



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación funcional del pavimento flexible y la tecnología de la medición de rugosidad de la carretera Yanango - Puente Herrería -

Junín 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Ibarguen Gutierrez, Mirleth Gandy (ORCID: 0000-0000-0001-6330-232X)

**ASESOR:**

Delgado Ramirez, Germán Félix (ORCID: 0000-0002-7188-9471)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A mis hijos, Kalyd de Las Nieves y Octavio Andrés, por haber sido parte del sacrificio de concretar este proyecto. A mi madre, por haberme dado el soporte emocional y su apoyo incondicional.

Y sin dejar atrás, a toda mi familia por haberme levantado a seguir caminando en mis objetivos.

Por ellos y para ellos, todos mis esfuerzos y dedicación con todo el corazón.

## **Agradecimiento**

A Dios y la Virgen María por guiar mis pasos y cuidar de mis hijos y mi madre las veces que he tenido que viajar por trabajo. Gracias a ellos por haberme acompañado durante el desarrollo de mi aprendizaje a pesar de las adversidades del día a día.

Gracias a la Universidad y a mis maestros por haberme permitido formarme durante todos estos años, por haberme permitido muchas veces desarrollar mis actividades con mis hijos dentro de la facultad.

Muchas gracias a mis amistades y seres queridos por haberme aportado el apoyo moral de seguir adelante con mi carrera profesional.

## ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Marco histórico .....	5
2.2 Tesis Internacionales .....	7
2.3 Antecedentes Nacionales .....	8
2.4 Glosario .....	12
III. METODOLOGÍA .....	14
3.1 Tipo y Diseño de la investigación .....	14
3.2 Variables y Operacionalización.....	14
3.2.1 Variables:.....	14
3.2.2 Indicadores: .....	14
3.2.3 Operacionalización de variables: .....	14
3.3 Población y muestra: .....	15
3.4 Recolección de datos, validez y confiabilidad.....	16
3.5 Procedimientos .....	16
3.5.1 Equipo roughometer III .....	16
3.6 Método de análisis de datos .....	21
3.7 Aspectos éticos.....	25
IV. RESULTADOS.....	26

4.1 Objetivo General.....	26
4.2 Objetivo específico 1 .....	28
4.3 Objetivo específico 2 .....	29
4.4 Objetivo específico 3 .....	40
V. DISCUSIÓN .....	44
5.1 Objetivo General.....	44
5.2 Objetivo 1.....	44
5.3 Objetivo 2.....	46
5.4 Objetivo 3.....	47
VI. CONCLUSIONES .....	48
VII. RECOMENDACIONES .....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
ANEXOS	

## Índice de figuras

Figura 1: Inicio del tramo puente Herrería a Yanango.	4
Figura 2: Perfil del camino	6
Figura 3: Escala de rugosidad estimadas para pavimentos de concreto asfáltico y tratamientos superficiales.	6
Figura 4: Valores de rugosidad admisible IRI m/km según el tipo de carretera.	11
Figura 5: Listado de componentes del rugosímetro nivel III.	18
Figura 6: Componentes del equipo de rugosidad.	18
Figura 7: Componentes del equipo de rugosidad.	19
Figura 8: Componentes del equipo de rugosidad.	19
Figura 9: Instalación del DMI en la rueda del vehículo.	20
Figura 10: Calibración de sensor, ajuste de fecha y hora.	20
Figura 11: Ventana del roughometer en el inicio de instalación -PC.	21
Figura 12: Ventana de instalación automática.	22
Figura 13: Reporte y evaluación del sondeo.	23
Figura 14: Presentación del gráfico de rugosidad.	23
Figura 15: Flujo de instalación del equipo y procesamiento de datos.	24
Figura 16: Esquema de medición, tramo: Yanango al puente Herrería carril: derecho e izquierdo.	26
Figura 17: Gráfico de dispersión de la rugosidad – Iri, - carril derecho km 79+000 al km 102+600.	29
Figura 18: Gráfico de dispersión de la rugosidad – Iri, - carril izquierdo km 102+600 al km 79+000.	35

## Índice de tablas

Tabla 1: Valoración de Alpha de Cronbach .....	25
Tabla 2: Funcionalidad respecto a la regularidad del pavimento flexible.....	27
Tabla 3: Resultados de la medición.....	28
Tabla 4: Resultados promedio, máximos y mínimos – carril derecho.....	29
Tabla 5: Lecturas de valores del Iri máx > a 2m/km - carril derecho km 79+000 al km 102+600.....	30
Tabla 6: Lectura de valores Min. del Iri < a 2m/km - carril derecho km 79+000 al km 102+600.....	32
Tabla 7: Resultados promedio, máximos y mínimos – carril izquierdo.....	35
Tabla 8: Lecturas de valores del Iri máx > a 2m/km - carril izquierdo km 79+000 al km 102+600.....	36
Tabla 9: Lectura de valores Min. del Iri < a 2m/km - carril izquierdo km 79+000 al km 102+600.....	38
Tabla 10: Ecuación Paterson .....	41
Tabla 11: Clasificación del PSI.....	42
Tabla 12: Resultados promedio, correlación y la serviciabilidad del pavimento flexible, carril derecho.....	42
Tabla 13: Resultados promedio, correlación y la serviciabilidad del pavimento flexible, carril izquierdo. ....	43

## Resumen

En el Perú las carreteras nacionales son el patrimonio de conservación vial por parte del estado, a pesar de existir limitaciones para cubrir y mejorar la viabilidad en su totalidad, en los últimos años se ha desarrollado formas de dar transitabilidad a muchas vías, desde la apertura y mantenimientos de trochas carrozables hasta carreteras de primera clase. Una de las formas de poder medir la condición del pavimento son a través del nivel de servicio, esto depende del tipo de intervención que se le dé una vía. En nuestro país las infraestructuras de carreteras nuevas pasan a las concesiones y mantenimientos que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de sus ventanas ejecutoras están a cargo de las conservaciones de mantenimientos rutinarios y periódicos de la red vial nacional.

La conservación vial tiene como finalidad la transitabilidad del servicio y por ende el confort del servicio al usuario. Por ello, la presente investigación, tuvo como objetivo evaluar el índice de rugosidad y determinar la regularidad y funcionalidad del pavimento flexible de la Carretera: Yanango al puente Herrería en Junín, del km 79+000 al km 102+600, ambos carriles, con un total de 23.60 kilómetros, utilizando el equipo Roughometer de clase III considerado como entre otros, equipo de alto rendimiento y con el objeto de optimizar tiempo y recursos.

La investigación realizada es considerada cuantitativa, no experimental y descriptiva debido a que tiene relación con la variable dependiente e independiente. Finalmente, los resultados de esta investigación fueron: Iri promedio = 1.94m/km carril derecho, e Iri promedio = 1.92m/km carril izquierdo; así mismo, se correlacionó con el índice de serviciabilidad obteniendo el PSI: 3.51, carril derecho y 3.52 carril izquierdo, calificando el servicio como Calidad BUENA, y como funcionalidad del pavimento OBJETIVA.

**Palabras clave:** Índice de rugosidad, regularidad, nivel del servicio, PSI.

## **Abstract**

To achieve the sustainable development that our country needs, it is essential to apply change and evolution mechanisms. One of the communication channels are the roads that connect opening accesses to the most remote places.

In Peru, national highways are the heritage of road conservation by the state, despite there being limitations to cover and improve viability in its entirety, in recent years' ways have been developed to give passability to many roads, from the opening and maintenance of trails that can be transported to first-class highways. One of the ways to measure the condition of the pavement is through the level of service, this depends on the type of intervention that a road is given. In our country, the new highway infrastructures pass to the concessions and maintenance that the Ministry of Transport and Communications through its executing windows are in charge of the maintenance of routine and periodic maintenance of the national road network.

Road conservation aims to make the service passable and therefore the comfort of the service to the user. Therefore, the present investigation aimed to evaluate the roughness index and determine the regularity and functionality of the flexible pavement of the Highway: Yanango to puente Herrería in Junín, from km 79+000 to km 102+600, both lanes, with a total of 23.60 kilometers, using the class III Roughometer equipment considered among others, high performance equipment and in order to optimize time and resources.

Finally, the results of this investigation were: average Iri = 1.94m/km right lane, and average Iri = 1.92m/km left lane. Likewise, it was correlated with the serviceability index, obtaining the PSI: 3.51, right lane and 3.52 left lane, qualifying the service as good Quality, and as OBJECTIVE pavement functionality.

**Keywords:** Roughness index, regularity, service level, PSI.

## I. INTRODUCCIÓN

La especificación (ASTM E867, 2006), determina en su definición de regularidad a la desviación de una superficie de pavimento plana teórica, con magnitudes que alteran la dinámica de un vehículo y la calidad al manejar. Por lo tanto, el índice de regularidad Internacional IRI puede entenderse conllevando a un indicador de estadística para ver la irregularidad de un pavimento, el que representa la diferenciación en relación a los perfiles longitudinales de una determinada superficie.

La (Norma ASTM, 1926), brinda los medios para cuantificar una estimación de manera cuantitativa con el uso de equipos de medición portátiles longitudinales.

Internacionalmente, para mantener las carreteras a través de las redes viales, es de suma importancia tener un sistema de programación para el mantenimiento según la necesidad y el presupuesto de cada proyecto y la obtención de los datos que verdaderamente intervengan en la toma de decisiones para ejecutar el mantenimiento de una red vial ([ISSN], 1998).

A nivel nacional, los niveles de servicio determinan la calificación y la cuantificación del estado de una red vial, de las que generalmente se usan como límites admisibles, y de los que evolucionan progresivamente según la condición de la superficie, funcional, estructural y de seguridad, siendo éstas con variaciones de acuerdo a factores técnico y económicos bajo la estructura de satisfacción del usuario ([MTC], 2014).

En el departamento de Junín se viene realizando intervenciones en la red vial nacional a cargo de la unidad gerencial de conservación y las unidades de línea como la Zonal Junín IX Pasco con competencia de Provias Nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Las intervenciones tienen como objetivo atender las emergencias viales, conservación, mantenimientos periódicos y rutinarios de las carreteras, los que son medidos por niveles de servicio, teniendo en cuenta la rugosidad del pavimento el que determinará la funcionalidad, éstos

también incluyen los puentes, los que constituyen parte de las carreteras nacionales.

La carretera: Huancayo – Tarma, La Merced, tramo: Yanango hasta el puente Herrería parte del km 79+000 al km 102+600, cuenta con un total de 23.60 kilómetros con 2 carriles izquierdo y derecho y se encuentra clasificado según la tabla (433-04 –EG 2013) como carretera de primera clase perteneciente al departamento de Junín.

Durante el desarrollo de la investigación, la carretera estudiada está conformada por un pavimento flexible teniendo en cuenta el alto flujo vehicular relacionado al IMDA que fue establecido en el expediente técnico del servicio.

Se planteó la necesidad de verificar la funcionalidad respecto a la regularidad del pavimento del tramo Yanango hasta el puente Herrería; por ello, el trabajo de investigación, presentó como variable independiente (Y): Análisis en la medición funcional del pavimento flexible y como variable dependiente (X): Tecnología en la medición del índice de rugosidad en la carretera Yanango al puente Herrería - Junín 2022.

En ese sentido, se propuso como problema general: ¿Cuáles son los indicadores de la evaluación de un pavimento flexible respecto a la regularidad y funcionalidad?

La justificación metodológica de ésta investigación, fue dado con el método que ya existe para realizar el análisis rugosidad y determinar la regularidad y funcionalidad del pavimento con las herramientas e instrumentos de recolección de datos presentes en la investigación.

La justificación metodológica de (Gonzalo y Beingolea, 2021) fue de plantear la medición de rugosidad del pavimento con el aplicativo ABAKAL IRI y con el Merlín a fin de hallar la comparación de resultados.

Ésta investigación tuvo como justificación social, la determinación del estado superficial y funcional del pavimento flexible del estudio en mención, el mismo que beneficiará al usuario en la comodidad, confort y seguridad durante su recorrido. Para (Fernandez, 2018) en su justificación, socialmente describe la gran problemática de los diferentes deterioros y la serviciabilidad deficiente respecto a la

infraestructura vial de la ciudad de Juliaca, planteando un sistema de gestión como herramienta primordial con el afán de mejorar los pavimentos de las avenidas afectadas.

La justificación ambiental fue el de determinar los valores de rugosidad del pavimento con el fin de dar intervención a las zonas que arrojen valores altos, de ésta manera se minimiza el polvo generado por los baches, ahorro de combustible, desgaste de las llantas de los vehículos y la minimización de la contaminación de gases y contaminación sonora.

En la justificación ambiental de (Gonzalo y Beingolea, 2021), fue el de hallar los sectores de deterioro y plantear el mantenimiento a la vía, con ello minimizar la contaminación de gases, obteniendo el ahorro del combustible y obtener el tráfico más fluido.

Se justifica económicamente ya que, usando el equipo Roughometer III, se puede reducir el tiempo en obtener los resultados de la medición, de esta manera reduce los costos en tiempo, equipos menores y mano de obra.

Para (Villanueva y Noriega, 2019), resultó económico y eficaz el uso del equipo de alto rendimiento perfilómetro laser, ya que de manera rápida obtuvo los valores de la medición en una carretera de tercera clase.

Como objetivo general se tuvo: Evaluar el índice de rugosidad y determinar la regularidad funcional del pavimento flexible de la carretera Yanango al puente Herrería - Junín 2022.

Los objetivos fueron: específico 1: Evaluar el índice de rugosidad de la superficie de rodadura del pavimento flexible en la carretera de Yanango al puente Herrería en Junín, usando el equipo de clase 3 (Roughometer III), específico 2: La regularidad del pavimento flexible, el promedio y los rangos máximos y mínimos, específico 3: Determinar analíticamente la funcionalidad y serviciabilidad del pavimento flexible bajo las normas vigentes.

La hipótesis general establecida en la investigación, determinó: El índice de rugosidad influye en la regularidad funcional del pavimento flexible de la carretera Yanango al puente Herrería - Junín 2022. Así mismo, se relacionó la hipótesis específica 1: El equipo de rugosidad de clase III, se instalará para registrar los desplazamientos acumulativos del eje posterior inducido al vehículo, hipótesis

específica 2: A menor irregularidad de la superficie de rodadura, la rugosidad del pavimento será menor, hipótesis específica 3: Correlacionar la determinación analítica del PSI para determinar el índice de servicio del pavimento con el equipo de rugosidad de clase III.



Figura 1: Inicio del tramo puente Herrería a Yanango.  
Fuente: elaboración propia

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico

La importancia de la Rugosidad en un pavimento determina el confort a través de la comodidad del usuario.

En 1962 se presentó el proyecto “AASHO” Road Test, inserto el significado de la serviciabilidad del pavimento como el recorrido de un vehículo en confortabilidad y seguridad por parte de los usuarios.

En 1982, el Proyecto “*International Road Roughness Experiment*” (IRRE) realizado en Brasil por el Banco Mundial, tuvo como finalidad establecer diversos parámetros que aplicarían en diversos países para hallar la regularidad de la superficie del pavimento en diferentes proyectos de carreteras. La finalidad de la participación era el uso de equipos en países como Inglaterra, Brasil, Estados Unidos, Francia y Bélgica, a fin de realizar la medición de la regularidad del pavimento en diferentes tipos de carreteras, así como diferentes tipos de condiciones, instrumentos y forma de medición, hallando un único parámetro de la regularidad superficial con la denominación de: “Índice de Regularidad Internacional (IRI)”.

El concepto de IRI fue realizado por el Banco Mundial en la década de los 80 el que consistía en la representación de un modelado matemático, el que conlleva al cálculo del movimiento acumulado en la parte de la suspensión del vehículo de pasajero, al realizar un recorrido de una superficie de la vía a una velocidad de 80 km/h. En la siguiente Figura se ilustra de forma referencial.

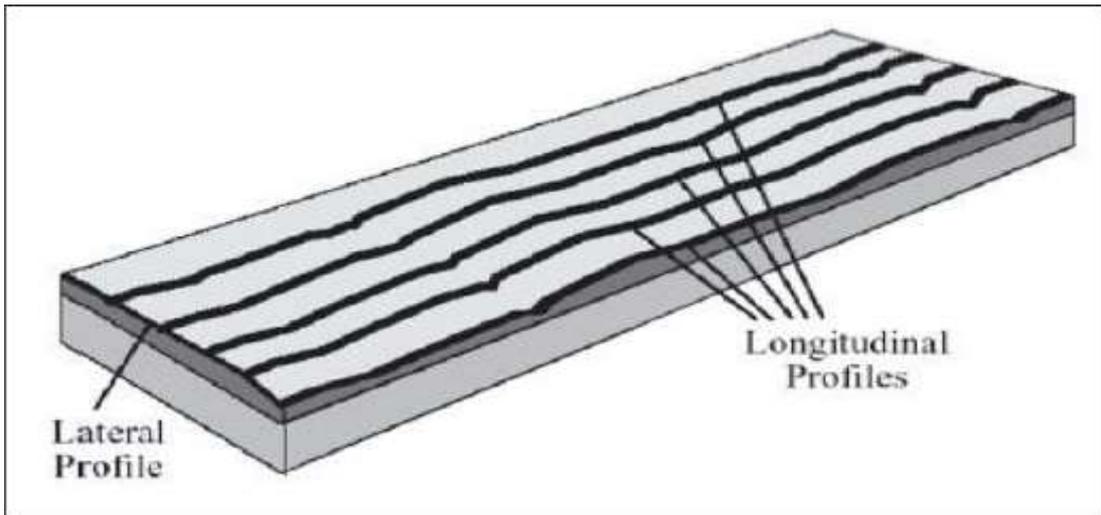


Figura 2: Perfil del camino  
 Fuente: (Revista de la Construcción, 2006), Chile.

### Valores del IRI del Banco Mundial

El IRI en los pavimentos juega un papel importante para determinar la funcionalidad del pavimento. En 1986, el Banco Mundial, fundamentó la medición de escalas para pavimentos de concreto asfáltico y tratamientos superficiales, como también vías de bajo tránsito como carreteras afirmadas, trochas carrozables, etc. La (Norma ASTM, 1926), Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”, presentó la siguiente escala:

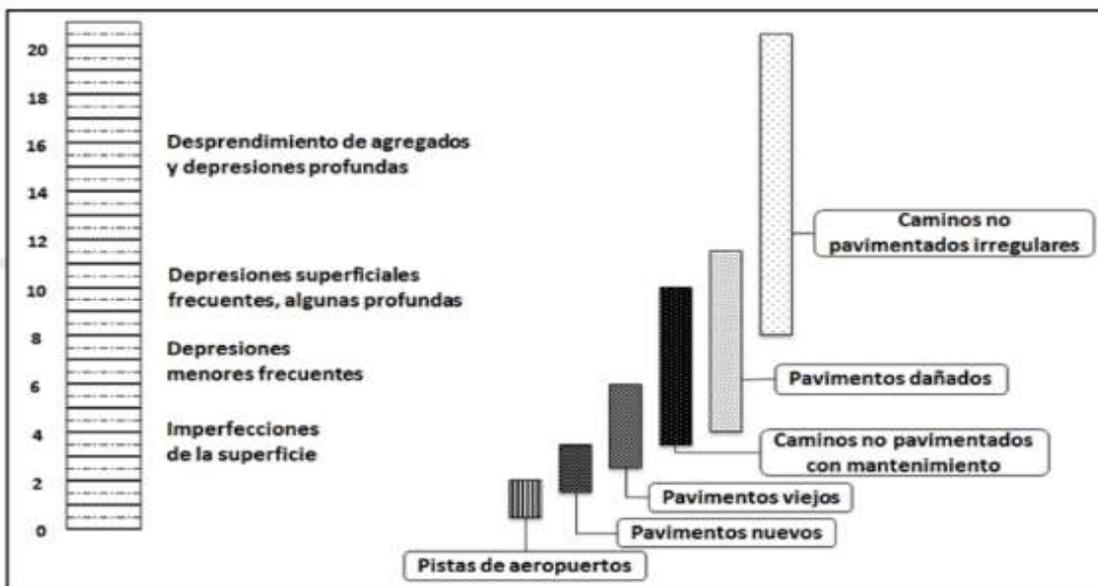


Figura 3: Escala de rugosidad estimadas para pavimentos de concreto asfáltico y tratamientos superficiales.

Fuente: Libro: csv. Conservación Escala original del Banco Mundial para el IRI

## 2.2 Tesis Internacionales

En su tesis (Román, 2020), en su tesis desarrollado de manera no experimental, descriptiva con el enfoque cuantitativo, explica en su investigación que ante la ausencia de una determinada sección que va relacionado con la medición del iri dentro de las Especificaciones Generales para la Construcción de carreteras en Guatemala, sugiere la incorporación de valores en las especificaciones técnicas bajo las normativas, donde expresa valores de aceptación entre los rangos máximos y mínimos en aeropuertos, autopistas y pavimentos nuevos, concluyendo que el iri sería (0 - 2.5 m/km a 100km/h) , pavimentos existentes (2.5 - 4 m/km a 80km/h) y pavimentos dañados (4 - 6 m/km a 60km/h).

Según (Hernandez, 2018), en su tesis tipo aplicada y no experimental, describe el resultado de la medición de la rugosidad usando el equipo merlín con la finalidad de desarrollar un manual basado en INVIAS 2013 en un determinado tramo, concluyendo que, para lograr el cumplimiento del ensayo, la rugosidad del pavimento debe de encontrarse en un intervalo de  $2.4 < IRI < 15.9$ , teniendo en cuenta que para las mediciones en tramos cortos se debe considerar el uso de equipos de topografía, Dipstik o merlín, y para los tramos de mayor longitud equipos como el perfilómetro láser.

La importancia de la serviciabilidad de las carreteras pavimentadas y no pavimentadas, exige siempre una constante evaluación, por lo que, la dirección de caminos a través del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (Caminos, 2017), plantea de manera descriptiva, el Plan Operativo Anual, a través de su unidad ejecutora de Conservación Vial, donde detalla el estado de las carreteras a toda la red vial nacional, identificando el valor del iri, usando el equipo RSP (Road Surface Profiler). El resultado arrojado en la evaluación está sujeto a las clasificaciones y el tipo de carretera: (Red Vial Primaria = 2.75946 m/km, 2,92035 m/km), (Red Vial Secundaria = 3,8924 m/km, 4,06928 m/km), (Red Vial Terciaria = 4,40637 m/km, 4,8029 m/km), concluyendo, que la red vial nacional de Guatemala se registra el estado de bueno a regular y para ello, se aplicará

mecanismos de mantenimiento y rehabilitación con el fin de lograr la serviciabilidad y funcionalidad óptima del pavimento.

Sin embargo, existen varias metodologías en las que se puede medir las carreteras pavimentadas y no pavimentadas a través de diversos ensayos normados con equipos estáticos y dinámicos.

Entre los aportes de (Díaz y Ramirez, 2021), describió en su tesis para el título de Magister de manera descriptiva, no experimental y tipo aplicada, la correlación del índice del iri respecto a la capacidad estructural del pavimento con la finalidad de hallar la correlación con el que pueda permitir el entendimiento de las fallas y priorizar el tipo de intervención en las carreteras viales con equipos de alto rendimiento.

Las evaluaciones que se realizaron mediante el ensayo del iri y la toma de deflexiones en la evaluación estructural del pavimento, los autores concluyeron que, en la etapa inicial del (año 2017) los valores y la correlación de los dos parámetros coincidían con los valores en la etapa de construcción de la carretera, no obstante, al pasar el tiempo los valores de ambos parámetros empezaron a descontinuarse en las curvas de los gráficos de medición. Por ello, es fundamental concentrar las mediciones funcionales y estructurales de forma conjunta y de manera constante para identificar las fallas y ejecutar mantenimientos frecuentes.

### 2.3 Antecedentes Nacionales

La Regularidad se determina como las irregularidades en la superficie de un pavimento en las que son afectadas de manera adversa respecto a la calidad de la capa de rodadura, así como el de seguridad, costos y el mantenimiento de la vía, ya que esto depende de la grandeza de las irregularidades en la superficie del pavimento, velocidad y circulación el que conlleva a la afectación negativa el mismo que reflejará un mayor desgaste en las llantas del vehículo trayendo consigo un elevado consumo del combustible. Así mismo, los efectos del dinamismo producidos por las irregularidades se verán reflejados en la modificación de los estados de esfuerzos, así como las deformaciones en la estructura del pavimento,

el que posteriormente se puede traducir en incrementos de costos en actividades relacionadas con la conservación y rehabilitación del pavimento.

