											21
											20
											19
											18
											17
											16
											15
											14
											13
											12
											11
											10
											9
											8
											7
											6
											5
											4
											3
											2
											1
											200
											190
											180
											170
											160
											150
											140
											130
											120
											110
											100
											90
											80
											70
											60
											50
											40
											30
											20
											10

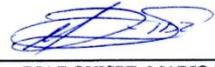
DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	23	28	24	24	29	26	26	24	26	10
25	27	24	23	25	26	28	26	20	25	20
24	20	25	24	25	24	25	26	26	31	30
24	23	21	25	25	31	25	24	25	27	40
18	22	25	26	24	28	25	24	25	27	50
25	24	23	23	27	33	25	23	24	23	60
24	20	26	24	26	29	26	23	26	25	70
24	27	23	25	25	28	22	25	26	19	80
20	23	24	25	24	26	25	24	26	22	90
30	32	25	25	24	24	24	23	27	25	100
25	29	21	26	24	23	27	25	23	26	110
26	24	25	22	24	28	23	24	20	27	120
26	24	27	24	25	21	25	24	24	25	130
24	18	25	26	25	27	26	21	24	26	140
24	27	24	24	24	20	25	24	28	25	150
25	26	25	24	24	25	22	27	22	25	160
25	26	23	33	24	25	25	24	25	26	170
25	25	24	24	22	26	26	24	25	22	180
22	26	24	25	24	25	25	24	30	25	190
24	25	24	26	25	30	27	25	24	28	200

HISTOGRAMA

TESISTA	ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 01 + 200 m - KM. 01+ 600 m
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	04
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	10:30 a. m.

DATOS DE CAMPO											mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
17	36	31	25	22	24	26	24	24	27	10	
26	27	23	27	28	25	22	28	22	24	20	
24	23	28	26	25	24	25	22	25	26	30	
24	21	26	24	26	25	26	21	25	25	40	
25	21	25	23	26	23	25	27	26	26	50	
24	26	24	25	25	25	23	26	22	23	60	
27	33	24	26	26	27	26	26	24	24	70	
25	29	24	26	25	23	25	30	26	24	80	
26	18	24	26	26	27	26	26	24	24	90	
25	24	24	26	25	23	25	30	26	24	100	
22	26	25	26	26	25	26	27	23	23	110	
23	27	25	28	23	24	23	27	22	23	120	
23	26	25	28	26	27	25	19	25	19	130	
26	16	26	24	26	26	23	35	22	24	140	
26	21	26	24	26	27	25	25	26	24	150	
24	36	22	25	24	26	25	20	22	22	160	
28	22	24	26	27	25	24	26	25	27	170	
27	23	25	23	24	23	23	28	25	26	180	
24	26	26	28	24	24	23	27	28	19	190	
25	25	24	25	25	26	24	35	23	25	200	

TESISTA	ASESOR
 DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

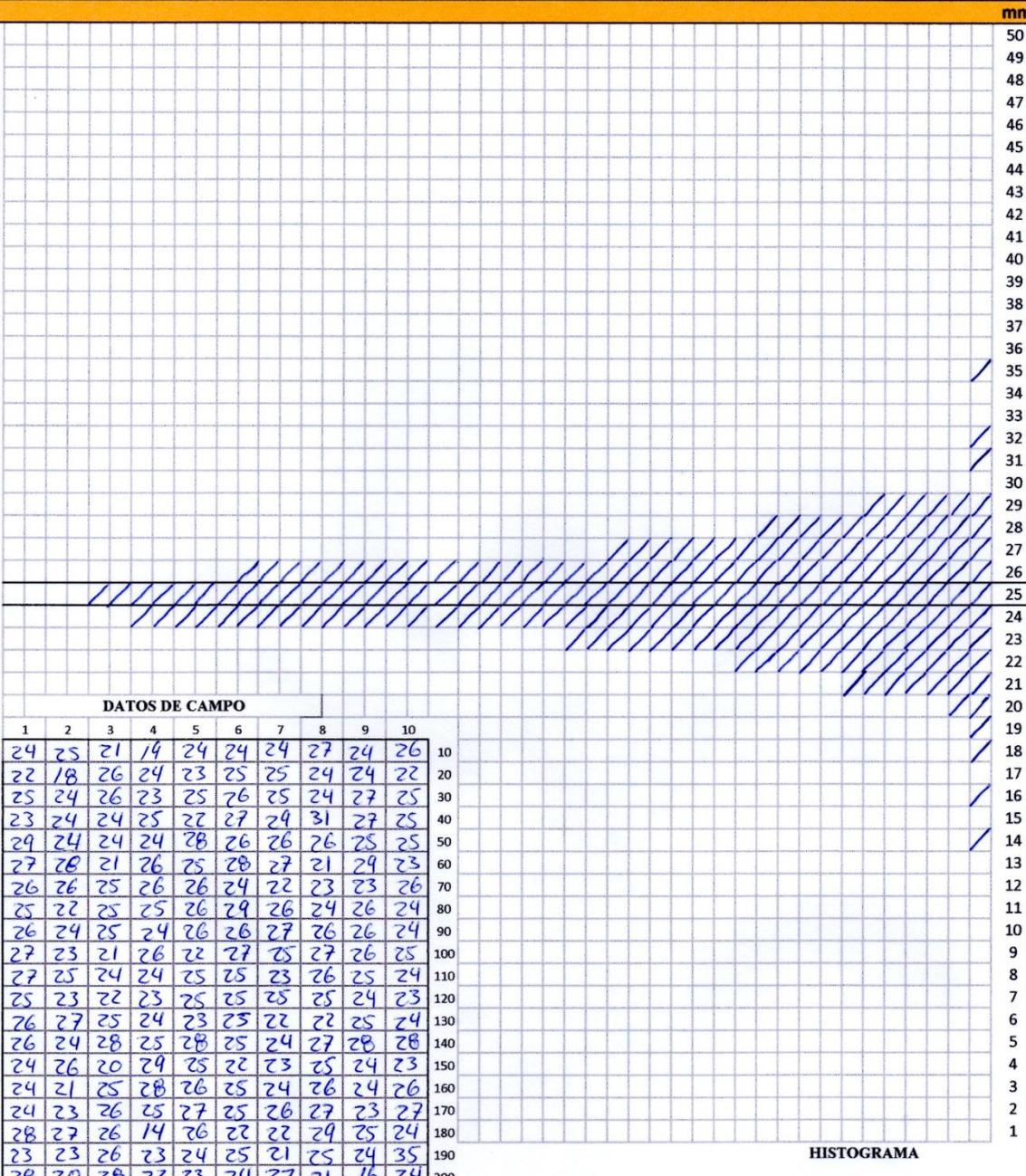
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"									
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO									
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN									
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA									
TRAMO :	KM. 01 + 600 m - KM. 02+ 000 m									
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO)									
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA									
Nº ENSAYO :	05									
LONGITUD :	0.4 Km									
FECHA :	18/11/2019									
HORA :	11:10 a. m.									
mm										
50										
49										
48										
47										
46										
45										
44										
43										
42										
41										
40										
39										
38										
37										
36										
35										
34										
33										
32										
31										
30										
29										
28										
27										
26										
25										
24										
23										
22										
21										
20										
19										
18										
17										
16										
15										
14										
13										
12										
11										
10										
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
24	21	24	25	26	20	26	26	21	25	10
26	24	16	24	23	27	24	24	26	25	20
27	24	24	23	24	24	20	25	24	26	30
21	26	25	23	30	25	23	26	24	22	40
23	24	26	23	27	30	27	26	23	24	50
26	24	19	22	24	25	25	28	24	24	60
25	25	27	25	14	25	26	24	26	25	70
24	26	31	28	25	24	26	27	25	24	80
25	26	23	24	27	22	26	24	28	25	90
24	26	24	24	25	23	28	26	24	31	100
24	26	27	24	26	31	23	29	28	25	110
23	22	23	22	23	22	25	28	30	24	120
24	25	22	25	28	24	26	23	23	24	130
24	25	23	26	25	26	22	24	22	13	140
26	25	33	22	24	29	26	25	27	26	150
27	24	22	25	24	25	21	25	25	27	160
24	25	27	24	25	23	27	22	14	25	170
25	22	24	26	25	26	18	25	25	23	180
22	24	27	25	24	19	29	26	26	26	190
25	27	24	24	27	24	24	23	26	28	200
TESISTA										ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO										 URTEAGA TORO, MANUEL

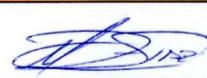
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 02 + 000 m - KM. 02+ 400 m
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
N° ENSAYO :	06
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	11:50 a. m.

											mm
											50
											49
											48
											47
											46
											45
											44
											43
											42
											41
											40
											39
											38
											37
											36
											35
											34
											33
											32
											31
											30
											29
											28
											27
											26
											25
											24
											23
											22
											21
											20
											19
											18
											17
											16
											15
											14
											13
											12
											11
											10
											9
											8
											7
											6
											5
											4
											3
											2
											1
											200
											190
											180
											170
											160
											150
											140
											130
											120
											110
											100
											90
											80
											70
											60
											50
											40
											30
											20
											10

DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
24	25	21	14	24	24	24	27	24	26	10
22	18	26	24	23	25	25	24	24	22	20
25	24	26	23	25	26	25	24	27	25	30
23	24	24	25	22	27	29	31	27	25	40
29	24	24	24	28	26	26	26	25	25	50
27	28	21	26	25	28	27	21	29	23	60
26	26	25	26	26	24	22	23	23	26	70
25	22	25	25	26	29	26	24	26	24	80
26	24	25	24	26	26	27	26	26	24	90
27	23	21	26	22	27	25	27	26	25	100
27	25	24	24	25	25	23	26	25	24	110
25	23	22	23	25	25	25	25	24	23	120
26	27	25	24	23	25	22	22	25	24	130
26	24	28	25	28	25	24	27	28	28	140
24	26	20	29	25	22	23	25	24	23	150
24	21	25	28	26	25	24	26	24	26	160
24	23	26	25	27	25	26	27	23	27	170
28	27	26	14	26	22	22	29	25	24	180
23	23	26	23	24	25	21	25	24	35	190
28	20	28	32	23	24	27	21	16	24	200

HISTOGRAMA



TESISTA	ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 02 + 400 m - KM. 02+ 800 m
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	07
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	12:30 p. m.

											mm
											50
											49
											48
											47
											46
											45
											44
											43
											42
											41
											40
											39
											38
											37
											36
											35
											34
											33
											32
											31
											30
											29
											28
											27
											26
											25
											24
											23
											22
											21
											20
											19
											18
											17
											16
											15
											14
											13
											12
											11
											10
											9
											8
											7
											6
											5
											4
											3
											2
											1
											200
											190
											180
											170
											160
											150
											140
											130
											120
											110
											100
											90
											80
											70
											60
											50
											40
											30
											20
											10