El equipo de merlín, es un equipo que se usa en el Perú desde 1992, éste equipo estático contiene elementos verticales y horizontales, así como una rueda el mismo que hace giros de 2.15m. En su mayoría, el uso de estos equipos toma las lecturas de la medición cada 200m.

Para (Carhuapoma, 2019), en su tesis con enfoque cuantitativo, no experimental y transversal, explica de manera descriptiva, el objetivo de analizar el nivel de servicio del pavimento en la carretera de Cerro de Pasco, mediante el índice de rugosidad (IRI) a través del equipo merlín y el índice de serviciabilidad (PSI), tomando en cuenta los datos topográficos de la vía. En la evaluación resultó que el estudio de tráfico de la carretera corresponde a la clase 3 con un IMDA de 342 vehículos por día. Los resultados de su evaluación concluyeron que se obtuvo un IRI de hasta de 9.60 m/km y PSI 0.87, determinando así un nivel de servicio muy malo.

En cambio (Tingal, 2021), explica en su tesis considerado como diseño no experimental, descriptivo y tipo aplicada, el desarrollo del ensayo de medición del iri usando el equipo merlín tomando lectura cada dos metros conforme al equivalente de una vuelta a la rueda del equipo. La longitud tomada constó de 7.3 kilómetros en el departamento de Cajamarca en un sector del baño del Inca.

Los resultados obtenidos fueron: 1.07 m/km y por el carril contrario 1.10m/km, y con un PSI = 4.12 y 4.09 concluyendo en conceptos generales y según la norma ASTM E -1926 -98 está dentro de los valores de aceptación.

En la investigación de (Campos, 2020), aplicando la metodología descriptiva, no experimental y tipo transversal, explica la evaluación y la condición de la superficie del pavimento flexible, mediante el método del (Índice de la Condición del Pavimento – PCI), de una vía pavimenta en la avenida Túpac Amaru en Huancayo, con el objeto de determinar la condición de la carpeta asfáltica PCI establecido por la norma: ASTM D6433-11. La investigación desarrollada concluyó que, el 50% de la pavimentación en total se encuentra en el rango de PCI = (falla,

muy mala, mala, y regular) recomendándose así el uso de las metodologías para un eficiente diagnóstico y la pronta intervención en la rehabilitación y mejoramiento de la vía.

Hay muchas formas y métodos para realizar una medición de la regularidad de un pavimento. El Banco Mundial, menciona la clasificación de cuatro clases, el que depende del resultado obtenido de un perfil longitudinal, así como el grado de precisión realizado en cada medición. Entre ellos se encuentra los Perfilómetros de inercia el que se clasifica como clase 1.

Como concepto del comportamiento de un pavimento, tiene también como definición, la capacidad estructuralmente medible a todo el tiempo del periodo de diseño de la vía. En el Perú se aplica los modelos HDM III y HDM4 del Banco Mundial; el mismo que incluye algunos modelos de identificación de deterioro de una vía de afirmado DETOUR (Deterioration of Engineered Unpaved Roads), para el caso de pavimentos flexibles HDM – PRD (HDM Paved Roads Deterioration Model), donde finalmente se obtendrá los criterios de comportamiento para identificar los niveles de servicios y la posible intervención de la vía (Manual de Carreteras, 2013).

El manual de carreteras, de la sección de suelos y pavimentos 2013, indica el cumplimiento de los valores de la rugosidad admisible IRI m/km, de acuerdo al tipo de carretera, según su clasificación:

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: IMDA > 6000 veh./día, de calzadas separadas, c/u con 2 o + carriles.	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 98%
Carreteras Duales o Multicarril: IMDA entre 6000 y 4001 veh./día, de calzadas separadas, c/u con 2 o + carriles.	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: IMDA entre 4000 y 2001 veh./día, de una calzada de 2 carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: IMDA entre 2000 y 401 veh./día, de una calzada de 2 carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: IMDA entre 400 y 201 veh./día, de una calzada de 2 carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: IMDA ≤ 200 veh./día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 85%

Figura 4: Valores de rugosidad admisible IRI m/km según el tipo de carretera.  
Fuente: Manual de Carreteras – sección: (Manual de Carreteras, 2013), (tabla: 433-04).

Como es el caso de la investigación de (Villanueva y Noriega, 2019), en su tesis de diseño no experimental tipo aplicada, describió el objetivo de realizar la comparación de los resultados del IRI Merlín versus un perfilómetro láser en un tramo de la vía que inició en el km 280+000 al km 282+000, carretera que corresponde a la tercera clase.

En la conclusión determinaron que los valores obtenidos del equipo merlín fue 4.54 m/km hasta 6.32 m/km, a diferencia del perfilómetro laser, obtuvieron 4.5 m/km hasta 6.0 m/km, y considerando que en los tramos donde la vía no presenta muchas pendientes y curvas sinuosas, los valores de la medición en rectas longitudinales precisan valores muy semejantes entre el uso de estos dos equipos. Finalmente, en su conclusión, los valores de la medición del iri se encontraron por encima de 3m/km y en relación a la tabla que estable el MTC, éstos valores no cumplen con lo requerido.

Así mismo, (Ramos, 2018) en su investigación de alcance descriptivo de diseño no experimental y tipo aplicada sustentó en su estudio el índice de regularidad del pavimento, donde describe los resultados de la evaluación de medición en la red vial N° 05, Pativilca – en la Panamericana Norte.

El análisis estadístico del ensayo de medición arrojó valores por debajo de 3.5 m/km en los diferentes sectores, sin embargo, en la medición existen valores individuales en el que sobrepasan lo establecido en el contrato de 3.5m/km. Cabe señalar las consideraciones del uso del equipo laser, donde se tiene en consideración la velocidad a la hora de salida del vehículo (20km/h), entendiéndose que los valores del iri serán mayor. Finalmente concluyó en la obtención de sus resultados promedio en toda la sección de los sectores A, B y C, partiendo del km 4+500 al km 22+250, el valor de 2m/km con una desviación estándar de 0.5 del valor del iri medio, el que determinó la calidad objetiva de la serviciabilidad de la vía.

## 2.4 Glosario

**AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO, 1993).

**PSI:** Índice de serviciabilidad presente del pavimento, indicador de la comodidad y confort del usuario durante el recorrido de una vía pavimentada (AASHTO, 1993)

**Índice de Rugosidad Internacional:** (*International Roughness Index*), establecido como parámetro para medir la rugosidad y determinar la regularidad de un pavimento a través de la comodidad, seguridad y confort del usuario (ASTM E867, 2006).

**Pavimento:** Está formado por una estructura de capas de material granular, con el objetivo de soportar cargas fijas o móviles.

**Pavimento Rígido:** Está constituido por una losa de concreto armado o simple el que se apoya a un paquete estructural de base o sub base, y que debido a la rigidez soporta la mayor parte de los esfuerzos de una carga (Manual de Carreteras, 2013).

**Pavimento Flexible:** Se llaman así al conjunto de una mezcla bituminosa, el que se apoya entre capas estructurales inferiores denominados sub base y base, el cual se flexiona mediante las diferentes cargas transitables (Manual de Carreteras, 2013).

**Pavimento Semirrígido:** Es la composición de la combinación de tipo de pavimentos “flexibles y rígidos” (Manual de Carreteras, 2013).

**Perfil longitudinal:** Está representado por una línea gráfica en el terreno, en el que se obtiene la altimetría a lo largo de la dirección.

**Rugosidad:** Está determinado como depresiones superficiales por agentes externos en el pavimento. (Manual de Carreteras, 2013).

**Gestión ambiental:** Conjunto de acciones de un determinado grupo de personas que tiene por fin el ordenamiento del medio ambiente y todo lo que conlleve a los componentes fundamentales, (administración en medio ambiente y gestión pública) ([MTC], 2014).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y Diseño de la investigación**

##### **Tipo de investigación**

La investigación se desarrolló de manera cuantitativa, el autor (Bonilla y Rodríguez, 2005), enfoca en el paradigma de manera positiva, donde prima la medida en la cuantificación, con el objeto de plantear hipótesis y poder armar teorías, prima el enfoque estadístico para hallar la cuantificación.

No experimental, debido a que los fenómenos que se encuentran en estudio no fueron dirigidos al azar, ya que están reglados, debido a ello continúa su desarrollo durante la investigación (Sánchez et al., 2018).

Así mismo, la investigación es transversal, aplicada y descriptiva, en el que se detalla las precisiones de los sucesos sin ninguna manipulación (indicador cuantitativo), ya que presenta la relación entre la variable dependiente e independiente.

#### **3.2 Variables y Operacionalización**

##### **3.2.1 VARIABLES:**

Son variables del estado situacional del pavimento y los procesos constructivos, ya que éstas no han sido alteradas y mantienen originalidad y se comporta como transversal y no experimental

Las variables forman parte de diferentes características como cualidades y que estas a su vez pueden ser medidos (Sanchez y Reyes, 2015).

##### **3.2.2 INDICADORES:**

Estado superficial del pavimento flexible

##### **3.2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:**

(ver anexo 02)

Proceso en el que se definirá todas las variables de manera medible

**(1)** Se realizó la evaluación al Índice de Rugosidad del pavimento flexible, utilizando el manual como guía observable con la finalidad de medir la regularidad funcional del pavimento, mediante el ensayo de Iri, aplicando el uso del equipo de clase III roughometer III.

**1.1 Variable independiente (Y):** Análisis en la medición funcional del pavimento flexible.

**1.2 Variable dependiente (X):** Tecnología en la medición del índice de rugosidad en la carretera Yanango al puente Herrería - Junín 2022

**(2)** Dimensiones

2.1 Pavimento flexible

2.2 Superficie de rodadura

2.3 Clasificación de la serviciabilidad de la carretera según las normas vigentes (MTC).

**(3)** Indicadores

3.1 Índice internacional de rugosidad

3.2 Operación del iri, promedio entre máximos y mínimos

3.3 Correlación del índice del servicio del pavimento

**(4)** Escala

Intervalo

3.3 Población y muestra:

Para (Baena, 2018), se representa una muestra con una pequeña cantidad, siendo ella la representativa de un total para realizar el estudio requerido.

Siendo así. La población y muestra de la investigación se consideró a la “carretera Huancayo – Tarma, tramo: Yanango hasta el Puente Herrería tiene una longitud de 23.60 km”.

Población de la Merced – Junín

Superficie total = 153.08 km<sup>2</sup>

Altitud: 1650 m.s.n.m – 760 m.s.n.m (Yanango – puente Herrería)

Temperatura: Max min. = 17°C

Temperatura: Max máx. = 28°C

Para la realización del estudio del ensayo de rugosidad, se escogió el tramo del Puente Herrería al Yanango, teniendo como progresivas (km 79+000 al km 102+600), con un total de 23.60 kilómetros.

### 3.4 Recolección de datos, validez y confiabilidad

#### **Instrumentos**

Los instrumentos de recolección de datos son a través del Manual y guía de Observación, la misma que se usó con la finalidad de recoger los valores de regularidad del pavimento flexible en estudio con el objeto de determinar el estado funcional de la vía.

Para (Artigas y Robles, 2010), es fundamental la educación a los que investigan cuando se relacionan la combinación de enfoques para que así se le dé el seguimiento a los esquemas sin cohorte a todas las posibles innovaciones dentro de los procedimientos de investigación.

Los instrumentos de la medición para la evaluación superficial del pavimento flexible fueron:

1. Formato para registrar los eventos
2. El equipo de rugosidad Roughometer III, equipo que es instalado en un vehículo sin ninguna particularidad en especial, con la finalidad de medir el sondeo de la rugosidad del pavimento, el que finalmente nos hará llegar a la determinación del estado de la regularidad del pavimento.
3. Criterios para la validez y confiabilidad del trabajo.

### 3.5 Procedimientos

#### 3.5.1 Equipo roughometer III

El equipo de rugosidad está diseñado para proveer datos de rugosidad (aspereza), en las carreteras de vías pavimentadas, como carreteras no pavimentadas, con el objetivo de evaluar el desempeño de la vía.

La evaluación del usuario, así como los gobiernos locales y departamentales, nacionales, son los que calificarán como un sistema de vía rentable y portátil. Tiene la capacidad de recolectar 13,000 km de datos, el equipo del roughometer III es un equipo completo para el que va a usar y el que contiene: datos y software de procesamiento y documentación. Entre las mejoras opcionales se encuentra una unidad de GPS totalmente integrada y un Instrumento de Medición de Distancia (DMI, por sus siglas en inglés) para ser colocado en una de las ruedas (Arrab Group Roughometer III, 2013)

### **Descripción del equipo**

El roughometer III utiliza la combinación de un sensor de movimiento que se acople en una rueda y una entrada de distancia, para medir el perfil longitudinal real de una carretera. Cuando se conduce según la velocidad recomendada, la medición es en gran medida independiente de la masa del vehículo y las características de la suspensión. El perfil longitudinal es usado para calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI, por sus siglas en inglés).

Todos los datos del sensor son almacenados en el controlador portátil roughometer III y puede ser subsiguientemente copiado a una computadora para procesar y mostrar los resultados.

Componentes del roughometer III

Descripción de Componente	Número de Parte ARRB
Roughometer III Controller assembly (conjunto de controlador Roughometer III)	BF-11020.C
Roughometer III Accelerometer assembly (Conjunto del Acelerómetro Roughometer III)	BF-11040.C
Roughometer III Interface assembly (conjunto de Interfaz Roughometer III)	BF-11050.C
Cableform Interface to Controller (cableado de la Interfaz al Controlador)	BF-CAB/11060.C
Cableform Interface to Cigarette Plug (cableado de la Interfaz al encendedor de cigarrillos)	BF-CAB/11061.A
Cableform Interface to Battery (cableado de la Interface a la Batería)	BF-CAB/11062.A
Cableform Interface to Odometer (cableado de la Interface al Odómetro-Cuentakilómetros)	BF-CAB/11063.A
USB cable Type A to B 2m long (cable USB Tipo A a B 2m de largo)	BF-CAB/CABUSB42L
Bubble level (nivel de burbuja)	BR-HTL/LL-42-287
<b>Componentes Opcionales</b>	
KMI Rotational Transducer kit 19mm & 21mm (kit transductor rotacional KMI 19mm y 21mm)	BF-11114.B
GPS Vehicle Fit Out kit for Roughometer III (Kit de equipamiento de GPS Vehicular para Roughometer III)	BF-11204.A

Figura 5: Listado de componentes del rugosímetro nivel III.  
Fuente: Manual de usuario- roughometer III

Los componentes del equipo de rugosidad muestran las diferentes partes como componentes los que son conectados entre ellos

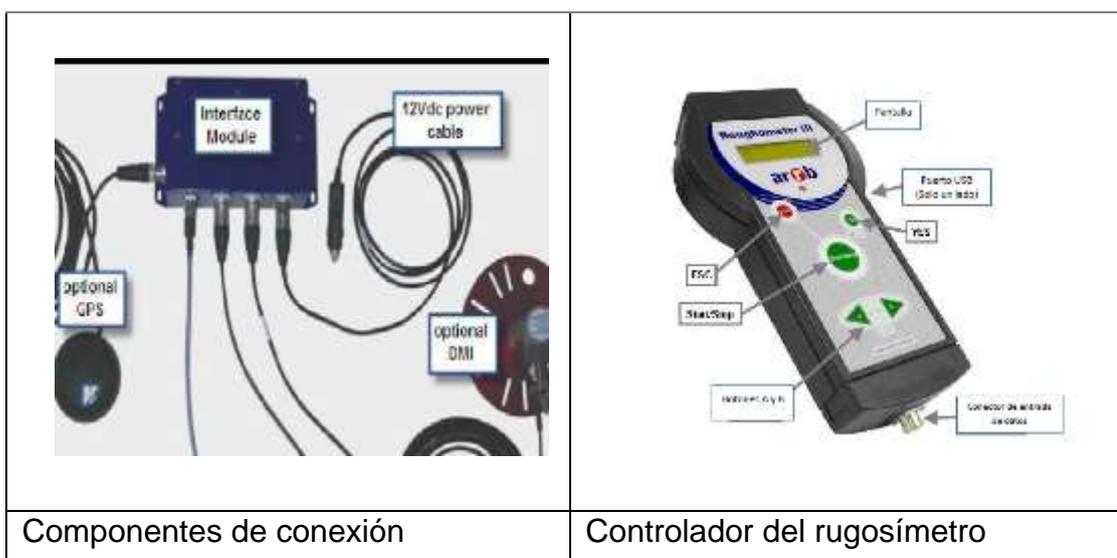


Figura 6: Componentes del equipo de rugosidad.  
Fuente: Manual de usuario- roughometer III

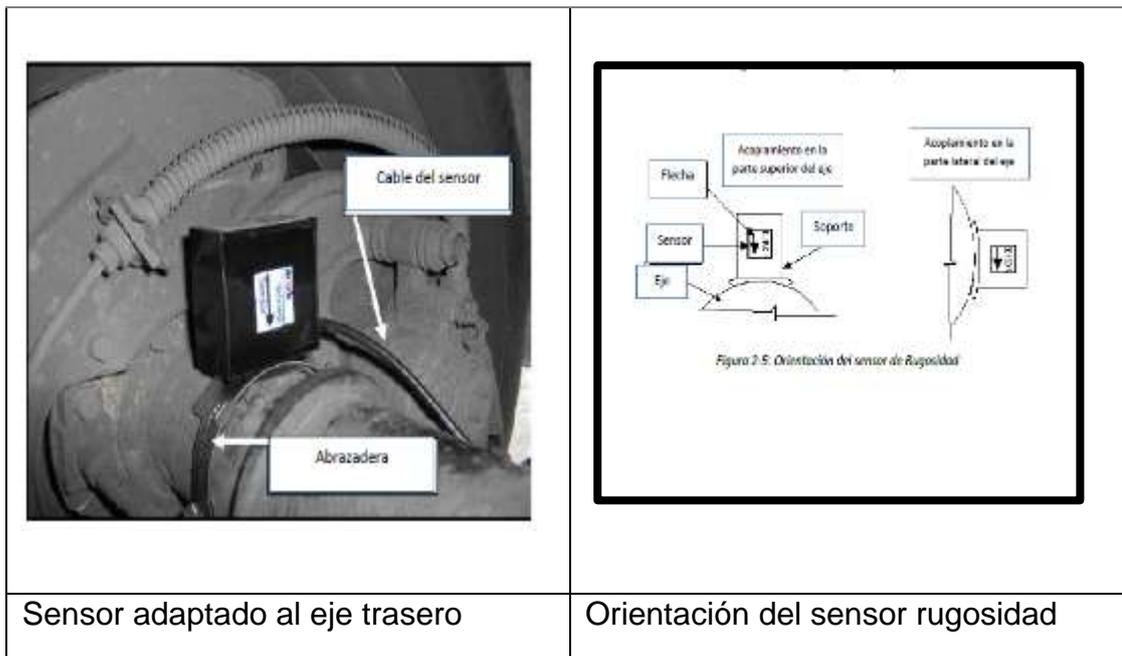


Figura 7: Componentes del equipo de rugosidad.  
Fuente: Manual de usuario- roughometer III



Figura 8: Componentes del equipo de rugosidad.  
Fuente: Manual de usuario- roughometer III

La instalación que se ha realizado, es en función a las precisiones que estableció el manual del equipo Roughometer III, además de una camioneta de cabina abierta modelo hilux 2016

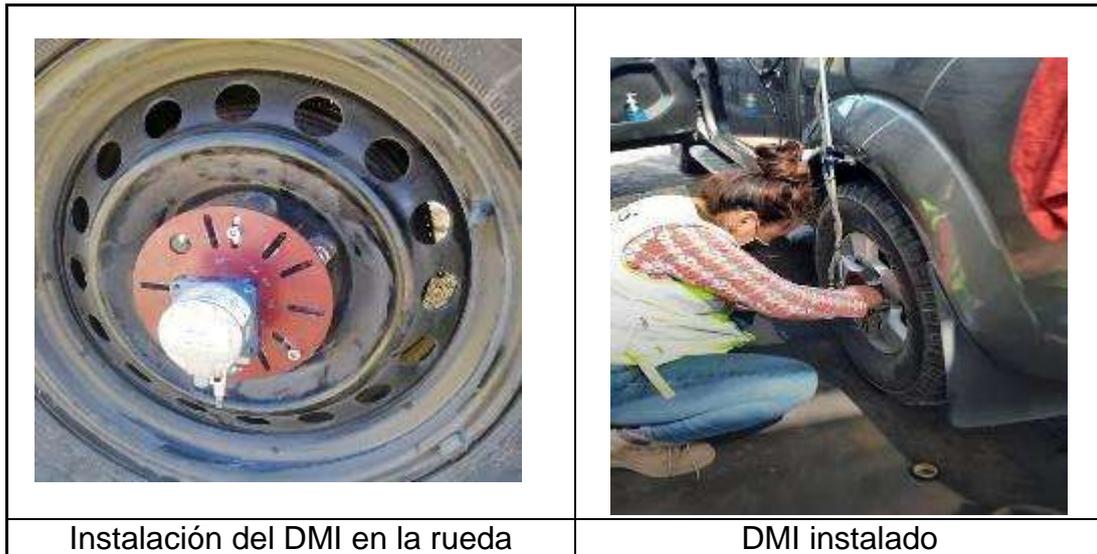


Figura 9: Instalación del DMI en la rueda del vehículo.  
Fuente: elaboración propia

### Calibración del sistema

Una vez instalado los cables y todos los componentes al vehículo es necesario realizar el sondeo topográfico calibrando los dispositivos el mismo que se lleva a cabo en el mismo vehículo que se utilizará para el estudio, el resultado de los datos dependerá de la calidad de la calibración que se haga, por tanto, fué indispensable seguir los procedimientos de manera cuidadosa.



Figura 10: Calibración de sensor, ajuste de fecha y hora.  
Fuente: Elaboración propia

### Secciones de entradas y salidas

Una vez instalado y calibrado cada uno de los componentes, se realiza el sondeo topográfico para verificar que la distancia precisa durante el recorrido del estudio, teniendo en cuenta la programación del equipo seleccionado con las opciones de registrar los eventos durante el recorrido, es necesario, tener en cuenta las secciones de entradas y salidas a fin de optimizar la precisión de los resultados. Las entradas y salidas permiten el algoritmo.

Es fundamental entender que las calibraciones del sensor de distancia y sensor de rugosidad nos permitirá realizar objetivamente las lecturas, así mismo tener en cuenta el ajuste de hora y fecha. Una vez instalado y calibrado con todo lo mencionado, el equipo estará listo para el sondeo.

### 3.6 Método de análisis de datos

#### Hardware Procesamiento de datos en gabinete

La memoria caché tiene el nombre del fichero *“ReadyBoost.sfcache”* y su tamaño predeterminado es de aproximadamente 1.8 GByte (dejando sólo 200 MByte para datos de sondeo). Este archivo no se puede eliminar usando el explorador de Windows o en mi PC.

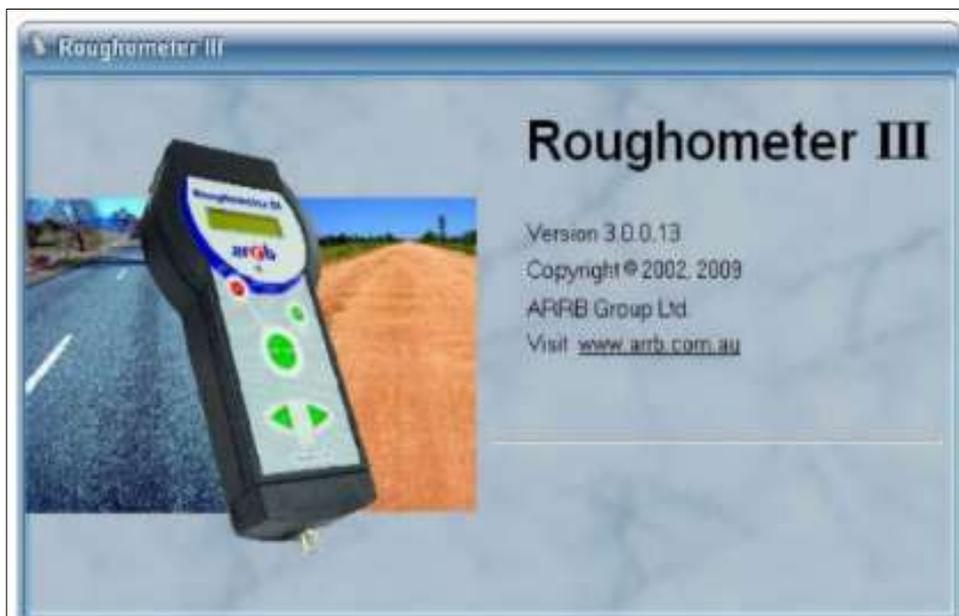


Figura 11: Ventana del roughometer en el inicio de instalación -PC.  
Fuente: Programa del equipo

El procesamiento de datos solo requiere que el controlador esté conectado al PC. Los datos del sondeo y el software de procesamiento de datos se almacenan en la memoria flash a través del puerto USB en el lado del controlador Roughometer III.