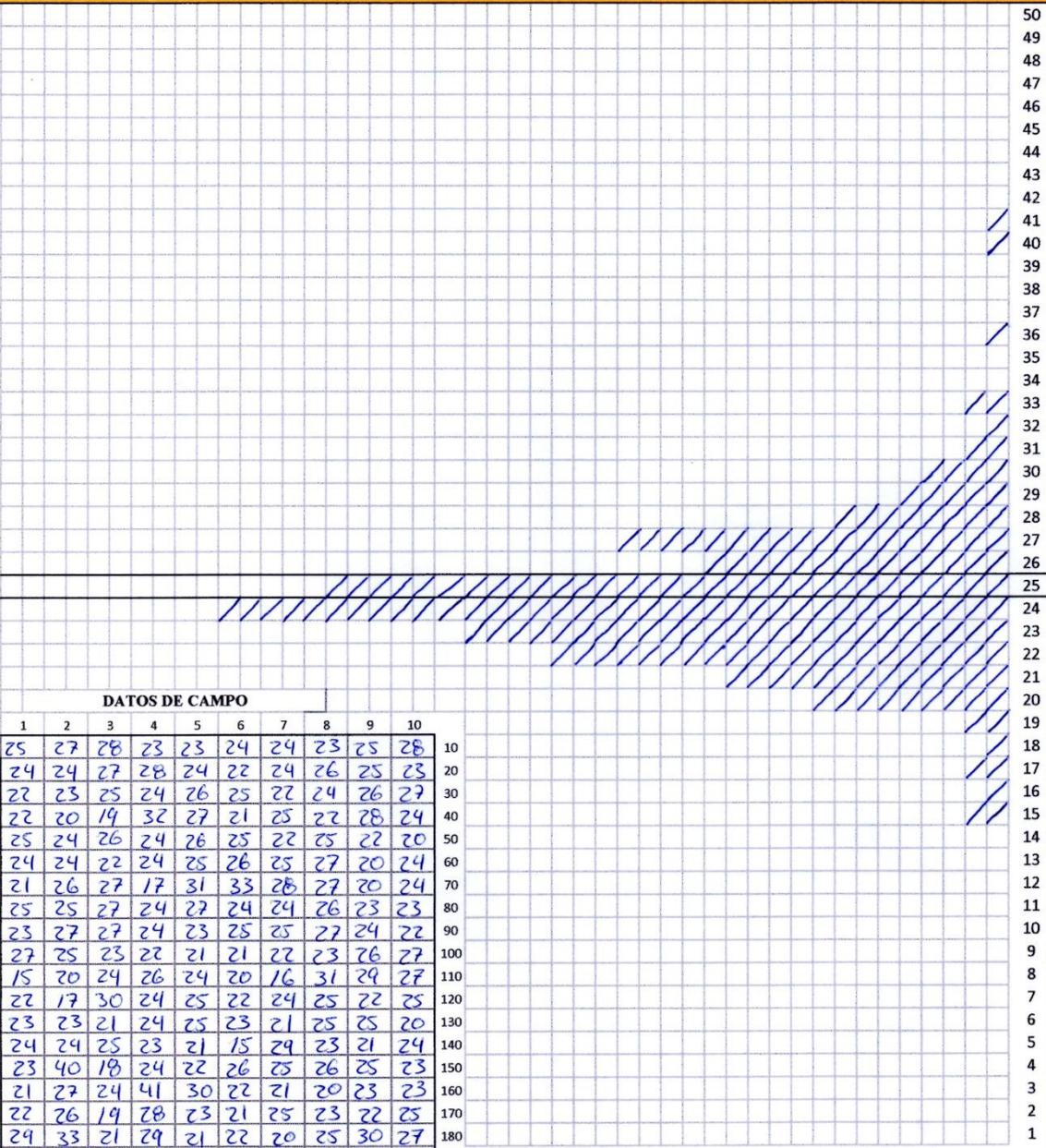
DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	20	23	26	24	26	25	24	25	22	10
28	24	23	24	27	24	24	23	25	18	20
28	24	25	25	23	28	26	24	24	23	30
24	24	23	25	26	24	23	24	25	29	40
24	27	18	25	31	27	24	23	25	20	50
28	21	25	23	26	26	28	24	24	25	60
24	24	27	26	27	24	26	25	25	29	70
25	23	24	26	20	26	22	24	25	25	80
26	24	26	23	29	28	25	26	25	23	90
25	24	27	22	24	26	23	22	24	25	100
28	24	27	26	25	28	24	26	25	24	110
25	23	24	23	26	26	26	27	25	25	120
25	30	24	27	24	28	27	23	22	24	130
23	26	24	24	24	21	24	22	27	22	140
27	30	28	26	26	27	25	27	24	25	150
22	23	26	23	26	25	26	24	24	25	160
22	28	26	27	24	21	28	24	30	25	170
24	28	27	22	25	27	24	24	23	26	180
24	21	26	23	26	24	25	25	27	26	190
24	22	22	26	26	32	26	23	18	25	200

TESISTA	ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 00 + 000 m - KM. 00 + 400 m
CARRIL :	N - S (BORDE IZQUIERDO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	08
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	01:10 p. m.

DATOS DE CAMPO										mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	9	24	12	26	17	32	19	30	18	10
25	31	23	28	15	18	18	23	30	13	20
17	13	17	16	23	31	28	25	22	20	30
20	24	25	22	19	30	24	20	20	25	40
25	21	24	24	27	24	28	20	24	24	50
24	27	23	22	24	21	24	19	21	23	60
25	23	23	20	27	25	25	19	21	24	70
33	16	24	31	27	25	24	25	29	23	80
18	31	35	35	27	24	20	24	21	21	90
24	20	23	23	29	31	23	21	28	24	100
17	25	18	29	14	23	24	21	24	23	110
24	24	24	18	23	25	22	21	22	24	120
24	26	22	23	25	22	33	25	20	34	130
18	34	23	25	49	29	24	20	21	23	140
22	27	23	23	22	21	24	22	23	21	150
28	29	26	34	27	28	31	24	17	29	160
25	22	17	20	20	28	32	21	19	25	170
21	25	23	21	26	24	21	23	26	23	180
21	22	25	39	31	30	25	30	24	24	190
21	19	30	20	22	22	25	21	22	27	200

TESISTA	ASESOR
 DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"									
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO									
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN									
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA									
TRAMO :	KM. 00 + 400 m - KM. 00 + 800 m									
CARRIL :	N - S (BORDE IZQUIERDO)									
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA									
Nº ENSAYO :	09									
LONGITUD :	0.4 Km									
FECHA :	18/11/2019									
HORA :	01:50 p. m.									
mm										
										
DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	27	28	23	23	24	24	23	25	28	10
24	24	27	28	24	22	24	26	25	23	20
22	23	25	24	26	25	22	24	26	27	30
22	20	19	32	27	21	25	22	28	24	40
25	24	26	24	26	25	22	25	22	20	50
24	24	22	24	25	26	25	27	20	24	60
21	26	27	17	31	33	28	27	20	24	70
25	25	27	24	27	24	24	26	23	23	80
23	27	27	24	23	25	25	27	24	22	90
27	25	23	22	21	21	22	23	26	27	100
15	20	24	26	24	20	16	31	29	27	110
22	17	30	24	25	22	24	25	22	25	120
23	23	21	24	25	23	21	25	25	20	130
24	24	25	23	21	15	29	23	21	24	140
23	40	18	24	22	26	25	26	25	23	150
21	27	24	41	30	22	21	20	23	23	160
22	26	19	28	23	21	25	23	22	25	170
29	33	21	29	21	22	20	25	30	27	180
24	22	28	23	29	25	24	23	23	26	190
24	24	28	27	30	36	25	22	25	24	200
TESISTA		ASESOR								
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO					 URTEAGA TORO, MANUEL					

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 00 + 800 m - KM. 01 + 200 m
CARRIL :	N - S (BORDE IZQUIERDO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	10
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	02:30 p. m.

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

DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
21	23	24	22	24	23	26	24	24	26	10
27	19	24	22	18	17	18	22	22	25	20
22	23	24	21	22	25	21	26	24	25	30
24	25	23	24	26	26	24	22	25	22	40
24	21	24	21	24	25	23	24	24	25	50
23	26	22	24	27	22	21	21	25	24	60
26	29	24	23	28	26	25	25	24	24	70
23	23	23	23	24	22	30	26	28	27	80
26	25	22	24	21	23	24	25	23	23	90
23	24	21	27	27	26	24	24	25	19	100
26	25	15	19	24	25	27	26	26	20	110
30	20	26	29	27	21	24	24	25	22	120
25	29	26	25	25	25	24	25	25	22	130
27	24	22	25	26	26	28	26	27	27	140
25	25	23	25	27	25	23	26	28	24	150
26	26	27	26	23	26	24	26	25	26	160
24	26	24	24	21	23	22	23	25	24	170
24	24	22	24	23	25	26	24	26	22	180
24	23	22	23	26	21	21	26	25	23	190
23	28	32	24	27	23	27	28	29	25	200

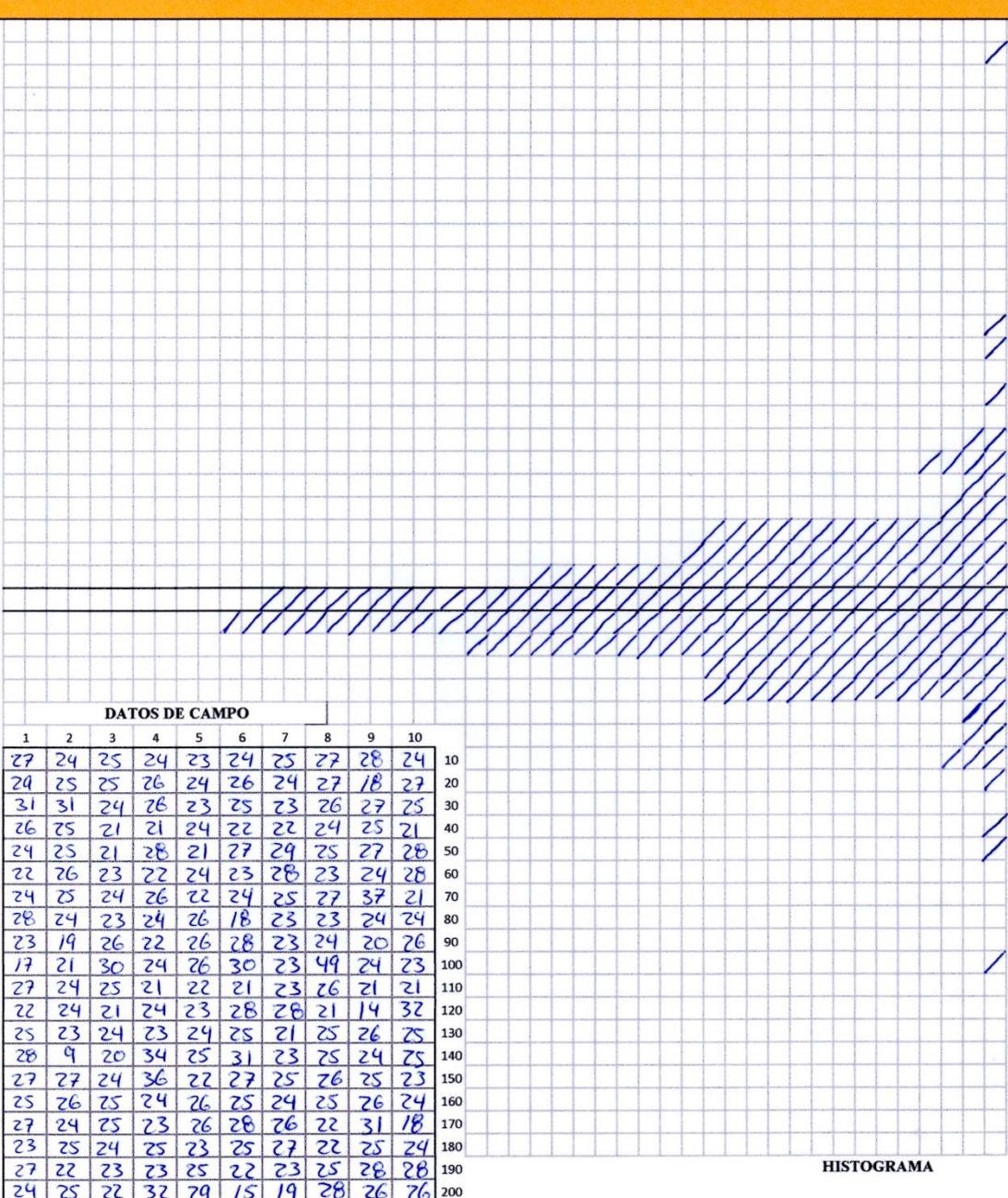
TESISTA	ASESOR
 DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 01 + 200 m - KM. 01 + 600 m
CARRIL :	N - S (BORDE IZQUIERDO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	11
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	03:10 p. m.

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

DATOS DE CAMPO									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27	24	25	24	23	24	25	27	28	24
24	25	25	26	24	26	24	27	18	27
31	31	24	26	23	25	23	26	27	25
26	25	21	21	24	22	22	24	25	21
24	25	21	28	21	27	29	25	27	28
22	26	23	22	24	23	28	23	24	28
24	25	24	26	22	24	25	27	37	21
28	24	23	24	26	18	23	23	24	24
23	19	26	22	26	28	23	24	20	26
17	21	30	24	26	30	23	49	24	23
27	24	25	21	22	21	23	26	21	21
22	24	21	24	23	28	28	21	14	32
25	23	24	23	24	25	21	25	26	25
28	9	20	34	25	31	23	25	24	25
27	27	24	36	22	27	25	26	25	23
25	26	25	24	26	25	24	25	26	24
27	24	25	23	26	28	26	22	31	18
23	25	24	25	23	25	27	22	25	24
27	22	23	23	25	22	23	25	28	28
24	25	22	32	29	15	19	28	26	26