Figura 12: Ventana de instalación automática.  
Fuente: Manual de usuario- roughometer III

### **Reporte de la evaluación respecto a las condiciones**

Una vez abierto el dispositivo, el programa te muestra la evaluación de las condiciones en una tabla donde se aprecia los niveles de rugosidad del pavimento. En el formato que arroja el programa muestra en la parte del encabezado a continuación:

- ✓ Sección – el número de sección del registro
- ✓ TotDist – distancia acumulada del sondeo topográfico
- ✓ Excell – Good – Fair – Poor - Bad – la evaluación de la condición está marcada con una X.
- ✓ Events – se muestra el número de veces detenidos, disminución de velocidad y exceso de velocidad, para cada intervalo de procesamiento. Independientemente si aparece, el umbral de velocidades para

disminución de velocidad y exceso de velocidad, se encuentran en la ventana Opciones de Procesamiento.

C:\Documents and Settings\jlmurphy\My Documents\RG Roughometer\Survey Results\2009-05-06\2009-05-06 16h41m34s Survey Road Condition.rtf

**Field Data Sheet**

ROAD NAME: various

SECTION: FROM: Grantley St #34 TO: Penrose Gully

SURVEY DATE: 2009-05-06 TIME: 16:41:34

TRAVEL DIRECTION: .....

REFERENCE: .....

VEHICLE: TDL

OPERATOR: Jeff & Mick

LEAD IN: 72m

COMMENTS: Cleveon Rd U-Turn

\_\_\_\_\_

**Road Condition**

Figura 13: Reporte y evaluación del sondeo.  
Fuente: Manual de usuario- roughometer III

### Generador de los gráficos de rugosidad

La presentación del Gráfico de Rugosidad es un trazo tipo dispersión, de la Rugosidad (IRI o NAASRA, según seleccionado) vrs Distancia. También se muestran niveles de criterios de evaluación, puntos de referencia y eventos.

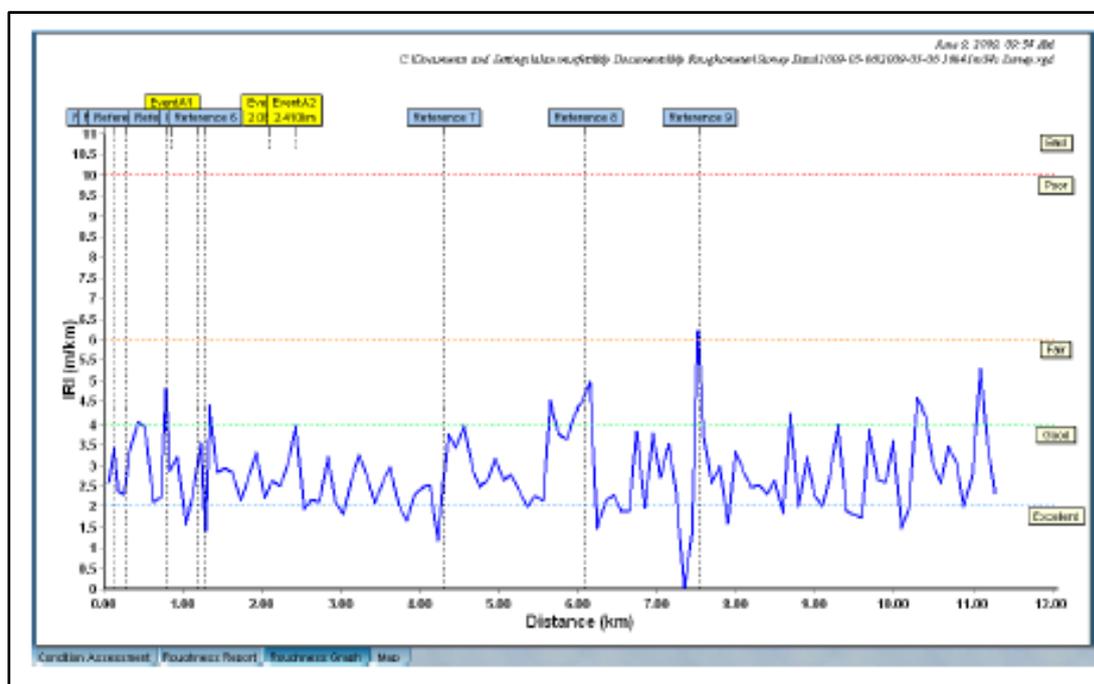


Figura 14: Presentación del gráfico de rugosidad.  
Fuente: Manual de usuario- roughometer II

A continuación, se muestra el flujo de forma ilustrativa de la secuencia en general de la instalación, calibración y procesamiento de datos en gabinete del equipo Roughometer III Arrb.

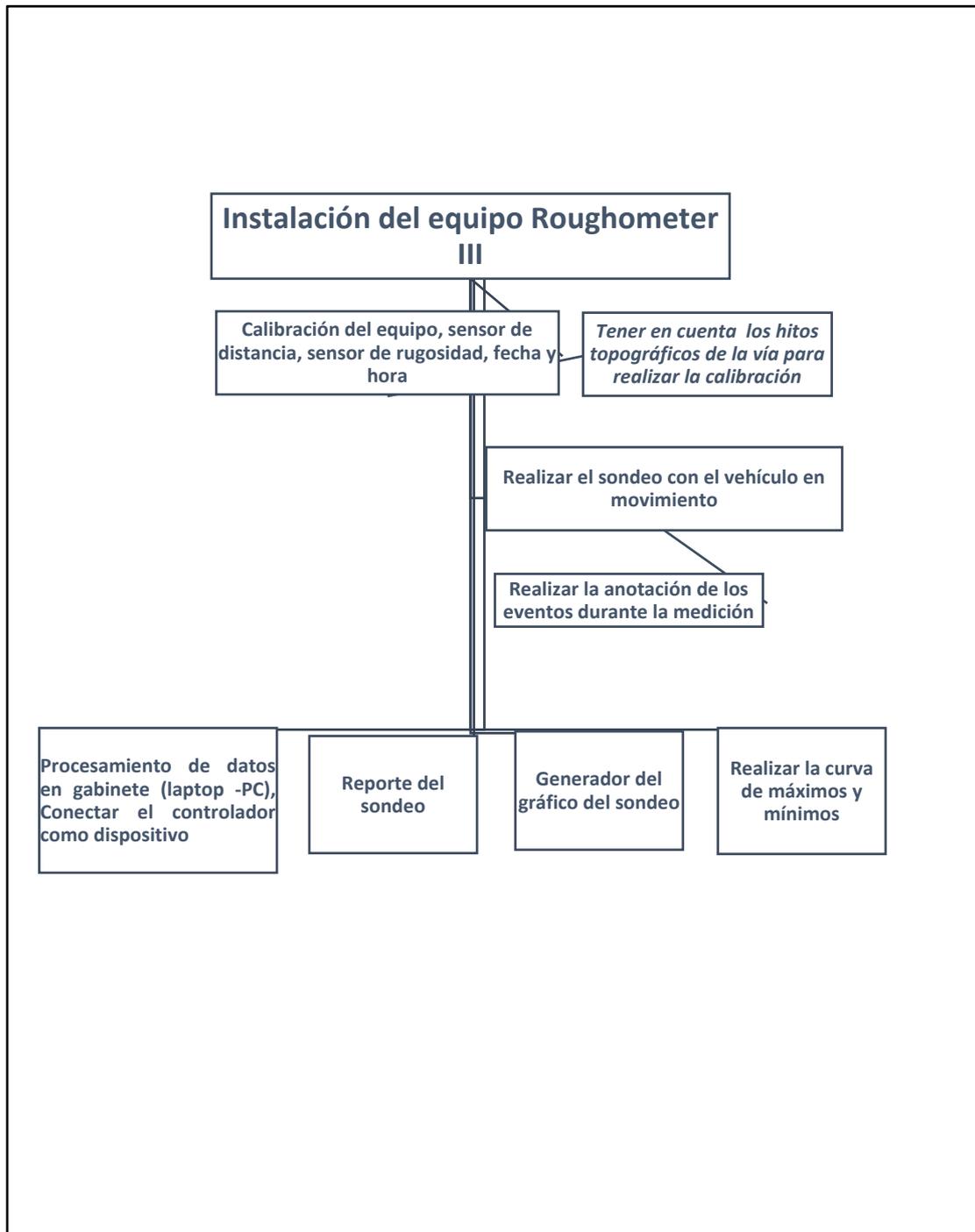


Figura 15: Flujo de instalación del equipo y procesamiento de datos.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Aspectos éticos

Durante el desarrollo de la investigación, se ha tenido como prioridad la veracidad de la investigación para determinar los resultados obtenidos. Así mismo se ha mantenido en todo momento el respeto por la biodiversidad del medioambiente, teniendo en cuenta la responsabilidad ética y social.

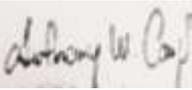
#### Valoración del Alpha de Cronbach

En su tesis (Ortiz, 2019), dentro de sus objetivos determino la validez y consistencia interna al clima laboral de un determinado sector, para ello se aplicó diferentes validaciones entre ellos el Alpha de Cronbach.

Para la validación del estudio, se ha tenido la intervención de 3 expertos en el tipo de línea de investigación y el proyecto de investigación, dando como calificación final de validación del intervalo al que pertenece al coeficiente teniendo como: (0,9 y 0.95 = Excelente).

A continuación se muestra los resultados de la validación de la fiabilidad inferencial del Alpha de Cronbach.

Tabla 1: Valoración de Alpha de Cronbach

Validez	Nombres y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1	VENTURA MARTEL, Cairo	241005	0.9	 CAIRO VENTURA MARTEL INGENIERO CIVIL HAB. CIP N° 241005
Experto 2	GUZMAN LLERENA, Carlos Enrique	213474	0.9	 CARLOS ENRIQUE GUZMAN LLERENA INGENIERO CIVIL HAB. CIP N° 213474
Experto 3	CAMPOS DUEÑAS, Anthony Washington	87787	0.95	

Fuente: Elaboración propia

#### IV. RESULTADOS

Se realizó el ensayo de medición del índice de rugosidad en el pavimento flexible de la carretera: Yanango al puente Herrería en Junín con una longitud de 23.60km en una vía de carril izquierdo y derecho desde la progresiva: km 79+000 al km 102+600, presentado gráficamente en la siguiente figura:

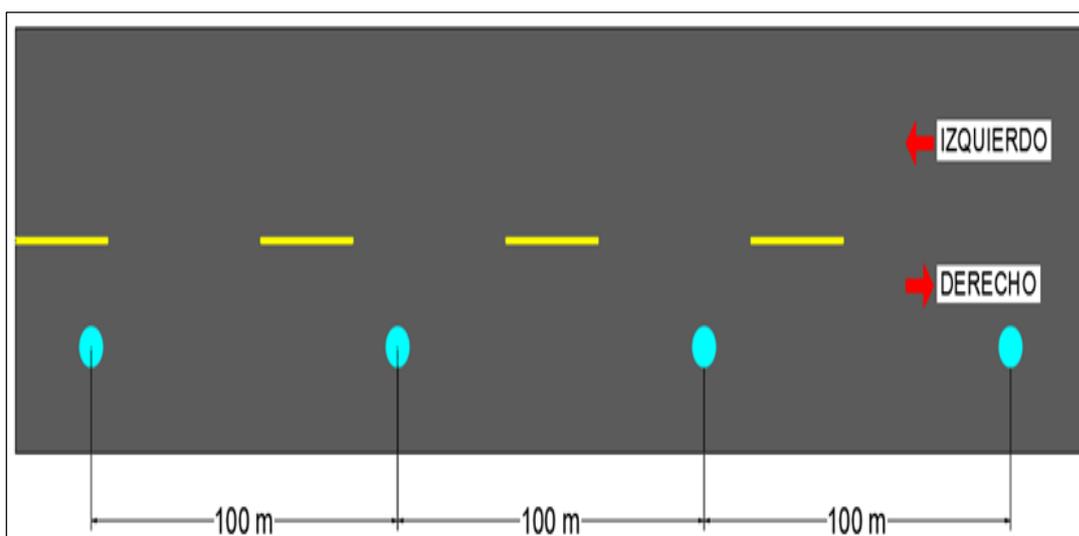


Figura 16: Esquema de medición, tramo: Yanango al puente Herrería carril: derecho e izquierdo.

Fuente: Elaboración propia

Habiéndose realizado el sondeo con el equipo de clase III (Roughometer III) instalado para el desplazamiento y toma de lecturas, donde se toman las precisiones que indica el manual para luego ser procesado en gabinete, se tiene a continuación los objetivos específicos:

##### 4.1 Objetivo General

Evaluar la regularidad funcional del pavimento flexible de la carretera Yanango al Puente Herrería – Junín 2022

Tabla 2: Funcionalidad respecto a la regularidad del pavimento flexible.

FUNCIONALIDAD Y REGULARIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE					
Superficie de rodadura	Carril	Tramo	Iri Prom. m/km	Iri Proyecto m/km	Funcionalidad y Regularidad
Carpeta asfáltica	Derecho	Puente Herrería-Yanango	1.94	2.5	Objetiva
	Izquierdo	Yanango – Puente Herrería	1.92	2.5	Objetiva

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

Una vez realizado el sondeo de ambos carriles izquierdo y derecho partiendo del km 79+000 al km 102+600, participaron en la evaluación la “Norma ASTM 1926, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements” el que muestra una escala de medición considerando los valores de irregularidad entre 02 a 12 m/km y, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la tabla N°02. La regularidad del pavimento de la carretera del presente estudio muestra objetividad y por ende, la funcionalidad en seguridad y confort en el manejo del usuario.

#### 4.2 Objetivo específico 1

Evaluar el índice de rugosidad de la superficie de rodadura del pavimento flexible en la carretera de Yanango al puente Herrería en Junín, usando el equipo de clase 3 (Roughometer III).

Tabla 3: Resultados de la medición.

<b>MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD IRI CON EL EQUIPO ROUGHOMETER DE CLASE III</b>				
<b>Superficie de rodadura</b>	<b>Carril</b>	<b>Tramo</b>	<b>Iri Prom. m/km</b>	<b>Cumple</b>
Carpeta asfáltica	Derecho	Puente Herrería- Yanango	1.94	SI
	Izquierdo	Yanango – Puente Herrería	1.92	SI

Fuente: Elaboración propia

#### **Interpretación**

La evaluación de rugosidad que se realizó para medir la regularidad funcional del pavimento mediante el equipo roughometer III, teniendo como medida de lectura cada 100m, realizado en el tramo del Puente Herrería a Yanango, partiendo de las progresivas (km 79+000 al km 102+600), con un total de 23.60 kilómetros perteneciente al departamento de Junín, donde se obtuvo como resultado los valores del (iri = 1.94m/km, carril derecho) y (iri=1.92 m/km carril izquierdo), cumpliendo con los valores que estableció el contrato del “*Servicio de reciclado de la Carretera: Huancayo – Tarma – La Merced Tramo: Quebrada Onda – Huancayo; Santa Fe – Valdivia y Yanango Puente Herrería*”, donde indica que, al término del servicio el valor del iri deberá de ser: Iri=2.5m/km.

#### 4.3 Objetivo específico 2

La regularidad del pavimento flexible, el promedio y los rangos máximos y mínimos.

Tabla 4: Resultados promedio, máximos y mínimos – carril derecho.

<b>REGULARIDAD DEL PAVIMENTO ENTRE MÁXIMOS Y MÍNIMOS</b>			
Tramo: Puente Herrería- Yanango – carril derecho – Progresiva: km 79+000 al km 102+600			
Iri promedio	Desviación estándar	Máx obtenido	Mín obtenido
<b>1.94</b>	<b>0.50</b>	<b>4.60</b>	<b>1.10</b>

Fuente: elaboración propia

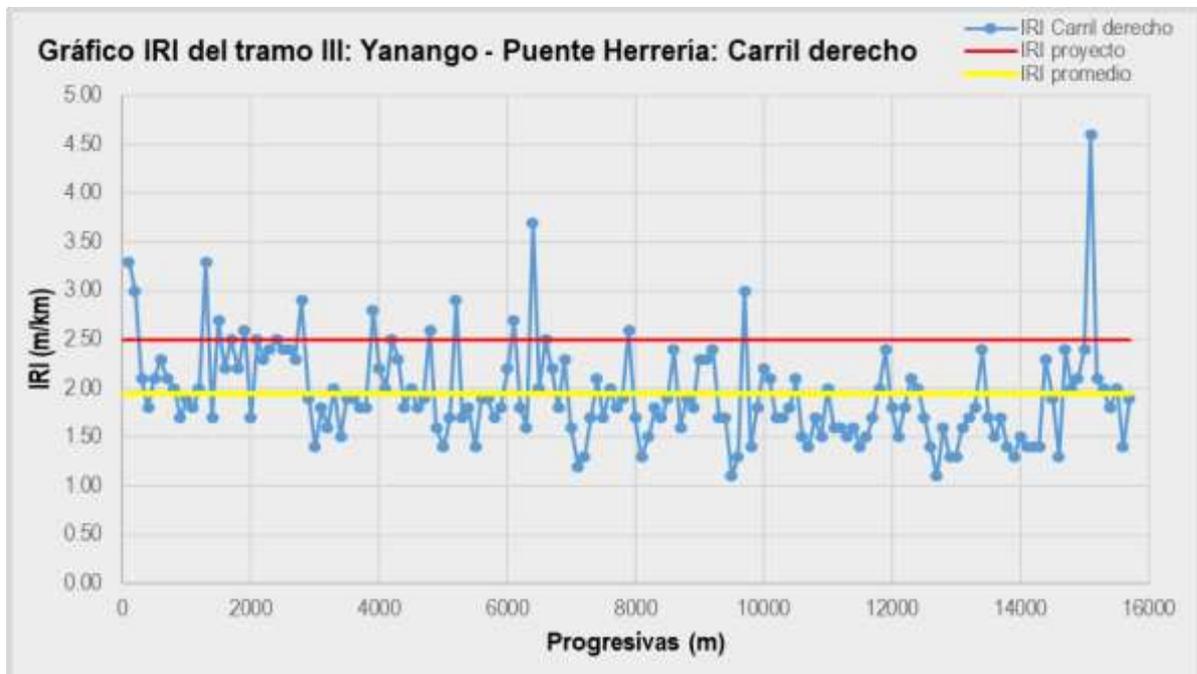


Figura 17: Gráfico de dispersión de la rugosidad – Iri, - carril derecho km 79+000 al km 102+600.

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Lecturas de valores del Iri máx > a 2m/km - carril derecho km 79+000 al km 102+600.

<b>Lectura de valores Máx. del Iri (&gt; a 2.0m/km)</b>			
Ítem	IRI (m/km)	Distancia entre	Distancia acumulada
1	4.60	100	100
2	3.70	100	200
3	3.30	100	300
4	3.30	100	400
5	3.00	100	500
6	3.00	100	600
7	2.90	100	700
8	2.90	100	800
9	2.80	100	900
10	2.70	100	1000
11	2.70	100	1100
12	2.60	100	1200
13	2.60	100	1300
14	2.60	100	1400
15	2.50	100	1500
16	2.50	100	1600
17	2.50	100	1700
18	2.50	100	1800
19	2.50	100	1900
20	2.40	100	2000
21	2.40	100	2100
22	2.40	100	2200
23	2.40	100	2300
24	2.40	100	2400
25	2.40	100	2500
26	2.40	100	2600
27	2.40	100	2700
28	2.40	100	2800
29	2.30	100	2900
30			

31	2.30	100	3100
	2.30	100	3300
32	2.30	100	3400
33	2.30	100	3500
34	2.30	100	3600
35	2.20	100	3700
36	2.20	100	3800
37	2.20	100	3900
38	2.20	100	4000
39	2.20	100	4100
40	2.20	100	4200
41	2.10	100	4300
42	2.10	100	4400
43	2.10	100	4500
44	2.10	100	4600
45	2.10	100	4700
46	2.10	100	4800
47	2.10	100	4900
48	2.10	100	5000
49	2.10	100	5100
50	2.00	100	5200
51	2.00	100	5300
52	2.00	100	5400
53	2.00	100	5500
54	2.00	100	5600
55	2.00	100	5700
56	2.00	100	5800
57	2.00	100	5900
58	2.00	100	6000
59	2.00	100	6100
60	2.00	100	6200
61	2.00	100	6300
62	2.00	100	6400

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Lectura de valores Min. del Iri < a 2m/km - carril derecho km 79+000 al km 102+600.

<b>Lectura de valores Min. del Iri ( &lt; a 2.0m/km)</b>			
Ítem	IRI (m/km)	Distancia entre	Distancia acumulada
1	1.90	100	100
2	1.90	100	200
3	1.90	100	300
4	1.90	100	400
5	1.90	100	500
6	1.90	100	600
7	1.90	100	700
8	1.90	100	800
9	1.90	100	900
10	1.90	100	1000
11	1.90	100	1100
12	1.90	100	1200
13	1.80	100	1300
14	1.80	100	1400
15	1.80	100	1500
16	1.80	100	1600
17	1.80	100	1700
18	1.80	100	1800
19	1.80	100	1900
20	1.80	100	2000
21	1.80	100	2100
22	1.80	100	2200
23	1.80	100	2300
24	1.80	100	2400
25	1.80	100	2500
26	1.80	100	2600
27	1.80	100	2700
28	1.80	100	2800
29	1.80	100	2900

30	1.80	100	3000
31	1.80	100	3100
32	1.80	100	3200
33	1.70	100	3300
34	1.70	100	3400
35	1.70	100	3500
36	1.70	100	3600
37	1.70	100	3700
38	1.70	100	3800
39	1.70	100	3900
40	1.70	100	4000
41	1.70	100	4100
42	1.70	100	4200
43	1.70	100	4300
44	1.70	100	4400
45		100	4500
46	1.70	100	4600
47	1.70	100	4700
48	1.70	100	4800
49	1.70	100	4900
50	1.70	100	5000
51	1.70	100	5100
52	1.70	100	5200
53	1.70	100	5300
54	1.60	100	5400
55	1.60	100	5500
56	1.60	100	5600
57	1.60	100	5700
58	1.60	100	5800
59	1.60	100	5900
60	1.60	100	6000
61	1.60	100	6100
62	1.60	100	6200
63	1.60	100	6300
64	1.50	100	6400
65	1.50	100	6500
66	1.50	100	6600
67	1.50	100	6700
68	1.50	100	6800
69	1.50	100	6900
70	1.50	100	7000

71	1.50	100	7100
72	1.50	100	7200
73	1.40	100	7300
74	1.40	100	7400
75	1.40	100	7500
76	1.40	100	7600
77	1.40	100	7700
78	1.40	100	7800
79	1.40	100	7900
80	1.40	100	8000
81	1.40	100	8100
82	1.40	100	8200
83	1.40	100	8300
84	1.40	100	8400
85	1.30	100	8500
86	1.30	100	8600
87	1.30	100	8700
88	1.30	100	8800
89	1.30	100	8900
90	1.30	100	9000
91	1.30	100	9100
92	1.20	100	9200
93	1.10	100	9300

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Resultados promedio, máximos y mínimos – carril izquierdo.