HISTOGRAMA

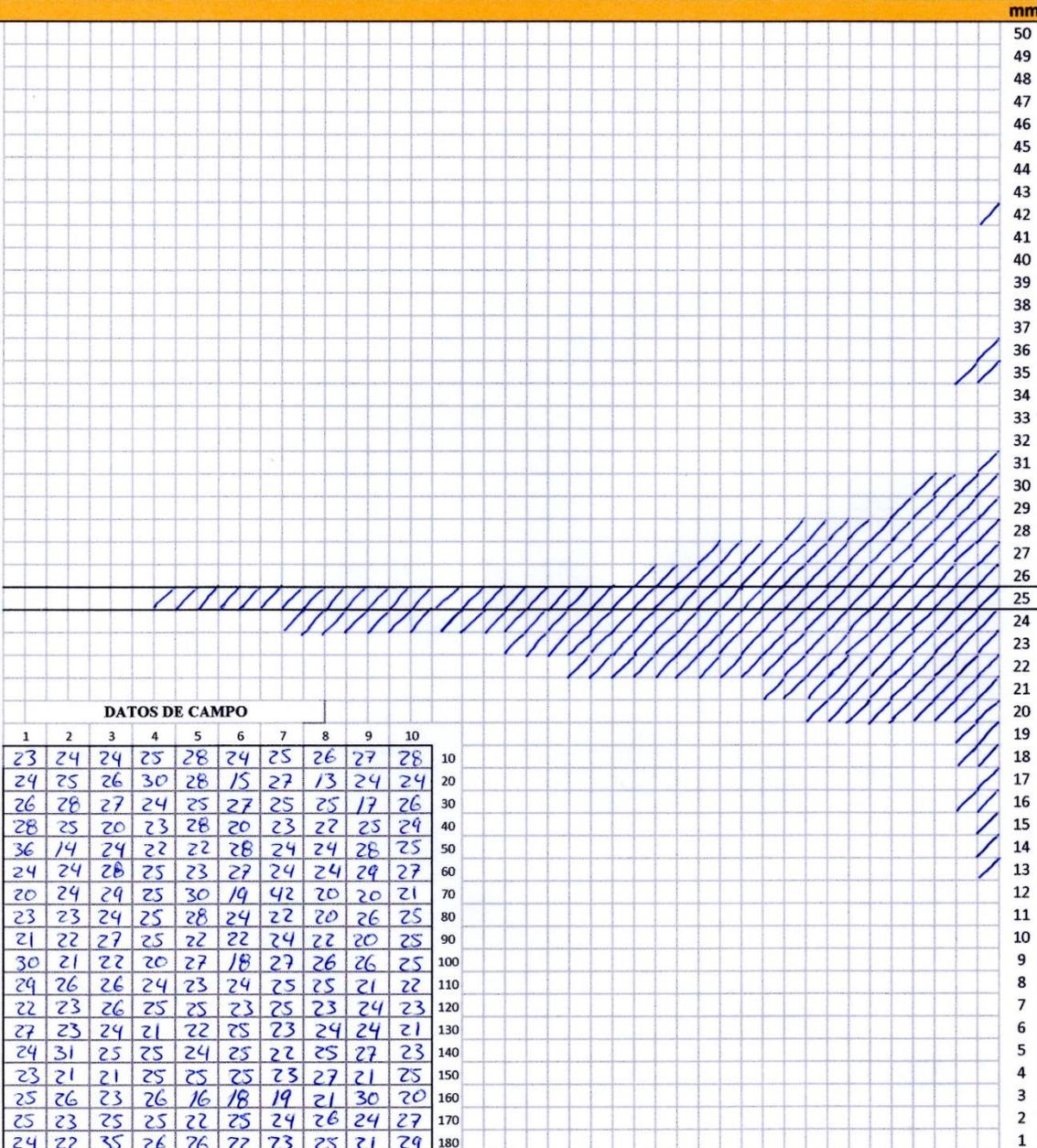


TESISTA	ASESOR
 DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 01 + 600 m - KM. 02 + 000 m
CARRIL :	N - S (BORDE IZQUIERDO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	12
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	03:50 p. m.

DATOS DE CAMPO										mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	24	24	25	28	24	25	26	27	28	10
24	25	26	30	28	15	27	13	24	24	20
26	28	27	24	25	27	25	25	17	26	30
28	25	20	23	28	20	23	22	25	24	40
36	14	24	22	22	28	24	24	28	25	50
24	24	28	25	23	27	24	24	29	27	60
20	24	24	25	30	14	42	20	20	21	70
23	23	24	25	28	24	22	20	26	25	80
21	22	27	25	22	22	24	22	20	25	90
30	21	22	20	27	18	27	26	26	25	100
29	26	26	24	23	24	25	25	21	22	110
22	23	26	25	25	23	25	23	24	23	120
27	23	24	21	22	25	23	24	24	21	130
24	31	25	25	24	25	22	25	27	23	140
23	21	21	25	25	25	23	27	21	25	150
25	26	23	26	16	18	19	21	30	20	160
25	23	25	25	22	25	24	26	24	27	170
24	22	35	26	26	22	23	25	21	24	180
22	22	25	23	22	22	24	27	26	26	190
25	24	23	23	35	16	25	23	24	24	200

HISTOGRAMA

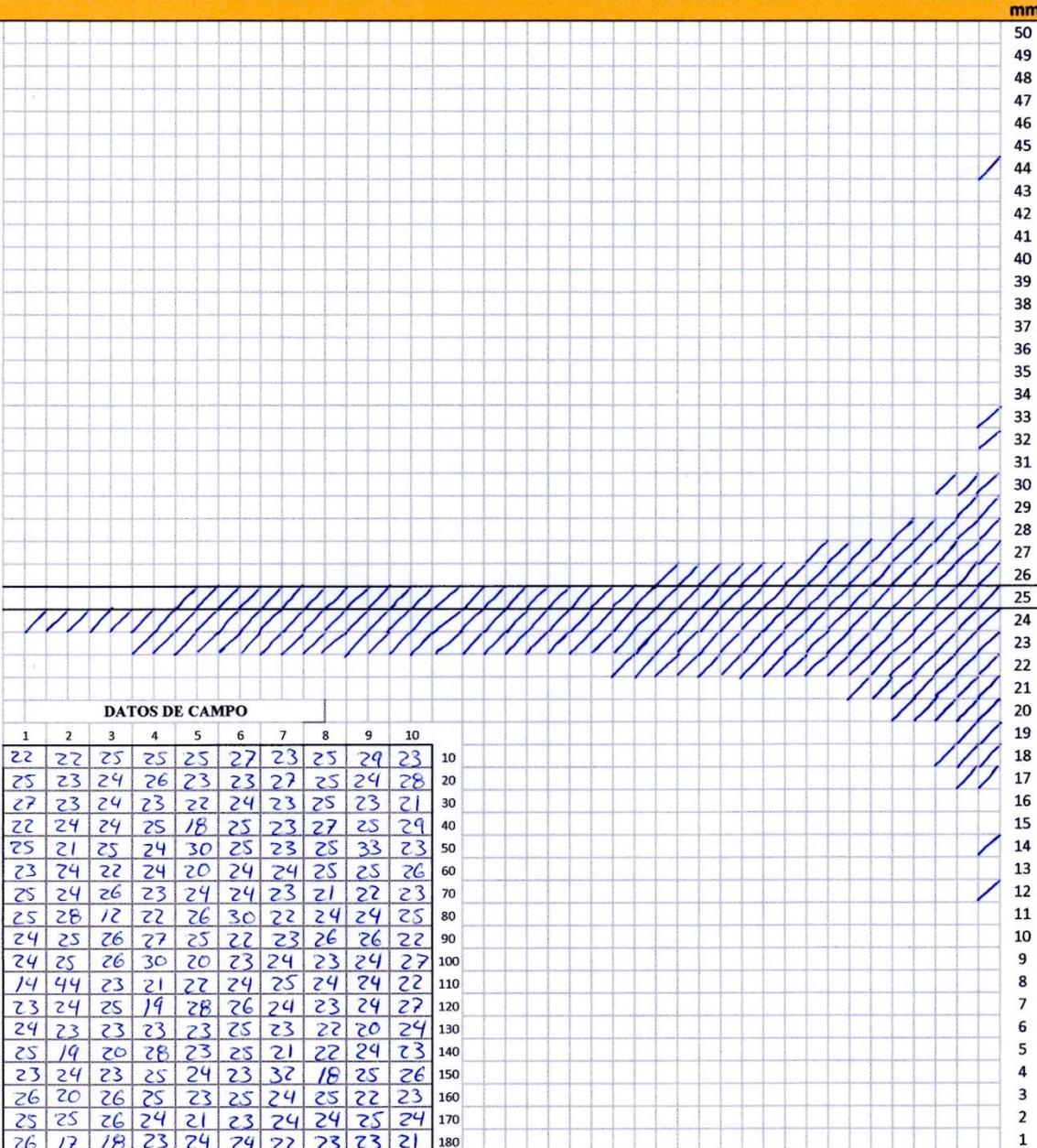


TESISTA	ASESOR
 DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 02 + 000 m - KM. 02 + 400 m
CARRIL :	N - S (BORDE IZQUIERDO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	13
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	04:30 p. m.

DATOS DE CAMPO										mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
22	22	25	25	25	27	23	25	29	23	10
25	23	24	26	23	23	27	25	24	28	20
27	23	24	23	22	24	23	25	23	21	30
22	24	24	25	18	25	23	27	25	29	40
25	21	25	24	30	25	23	25	33	23	50
23	24	22	24	20	24	24	25	25	26	60
25	24	26	23	24	24	23	21	22	23	70
25	28	12	22	26	30	22	24	24	25	80
24	25	26	27	25	22	23	26	26	22	90
24	25	26	30	20	23	24	23	24	27	100
14	44	23	21	22	24	25	24	24	22	110
23	24	25	19	28	26	24	23	24	27	120
24	23	23	23	23	25	23	22	20	24	130
25	19	20	28	23	25	21	22	24	23	140
23	24	23	25	24	23	32	18	25	26	150
26	20	26	25	23	25	24	25	22	23	160
25	25	26	24	21	23	24	24	25	24	170
26	17	18	23	24	24	22	23	23	21	180
24	28	24	24	26	27	27	23	22	24	190
25	26	24	22	24	25	24	23	25	17	200

HISTOGRAMA

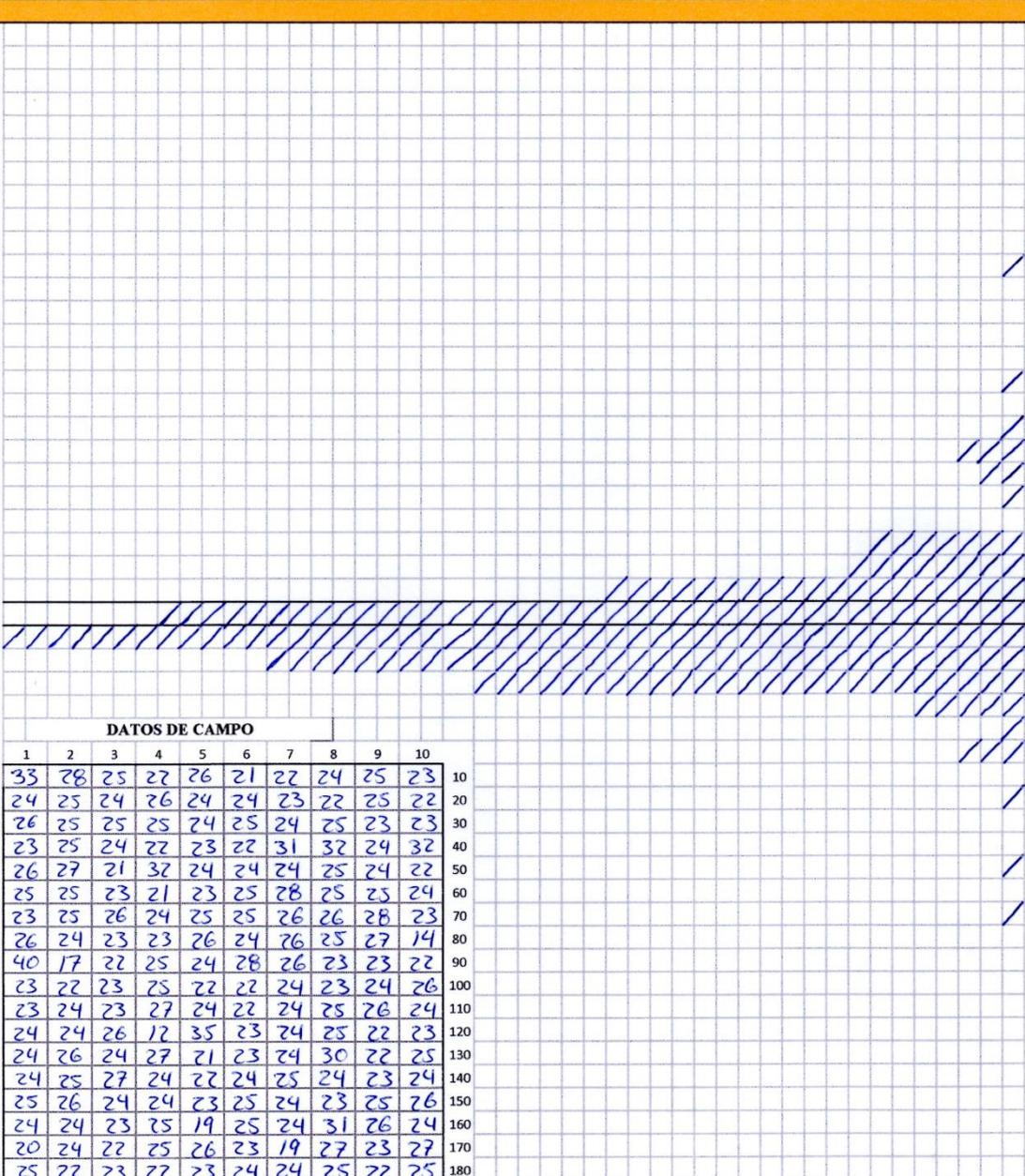


TESISTA	ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DIAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 02 + 400 m - KM. 02 + 800 m
CARRIL :	N - S (BORDE IZQUIERDO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	14
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	05:10 p. m.