<b>REGULARIDAD DEL PAVIMENTO ENTRE MÁXIMOS Y MÍNIMOS</b>			
Tramo: Yanango – Puente Herrería- carril izquierdo – Progresiva: km 102+600 al km 79+000			
Iri promedio	Desviación estándar	Máx obtenido	Mín obtenido
<b>1.92</b>	<b>0.46</b>	<b>4.20</b>	<b>1.10</b>

Fuente: elaboración propia

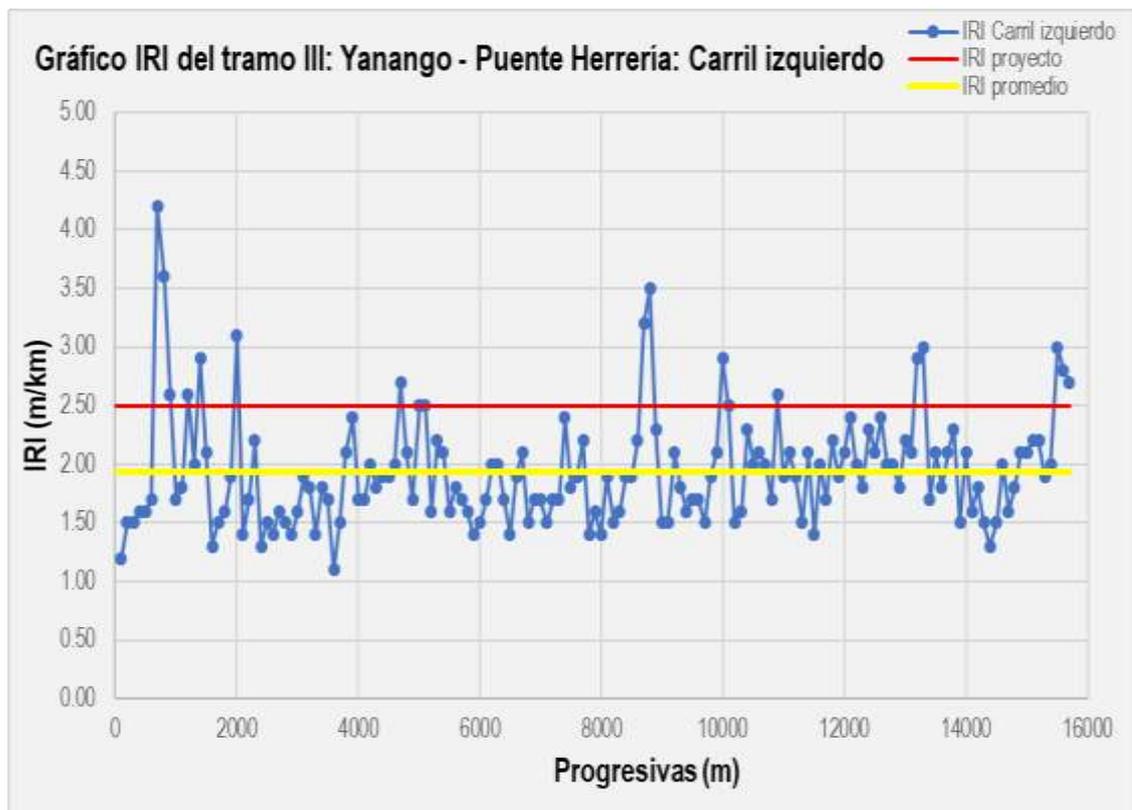


Figura 18: Gráfico de dispersión de la rugosidad – Iri, - carril izquierdo km 102+600 al km 79+000.

Fuente: elaboración propia

Tabla 8: Lecturas de valores del Iri máx > a 2m/km - carril izquierdo km 79+000 al km 102+600.

<b>Lectura de valores Máx. del Iri (&gt; a 2.0m/km)</b>			
Ítem	IRI (m/km)	Distancia entre	Distancia acumulada
1		100	100
2	4.20	100	200
3	3.60	100	300
4	3.60	100	400
5	3.50	100	500
6	3.20	100	600
7	3.10	100	700
8	3.00	100	800
9	3.00	100	900
10	2.90	100	1000
11	2.90	100	1100
12	2.90	100	1200
13	2.80	100	1300
14	2.70	100	1400
15	2.70	100	1500
16	2.60	100	1600
17	2.60	100	1700
18	2.60	100	1800
19	2.50	100	1900
20	2.50	100	2000
21	2.50	100	2100
22	2.40	100	2200
23	2.40	100	2300
24	2.40	100	2400
25	2.40	100	2500
26	2.30	100	2600
27	2.30	100	2700
28	2.30	100	2800
29	2.30	100	2900

30	2.20	100	3000
31	2.20	100	3100
	2.20	100	3300
32	2.20	100	3400
33	2.20	100	3500
34	2.20	100	3600
35	2.20	100	3700
36	2.20	100	3800
37	2.10	100	3900
38	2.10	100	4000
39	2.10	100	4100
40	2.10	100	4200
41	2.10	100	4300
42	2.10	100	4400
43	2.10	100	4500
44	2.10	100	4600
45	2.10	100	4700
46	2.10	100	4800
47	2.10	100	4900
48	2.10	100	5000
49	2.10	100	5100
50	2.10	100	5200
51	2.10	100	5300
52	2.10	100	5400
53	2.10	100	5500
54	2.10	100	5600
55	2.00	100	5700
56	2.00	100	5800
57	2.00	100	5900
58	2.00	100	6000
59	2.00	100	6100
60	2.00	100	6200
61	2.00	100	6300
62	2.00	100	6400
62	2.00	100	6200
63	2.00	100	6300
64	2.00	100	6400
65	2.00	100	6500
66	2.00	100	6600
67	2.00		6700

Tabla 9: Lectura de valores Min. del Iri < a 2m/km - carril izquierdo km 79+000 al km 102+600.

<b>Lectura de valores Min. del Iri (&lt; a 2.0m/km)</b>			
Ítem	IRI (m/km)	Distancia entre	Distancia acumulada
	1.90	100	
1	1.90	100	100
2	1.90	100	200
3	1.90	100	300
4	1.90	100	400
5	1.90	100	500
6	1.90	100	600
7	1.90	100	700
8	1.90	100	800
9	1.90	100	900
10	1.90	100	1000
11	1.90	100	1100
12	1.90	100	1200
13	1.90	100	1300
14	1.80	100	1400
15	1.80	100	1500
16	1.80	100	1600
17	1.80	100	1700
18	1.80	100	1800
19	1.80	100	1900
20	1.80	100	2000
21	1.80	100	2100
22	1.80	100	2200
23	1.80	100	2300
24	1.80	100	2400
25	1.80	100	2500
26	1.80	100	2600
27	1.70	100	2700
28	1.70	100	2800
29	1.70	100	2900

30	1.70	100	3000
31	1.70	100	3100
32	1.70	100	3200
33	1.70	100	3300
34	1.70	100	3400
35	1.70	100	3500
36	1.70	100	3600
37	1.70	100	3700
38	1.70	100	3800
39	1.70	100	3900
40	1.70	100	4000
41	1.70	100	4100
42	1.70	100	4200
43	1.70	100	4300
44	1.70	100	4400
45	1.60	100	4500
46	1.60	100	4600
47	1.60	100	4700
48	1.60	100	4800
49	1.60	100	4900
50	1.60	100	5000
51	1.60	100	5100
52	1.60	100	5200
53	1.60	100	5300
54	1.60	100	5400
55	1.60	100	5500
56	1.60	100	5600
57	1.60	100	5700
58	1.60	100	5800
59	1.50	100	5900
60	1.50	100	6000
61	1.50	100	6100
62	1.50	100	6200
63	1.50	100	6300
64	1.50	100	6400
65	1.50	100	6500
66	1.50	100	6600
67	1.50	100	6700
68	1.50	100	6800
69	1.50	100	6900
70	1.50	100	7000

71	1.50	100	7100
72	1.50	100	7200
73	1.50	100	7300
74	1.50	100	7400
75	1.50	100	7500
76	1.50	100	7600
77	1.40	100	7700
78	1.40	100	7800
79	1.40	100	7900
80	1.40	100	8000
81	1.40	100	8100
82	1.40	100	8200
83	1.40	100	8300
84	1.40	100	8400
85	1.40	100	8500
86	1.30	100	8600
87	1.30	100	8700
88	1.30	100	8800
89	1.30	100	8900

Fuente: Elaboración propia

### **Interpretación:**

Dado los resultados, se puede decir que, entre los valores máximos obtenidos durante el sondeo en ambos carriles, existen puntos individuales en los que los valores están por encima de lo establecido en el contrato del servicio en mención, pero también se puede apreciar que lo valores mínimos obtenidos durante el sondeo en ambos carriles mantienen la secuencia con valores óptimos.

#### **4.4 Objetivo específico 3**

Determinar analíticamente la funcionalidad y serviciabilidad del pavimento flexible bajo las normas vigentes.

El término de rugosidad está estrechamente ligado con la parte conceptual del nivel de servicio de una carretera. Cuando se tiene menor irregularidad de la superficie de rodadura, la rugosidad será minoritaria, por el cual, el pavimento tendrá la capacidad de desarrollar un alto nivel de servicio. Por lo opuesto, cuanto más irregular la superficie del pavimento, la rugosidad será mayor y la vía tendrá un menor nivel de servicio.

En relación a ello, y para la determinación analítica del PSI se relacionará la rugosidad con el índice de servicio, la correlación que se desarrolló usando los datos obtenidos en el “Ensayo internacional sobre rugosidad en caminos” realizados en Brasil en 1982, la misma que es planteada en el programa HDM y a continuación se presenta la siguiente ecuación:

Tabla 10: Ecuación Paterson

$$PSI = 5 \times e^{\left(\frac{-IRI}{5.5}\right)}$$

Fuente: Programa HDM Paterson - elaboración propia

Dónde:

IRI en m/km, Modelo HDM-III Paterson

Los rangos para la calificación de la serviciabilidad se presentan a continuación:

Tabla 11: Clasificación del PSI.

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calidad
4 - 5	Muy Buena
3 - 4	Buena
2 - 3	Regular
1 - 2	Mala
0 - 1	Pésima

Fuente: (AASHTO, 1993), elaboración propia

Tabla 12: Resultados promedio, correlación y la serviciabilidad del pavimento flexible, carril derecho.

<b>DETERMINACIÓN ANALÍTICA DEL PSI Y LA CORRELACIÓN DEL SERVICIO DEL PAVIMENTO</b>			
Tramo: Puente Herrería- Yanango – carril derecho – Progresiva: km 79+000 al km 102+600			
Iri promedio (m/km)	Iri Proyecto (m/km)	Correlación PSI	Calidad PSI (AASHTO 1993)
<b>1.94</b>	<b>2.5</b>	<b>3.51</b>	<b>BUENA</b>

Fuente: elaboración propia

Tabla 13: Resultados promedio, correlación y la serviciabilidad del pavimento flexible, carril izquierdo.

<b>DETERMINACIÓN ANALÍTICA DEL PSI Y LA CORRELACIÓN DEL SERVICIO DEL PAVIMENTO</b>			
Tramo: Yanango – Puente Herrería- carril izquierdo – Progresiva: km 102+600 al km 79+000			
Iri promedio (m/km)	Iri Proyecto (m/km)	Correlacion PSI	Calidad PSI (AASHTO 1993)
<b>1.92</b>	<b>2.5</b>	<b>3.52</b>	<b>BUENA</b>

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:**

Los resultados obtenidos durante la medición del sondeo de rugosidad de ambos carriles, guardan relación con el promedio que exige el servicio. Así mismo, de acuerdo a la norma internacional “Norma ASTM 1926, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”. Y con la “AASHTO--, 1993”, en cuanto a la correlación del PSI, para ambos carriles arroja la determinación de una serviciabilidad de calidad BUENA.

## V. DISCUSIÓN

Esta investigación insertó como:

### 5.1 Objetivo General

Evaluar el índice de rugosidad y determinar la regularidad funcional del pavimento flexible de la carretera Yanango puente Herrería - Junín 2022.

En su estudio (Villanueva y Noriega, 2019), usó dos tipos de equipos para hallar la comparación de los resultados de la regularidad del pavimento flexible a través del índice de rugosidad con un equipo de alto rendimiento de primera clase y el equipo tradicional Merlín, teniendo como resultado de su investigación: uso del Merlín (4.54 m/km hasta 6.32 m/km), uso del equipo perfilómetro laser (4.5 m/km hasta 6.0 m/km).

El autor (Carhuapoma, 2019), Consideró en su estudio usar el equipo Merlín establecido por la norma ASTM E 950 con la finalidad de determinar la serviciabilidad a través del índice de rugosidad del pavimento, teniendo como resultado de su evaluación: (IRI) de 3.78 m/km con un índice de serviciabilidad presente (PSI) de 2.65 y considerado como calidad REGULAR al pavimento estudiado.

Teniendo en cuenta el uso de los equipos usados en su investigación de (Villanueva y Noriega, 2019 y Carhuapoma, 2019), ésta investigación muestra un intervalo en el tipo de equipo usado, ya que el Roghometer III, está considerado como equipo de clase 3 y que forma parte de los equipos de alto rendimiento ya que está fabricado para hacer el sondeo recomendado entre 40km/h a 60km/h.

El resultado del sondeo en el pavimento fue de (1.94 y 1.92 m/km) considerando la funcionalidad y regularidad OBJETIVA.

### 5.2 Objetivo 1

En el primer objetivo, el de Evaluar el índice de rugosidad de la superficie de rodadura del pavimento flexible en las carreteras de Yanango al puente Herrería en Junín, usando el equipo de clase 3 (Roughometer III), (Román, 2020) hallando la evaluación para determinar la regularidad del pavimento, y usando equipos de

primera y segunda clase, plantea valores para la incorporación a las especificaciones Técnicas Generales para la Construcción en Guatemala, como son:

- Aeropuertos y autopistas nuevas con un Iri = (0-2.5m/km) a una velocidad de 100km/h.
- Pavimentos existentes con un Iri = (2.5 a 4m/km) a una velocidad de 80km/h.
- Pavimentos dañados con un Iri = (4 a 6m/km) a una velocidad de 60km/h.

En esta investigación se realizó la medición de rugosidad para verificar la regularidad del pavimento, utilizando el equipo roughometer de clase III, ésta guarda relación con la investigación del autor ya que, para ambas investigaciones, se usaron equipos de altos rendimiento, los mismos que permiten medir longitudes grandes en corto tiempo.

Para (Zegarra y Arocutipa, 2021), los resultados de su investigación fueron desarrollados utilizando el equipo Merlín y aplicativos de tecnología como el Smartphone en una longitud de 3.78km de la carretera TA-615, tramo: Puente el Peligro – Emp. PE-40, en Tacna, hallando la rugosidad con el equipo Merlín en los carriles derecho e izquierdo, obteniendo un Iri: 3.63 m/km, 3.41 m/km, mientras que con el Smartphone y aplicativo ROADROID se obtuvo: Iri= 3.73 m/km y 3.44 m/km.

A diferencia del autor, ésta investigación usó el equipo incorporado en el vehículo teniendo en cuenta la instalación y los pasos a seguir durante la calibración tal cual exige el manual, dando credibilidad durante el desarrollo del sondeo, si bien es cierto, la comparación que hace el autor en cuanto a l resultado de los valores no hay mucha lejanía entre uno y el otro, pero respecto al uso del Smartphone, no existe ninguna norma internacional que garantice el uso de aplicativos móviles para medir la rugosidad de un pavimento flexible.

### 5.3 Objetivo 2

En cuanto al segundo objetivo específico: La regularidad del pavimento flexible, el promedio y los rangos máximos y mínimos. (Carhuapoma, 2019), desarrolló su investigación usando el equipo Merlín en la carretera Cerro de Pasco en Yanahuanca, con el fin de determinar la serviciabilidad mediante el índice de rugosidad, donde obtuvo como resultado: rangos de valores del IRI y el PSI entre máximos y mínimos, desviación estándar y los promedios en general:

- IRI Max = 9.60m/km = Muy Malo
- IRI Min = 1.45m/km = Bueno
- IRI Promedio 3.78
- Desviación estándar = 1.97
- PSI Max = 3.84 = Bueno
- PSI Min = 0.87 = Muy Malo

Por ejemplo (Tingal, 2021), en su investigación, obtuvo como resultado:

- IRI Promedio = 1.07 m/km
- Límites absolutos: Min = 0.81  
Max = 1.71
- Desviación estándar = 0.27
  
- IRI Promedio = 1.10 m/km
- Límites absolutos: Min = 0.97  
Max = 1.27
- Desviación estándar = 0.10

A diferencia de los resultados de (Carhuapoma, 2019) y (Tingal, 2021), la investigación presente obtuvo el promedio: IRI = 1.92 y 1.94 m/km, los rangos del IRI entre (máx. = 4.20 y 4.60 m/km, Min. = 1.10 m/km, con una desviación E. = 0.46 y 0.50). Precizando la escala de valores que plantea la Norma ASTM 1926, la condición del pavimento indica el estado BUENO.

### 5.4 Objetivo 3

El tercer objetivo fue: Determinar analíticamente la funcionalidad y serviciabilidad del pavimento flexible bajo las Normas vigentes.

Según (Tingal, 2021), precisó en su investigación la importancia de relacionar la rugosidad del pavimento y el índice de serviciabilidad, teniendo en cuenta las fases del diseño y tipo de intervención en un proyecto de carreteras. Los resultados del análisis respecto a la funcionalidad y el índice del servicio tuvieron como resultado:

- Calzada 01 - PSI = 4.12 - Calidad muy Buena
- Calzada 02 - PSI = 4.09 - Calidad muy Buena

En cambio para (De la Cruz et al., 2021), su investigación fue de suma importancia para determinar el índice de serviciabilidad considerando también la capacidad estructural de la sub rasante, sub base y base, concluyendo que estructuralmente el pavimento estudiado cumple con las normas EG-2013 y, teniendo como serviciabilidad: (PSI: 3.41 = Calidad BUENA).

En relación (Tingal, 2021) y (De la Cruz et al., 2021) los resultados de esta investigación, concluyeron la vinculación y cercanía de los valores obtenidos según la clasificación del índice serviciabilidad que establece la Guía AASTHO 93, con un (PSI: 3.51 y 3.52) considerando el estado del pavimento en condiciones óptimas y de calidad BUENA, además, relacionando a los parámetros que establece las normas vigentes peruanas como la EG -2013 y el manual de carreteras MTC2014, 2018.

## VI. CONCLUSIONES

6.1 Se obtuvo el sondeo de ambos carriles izquierdo y derecho partiendo del km 79+000 al km 102+600, de la carretera Yanango al puente Herreria,

Los resultados fueron:

- Iri promedio = 1.94 m/km carril derecho
- Iri promedio = 1.92 m/km carril izquierdo
- Iri proyecto = 2.5 m/km
- Funcionalidad y regularidad del pavimento = Objetiva.

6.2 Se ejecutó los ensayos haciendo uso del equipo roughometer de clase III.

Para la evaluación se ha tenido en cuenta todos los parámetros y precisiones que establece el manual del equipo de marca (Arrab) a la hora de la instalación y calibración.

Los resultados promedios encontrados están ligados al comportamiento de una estructura de pavimento nuevo a través de la ejecución de re conformación del perfil longitudinal mediante la colocación de una carpeta asfáltica.

Considerando los valores del Iri requerido por parte del contrato al término de su ejecución y además de tener en cuenta que la carretera es de primera clase según el servicio del proyecto y la tabla N° (433 – 04, EG -2013), podemos concluir que respecto a la regularidad y funcionalidad del servicio de la carretera estudiada cumple objetivamente bajo los parámetros antes mencionados, (iri= 2.94 C/Der., 2.92 C/Izq.), cumpliendo así el objetivo 1 relacionado con la hipótesis específico 1.

6.3 Durante los resultados obtenidos en el sondeo de los 23.60km de ambos carriles, se pudo identificar los valores máximos y mínimos del iri, donde reflejan puntos individuales de los que están por encima de lo establecido en el contrato del servicio. Para hallar los promedios se consideró la eliminación de los eventos registrados durante la medición como gibas, barras alertadoras, puentes, badenes, y alcantarillas (iri Max =4.60, 4.20, Min =1.10).

Se concluyó que debido a la identificación de los valores individuales altos del iri, fue generalmente a los cambios de pendientes verticales, curvas cerradas y

curvas de desarrollo de la misma geometría que presenta la vía. De esta manera se cumplió con el objetivo 2 relacionado a la hipótesis específica 2.

6.4 Hallando el valor del promedio del iri a través del sondeo de ambos carriles, se procedió a determinar analíticamente la correlación del índice de serviciabilidad, entendiendo que el PSI es una medida del confort y la convivencia del usuario a la hora del recorrido. Para ello se aplicó la ecuación que planteó en el programa de HDM, modelo de Paterson en 1982, Brasil (Guía AASTHO), (ver figura N°25), teniendo como resultado ( $PSI = 3.51$  C/Der y  $3.52$  C/Izq.). Por ello, se llegó a la conclusión que, la condición de la serviciabilidad y funcionalidad del pavimento estudiado en ambos carriles según el PSI, su clasificación se ubicó en Calidad Buena, cumpliéndose así el objetivo 3 relacionado a la hipótesis específica 3

## VII. RECOMENDACIONES

7.1 Culminando los análisis de los resultados de ésta investigación, se pone como planteamiento las siguientes recomendaciones:

Para realizar la medición de rugosidad y determinar la funcionalidad del pavimento flexible, se debe tener en cuenta los antecedentes y el tipo de intervención que tiene la carretera a estudiar, sobre todo, tener en cuenta si el pavimento es nuevo, pavimento reforzado y periodo del servicio de acuerdo la tabla (433-04 – EG 2013).

7.2 Debido que las carreteras viales a lo largo de todos los departamentos del Perú en su mayoría, presentan longitudes grandes a través de concesiones con el estado y otras con servicios de mantenimiento periódico y rutinario en sus diferentes niveles, desde carreteras de trochas carrozables, tratamientos superficiales, reciclados y pavimentos nuevos, y que todos ellos se miden en su mayoría por niveles de servicio, por ello, se recomienda usar equipos de alto rendimiento entre ellos el (roughometer III) con la finalidad de optimizar tiempo y recursos. .

7.3 Durante el sondeo de la medición con el equipo roughometer III, se recomienda tomar nota de los eventos que no debe ser considerado en la lectura como es el caso de gibas, barras alertadoras, puentes, badenes, alcantarillas entre otros. Es recomendable puntualizar los valores altos del iri de manera individual, con la finalidad de monitorear y darle la intervención requerida a la vía.

7.4 Es fundamental correlacionar los valores promedios del iri con el PSI, ya que índice del servicio es obtenido de las medidas de rugosidad y daños del pavimento, esto permitirá evaluar de manera objetiva.

Debido a la geometría sinuosa y radios restringidos en nuestro país, se recomienda a las entidades estatales precisar en los términos de referencia o contratos de los servicios de carreteras, tomar como evento los umbrales del iri

obtenidos en curvas verticales y curvas de desarrollo, o en su defecto, usar equipos como el Merlín o equipos topográficos estacionarios.

## ● REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[ISSN], Instituto Mexicano del Transporte. 1998. *Consideraciones para modernizar la infraestructura del transporte nacional*. Mexico : Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones, 1998.

[MTC], Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. *Mantenimiento o Conservación Vial Parte IV*. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

AASHTO. 1993. *Diseño de Estructuras de Pavimentos*. s.l. : Guía AASHTO, 1993.

Arrab Group Roughometer III. 2013. *Manual de Usuario*. Australia : Arrab Group, 2013.

Artigas y Robles. 2010. *Metodología de la investigación, Una discusión necesaria en Universidades Zulianas*. México : Repositorio Universitario DGTIC UNAM, 2010.

ASTM E867. 2006. *Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems*. EE.UU : Comité E17 - ASTM, edición 2006 , 2006.

Baena, Guillermina. 2018. *Metodología de la investigación*. México : Grupo Editorial , 2018.

Bonilla y Rodríguez. 2005. *Manejo de datos cualitativos*. In B. E & P. Rodríguez (Eds.), *Más allá del dilema de los métodos*. Bogotá : Universidad de los Andes: Grupo Editorial Norma, 2005.

Caminos, Dirección de. 2017. *Plan Anual* . Guatemala : Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, 2017.

Campos, Cesar. 2020. *Análisis Y Evaluación de la Condición Superficial del pavimento para la conservación de la Av. Túpac Amaru – San Agustín de Cajas, Huancayo*. Lima : Universidad San Ignacio de Loyola, 2020.

Carhuapoma, Yimmy. 2019. *Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca*. Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019.

De la Cruz et al. 2021. *Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro*. Lima : Revista Infraestructura Vial/ Laname UCR/ ISSN electrónico: 2215-3705. Volúmen 24/Número 43, 2021.

**Díaz y Ramirez. 2021.** *Estudio de la Correlación del Índice de estado "Iri" Índice de Rugosidad Internacional, respecto de la capacidad estructural del pavimento, específicamente con los cuencos de deflexión para concesiones de cuarta generación "4G".* Bogotá : Universidad Santo Tomas Bogotá, 2021.

**Fernandez, Yony. 2018.** *Aplicación del sistema de gestión de pavimentos para mejorar la conservación y serviciabilidad del pavimento - Juliaca.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2018.

**Gonzalo y Beingolea. 2021.** *Aplicación del smartphone y el rugosímetro de merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. internacional, Tacna.* Tacna : Universidad Privada de Tacna, 2021.

**Hernandez, Julián. 2018.** *Determinar el Índice de Rugosidad Iri y desarrollar un manual para el equipo Merlín.* s.l. : Universidad de Venezuela, 2018.

**Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos [MTC],2013. 2013.** *Especificaciones Generales para la Construcción, EG-2013.* s.l. : Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013.