DATOS DE CAMPO										mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
33	28	25	22	26	21	22	24	25	23	10
24	25	24	26	24	24	23	22	25	22	20
26	25	25	25	24	25	24	25	23	23	30
23	25	24	22	23	22	31	32	24	32	40
26	27	21	32	24	24	24	25	24	22	50
25	25	23	21	23	25	28	25	25	24	60
23	25	26	24	25	25	26	26	28	23	70
26	24	23	23	26	24	26	25	27	14	80
40	17	22	25	24	28	26	23	23	22	90
23	22	23	25	22	22	24	23	24	26	100
23	24	23	27	24	22	24	25	26	24	110
24	24	26	12	35	23	24	25	22	23	120
24	26	24	27	21	23	24	30	22	25	130
24	25	27	24	22	24	25	24	23	24	140
25	26	24	24	23	25	24	23	25	26	150
24	24	23	25	19	25	24	31	26	24	160
20	24	22	25	26	23	19	27	23	27	170
25	22	23	22	23	24	24	25	22	25	180
25	22	22	23	24	24	25	23	22	23	190
22	21	27	23	28	28	25	22	28	19	200

HISTOGRAMA



TESISTA	ASESOR
 DIAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN :	"EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
RESPONSABLE :	DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO
NOMBRE DEL ENSAYO :	MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL CON EQUIPO MERLIN
LUGAR :	BAÑOS DEL INCA
TRAMO :	KM. 02 + 800 m - KM. 03 + 000 m
CARRIL :	N - S (BORDE DERECHO - BORDE IZQUIERDO)
SUPERFICIE DE RODADURA :	CARPETA ASFÁLTICA
Nº ENSAYO :	15
LONGITUD :	0.4 Km
FECHA :	18/11/2019
HORA :	05:50 p. m.

											mm
											50
											49
											48
											47
											46
											45
											44
											43
											42
											41
											40
											39
											38
											37
											36
											35
											34
											33
											32
											31
											30
											29
											28
											27
											26
											25
											24
											23
											22
											21
											20
											19
											18
											17
											16
											15
											14
											13
											12
											11
											10
											9
											8
											7
											6
											5
											4
											3
											2
											1
											200
											190
											180
											170
											160
											150
											140
											130
											120
											110
											100
											90
											80
											70
											60
											50
											40
											30
											20
											10

DATOS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
28	31	27	23	25	27	25	25	24	26	10
24	21	26	21	28	19	24	23	24	24	20
29	31	24	25	25	22	25	24	23	28	30
27	27	24	31	26	20	23	30	26	28	40
24	25	25	23	22	23	22	23	26	25	50
24	22	25	25	19	21	26	24	26	28	60
24	21	22	23	21	27	22	24	21	23	70
24	19	23	26	22	24	25	24	23	25	80
23	21	28	21	28	19	25	22	23	24	90
23	23	26	27	23	21	23	21	23	24	100
23	28	23	23	23	25	25	23	25	24	110
24	26	25	25	23	28	25	25	23	27	120
23	24	26	23	24	21	25	26	25	26	130
23	23	24	24	25	25	25	27	24	25	140
27	28	25	24	25	25	25	25	23	28	150
24	28	24	16	29	33	22	27	26	24	160
25	24	27	25	26	27	21	25	26	25	170
33	26	25	24	25	23	24	26	31	24	180
21	24	24	26	26	25	25	26	23	24	190
25	24	25	25	23	22	25	26	20	29	200

HISTOGRAMA

TESISTA	ASESOR
 DÍAZ QUISPE, MARIO ITALO	 URTEAGA TORO, MANUEL

ANEXO n° 4. Validación de instrumento de recolección de datos (Formato).

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Baños del Inca – Cajamarca”

I. REFERENCIAS:

- 1.1. Nombre y apellidos: ALEJANDRO CUBPS BECERRA
 1.2. Grado académico: INGENIERO CIVIL
 1.3. Especialidad: INGENIERO CIVIL
 1.4. Institución laboral: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
 1.5. Cargo: DOCENTE
 1.6. Tipo de instrumento: FORMATO
 1.7. Lugar y fecha: UPN 22/12/29

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato Rugosidad Merlin
1	Pertinencia de indicadores	2
2	Formulado con lenguaje apropiado	2
3	Adecuado para el objeto de estudio	2
4	Facilita la prueba de hipótesis	2
5	Suficiencia para medir las variables	2
6	Facilita la interpretación del instrumento	2
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	2
8	Expresado en hechos perceptibles	2
9	Tiene secuencia lógica	2
10	Basado en aspectos teóricos	2
	Total	20



Firma

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Baños del Inca – Cajamarca”

I. REFERENCIAS:

- 1.1. Nombre y apellidos: Gabriel Cochis Cerna.....
 1.2. Grado académico: Maestro.....
 1.3. Especialidad: Estructuras.....
 1.4. Institución laboral: UPN.....
 1.5. Cargo: Docente.....
 1.6. Tipo de instrumento: FORMATO.....
 1.7. Lugar y fecha: 11/12/2019.....

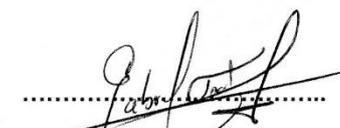
II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato Rugosidad Merlin
1	Pertinencia de indicadores	4
2	Formulado con lenguaje apropiado	4
3	Adecuado para el objeto de estudio	4
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	40

.....

 Firma

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Baños del Inca – Cajamarca”

I. REFERENCIAS:

- 1.1. Nombre y apellidos:.....*ORLANDO BEUILAR ALBA*
 1.2. Grado académico:.....*DOCTOR*
 1.3. Especialidad:.....*ING. CIVIL*
 1.4. Institución laboral:.....*UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE*
 1.5. Cargo:.....*DIRECTOR DE CARRERA*
 1.6. Tipo de instrumento:.....*FORMATO*
 1.7. Lugar y fecha:.....*UPN 22/22/29*

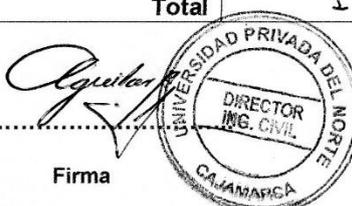
II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato Rugosidad Merlin
1	Pertinencia de indicadores	1
2	Formulado con lenguaje apropiado	1
3	Adecuado para el objeto de estudio	1
4	Facilita la prueba de hipótesis	1
5	Suficiencia para medir las variables	1
6	Facilita la interpretación del instrumento	1
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	1
8	Expresado en hechos perceptibles	1
9	Tiene secuencia lógica	1
10	Basado en aspectos teóricos	1
Total		10

.....
 Firma 

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el equipo Merlin del pavimento flexible de la carretera Baños del Inca – Cruce carretera Aeropuerto – Otuzco, Distrito Baños del Inca – Cajamarca”

I. REFERENCIAS:

- 1.1. Nombre y apellidos: MANUEL URTEÑA TORO
- 1.2. Grado académico: MAESTRO
- 1.3. Especialidad: INGENIERO CIVIL
- 1.4. Institución laboral: UPN
- 1.5. Cargo: DOCENTE
- 1.6. Tipo de instrumento: FORMATO
- 1.7. Lugar y fecha: 11/11/2019

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato Rugosidad Merlin
1	Pertinencia de indicadores	2
2	Formulado con lenguaje apropiado	2
3	Adecuado para el objeto de estudio	2
4	Facilita la prueba de hipótesis	2
5	Suficiencia para medir las variables	2
6	Facilita la interpretación del instrumento	2
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	2
8	Expresado en hechos perceptibles	2
9	Tiene secuencia lógica	2
10	Basado en aspectos teóricos	2
	Total	20



Firma

TESIS: “EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EQUIPO MERLIN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - CRUCE CARRETERA AEROPUERTO - OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA”

N° de Profesionales Encuestados **4**

NOMBRES DE PROFESIONAL	LEYENDA DE ASPECTOS A VALIDAR										Total de fila
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ING. MANUEL URTEAGA TORO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
ING. GABRIEL CACHI CERNA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
ING. ORLANDO AGUILAR ALIAGA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Total Columna:	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	80
Promedio:	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	20.00

CALCULO DE LA VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTANDAR											
NOMBRES DE PROFESIONAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total de fila
ING. MANUEL URTEAGA TORO	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	100.00
ING. GABRIEL CACHI CERNA	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	400.00
ING. ORLANDO AGUILAR ALIAGA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	100.00
Total Columna:	8.00	600.00									
VARIANZA:	2.67	200.00									
DESV. ESTANDAR S2:	1.63	14.14									

Alfa de Cronbach

$$\infty = \left(\frac{K}{K-1} \right) * \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^K S2}{S2t} \right) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

$$A = \sum_{i=1}^K S2$$

$$A = 26.6667$$

$$S^2_T = 200.0000$$

$$K = 10.0000$$

Donde:

A : Sumatoria de las desviaciones estándar al cuadrado.

S²_T = Desviación estándar al cuadrado del total de la fila

K = Número de aspectos a validar

Calculando el Alfa de Cronbach se Reemplazando en (Ecuación 1):

$$\infty = \left(\frac{K}{K-1} \right) * \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^K S2}{S2t} \right)$$

$$\infty = 0.9629 \quad \text{CONFIABLE}$$

ANEXO n° 5. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde derecho).



ANEXO n° 6. Estación N°6.



ANEXO n° 7. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde derecho).



ANEXO n° 8. Estación N° 7.



ANEXO n° 9. Puente Vía Ducto.



ANEXO n° 10. Estación N° 9.



ANEXO n° 11. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde izquierdo).



ANEXO n° 12. Estación N° 14.



ANEXO n° 13. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde izquierdo).



ANEXO n° 14. Toma de punto topográfico (límite de calzada – borde derecho).



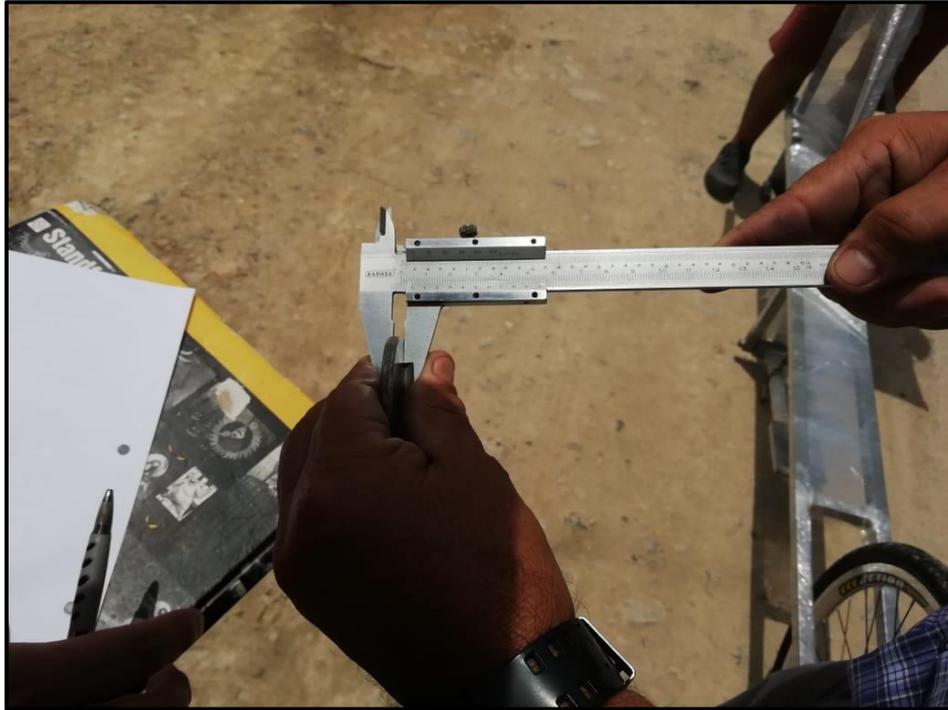
ANEXO n° 15. Equipo Merlin.



ANEXO n° 16. Nivel para calibrar equipo Merlin.



ANEXO n° 17. Espesor de pastilla.



ANEXO n° 18. Calibración equipo Merlin.



ANEXO n° 19. Toma de datos, progresiva km 0+000 – km 0+400.



ANEXO n° 20. Toma de datos, progresiva km 0+400 – km 0+800.



ANEXO n° 21. Toma de datos, progresiva km 0+800 – km 1+200.



ANEXO n° 22. Toma de datos, progresiva km 1+200 – km 1+600.



ANEXO n° 23. Toma de datos, progresiva km 1+600 – km 2+000.