*Metodología de la investigación: Una discusión necesaria en las Universidades Zulianas.* **Artigas y Robles. 2010.** México : Repositorio Universitario DGTIC, 2010.

**Norma ASTM. 1926.** *Standard Practice for Computing International.* EE.UU : ASTM 1926, 1926.

**Ortiz, Raul. 2019.** *Validez de contenido y de onstructo y confiabilidad de consistencia interna del cuestionario de clima organizacional eloaborado por la zona registral N° II, Sunarp.* Chiclayo : UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, 2019.

**Ramos, Leonardo. 2018.** *Estudio del Índice de Regularidad Internacional en vías pavimentadas mediante el uso del perfilómetro láser Romdas.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2018.

**Revista de la Construcción. 2006.** *Escuela de Construcción civil .* Chile : Pontificia Universidad Católica de Chile Santiago, 2006. págs. 16-22.

**Román, Maxelio. 2020.** *Metodología Para El Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (Iri) y Su Aplicación en Pavimentos Flexibles.* Universidad de San Carlos de Guatemala . Guatemala : s.n., 2020.

**Sánchez et al. 2018.** *Manual de terminos en investigacion cientifica.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.

**Sanchez y Reyes. 2015.** *Metodología y Diseños en la Investigación Científica.* Lima : Bussiness Support, 2015.

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

**Villanueva y Noriega. 2019.** *Análisis De La Variación Del Índice De Regularidad Internacional (Iri) En Función De Variables Constructivas Y Geométricas En Vías Menores.* Lima : Universidad Ricardo Palma , 2019.

**Zegarra y Arocutipa. 2021.** *Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera ta-615, tramo: Puente el Peligro – Emp. PE-40, Tacna.* Tacna : Universidad Privada de Tacna , 2021.

# ANEXO

## Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: "Evaluación funcional del pavimento flexible y la tecnología de la medición de Rugosidad de la carretera Yanango -Puente Herrería - Junín 2022"						
Autor: Ibarquen Gutierrez, Mirleth Gandy						
VARIABLES	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidad de medida
Variable independiente (Y) Análisis en la medición funcional del pavimento flexible	<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuáles son los indicadores de la evaluación de un pavimento flexible respecto a la regularidad y serviciabilidad funcional?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Evaluar el índice de rugosidad y determinar la funcionalidad de la regularidad del pavimento flexible de la carretera Yanango - Puente Herrería - Junín 2022.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El índice de rugosidad influye en la regularidad funcional del pavimento flexible de la carretera Yanango -Puente Herrería - Junín 2022.</p>	Pavimento flexible	ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD	<p>Norma: ASTM E 867 "Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics"</p> <p>Banco Mundial (m/km)</p>
Variable Dependiente (X): Tecnología en la medición del índice de rugosidad en la carretera Yanango -	<p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cómo se determina la regularidad funcional de un pavimento?</p>	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Evaluar el índice de rugosidad de la superficie de rodadura del pavimento flexible en las carreteras de Yanango a Puente Herrería en Junín, usando el equipo de clase 3 (Roughometer III).</p>	<p><b>Hipótesis específica:</b></p> <p>El equipo de Rugosidad de clase III, se instalará para registrar los desplazamientos acumulativos del eje posterior inducido al vehículo</p>	Superficie de rodadura	IRI	m/km

Puente Herrería - Junín 2022”	¿Qué normas vigentes garantizan los resultados de la evaluación funcional de la carretera Yanango - Puente Herrería - Junín 2022?	La regularidad del pavimento flexible, el promedio y los rangos máximos y mínimos	A menor irregularidad de la superficie de rodadura, la rugosidad del pavimento será menor.	Superficie de rodadura	Operación del IRI, promedio, (Máx y Min)	Norma ASTM 1926
	¿Cuál será el resultado de la evaluación funcional del pavimento flexible?	Determinar analíticamente la funcionalidad del pavimento flexible bajo las Normas vigentes.	Correlacionar la determinación analítica del PSI para determinar el índice de servicio del pavimento con el Equipo de Rugosidad de clase III.		Correlación del índice del Servicio del pavimento	PSI (0-5) Norma: AASHTO 1993

## Anexo 02: Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA INTERVALO
<p>Variable independiente (Y)</p> <p>Análisis en la medición funcional del pavimento flexible</p>	<p>La especificación ASTM E-867, "Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics", determina en su definición de Regularidad a la desviación de una superficie de pavimento de una superficie plana teórica, con magnitudes que alteran la dinámica de un vehículo y la calidad al manejar (ASTM, 1995). Por lo tanto, el Índice de Regularidad Internacional IRI puede entenderse conllevando a un indicador de estadística para ver la irregularidad de un pavimento, el que representa la diferenciación en relación a los perfiles longitudinales de una determinada superficie.</p>	<p>En 1986, el Banco Mundial, fundamentó la medición de escalas para pavimentos de concreto asfáltico y tratamientos superficiales, como también vías de bajo tránsito como carreteras afirmadas, trochas carrozables, etc. La norma ASTM, presentó las escalas de medición de (0 - 12 m/km)</p>	<p><b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b></p>	<p><b>INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD</b></p>	<p>Porcentaje: 0 = Min Max = 100%</p>
<p>Variable Dependiente (X):</p> <p>Tecnología en la medición del índice de rugosidad en la</p>	<p>A nivel nacional, los niveles de servicio determinan la calificación y la cuantificación del estado de una red vial, de las que generalmente se usan como</p>	<p>Los resultados de la</p>			<p><b>OPERACIÓN DEL IRI</b></p>

carretera Yanango - Puente Herrería - Junín 2022	límites admisibles de los que evolucionan progresivamente según la condición de la superficie, funcional, estructural y de seguridad, siendo éstas con variaciones de acuerdo a factores técnico y económicos bajo la estructura de satisfacción del usuario (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] ,2014).	medición de la regularidad del pavimento se correlaciona con los valores que establece (la tabla 433-04), del Manual de carreteras, EG -2013, según el tipo de carretera.	<b>RODADURA</b>	<b>IRI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Muy bueno</li> <li>● Bueno</li> <li>● Malo</li> <li>● Muy malo</li> </ul>
			Clasificación de la serviciabilidad de la carretera según las Normas Peruanas (MTC)	<b>Operación del IRI - Promedio (Máx y Min)</b>	<b>Promedio, Porcentaje: 0 = Min Max = 100%</b>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>● Muy bueno</li> <li>● Bueno</li> <li>● Malo</li> <li>● Muy malo</li> </ul>
				<b>Correlación del índice del Servicio del pavimento</b>	<b>Correlación: IRI Y PSI</b>

Anexo 03: Matriz de discusión

TÍTULO: "Evaluación funcional del pavimento flexible y la tecnología de la medición de Rugosidad de la carretera Yanango -Puente Herrería - Junín 2022"																	
MATRIZ DE DISCUSIÓN																	
Autor: Ibarquén Gutiérrez, Mirleth Gandy																	
VARIABLES	Problema	Objetivos	Hipótesis	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ANTECEDENTES		MARCO CONCEPTUAL		NORMAS		TESIS	COMENTARIO			
	GENERAL	BOJETIVOS	GENERAL				Internacionales	Nacionales	Internacionales	Nacionales	Internacionales	Nacionales					
VI: Análisis en la medición funcional del pavimento flexible  VD: Tecnología en la medición del índice de rugosidad en la carretera Yanango - Puente Herrería - Junín 2022"	¿Cuáles son los indicadores de la evaluación de un pavimento flexible respecto a la regularidad y funcional?	Evaluar el índice de rugosidad y determinar la regularidad funcional del pavimento flexible de la carretera Yanango -Puente Herrería - Junín 2022.	El índice de rugosidad influye en la regularidad funcional del pavimento flexible de la carretera Yanango -Puente Herrería - Junín 2022	Pavimento flexible	Índice Internacional de Rugosidad	m/km	(Román, 2020), Rangos máximos y mínimos (0 a 2.5 m/km a 100km/h) , (2.5 a 4 m/km a 80km/h) y (4 a 6 m/km a 60km/h).	Villanueva y Noriega, (2019), Merlín = 4.54 m/km hasta 6.32 m/km, perfilómetro laser = 4.5 m/km hasta 6.0 m/km.	ASTM Internacional, "Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements = 0 a 12 m/km	EG -2013, MTC/14: IRI = 0 A 6.0 m/km	Guía AASHTO 1993	RD N° 05-2016-MTC/14 (25.02.2016)	Metodología Para El Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (Iri) y Su Aplicación en Pavimentos Flexibles de Guatemala	Esta investigación muestra un intervalo en el tipo de equipo usado, ya que el Roghometer III, está considerado como equipo de clase 3 pero que es parte de los equipos de alto rendimiento ya que está fabricado para hacer el sondeo recomendado entre 40km/h a 60km/h.			
							(Hernández, 2018) , 2.4<IRI<15.9										
								(Díaz y Ramirez, 2021), IRI y Deflexiones	Zegarra y Arocutipá (2021), Merlín: Iri: 3.63 m/km, 3.41 m/km, Smartphone y aplicativo ROADROID : Iri= 3.73 m/km y 3.44 m/km	Norma ASTM 1926, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements".	Manual Técnico de Inventario Vial Calificado elaborado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones MTC	"Norma ASTM 1926, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements"	Especificaciones Generales para la Construcción - EG - 2013	Estudio de la Correlación del Índice de estado "Iri" Índice de Rugosidad Internacional, respecto de la capacidad estructural del pavimento, específicamente con los cuencos de deflexión para concesiones de cuarta generación "4G"	El resultado del sondeo en el pavimento fue de (1.94 y 1.92 m/km) considerando la funcionalidad y regularidad OBJETIVA		
VI: Análisis en la medición funcional del Pavimento	¿Cómo se determina la regularidad funcional de un pavimento?	Evaluar el índice de rugosidad de la superficie de rodadura del pavimento flexible en las carreteras de Yanango a Puente Herrería en Junín, usando el equipo de clase 3 (Roughometer III).	El equipo de Rugosidad de clase III, se instalará para registrar los desplazamientos acumulativos del eje posterior inducido al vehículo.	Superficie de rodadura	Operación del Iri	m/km		(Román, 2020), Rangos máximos y mínimos (0 a 2.5 m/km a 100km/h) , (2.5 a 4 m/km a 80km/h) y (4 a 6 m/km a 60km/h).					Especificaciones Generales para la Construcción - EG - 2015	Metodología Para El Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (Iri) y Su Aplicación en Pavimentos Flexibles de Guatemala	En esta investigación se realizó la medición de rugosidad para verificar la regularidad del pavimento, utilizando el equipo Roughometer de clase III, esta guarda relación con la investigación del autor ya que, para ambas investigaciones, se usaron equipos de altos rendimiento, los mismos que permiten medir longitudes grandes en corto tiempo		
VD: Tecnología en la medición del índice de rugosidad en la carretera Yanango - Puente Herrería - Junín 2022"	¿Qué normas vigentes garantiza los resultados de la evaluación funcional de la carretera Yanango - Puente Herrería - Junín 2022?	La regularidad del pavimento flexible, el promedio y los rangos máximos y mínimos	A menor irregularidad de la superficie de rodadura, la rugosidad del pavimento será menor.	SUPERFICIE DE RODADURA	Operación del IRI - Promedio (Máx y Min)	m/km	(Dirección General de Caminos, 2017). El resultado arrojado en la evaluación está sujeto a las clasificaciones y el tipo de carretera: (Red Vial Primaria = 2.75946 m/km, 2.92035 m/km), (Red Vial Secundaria =3.8924 m/km, 4.06928 m/km), (Red Vial Terciaria = 4.40637 m/km, 4.8029 m/km	(Carhuapoma, 2019), • Iri Max = 9.60m/km = Muy Malo • Iri Min = 1.45m/km = Bueno • Iri Promedio 3.78 • Desviación estándar = 1.97 • Psi Max = 3.84 = Bueno • Psi Min = 0.87 = Muy Malo	Norma ASTM 1926, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements".	Manual Técnico de Inventario Vial Calificado elaborado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones MTC	Guía AASTHO 1993 "Norma ASTM 1926, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements"	Especificaciones Generales para la Construcción - EG - 2013	(Plan Anual 2017, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Guatemala, 2017) (Evaluación del nivel de servicio mediante el índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca-2019)	A diferencia de los resultados de (Carhuapoma, 2019) y (Tingal, 2021), la investigación presente obtuvo el promedio: Iri= 1.92 y 1.94 m/km, los rangos del Iri entre (máx. = 4.20 y 4.60 m/km, Min. =1.10 m/km, con una desviación E. =0.46 y 0.50). Precizando la escala de valores que plantea la Norma ASTM 1926, la condición del pavimento indica el estado BUENO.			
										(Tingal, 2021), • Iri Promedio = 1.07 m/km • Limites absolutos: Min = 0.81 Max = 1.71 • Desviación estándar = 0.27						Análisis del índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca – Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de merlín	
																	Metodología Para El Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (Iri) y Su Aplicación en Pavimentos Flexibles de Guatemala
	¿Cuál será el resultado de la evaluación funcional del pavimento flexible?	Determinar analíticamente la funcionalidad y serviciabilidad del pavimento flexible bajo las Normas vigentes.	Correlacionar la determinación analítica del PSI para determinar el índice de servicio del pavimento con el Equipo de Rugosidad de clase III.	Clasificación de la serviciabilidad de la carretera según las Normas Peruanas (MTC)	Correlación del índice del Servicio del pavimento	PSI = (0-5) Norma: AASHTO 1993 - EG- 2013	(Román, 2020), Rangos máximos y mínimos (0 a 2.5 m/km a 100km/h) , (2.5 a 4 m/km a 80km/h) y (4 a 6 m/km a 60km/h.)	(Tingal, 2021), Calzada 01 - PSI = 4.12 - Calidad muy Buena • Calzada 02 - PSI = 4.09 - Calidad muy Buena					Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno				

**Anexo 04:** Resultados de la medición general de sección y registro de eventos, carril derecho

Field Data Sheet: 01											
ROAD NAME: PUENTE HERRERÍA A YANANGO											
SURVEY DATE: 01/11/2021								TIME: 11:26:39			
TRAVEL DIRECTION: CARRIL DERECHO											
REFERENCE: SALIDA DEL PUENTE HERRERÍA											
VEHICLE:							Camioneta 4x4	4 WHEEL DRIVE			
OPERATOR:							Joselito Perez				
LEAD IN:							150m				
Road Condition: pavimento flexible de 5cm aproximadamente											
Presenta uniformidad en general de la vía, con ligero flujo vehicular, y caída de talud inferior en el km 85+500											
Section SubDist TotDist Excell Good Fair Poor Bad Events											
1	0.100	0.100	X	UnderSpeed x 1							
1	0.200	0.200	X								
1	0.300	0.300	X								
1	0.400	0.400	X	UnderSpeed x 1							
1	0.500	0.500	X	UnderSpeed x 1							
1	0.600	0.600	X	UnderSpeed x 1							
1	0.700	0.700	X	UnderSpeed x 1							
1	0.800	0.800	X	UnderSpeed x 1							
1	0.900	0.900	X								
1	1.000	1.000	X								
1	1.100	1.100	X								
1	1.200	1.200	X	UnderSpeed x 1							
1	1.300	1.300	X	UnderSpeed x 1							
1	1.400	1.400	X	UnderSpeed x 1							
1	1.500	1.500	X	UnderSpeed x 1							
1	1.600	1.600	X	UnderSpeed x 1:EventA1							
1	1.700	1.700	X	UnderSpeed x 1							
1	1.800	1.800	X	UnderSpeed x 1							
1	1.900	1.900	X	UnderSpeed x 1							
1	2.000	2.000	X	UnderSpeed x 1							
1	2.100	2.100	X								
1	2.200	2.200	X	UnderSpeed x 1							

1	2.300	2.300	X		UnderSpeed x 1				
1	2.400	2.400	X		UnderSpeed x 2:EventA2				
1	2.500	2.500	X		UnderSpeed x 1				
1	2.600	2.600	X		UnderSpeed x 1				
1	2.700	2.700	X		UnderSpeed x 1				
1	2.800	2.800	X		UnderSpeed x 1				
1	2.900	2.900	X		UnderSpeed x 1				
1	3.000	3.000	X		UnderSpeed x 1:EventA3				
1	3.100	3.100	X		UnderSpeed x 1				
1	3.200	3.200	X		UnderSpeed x 1:EventA4				
1	3.300	3.300	X		UnderSpeed x 1:EventA5:EventA6				
1	3.400	3.400	X		UnderSpeed x 1				
1	3.500	3.500	X		UnderSpeed x 1				
1	3.600	3.600	X		UnderSpeed x 1:EventA7				
1	3.700	3.700		X	UnderSpeed x 1:EventA8				
1	3.800	3.800		X	UnderSpeed x 1:EventA9				
1	3.900	3.900		X	UnderSpeed x 1:EventA10				
1	4.000	4.000		X					
1	4.100	4.100		X	OverSpeed x 1				
1	4.200	4.200		X	UnderSpeed x 1				
1	4.300	4.300		X	UnderSpeed x 1:EventA11				
1	4.400	4.400		X	UnderSpeed x 1:EventA12				
1	4.500	4.500		X	UnderSpeed x 1				
1	4.600	4.600		X	UnderSpeed x 1				
1	4.700	4.700		X	UnderSpeed x 1				
1	4.800	4.800		X	UnderSpeed x 1				
1	4.900	4.900		X	UnderSpeed x 1:EventA13:EventA14				
1	5.000	5.000		X	UnderSpeed x 1:EventA15				
1	5.100	5.100		X	UnderSpeed x 1				
1	5.200	5.200		X	UnderSpeed x 1				
1	5.300	5.300		X	UnderSpeed x 1				
1	5.400	5.400		X	OverSpeed x 1:EventA16				
1	5.500	5.500		X	OverSpeed x 1				
1	5.600	5.600		X	OverSpeed x 1				
1	5.700	5.700		X	OverSpeed x 1				
1	5.800	5.800		X					
1	5.900	5.900		X	OverSpeed x 1				
1	6.000	6.000		X	OverSpeed x 1				
1	6.100	6.100		X	OverSpeed x 1				
1	6.200	6.200		X	OverSpeed x 1				

1	6.300	6.300	X	OverSpeed x 1				
1	6.401	6.401	X	OverSpeed x 1:EventA17				
1	6.501	6.501	X	OverSpeed x 1				
1	6.601	6.601	X					
1	6.701	6.701	X	UnderSpeed x 1				
1	6.801	6.801	X	UnderSpeed x 2:EventA18:EventA19				
1	6.901	6.901	X	UnderSpeed x 1:EventA20:EventA21				
1	7.001	7.001	X					
1	7.101	7.101	X					
1	7.201	7.201	X	OverSpeed x 1				
1	7.301	7.301	X					
1	7.401	7.401	X	OverSpeed x 1				
1	7.501	7.501	X	OverSpeed x 1				
1	7.601	7.601	X					
1	7.701	7.701	X					
1	7.801	7.801	X					
1	7.901	7.901	X					
1	8.001	8.001	X	UnderSpeed x 1:EventA22				
1	8.101	8.101	X	UnderSpeed x 1:EventA23				
1	8.201	8.201	X	UnderSpeed x 1:EventA24:EventA25				
1	8.301	8.301	X	Stopped x 2:UnderSpeed x 1:EventA26				
1	8.401	8.401	X	UnderSpeed x 1:EventA27				
1	8.501	8.501	X					
1	8.601	8.601	X	OverSpeed x 1				
1	8.701	8.701	X	OverSpeed x 2				
1	8.801	8.801	X	OverSpeed x 1				
1	8.901	8.901	X	OverSpeed x 1				
1	9.001	9.001	X	OverSpeed x 1				
1	9.101	9.101	X	OverSpeed x 1				
1	9.201	9.201	X	OverSpeed x 1				
1	9.301	9.301	X	OverSpeed x 1				
1	9.401	9.401	X	OverSpeed x 1				
1	9.501	9.501	X	OverSpeed x 1				
1	9.601	9.601	X	OverSpeed x 1				
1	9.701	9.701	X	EventA28				
1	9.801	9.801	X					
1	9.901	9.901	X					
1	10.001	10.001	X	UnderSpeed x 1:EventA29:EventA30				
1	10.101	10.101	X	UnderSpeed x 1				
1	10.201	10.201	X	UnderSpeed x 1:EventA31				

1	10.301	10.301	X	UnderSpeed x 1				
1	10.401	10.401	X					
1	10.501	10.501	X					
1	10.601	10.601	X	OverSpeed x 1				
1	10.701	10.701	X	OverSpeed x 2				
1	10.801	10.801	X	OverSpeed x 1				
1	10.901	10.901	X	OverSpeed x 1				
1	11.001	11.001	X	OverSpeed x 1				
1	11.101	11.101	X	OverSpeed x 1				
1	11.201	11.201	X	OverSpeed x 1				
1	11.301	11.301	X	OverSpeed x 1				
1	11.401	11.401	X	OverSpeed x 1				
1	11.501	11.501	X	UnderSpeed x 1:OverSpeed x 1:EventA32				
1	11.601	11.601	X	UnderSpeed x 1:EventA33				
1	11.701	11.701	X	UnderSpeed x 1				
1	11.801	11.801	X					
1	11.901	11.901	X	OverSpeed x 1				
1	12.001	12.001	X	OverSpeed x 1				
1	12.101	12.101	X	OverSpeed x 1				
1	12.201	12.201	X	OverSpeed x 1				
1	12.301	12.301	X	OverSpeed x 1				
1	12.401	12.401	X	OverSpeed x 1				
1	12.501	12.501	X	OverSpeed x 1				
1	12.601	12.601	X	OverSpeed x 1				
1	12.701	12.701	X	OverSpeed x 1				
1	12.801	12.801	X	OverSpeed x 1				
1	12.901	12.901	X	UnderSpeed x 1:EventA34:EventA35				
1	13.001	13.001	X					
1	13.101	13.101	X	UnderSpeed x 1				
1	13.201	13.201	X	UnderSpeed x 1:EventA36				
1	13.301	13.301	X	UnderSpeed x 1:EventA37				
1	13.401	13.401	X					
1	13.501	13.501	X					
1	13.601	13.601	X					
1	13.701	13.701	X					
1	13.801	13.801	X	UnderSpeed x 1:EventA38				
1	13.901	13.901	X	UnderSpeed x 1				
1	14.001	14.001	X					
1	14.101	14.101	X					

1	14.201	14.201	X	UnderSpeed x 1				
1	14.301	14.301	X	UnderSpeed x 2:EventA39				
1	14.401	14.401	X	UnderSpeed x 2				
1	14.501	14.501	X	UnderSpeed x 1:EventA40:EventA41				
1	14.601	14.601	X	UnderSpeed x				
1	14.701	14.701	X					
1	14.801	14.801	X					
1	14.901	14.901	X	UnderSpeed x 1				
1	15.001	15.001	X	UnderSpeed x 1				
1	15.101	15.101	X					
1	15.201	15.201	X					
1	15.301	15.301	X					
1	15.401	15.401	X					
1	15.501	15.501	X	UnderSpeed x 1:EventA45				
1	15.601	15.601	X	UnderSpeed x 1				
1	15.701	15.701	X	UnderSpeed x 1				
1	15.801	15.801	X	UnderSpeed x 1:EventA46				
1	15.901	15.901	X					
1	16.001	16.001	X	UnderSpeed x 1				
1	16.101	16.101	X	UnderSpeed x 1				
1	16.201	16.201	X	UnderSpeed x 1:EventA47				
1	16.301	16.301	X	UnderSpeed x 1				
1	16.401	16.401	X	UnderSpeed x 1:EventA48:EventA49				
1	16.501	16.501	X	UnderSpeed x 1				
1	16.601	16.601	X					
1	16.701	16.701	X					
1	16.801	16.801	X	UnderSpeed x 1:EventA50				
1	16.901	16.901	X	UnderSpeed x 1				
1	17.001	17.001	X					
1	17.101	17.101	X					
1	17.201	17.201	X					
1	17.301	17.301	X	UnderSpeed x 1				
1	17.401	17.401	X	UnderSpeed x 1:EventA51				
1	17.501	17.501	X					
1	17.601	17.601	X					
1	17.701	17.701	X					
1	17.801	17.801	X					
1	17.901	17.901	X					
1	18.001	18.001	X	OverSpeed x 1				
1	18.101	18.101	X	OverSpeed x 1				

1	18.201	18.201	X					
1	18.301	18.301	X					
1	18.401	18.401	X					
1	18.501	18.501	X	OverSpeed x 1				
1	18.601	18.601	X	OverSpeed x 1				
1	18.701	18.701	X	OverSpeed x 1				
1	18.801	18.801	X	OverSpeed x 1				
1	18.901	18.901	X	OverSpeed x 1				
1	19.001	19.001	X	OverSpeed x 1				
1	19.102	19.102	X	UnderSpeed x 1:EventA52				
1	19.202	19.202	X	UnderSpeed x 1:EventA53				
1	19.302	19.302	X	UnderSpeed x 1:EventA54:EventA55				
1	19.402	19.402	X	UnderSpeed x 1:EventA56				
1	19.502	19.502	X					
1	19.602	19.602	X	OverSpeed x 1				
1	19.702	19.702	X	OverSpeed x 1				
1	19.802	19.802	X	OverSpeed x 1				
1	19.902	19.902	X	OverSpeed x 1				
1	20.002	20.002	X	OverSpeed x 1				
1	20.102	20.102	X	OverSpeed x 1				
1	20.202	20.202	X	OverSpeed x 1				
1	20.302	20.302	X	OverSpeed x 1				
1	20.402	20.402	X	OverSpeed x 1				
1	20.502	20.502	X	OverSpeed x 1				
1	20.602	20.602	X	OverSpeed x 1				
1	20.702	20.702	X	OverSpeed x 1				
1	20.802	20.802	X	OverSpeed x 1				
1	20.902	20.902	X	OverSpeed x 1				
1	21.002	21.002	X	OverSpeed x 1:EventA57:EventA58				
1	21.102	21.102	X					
1	21.202	21.202	X	OverSpeed x 1:EventA59:EventA60				
1	21.302	21.302	X	OverSpeed x 1:EventA61				
1	21.402	21.402	X	OverSpeed x 1				
1	21.502	21.502	X	OverSpeed x 1				
1	21.602	21.602	X					
1	21.702	21.702	X	UnderSpeed x 1				
1	21.802	21.802	X	UnderSpeed x 1:EventA62				
1	21.902	21.902	X					
1	22.002	22.002	X					
1	22.102	22.102	X	UnderSpeed x 1:EventA63				

1	22.202	22.202		X	UnderSpeed x 1:EventA64				
1	22.302	22.302	X		UnderSpeed x 1:EventA65:EventA66				
1	22.373	22.373		X	UnderSpeed x 1				

<b>Field Data Sheet: 01</b>									
<b>ROAD NAME:</b> PUENTE HERRERÍA A YANANGO									
<b>SURVEY DATE:</b> 01/11/2021								<b>TIME:</b> 11:26:39	
<b>TRAVEL DIRECTION:</b> CARRIL DERECHO									
<b>REFERENCE:</b> SALIDA DEL PUENTE HERRERÍA									
<b>VEHICLE:</b>						Camioneta 4x4	4 WHEEL DRIVE		
<b>OPERATOR:</b>						Joselito Perez			
<b>LEAD IN:</b>						150m			
<b>Road Condition:</b> pavimento flexible de 5cm aproximadamente									
Presenta uniformidad en general de la vía, con ligero flujo vehicular, y caída de talud inferior en el km 85+500									
Section SubDist TotDist Excell Good Fair Poor Bad Events									
1	0.100	0.100		X	UnderSpeed x 1				
1	0.200	0.200		X					
1	0.300	0.300		X					
1	0.400	0.400		X	UnderSpeed x 1				
1	0.500	0.500		X	UnderSpeed x 1				
1	0.600	0.600		X	UnderSpeed x 1				
1	0.700	0.700		X	UnderSpeed x 1				
1	0.800	0.800		X	UnderSpeed x 1				
1	0.900	0.900		X					
1	1.000	1.000		X					
1	1.100	1.100	X						
1	1.200	1.200		X	UnderSpeed x 1				
1	1.300	1.300		X	UnderSpeed x 1				
1	1.400	1.400		X	UnderSpeed x 1				
1	1.500	1.500		X	UnderSpeed x 1				
1	1.600	1.600		X	UnderSpeed x 1:EventA1				
1	1.700	1.700		X	UnderSpeed x 1				

1	1.800	1.800	X	UnderSpeed x 1				
1	1.900	1.900	X	UnderSpeed x 1				
1	2.000	2.000	X	UnderSpeed x 1				
1	2.100	2.100	X					
1	2.200	2.200	X	UnderSpeed x 1				
1	2.300	2.300	X	UnderSpeed x 1				
1	2.400	2.400	X	UnderSpeed x 2:EventA2				
1	2.500	2.500	X	UnderSpeed x 1				
1	2.600	2.600	X	UnderSpeed x 1				
1	2.700	2.700	X	UnderSpeed x 1				
1	2.800	2.800	X	UnderSpeed x 1				
1	2.900	2.900	X	UnderSpeed x 1				
1	3.000	3.000	X	UnderSpeed x 1:EventA3				
1	3.100	3.100	X	UnderSpeed x 1				
1	3.200	3.200	X	UnderSpeed x 1:EventA4				
1	3.300	3.300	X	UnderSpeed x 1:EventA5:EventA6				
1	3.400	3.400	X	UnderSpeed x 1				
1	3.500	3.500	X	UnderSpeed x 1				
1	3.600	3.600	X	UnderSpeed x 1:EventA7				
1	3.700	3.700	X	UnderSpeed x 1:EventA8				
1	3.800	3.800	X	UnderSpeed x 1:EventA9				
1	3.900	3.900	X	UnderSpeed x 1:EventA10				
1	4.000	4.000	X					
1	4.100	4.100	X	OverSpeed x 1				
1	4.200	4.200	X	UnderSpeed x 1				
1	4.300	4.300	X	UnderSpeed x 1:EventA11				
1	4.400	4.400	X	UnderSpeed x 1:EventA12				
1	4.500	4.500	X	UnderSpeed x 1				
1	4.600	4.600	X	UnderSpeed x 1				
1	4.700	4.700	X	UnderSpeed x 1				
1	4.800	4.800	X	UnderSpeed x 1				
1	4.900	4.900	X	UnderSpeed x 1:EventA13:EventA14				
1	5.000	5.000	X	UnderSpeed x 1:EventA15				
1	5.100	5.100	X	UnderSpeed x 1				
1	5.200	5.200	X	UnderSpeed x 1				
1	5.300	5.300	X	UnderSpeed x 1				
1	5.400	5.400	X	OverSpeed x 1:EventA16				
1	5.500	5.500	X	OverSpeed x 1				
1	5.600	5.600	X	OverSpeed x 1				
1	5.700	5.700	X	OverSpeed x 1				

1	5.800	5.800	X				
1	5.900	5.900	X	OverSpeed x 1			
1	6.000	6.000	X	OverSpeed x 1			
1	6.100	6.100	X	OverSpeed x 1			
1	6.200	6.200	X	OverSpeed x 1			
1	6.300	6.300	X	OverSpeed x 1			
1	6.401	6.401	X	OverSpeed x 1:EventA17			
1	6.501	6.501	X	OverSpeed x 1			
1	6.601	6.601	X				
1	6.701	6.701	X	UnderSpeed x 1			
1	6.801	6.801	X	UnderSpeed x 2:EventA18:EventA19			
1	6.901	6.901	X	UnderSpeed x 1:EventA20:EventA21			
1	7.001	7.001	X				
1	7.101	7.101	X				
1	7.201	7.201	X	OverSpeed x 1			
1	7.301	7.301	X				
1	7.401	7.401	X	OverSpeed x 1			
1	7.501	7.501	X	OverSpeed x 1			
1	7.601	7.601	X				
1	7.701	7.701	X				
1	7.801	7.801	X				
1	7.901	7.901	X				
1	8.001	8.001	X	UnderSpeed x 1:EventA22			
1	8.101	8.101	X	UnderSpeed x 1:EventA23			
1	8.201	8.201	X	UnderSpeed x 1:EventA24:EventA25			
1	8.301	8.301	X	Stopped x 2:UnderSpeed x 1:EventA26			
1	8.401	8.401	X	UnderSpeed x 1:EventA27			
1	8.501	8.501	X				
1	8.601	8.601	X	OverSpeed x 1			
1	8.701	8.701	X	OverSpeed x 2			
1	8.801	8.801	X	OverSpeed x 1			
1	8.901	8.901	X	OverSpeed x 1			
1	9.001	9.001	X	OverSpeed x 1			
1	9.101	9.101	X	OverSpeed x 1			
1	9.201	9.201	X	OverSpeed x 1			
1	9.301	9.301	X	OverSpeed x 1			
1	9.401	9.401	X	OverSpeed x 1			
1	9.501	9.501	X	OverSpeed x 1			
1	9.601	9.601	X	OverSpeed x 1			

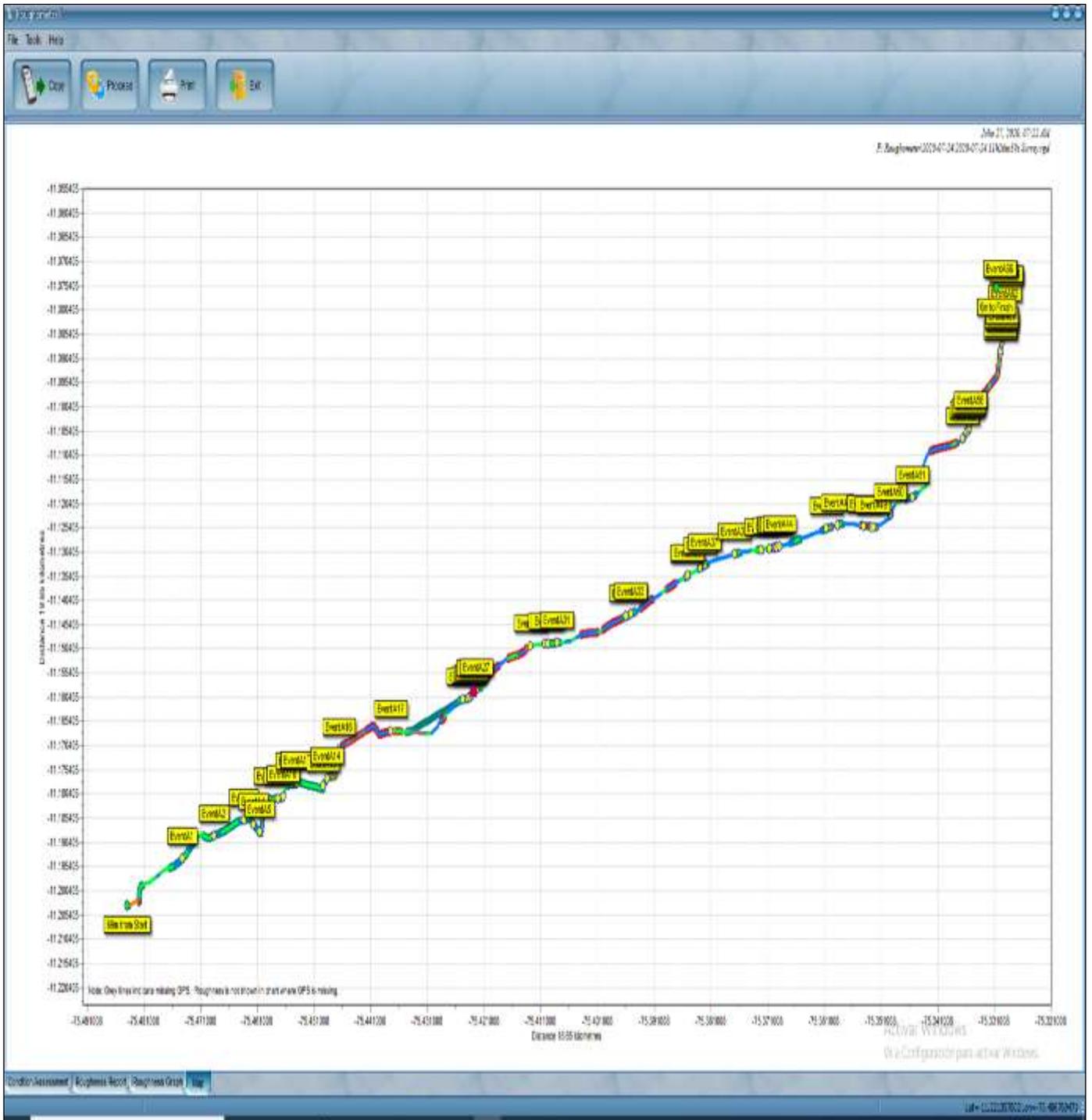
1	9.701	9.701	X	EventA28				
1	9.801	9.801	X					
1	9.901	9.901	X					
1	10.001	10.001	X	UnderSpeed x 1:EventA29:EventA30				
1	10.101	10.101	X	UnderSpeed x 1				
1	10.201	10.201	X	UnderSpeed x 1:EventA31				
1	10.301	10.301	X	UnderSpeed x 1				
1	10.401	10.401	X					
1	10.501	10.501	X					
1	10.601	10.601	X	OverSpeed x 1				
1	10.701	10.701	X	OverSpeed x 2				
1	10.801	10.801	X	OverSpeed x 1				
1	10.901	10.901	X	OverSpeed x 1				
1	11.001	11.001	X	OverSpeed x 1				
1	11.101	11.101	X	OverSpeed x 1				
1	11.201	11.201	X	OverSpeed x 1				
1	11.301	11.301	X	OverSpeed x 1				
1	11.401	11.401	X	OverSpeed x 1				
1	11.501	11.501	X	UnderSpeed x 1:OverSpeed x 1:EventA32				
1	11.601	11.601	X	UnderSpeed x 1:EventA33				
1	11.701	11.701	X	UnderSpeed x 1				
1	11.801	11.801	X					
1	11.901	11.901	X	OverSpeed x 1				
1	12.001	12.001	X	OverSpeed x 1				
1	12.101	12.101	X	OverSpeed x 1				
1	12.201	12.201	X	OverSpeed x 1				
1	12.301	12.301	X	OverSpeed x 1				
1	12.401	12.401	X	OverSpeed x 1				
1	12.501	12.501	X	OverSpeed x 1				
1	12.601	12.601	X	OverSpeed x 1				
1	12.701	12.701	X	OverSpeed x 1				
1	12.801	12.801	X	OverSpeed x 1				
1	12.901	12.901	X	UnderSpeed x 1:EventA34:EventA35				
1	13.001	13.001	X					
1	13.101	13.101	X	UnderSpeed x 1				
1	13.201	13.201	X	UnderSpeed x 1:EventA36				
1	13.301	13.301	X	UnderSpeed x 1:EventA37				
1	13.401	13.401	X					
1	13.501	13.501	X					

1	13.601	13.601	X				
1	13.701	13.701	X				
1	13.801	13.801	X	UnderSpeed x 1:EventA38			
1	13.901	13.901	X	UnderSpeed x 1			
1	14.001	14.001	X				
1	14.101	14.101	X				
1	14.201	14.201	X	UnderSpeed x 1			
1	14.301	14.301	X	UnderSpeed x 2:EventA39			
1	14.401	14.401	X	UnderSpeed x 2			
1	14.501	14.501	X	UnderSpeed x 1:EventA40:EventA41			
1	14.601	14.601	X	UnderSpeed x			
1	14.701	14.701	X	1:EventA42:EventA43:EventA44			
1	14.801	14.801	X				
1	14.901	14.901	X	UnderSpeed x 1			
1	15.001	15.001	X	UnderSpeed x 1			
1	15.101	15.101	X				
1	15.201	15.201	X				
1	15.301	15.301	X				
1	15.401	15.401	X				
1	15.501	15.501	X	UnderSpeed x 1:EventA45			
1	15.601	15.601	X	UnderSpeed x 1			
1	15.701	15.701	X	UnderSpeed x 1			
1	15.801	15.801	X	UnderSpeed x 1:EventA46			
1	15.901	15.901	X				
1	16.001	16.001	X	UnderSpeed x 1			
1	16.101	16.101	X	UnderSpeed x 1			
1	16.201	16.201	X	UnderSpeed x 1:EventA47			
1	16.301	16.301	X	UnderSpeed x 1			
1	16.401	16.401	X	UnderSpeed x 1:EventA48:EventA49			
1	16.501	16.501	X	UnderSpeed x 1			
1	16.601	16.601	X				
1	16.701	16.701	X				
1	16.801	16.801	X	UnderSpeed x 1:EventA50			
1	16.901	16.901	X	UnderSpeed x 1			
1	17.001	17.001	X				
1	17.101	17.101	X				
1	17.201	17.201	X				
1	17.301	17.301	X	UnderSpeed x 1			
1	17.401	17.401	X	UnderSpeed x 1:EventA51			

1	17.501	17.501	X				
1	17.601	17.601	X				
1	17.701	17.701	X				
1	17.801	17.801	X				
1	17.901	17.901	X				
1	18.001	18.001	X	OverSpeed x 1			
1	18.101	18.101	X	OverSpeed x 1			
1	18.201	18.201	X				
1	18.301	18.301	X				
1	18.401	18.401	X				
1	18.501	18.501	X	OverSpeed x 1			
1	18.601	18.601	X	OverSpeed x 1			
1	18.701	18.701	X	OverSpeed x 1			
1	18.801	18.801	X	OverSpeed x 1			
1	18.901	18.901	X	OverSpeed x 1			
1	19.001	19.001	X	OverSpeed x 1			
1	19.102	19.102	X	UnderSpeed x 1:EventA52			
1	19.202	19.202	X	UnderSpeed x 1:EventA53			
1	19.302	19.302	X	UnderSpeed x 1:EventA54:EventA55			
1	19.402	19.402	X	UnderSpeed x 1:EventA56			
1	19.502	19.502	X				
1	19.602	19.602	X	OverSpeed x 1			
1	19.702	19.702	X	OverSpeed x 1			
1	19.802	19.802	X	OverSpeed x 1			
1	19.902	19.902	X	OverSpeed x 1			
1	20.002	20.002	X	OverSpeed x 1			
1	20.102	20.102	X	OverSpeed x 1			
1	20.202	20.202	X	OverSpeed x 1			
1	20.302	20.302	X	OverSpeed x 1			
1	20.402	20.402	X	OverSpeed x 1			
1	20.502	20.502	X	OverSpeed x 1			
1	20.602	20.602	X	OverSpeed x 1			
1	20.702	20.702	X	OverSpeed x 1			
1	20.802	20.802	X	OverSpeed x 1			
1	20.902	20.902	X	OverSpeed x 1			
1	21.002	21.002	X	OverSpeed x 1:EventA57:EventA58			
1	21.102	21.102	X				
1	21.202	21.202	X	OverSpeed x 1:EventA59:EventA60			
1	21.302	21.302	X	OverSpeed x 1:EventA61			
1	21.402	21.402	X	OverSpeed x 1			



## Anexo 06: Mapa de los eventos del programa Roughometer III, carril derecho



**Anexo 07:** Resultado del iri arrojados del programa Roughometer III, carril derecho.

TRAMO III: YANANGO - PUENTE HERRERÍA: CARRIL DERECHO							
Ítem	IRI (m/km)	Distancia entre intervalo	Distancia Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Área de Intervalo	Área Acumulada	Zx
8	3.30	100	100	3.30	330.0	330.0	135.4
9	3.00	100	200	3.15	315.0	645.0	255.7
10	2.10	100	300	2.55	255.0	900.0	316.1
11	1.80	100	400	1.95	195.0	1,095.0	316.4
12	2.10	100	500	1.95	195.0	1,290.0	316.8
13	2.30	100	600	2.20	220.0	1,510.0	342.1
17	2.10	100	700	2.20	220.0	1,730.0	367.5
18	2.00	100	800	2.05	205.0	1,935.0	377.8
19	1.70	100	900	1.85	185.0	2,120.0	368.2
20	1.90	100	1000	1.80	180.0	2,300.0	353.5
21	1.80	100	1100	1.85	185.0	2,485.0	343.9
22	2.00	100	1200	1.90	190.0	2,675.0	339.2
23	3.30	100	1300	2.65	265.0	2,940.0	409.6
25	1.70	100	1400	2.50	250.0	3,190.0	464.9
26	2.70	100	1500	2.20	220.0	3,410.0	490.3
27	2.20	100	1600	2.45	245.0	3,655.0	540.6
28	2.50	100	1700	2.35	235.0	3,890.0	581.0
29	2.20	100	1800	2.35	235.0	4,125.0	621.3
31	2.60	100	1900	2.40	240.0	4,365.0	666.7
40	1.70	100	2000	2.15	215.0	4,580.0	687.0
41	2.50	100	2100	2.10	210.0	4,790.0	702.4
42	2.30	100	2200	2.40	240.0	5,030.0	747.7
45	2.40	100	2300	2.35	235.0	5,265.0	788.1
46	2.50	100	2400	2.45	245.0	5,510.0	838.4
47	2.40	100	2500	2.45	245.0	5,755.0	888.8
48	2.40	100	2600	2.40	240.0	5,995.0	934.1
51	2.30	100	2700	2.35	235.0	6,230.0	974.5
52	2.90	100	2800	2.60	260.0	6,490.0	1,039.8

53	1.90	100	2900	2.40	240.0	6,730.0	1,085.2
55	1.40	100	3000	1.65	165.0	6,895.0	1,055.5
56	1.80	100	3100	1.60	160.0	7,055.0	1,020.9
57	1.60	100	3200	1.70	170.0	7,225.0	996.2
58	2.00	100	3300	1.80	180.0	7,405.0	981.6
59	1.50	100	3400	1.75	175.0	7,580.0	961.9
60	1.90	100	3500	1.70	170.0	7,750.0	937.3
61	1.90	100	3600	1.90	190.0	7,940.0	932.6
62	1.80	100	3700	1.85	185.0	8,125.0	923.0
63	1.80	100	3800	1.80	180.0	8,305.0	908.3
65	2.80	100	3900	2.30	230.0	8,535.0	943.7
66	2.20	100	4000	2.50	250.0	8,785.0	999.0
67	2.00	100	4100	2.10	210.0	8,995.0	1,014.4
70	2.50	100	4200	2.25	225.0	9,220.0	1,044.7
71	2.30	100	4300	2.40	240.0	9,460.0	1,090.1
72	1.80	100	4400	2.05	205.0	9,665.0	1,100.4
73	2.00	100	4500	1.90	190.0	9,855.0	1,095.8
74	1.80	100	4600	1.90	190.0	10,045.0	1,091.1
75	1.90	100	4700	1.85	185.0	10,230.0	1,081.5
76	2.60	100	4800	2.25	225.0	10,455.0	1,111.8
77	1.60	100	4900	2.10	210.0	10,665.0	1,127.2
78	1.40	100	5000	1.50	150.0	10,815.0	1,082.5
79	1.70	100	5100	1.55	155.0	10,970.0	1,042.9
85	2.90	100	5200	2.30	230.0	11,200.0	1,078.2
86	1.70	100	5300	2.30	230.0	11,430.0	1,113.6
87	1.80	100	5400	1.75	175.0	11,605.0	1,093.9
88	1.40	100	5500	1.60	160.0	11,765.0	1,059.3
89	1.90	100	5600	1.65	165.0	11,930.0	1,029.6
90	1.90	100	5700	1.90	190.0	12,120.0	1,025.0
91	1.70	100	5800	1.80	180.0	12,300.0	1,010.3
92	1.80	100	5900	1.75	175.0	12,475.0	990.7
93	2.20	100	6000	2.00	200.0	12,675.0	996.0
94	2.70	100	6100	2.45	245.0	12,920.0	1,046.4
95	1.80	100	6200	2.25	225.0	13,145.0	1,076.7
96	1.60	100	6300	1.70	170.0	13,315.0	1,052.1
98	3.70	100	6400	2.65	265.0	13,580.0	1,122.4
99	2.00	100	6500	2.85	285.0	13,865.0	1,212.8
101	2.50	100	6600	2.25	225.0	14,090.0	1,243.1
103	2.20	100	6700	2.35	235.0	14,325.0	1,283.5
104	1.80	100	6800	2.00	200.0	14,525.0	1,288.8

105	2.30	100	6900	2.05	205.0	14,730.0	1,299.2
106	1.60	100	7000	1.95	195.0	14,925.0	1,299.5
107	1.20	100	7100	1.40	140.0	15,065.0	1,244.9
108	1.30	100	7200	1.25	125.0	15,190.0	1,175.2
109	1.70	100	7300	1.50	150.0	15,340.0	1,130.6
110	2.10	100	7400	1.90	190.0	15,530.0	1,125.9
111	1.70	100	7500	1.90	190.0	15,720.0	1,121.3
112	2.00	100	7600	1.85	185.0	15,905.0	1,111.6
113	1.80	100	7700	1.90	190.0	16,095.0	1,107.0
114	1.90	100	7800	1.85	185.0	16,280.0	1,097.3
117	2.60	100	7900	2.25	225.0	16,505.0	1,127.7
118	1.70	100	8000	2.15	215.0	16,720.0	1,148.0
119	1.30	100	8100	1.50	150.0	16,870.0	1,103.4
120	1.50	100	8200	1.40	140.0	17,010.0	1,048.7
121	1.80	100	8300	1.65	165.0	17,175.0	1,019.1
122	1.70	100	8400	1.75	175.0	17,350.0	999.4
123	1.90	100	8500	1.80	180.0	17,530.0	984.8
124	2.40	100	8600	2.15	215.0	17,745.0	1,005.1
125	1.60	100	8700	2.00	200.0	17,945.0	1,010.5
126	1.90	100	8800	1.75	175.0	18,120.0	990.8
127	1.80	100	8900	1.85	185.0	18,305.0	981.2
128	2.30	100	9000	2.05	205.0	18,510.0	991.5
130	2.30	100	9100	2.30	230.0	18,740.0	1,026.9
131	2.40	100	9200	2.35	235.0	18,975.0	1,067.2
134	1.70	100	9300	2.05	205.0	19,180.0	1,077.6
135	1.70	100	9400	1.70	170.0	19,350.0	1,052.9
136	1.10	100	9500	1.40	140.0	19,490.0	998.3
137	1.30	100	9600	1.20	120.0	19,610.0	923.6
139	3.00	100	9700	2.15	215.0	19,825.0	944.0
140	1.40	100	9800	2.20	220.0	20,045.0	969.3
141	1.80	100	9900	1.60	160.0	20,205.0	934.7
142	2.20	100	10000	2.00	200.0	20,405.0	940.0
144	2.10	100	10100	2.15	215.0	20,620.0	960.4
147	1.70	100	10200	1.90	190.0	20,810.0	955.7
148	1.70	100	10300	1.70	170.0	20,980.0	931.1
149	1.80	100	10400	1.75	175.0	21,155.0	911.4
150	2.10	100	10500	1.95	195.0	21,350.0	911.8
151	1.50	100	10600	1.80	180.0	21,530.0	897.1
152	1.40	100	10700	1.45	145.0	21,675.0	847.5
153	1.70	100	10800	1.55	155.0	21,830.0	807.8

154	1.50	100	10900	1.60	160.0	21,990.0	773.2
157	2.00	100	11000	1.75	175.0	22,165.0	753.5
159	1.60	100	11100	1.80	180.0	22,345.0	738.9
160	1.60	100	11200	1.60	160.0	22,505.0	704.2
161	1.50	100	11300	1.55	155.0	22,660.0	664.6
165	1.60	100	11400	1.55	155.0	22,815.0	624.9
166	1.40	100	11500	1.50	150.0	22,965.0	580.3
167	1.50	100	11600	1.45	145.0	23,110.0	530.6
169	1.70	100	11700	1.60	160.0	23,270.0	496.0
170	2.00	100	11800	1.85	185.0	23,455.0	486.3
171	2.40	100	11900	2.20	220.0	23,675.0	511.7
172	1.80	100	12000	2.10	210.0	23,885.0	527.0
173	1.50	100	12100	1.65	165.0	24,050.0	497.4
175	1.80	100	12200	1.65	165.0	24,215.0	467.7
176	2.10	100	12300	1.95	195.0	24,410.0	468.1
177	2.00	100	12400	2.05	205.0	24,615.0	478.4
178	1.70	100	12500	1.85	185.0	24,800.0	468.8
179	1.40	100	12600	1.55	155.0	24,955.0	429.1
182	1.10	100	12700	1.25	125.0	25,080.0	359.5
183	1.60	100	12800	1.35	135.0	25,215.0	299.8
184	1.30	100	12900	1.45	145.0	25,360.0	250.2
185	1.30	100	13000	1.30	130.0	25,490.0	185.5
186	1.60	100	13100	1.45	145.0	25,635.0	135.9
187	1.70	100	13200	1.65	165.0	25,800.0	106.2
188	1.80	100	13300	1.75	175.0	25,975.0	86.6
189	2.40	100	13400	2.10	210.0	26,185.0	101.9
190	1.70	100	13500	2.05	205.0	26,390.0	112.3
195	1.50	100	13600	1.60	160.0	26,550.0	77.6
196	1.70	100	13700	1.60	160.0	26,710.0	43.0
197	1.40	100	13800	1.55	155.0	26,865.0	3.3
198	1.30	100	13900	1.35	135.0	27,000.0	-56.3
199	1.50	100	14000	1.40	140.0	27,140.0	-111.0
200	1.40	100	14100	1.45	145.0	27,285.0	-160.6
201	1.40	100	14200	1.40	140.0	27,425.0	-215.3
202	1.40	100	14300	1.40	140.0	27,565.0	-269.9
203	2.30	100	14400	1.85	185.0	27,750.0	-279.6
204	1.90	100	14500	2.10	210.0	27,960.0	-264.2
205	1.30	100	14600	1.60	160.0	28,120.0	-298.9
206	2.40	100	14700	1.85	185.0	28,305.0	-308.5
207	2.00	100	14800	2.20	220.0	28,525.0	-283.2

208	2.10	100	14900	2.05	205.0	28,730.0	-272.8
209	2.40	100	15000	2.25	225.0	28,955.0	-242.5
211	4.60	100	15100	3.50	350.0	29,305.0	-87.1
214	2.10	100	15200	3.35	335.0	29,640.0	53.2
215	2.00	100	15300	2.05	205.0	29,845.0	63.6
216	1.80	100	15400	1.90	190.0	30,035.0	58.9
217	2.00	100	15500	1.90	190.0	30,225.0	54.3
219	1.40	100	15600	1.70	170.0	30,395.0	29.6
220	1.90	100	15700	1.65	165.0	30,560.0	0.0
<b>Promedio</b>	1.94				<b>At</b>	30,560.0	
<b>Máx. Obtenido</b>	4.60				<b>Lp</b>	15,700.0	
<b>Mín. Obtenido</b>	1.10				<b>F</b>	1.9	
<b>Desv. Estandar</b>	0.50						

**Anexo 08:** Resultados de la medición general de sección y registro de eventos, carril izquierdo.

Field Data Sheet: 02											
ROAD NAME: YANANGO AL PUENTE HERRERÍA											
SURVEY DATE: 01/11/2021							TIME: 10:33:15				
TRAVEL DIRECTION: CARRIL DERECHO											
REFERENCE: SALIDA DEL TUNEL YANANGO											
VEHICLE:						Camioneta 4x4	4 WHEEL DRIVE				
OPERATOR:						Joselito Perez					
LEAD IN:						136m					
Road Condition: pavimento flexible de 5cm aproximadamente presenta uniformidad en general de la vía, con ligero flujo vehicular											
Section SubDist TotDist Excell Good Fair Poor Bad Events											
1	0.100	0.100	X	UnderSpeed x 1:EventA1							
1	0.200	0.200	X	UnderSpeed x 1							
1	0.300	0.300	X								
1	0.400	0.400	X								
1	0.500	0.500	X								
1	0.600	0.600	X								
1	0.700	0.700	X								
1	0.800	0.800	X								
1	0.900	0.900	X	EventB1							
1	1.000	1.000	X								
1	1.100	1.100	X	EventB2							
1	1.200	1.200	X								
1	1.300	1.300	X	OverSpeed x 1							
1	1.400	1.400	X	OverSpeed x 1							
1	1.500	1.500	X	OverSpeed x 1							
1	1.600	1.600	X	OverSpeed x 1							
1	1.700	1.700	X	OverSpeed x 1							
1	1.800	1.800	X	OverSpeed x 1:EventB3							
1	1.900	1.900	X	OverSpeed x 1							
1	2.000	2.000	X	OverSpeed x 1							
1	2.100	2.100	X								

1	2.200	2.200	X		OverSpeed x 1				
1	2.300	2.300	X		OverSpeed x 1				
1	2.400	2.400	X		OverSpeed x 1				
1	2.500	2.500		X	UnderSpeed x 1				
1	2.600	2.600		X	UnderSpeed x 1:EventB4				
1	2.700	2.700	X						
1	2.800	2.800	X						
1	2.900	2.900		X	UnderSpeed x 1:EventB5				
1	3.000	3.000		X	UnderSpeed x 1:EventB6				
1	3.100	3.100		X	UnderSpeed x 1				
1	3.200	3.200		X	UnderSpeed x 1:EventA2				
1	3.300	3.300	X						
1	3.400	3.400	X						
1	3.500	3.500	X		OverSpeed x 1				
1	3.600	3.600	X		OverSpeed x 1				
1	3.700	3.700	X		OverSpeed x 1				
1	3.800	3.800	X						
1	3.900	3.900	X		OverSpeed x 1				
1	4.000	4.000	X		OverSpeed x 1				
1	4.100	4.100	X		UnderSpeed x 1				
1	4.200	4.200		X	UnderSpeed x 1:EventA3				
1	4.300	4.300	X						
1	4.400	4.400	X						
1	4.500	4.500	X						
1	4.600	4.600	X						
1	4.700	4.700	X						
1	4.800	4.800	X		UnderSpeed x 1:EventA4				
1	4.900	4.900		X	UnderSpeed x 1:EventA5				
1	5.000	5.000		X					
1	5.100	5.100		X					
1	5.200	5.200	X						
1	5.300	5.300	X						
1	5.400	5.400		X	UnderSpeed x 1:EventA6				
1	5.500	5.500	X		UnderSpeed x 1				
1	5.600	5.600	X						
1	5.700	5.700	X						
1	5.800	5.800	X		UnderSpeed x 1:EventA7				
1	5.900	5.900			X	UnderSpeed x 1:EventB7			
1	6.000	6.000		X	UnderSpeed x				
1	EventB8	EventA8							

1	6.100	6.100	X		UnderSpeed x 1			
1	6.200	6.200		X	UnderSpeed x 1:EventA9			
1	6.300	6.300		X	UnderSpeed x 1:EventA10			
1	6.401	6.401	X		UnderSpeed x 1			
1	6.501	6.501		X	UnderSpeed x 1:EventA11			
1	6.601	6.601		X	UnderSpeed x 1			
1	6.701	6.701		X	UnderSpeed x 1:EventA12			
1	6.801	6.801		X	UnderSpeed x 1			
1	6.901	6.901	X		EventA13			
1	7.001	7.001		X	UnderSpeed x 1			
1	7.101	7.101		X	UnderSpeed x 1			
1	7.201	7.201		X	UnderSpeed x 1			
1	7.301	7.301	X					
1	7.401	7.401		X	UnderSpeed x 1:EventA14			
1	7.501	7.501	X					
1	7.601	7.601		X	UnderSpeed x 1:EventA15			
1	7.701	7.701			X UnderSpeed x			
					2:EventA16:EventB9			
1	7.801	7.801		X	UnderSpeed x 1:EventA17			
1	7.901	7.901		X	UnderSpeed x 1:EventA18			
1	8.001	8.001		X	UnderSpeed x 1			
1	8.101	8.101	X					
1	8.201	8.201	X					
1	8.301	8.301	X					
1	8.401	8.401		X	UnderSpeed x 1:EventA19			
1	8.501	8.501	X					
1	8.601	8.601	X					
1	8.701	8.701	X					
1	8.801	8.801	X					
1	8.901	8.901	X		UnderSpeed x 1			
1	9.001	9.001		X	UnderSpeed x 1:EventA20			
1	9.101	9.101		X	UnderSpeed x 1:EventA21			
1	9.201	9.201		X	UnderSpeed x 1:EventA22			
1	9.301	9.301	X		UnderSpeed x 1			
1	9.401	9.401		X	UnderSpeed x			
					1:EventA23:EventA24			
1	9.501	9.501	X					
1	9.601	9.601	X					
1	9.701	9.701	X					
1	9.801	9.801	X					
1	9.901	9.901		X				

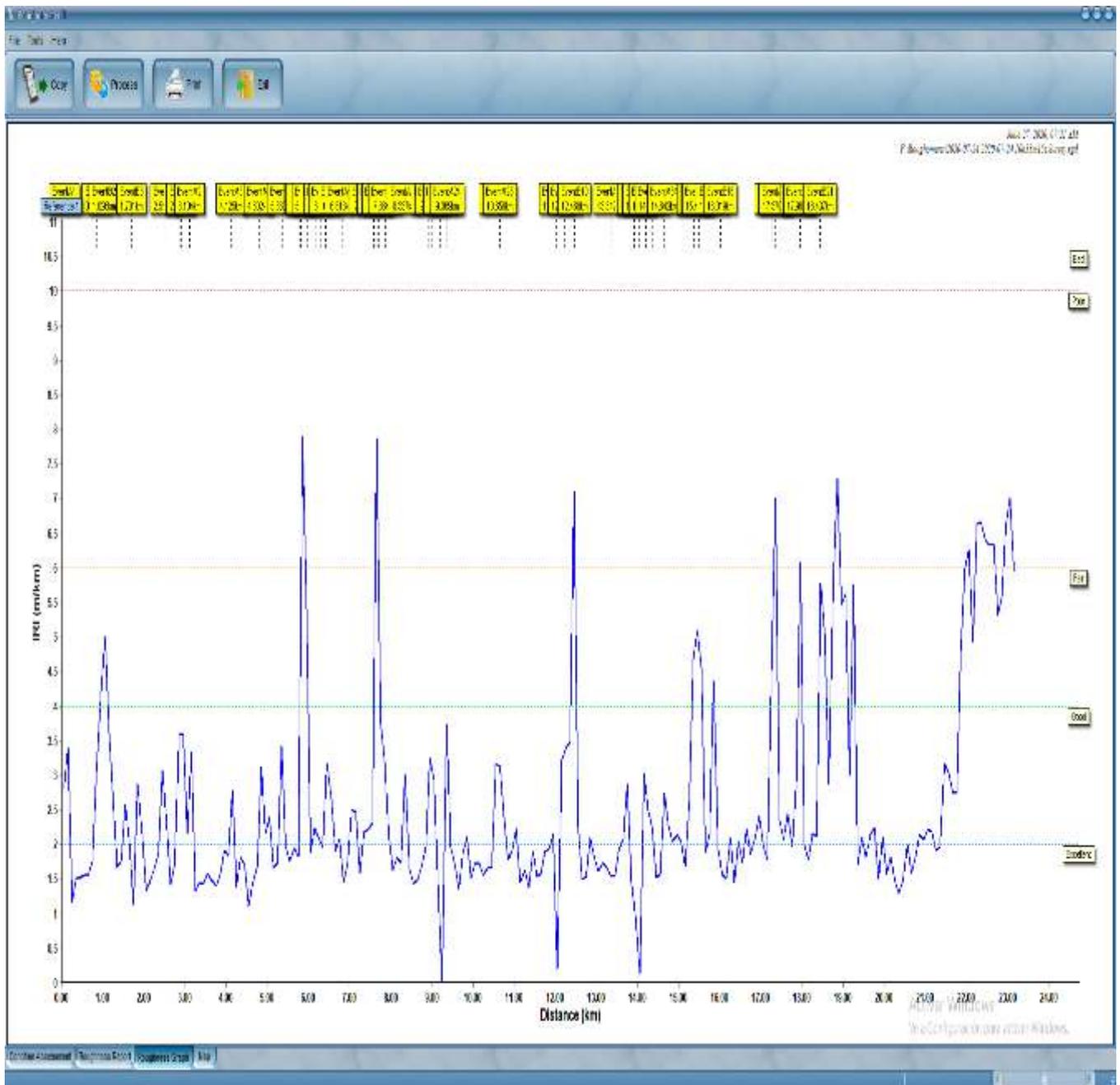
1	10.001	10.001	X	OverSpeed x 1			
1	10.101	10.101	X	OverSpeed x 1			
1	10.201	10.201	X	OverSpeed x 1			
1	10.301	10.301	X	OverSpeed x 1			
1	10.401	10.401	X	OverSpeed x 1			
1	10.501	10.501	X	OverSpeed x 1			
1	10.601	10.601	X	UnderSpeed x 1:EventA25			
1	10.701	10.701	X	UnderSpeed x 1:EventA26			
1	10.801	10.801	X	UnderSpeed x 1			
1	10.901	10.901	X				
1	11.001	11.001	X				
1	11.101	11.101	X				
1	11.201	11.201	X				
1	11.301	11.301	X				
1	11.401	11.401	X				
1	11.501	11.501	X				
1	11.601	11.601	X				
1	11.701	11.701	X				
1	11.801	11.801	X				
1	11.901	11.901	X	UnderSpeed x 1			
1	12.001	12.001	X	UnderSpeed x 1			
1	12.101	12.101	X	UnderSpeed x 1:EventA27			
1	12.201	12.201	X	UnderSpeed x 1			
1	12.301	12.301	X	UnderSpeed x 1:EventA28			
1	12.401	12.401	X	UnderSpeed x 1			
1	12.501	12.501	X	UnderSpeed x 1:EventB10			
1	12.601	12.601	X	UnderSpeed x 1			
1	12.701	12.701	X	UnderSpeed x 1			
1	12.801	12.801	X	UnderSpeed x 1			
1	12.901	12.901	X				
1	13.001	13.001	X				
1	13.101	13.101	X				
1	13.201	13.201	X	UnderSpeed x 1			
1	13.301	13.301	X	UnderSpeed x 1			
1	13.401	13.401	X	EventA29			
1	13.501	13.501	X				
1	13.601	13.601	X				
1	13.701	13.701	X				
1	13.801	13.801	X	UnderSpeed x 1			
1	13.901	13.901	X	Stopped x 1:UnderSpeed x			

1:EventA30								
1	14.001	14.001	X	UnderSpeed x 1:EventB11				
1	14.101	14.101	X	UnderSpeed x				
1:EventA31:EventB12								
1	14.201	14.201	X	UnderSpeed x 1:EventA32				
1	14.301	14.301	X	UnderSpeed x 1				
1	14.401	14.401	X	UnderSpeed x 1:EventA33				
1	14.501	14.501	X	OverSpeed x 1				
1	14.601	14.601	X	OverSpeed x 1				
1	14.701	14.701	X	EventA34				
1	14.801	14.801	X	OverSpeed x 1				
1	14.901	14.901	X	OverSpeed x 1				
1	15.001	15.001	X	OverSpeed x 2				
1	15.101	15.101	X	OverSpeed x 1				
1	15.201	15.201	X					
1	15.301	15.301	X					
1	15.401	15.401	X	UnderSpeed x				
1:EventA35:EventB13								
1	15.501	15.501	X	UnderSpeed x				
2:EventB14:EventA36								
1	15.601	15.601	X	UnderSpeed x 1				
1	15.701	15.701	X					
1	15.801	15.801	X	OverSpeed x 1				
1	15.901	15.901	X	EventB15				
1	16.001	16.001	X	OverSpeed x 1				
1	16.101	16.101	X	OverSpeed x 1:EventB16				
1	16.201	16.201	X	OverSpeed x 1				
1	16.301	16.301	X	OverSpeed x 1				
1	16.401	16.401	X	OverSpeed x 1				
1	16.501	16.501	X	OverSpeed x 1				
1	16.601	16.601	X	OverSpeed x 1				
1	16.701	16.701	X	OverSpeed x 1				
1	16.801	16.801	X	OverSpeed x 1				
1	16.901	16.901	X	OverSpeed x 1				
1	17.001	17.001	X	OverSpeed x 1				
1	17.101	17.101	X	OverSpeed x 1				
1	17.201	17.201	X					
1	17.301	17.301	X	UnderSpeed x 1:EventB17				
1	17.401	17.401	X	UnderSpeed x				
2:EventB18:EventA37								
1	17.501	17.501	X	UnderSpeed x 1				
1	17.601	17.601	X					

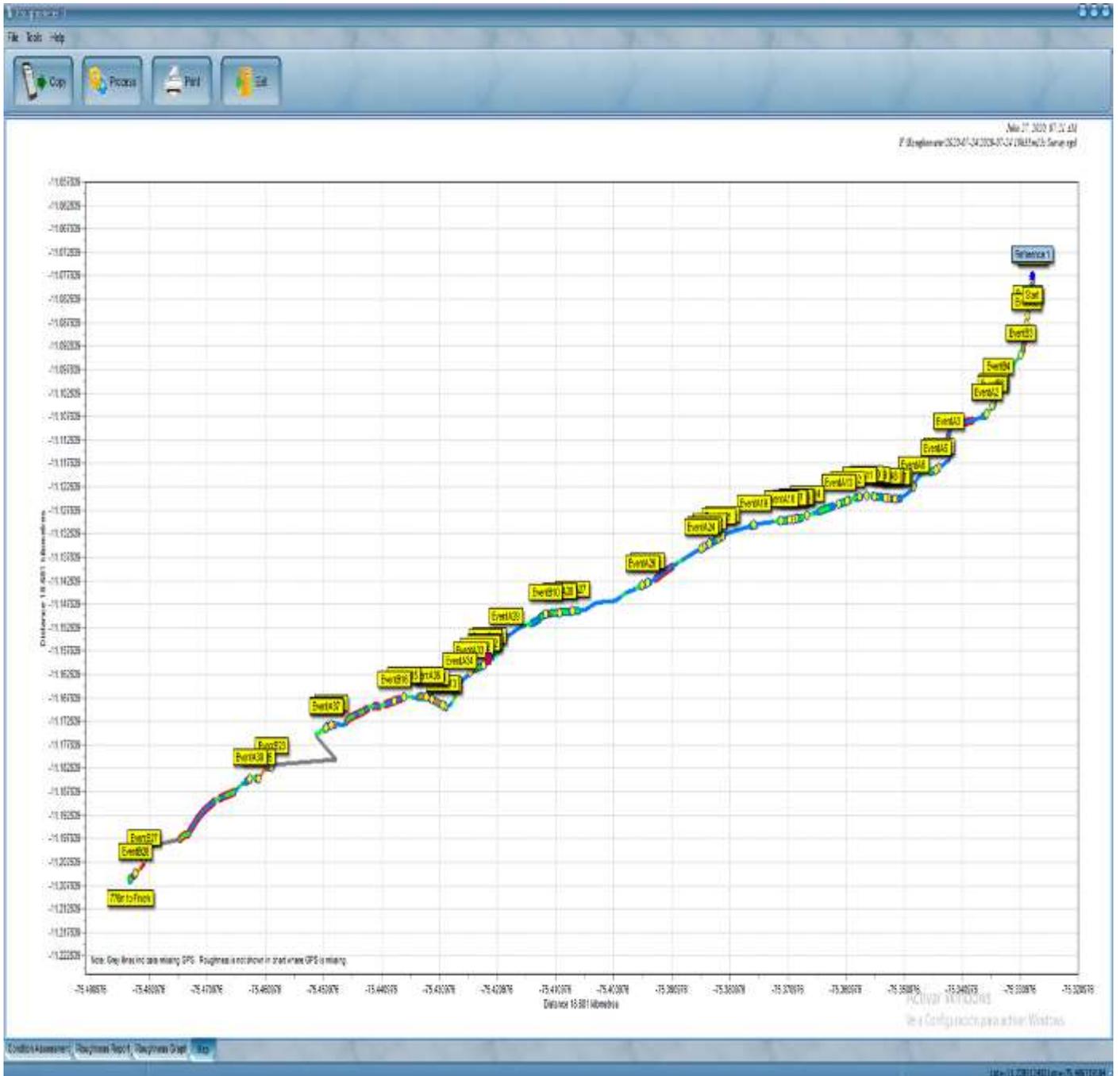
1	17.701	17.701	X				
1	17.801	17.801	X				
1	17.901	17.901	X	EventB19			
1	18.001	18.001	X	UnderSpeed x			
1	18.101	18.101	X	UnderSpeed x 1			
1	18.201	18.201	X	OverSpeed x 1			
1	18.301	18.301	X	OverSpeed x 1			
1	18.401	18.401	X				
1	18.501	18.501	X	EventB21			
1	18.601	18.601	X	EventB22			
1	18.701	18.701	X				
1	18.801	18.801	X	EventB23			
1	18.901	18.901	X				
1	19.001	19.001	X	UnderSpeed x 1:EventB24			
1	19.102	19.102	X	UnderSpeed x 1:EventB25			
1	19.202	19.202	X	UnderSpeed x 1			
1	19.302	19.302	X	UnderSpeed x 1:EventA39			
1	19.402	19.402	X				
1	19.502	19.502	X				
1	19.602	19.602	X	OverSpeed x 1			
1	19.702	19.702	X	OverSpeed x 1			
1	19.802	19.802	X	OverSpeed x 1			
1	19.902	19.902	X	OverSpeed x 1			
1	20.002	20.002	X	OverSpeed x 1			
1	20.102	20.102	X	OverSpeed x 1			
1	20.202	20.202	X	OverSpeed x 1			
1	20.302	20.302	X	OverSpeed x 1			
1	20.402	20.402	X	OverSpeed x 1			
1	20.502	20.502	X	OverSpeed x 1			
1	20.602	20.602	X	OverSpeed x 1			
1	20.702	20.702	X	OverSpeed x 1			
1	20.802	20.802	X	OverSpeed x 1			
1	20.902	20.902	X	OverSpeed x 1			
1	21.002	21.002	X	OverSpeed x 1			
1	21.102	21.102	X	OverSpeed x 1			
1	21.202	21.202	X	OverSpeed x 1			
1	21.302	21.302	X	OverSpeed x 1			
1	21.402	21.402	X	OverSpeed x 1			
1	21.502	21.502	X	OverSpeed x 2:EventB26			

1	21.602	21.602	X	OverSpeed x 1				
1	21.702	21.702	X					
1	21.802	21.802	X					
1	21.902	21.902	X	EventB27				
1	22.002	22.002	X					
1	22.102	22.102	X	OverSpeed x 1				
1	22.202	22.202	X	UnderSpeed x 1				
1	22.302	22.302	X	UnderSpeed x 1:EventB28				
1	22.402	22.402	X					
1	22.502	22.502	X					
1	22.602	22.602	X					
1	22.702	22.702	X					
1	22.802	22.802	X					
1	22.902	22.902	X					
1	23.002	23.002	X					
1	23.102	23.102	X					
1	23.191	23.191	X	UnderSpeed x 1				

**Anexo 09:** Gráfico de rugosidad del programa Roughometer III, carril izquierdo.



## Anexo 10: Mapa de los eventos del programa Roughometer III, carril izquierdo



**Anexo 11:** Resultados de la medición general de sección y registro de eventos, carril izquierdo.

<b>TRAMO III: YANANGO - PUENTE HERRERÍA: CARRIL IZQUIERDO</b>							
<b>Ítem</b>	<b>IRI (m/km)</b>	<b>Distancia entre intervalo</b>	<b>Distancia Acumulada entre intervalos</b>	<b>Intervalo promedio</b>	<b>Área de Intervalo</b>	<b>Área Acumulada</b>	<b>Zx</b>
3	1.20	100	100	1.20	120.0	120.0	-71.8
4	1.50	100	200	1.35	135.0	255.0	-128.6
5	1.50	100	300	1.50	150.0	405.0	-170.4
6	1.60	100	400	1.55	155.0	560.0	-207.1
7	1.60	100	500	1.60	160.0	720.0	-238.9
8	1.70	100	600	1.65	165.0	885.0	-265.7
10	4.20	100	700	2.95	295.0	1,180.0	-162.5
12	3.60	100	800	3.90	390.0	1,570.0	35.7
13	2.60	100	900	3.10	310.0	1,880.0	153.9
14	1.70	100	1000	2.15	215.0	2,095.0	177.2
15	1.80	100	1100	1.75	175.0	2,270.0	160.4
16	2.60	100	1200	2.20	220.0	2,490.0	188.6
17	2.00	100	1300	2.30	230.0	2,720.0	226.8
19	2.90	100	1400	2.45	245.0	2,965.0	280.0
20	2.10	100	1500	2.50	250.0	3,215.0	338.2
21	1.30	100	1600	1.70	170.0	3,385.0	316.5
22	1.50	100	1700	1.40	140.0	3,525.0	264.7
23	1.60	100	1800	1.55	155.0	3,680.0	227.9
24	1.90	100	1900	1.75	175.0	3,855.0	211.1
25	3.10	100	2000	2.50	250.0	4,105.0	269.3
27	1.40	100	2100	2.25	225.0	4,330.0	302.5
28	1.70	100	2200	1.55	155.0	4,485.0	265.8
31	2.20	100	2300	1.95	195.0	4,680.0	269.0
33	1.30	100	2400	1.75	175.0	4,855.0	252.2
34	1.50	100	2500	1.40	140.0	4,995.0	200.4
35	1.40	100	2600	1.45	145.0	5,140.0	153.6
36	1.60	100	2700	1.50	150.0	5,290.0	111.8
37	1.50	100	2800	1.55	155.0	5,445.0	75.1
38	1.40	100	2900	1.45	145.0	5,590.0	28.3
39	1.60	100	3000	1.50	150.0	5,740.0	-13.5
40	1.90	100	3100	1.75	175.0	5,915.0	-30.3
41	1.80	100	3200	1.85	185.0	6,100.0	-37.1
43	1.40	100	3300	1.60	160.0	6,260.0	-68.9

44	1.80	100	3400	1.60	160.0	6,420.0	-100.6
45	1.70	100	3500	1.75	175.0	6,595.0	-117.4
46	1.10	100	3600	1.40	140.0	6,735.0	-169.2
47	1.50	100	3700	1.30	130.0	6,865.0	-231.0
50	2.10	100	3800	1.80	180.0	7,045.0	-242.8
51	2.40	100	3900	2.25	225.0	7,270.0	-209.6
52	1.70	100	4000	2.05	205.0	7,475.0	-196.3
53	1.70	100	4100	1.70	170.0	7,645.0	-218.1
55	2.00	100	4200	1.85	185.0	7,830.0	-224.9
56	1.80	100	4300	1.90	190.0	8,020.0	-226.7
57	1.90	100	4400	1.85	185.0	8,205.0	-233.5
61	1.90	100	4500	1.90	190.0	8,395.0	-235.3
64	2.00	100	4600	1.95	195.0	8,590.0	-232.0
66	2.70	100	4700	2.35	235.0	8,825.0	-188.8
68	2.10	100	4800	2.40	240.0	9,065.0	-140.6
70	1.70	100	4900	1.90	190.0	9,255.0	-142.4
71	2.50	100	5000	2.10	210.0	9,465.0	-124.2
72	2.50	100	5100	2.50	250.0	9,715.0	-66.0
73	1.60	100	5200	2.05	205.0	9,920.0	-52.7
75	2.20	100	5300	1.90	190.0	10,110.0	-54.5
80	2.10	100	5400	2.15	215.0	10,325.0	-31.3
81	1.60	100	5500	1.85	185.0	10,510.0	-38.1
82	1.80	100	5600	1.70	170.0	10,680.0	-59.9
83	1.70	100	5700	1.75	175.0	10,855.0	-76.7
85	1.60	100	5800	1.65	165.0	11,020.0	-103.4
86	1.40	100	5900	1.50	150.0	11,170.0	-145.2
87	1.50	100	6000	1.45	145.0	11,315.0	-192.0
88	1.70	100	6100	1.60	160.0	11,475.0	-223.8
89	2.00	100	6200	1.85	185.0	11,660.0	-230.6
95	2.00	100	6300	2.00	200.0	11,860.0	-222.4
96	1.70	100	6400	1.85	185.0	12,045.0	-229.1
97	1.40	100	6500	1.55	155.0	12,200.0	-265.9
98	1.90	100	6600	1.65	165.0	12,365.0	-292.7
99	2.10	100	6700	2.00	200.0	12,565.0	-284.5
100	1.50	100	6800	1.80	180.0	12,745.0	-296.3
101	1.70	100	6900	1.60	160.0	12,905.0	-328.1
102	1.70	100	7000	1.70	170.0	13,075.0	-349.8
103	1.50	100	7100	1.60	160.0	13,235.0	-381.6
104	1.70	100	7200	1.60	160.0	13,395.0	-413.4
105	1.70	100	7300	1.70	170.0	13,565.0	-435.2

108	2.40	100	7400	2.05	205.0	13,770.0	-422.0
109	1.80	100	7500	2.10	210.0	13,980.0	-403.8
110	1.90	100	7600	1.85	185.0	14,165.0	-410.5
111	2.20	100	7700	2.05	205.0	14,370.0	-397.3
112	1.40	100	7800	1.80	180.0	14,550.0	-409.1
113	1.60	100	7900	1.50	150.0	14,700.0	-450.9
114	1.40	100	8000	1.50	150.0	14,850.0	-492.7
115	1.90	100	8100	1.65	165.0	15,015.0	-519.5
116	1.50	100	8200	1.70	170.0	15,185.0	-541.2
117	1.60	100	8300	1.55	155.0	15,340.0	-578.0
118	1.90	100	8400	1.75	175.0	15,515.0	-594.8
119	1.90	100	8500	1.90	190.0	15,705.0	-596.6
120	2.20	100	8600	2.05	205.0	15,910.0	-583.4
122	3.20	100	8700	2.70	270.0	16,180.0	-505.2
124	3.50	100	8800	3.35	335.0	16,515.0	-361.9
126	2.30	100	8900	2.90	290.0	16,805.0	-263.7
127	1.50	100	9000	1.90	190.0	16,995.0	-265.5
128	1.50	100	9100	1.50	150.0	17,145.0	-307.3
129	2.10	100	9200	1.80	180.0	17,325.0	-319.1
130	1.80	100	9300	1.95	195.0	17,520.0	-315.9
131	1.60	100	9400	1.70	170.0	17,690.0	-337.6
132	1.70	100	9500	1.65	165.0	17,855.0	-364.4
133	1.70	100	9600	1.70	170.0	18,025.0	-386.2
135	1.50	100	9700	1.60	160.0	18,185.0	-418.0
136	1.90	100	9800	1.70	170.0	18,355.0	-439.8
137	2.10	100	9900	2.00	200.0	18,555.0	-431.6
138	2.90	100	10000	2.50	250.0	18,805.0	-373.3
143	2.20	100	10100	2.55	255.0	19,060.0	-310.1
145	1.50	100	10200	1.85	185.0	19,245.0	-316.9
146	1.60	100	10300	1.55	155.0	19,400.0	-353.7
148	2.30	100	10400	1.95	195.0	19,595.0	-350.5
149	2.00	100	10500	2.15	215.0	19,810.0	-327.3
150	2.10	100	10600	2.05	205.0	20,015.0	-314.0
151	2.00	100	10700	2.05	205.0	20,220.0	-300.8
152	1.70	100	10800	1.85	185.0	20,405.0	-307.6
153	2.60	100	10900	2.15	215.0	20,620.0	-284.4
157	1.90	100	11000	2.25	225.0	20,845.0	-251.2
158	2.10	100	11100	2.00	200.0	21,045.0	-243.0
160	1.90	100	11200	2.00	200.0	21,245.0	-234.7
162	1.50	100	11300	1.70	170.0	21,415.0	-256.5

163	2.10	100	11400	1.80	180.0	21,595.0	-268.3
164	1.40	100	11500	1.75	175.0	21,770.0	-285.1
165	2.00	100	11600	1.70	170.0	21,940.0	-306.9
166	1.70	100	11700	1.85	185.0	22,125.0	-313.7
167	2.00	100	11800	1.85	185.0	22,310.0	-320.4
168	1.90	100	11900	1.95	195.0	22,505.0	-317.2
169	2.10	100	12000	2.00	200.0	22,705.0	-309.0
170	2.10	100	12100	2.10	210.0	22,915.0	-290.8
171	2.00	100	12200	2.05	205.0	23,120.0	-277.6
172	1.80	100	12300	1.90	190.0	23,310.0	-279.4
175	2.10	100	12400	1.95	195.0	23,505.0	-276.1
176	2.10	100	12500	2.10	210.0	23,715.0	-257.9
177	2.40	100	12600	2.25	225.0	23,940.0	-224.7
178	2.00	100	12700	2.20	220.0	24,160.0	-196.5
181	2.00	100	12800	2.00	200.0	24,360.0	-188.3
182	1.80	100	12900	1.90	190.0	24,550.0	-190.1
183	2.20	100	13000	2.00	200.0	24,750.0	-181.8
184	2.00	100	13100	2.10	210.0	24,960.0	-163.6
187	2.10	100	13200	2.05	205.0	25,165.0	-150.4
192	3.00	100	13300	2.55	255.0	25,420.0	-87.2
194	1.70	100	13400	2.35	235.0	25,655.0	-44.0
195	2.0	100	13500	1.70	170.0	25,825.0	-65.8
196	1.80	100	13600	1.80	180.0	26,005.0	-77.5
197	2.00	100	13700	1.90	190.0	26,195.0	-79.3
198	2.30	100	13800	2.15	215.0	26,410.0	-56.1
199	1.50	100	13900	1.90	190.0	26,600.0	-57.9
200	2.20	100	14000	1.85	185.0	26,785.0	-64.7
201	1.50	100	14100	1.85	185.0	26,970.0	-71.5
202	1.80	100	14200	1.65	165.0	27,135.0	-98.2
203	1.50	100	14300	1.65	165.0	27,300.0	-125.0
204	1.30	100	14400	1.40	140.0	27,440.0	-176.8
205	1.50	100	14500	1.40	140.0	27,580.0	-228.6
206	2.00	100	14600	1.75	175.0	27,755.0	-245.4
207	1.60	100	14700	1.80	180.0	27,935.0	-257.2
208	1.80	100	14800	1.70	170.0	28,105.0	-278.9
209	2.10	100	14900	1.95	195.0	28,300.0	-275.7
210	2.10	100	15000	2.10	210.0	28,510.0	-257.5
211	2.20	100	15100	2.15	215.0	28,725.0	-234.3
212	2.20	100	15200	2.20	220.0	28,945.0	-206.1
213	1.90	100	15300	2.05	205.0	29,150.0	-192.9

214	2.00	100	15400	1.95	195.0	29,345.0	-189.6
216	3.00	100	15500	2.50	250.0	29,595.0	-131.4
217	2.30	100	15600	2.65	265.0	29,860.0	-58.2
218	2.70	100	15700	2.50	250.0	30,110.0	0.0
<b>Promedio</b>	1.92				<b>At</b>	30,110.0	
<b>Máx. Obtenido</b>	4.20				<b>Lp</b>	15,700.0	
<b>Mín. Obtenido</b>	1.10				<b>F</b>	1.9	
<b>Desv. Estandar</b>	0.47						

**Anexo 12:** Formato 01 de recopilación de datos validados por 3 expertos.

		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>			
<b>Formulario de Eventos en Campo</b>					
<b>Sondeo:</b>		<b>Fecha</b>		<b>Hora</b>	
<b>Evento A</b>	<b>Distancia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Evento B</b>	<b>Distancia</b>	<b>Descripción</b>
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
11			11		
12			12		
13			13		
14			14		
15			15		
16			16		
<b>Abreviaciones de Eventos sugeridos</b>					
<b>Evento A</b>			<b>Evento B</b>		
<b>BA</b>	Bridge Abutment (Estribo de Puente)		<b>DS</b>	Deviation Start (Iniciode Desviación)	
<b>RC</b>	Railway Crossing (Cruce Ferroviario)		<b>DE</b>	Deviation End ( Fin de Desviación)	
<b>C</b>	Culvert (Alcantarilla)		<b>RWS</b>	Road Work Start (Inicio de trabajos viales)	
<b>SD</b>	Spoon Drain (Desague)		<b>RWE</b>	Road Work Start (Inicio de trabajos viales)	
<b>SH</b>	Speed Hump (Reductor de Velocidad)		<b>PH</b>	Pot Holes (Hoyos)	
<b>RA</b>	Roundabout (Rotonda)		<b>C</b>	Corrugations (Ondulaciones)	
<b>I</b>	Intersection (intersección)		<b>ED</b>	Edges Deteriorated (Bordes deteriorados)	
<b>EXPERTO 01</b>		<b>EXPERTO 02</b>		<b>EXPERTO 03</b>	
 ANTHONY WASHINGTON CAMPOS DUEÑAS INGENIERO GEÓLOGO Reg. del Colegio de Ingenieros N° 07707		 FERNANDO TORRES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 55510		 VICTOR ANDRES POMA PALLIN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 122920	



## Anexo 14: Certificado de calibración de fábrica del equipo Roughometer III



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE FABRICA

CLIENTE:	PROVIAS
EQUIPO:	ROUGHOMETER III
LUGAR DE CALIBRACION:	AUSTRALIA
FECHA:	FEBRERO 2019

Por el presente documento la empresa SUPLIDORA ELVEC S.A. en su calidad de representante técnico y comercial exclusivo de la empresa ARRB SYSTEMS DE AUSTRALIA para Perú, Ecuador y Centro América, certifica:

Que el equipo detallado líneas abajo fue pre-chequeado y calibrado en fabrica previo al su envío.

Componente	Descripción	Numero de Serie
11020.C	Roughometer Controller Assembly	579
11040.C	Roughometer Accelerometer Assembly	838
11114.C	KMI Rotational Trasducer Kit	761

El equipo, fue probado de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM E950 y cuenta con las siguientes especificaciones:

- Precisión: +/- 0,5 m/km.
- Velocidad: 40 a 60 km/h
- Precisión de distancia: 0.1% (Sensor de Distancia)

El presente certificado tendrá validez de 24 meses a partir de la fecha en que el equipo sea montado en el vehículo sobre el cual se realizarán las evaluaciones de rugosidad por parte del cliente/usuario. Posteriormente, se deberá seguir con los procedimientos de calibración especificados en el manual del equipo.

Se recomienda que el equipo pueda ser verificado y calibrado Anualmente.

Atentamente,

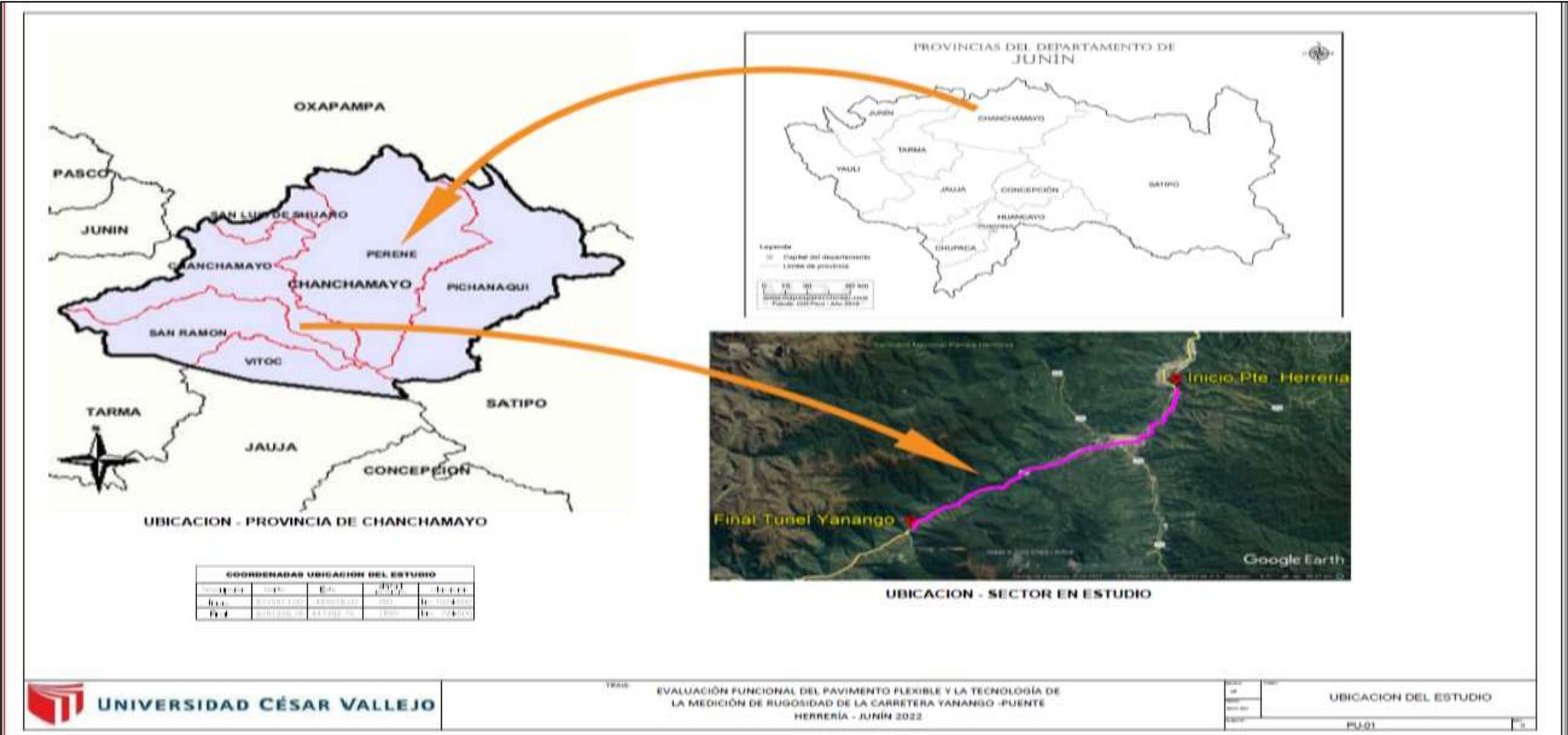
JOSE ALBERTO  
PAGANELLA  
VENTURA (FIRMA)

Firmado digitalmente por JOSE  
ALBERTO PAGANELLA VENTURA  
(FIRMA)  
Fecha: 2020.07.02 16:14:44  
-06'00'

Jose Paganella V. / Representante Legal  
SUPLIDORA ELVEC S.A.  
REPRESENTANTE EXCLUSIVO ARRB SYSTEM  
PERU, ECUADOR y CENTRO AMERICA



Anexo 15: Plano de ubicación del estudio de investigación



## Anexo 16: Presupuesto

<b>Presupuesto del uso del equipo Roughometer III</b>		
<b>Descripción por día</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Costo</b>
Costo de alquiler del equipo Roughometer III	01	s/ 650.0
Costo de alquiler de un vehículo	01	s/ 300.0
Costo de alquiler de equipo para gabinete - laptop	01	s/ 50.0
<b>Recurso humano por día</b>		
Conductor del vehículo	01	s/ 140.0
Operador del equipo	01	s/ 160.0
Ayudante Oficial	01	s/ 100.0
<b>Total</b>		<b>S/ 1,400.0</b>

Se plantea el siguiente presupuesto en medida al costo de la investigación realizada, donde se puede diferenciar la reducción de tiempo y recursos adicionales utilizando equipos de alto rendimiento.

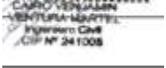
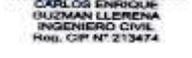
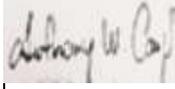
## Anexo 17: Planificación

Programación referencial de la instalación del equipo Roughometer III, calibración y medición de rugosidad del pavimento flexible. Esto dependerá de la cantidad de kilómetros que se realice teniendo en cuenta las especificaciones generales de cada Proyecto vial.

Programación	Duración	Comienzo	Fin
<b>CRONOGRAMA DE ANÁLISIS Y OPERATIVIDAD DEL EQUIPO ROUGHOMETER III</b>	6 días	lun 11/04/22	sáb 16/04/22
Análisis del alcance del servicio de la carretera vial a evaluar: (Evaluación y análisis de los términos de referencia, contratos, valores permitidos de acuerdo a las especificaciones generales)	2 días	lun 11/04/22	mar 12/04/22
Instalación y calibración del equipo Roughometer III	1 día	jue 14/04/22	jue 14/04/22
Medición del índice de rugosidad del pavimento flexible (200 km referencial)	1 día	vie 15/04/22	vie 15/04/22
Procesamiento en gabinete de valores obtenidos en campo durante el sondeo	1 día	lun 18/10/21	lun 18/10/21

**Anexo 18:** Validación de instrumentos

Por Alpha de Cronbach (resultado = 0.933)

Validez	Nombres y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1	VENTURA MARTEL, Cairo	241005	0.95	 
Experto 2	GUZMAN LLERENA, Carlos Enrique	213474	0.9	 
Experto 3	CAMPOS DUEÑAS, Anthony Washington	87787	0.95	

## Anexo 19: Confiabilidad de resultados

### Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson:

$$r = \frac{cov(x, y)}{S_x S_y}$$

$r$  : Coeficiente de correlación de Pearson

$cov(x, y)$  : Covarianza entre X e Y

$S_x$  : Desviación estándar de X

$S_y$  : Desviación estándar de Y

	<i>iri prom.</i>	<i>iri proyecto</i>
Iri Promedio	1	
Iri Proyecto	<b>0.9489319</b>	1

## Anexo 20: Fotos



Equipo Roughometer - Marca Arrab de clase III



Instalación del sensor en la suspensión del vehículo del equipo Roughometer - Marca Arrab de clase III



Instalación del DMI en el eje de la llanta del vehículo, equipo del Roughometer III.



Calibración del sensor del equipo Roughometer - Marca Arrab de clase III.



Salida del puente Herrería para la calibración de distancia del equipo del Roughometer III.



Equipo Roughometer III Instalado y calibrado.



Identificación del tramo para el inicio del sondeo



Medición de rugosidad con el Equipo Roughometer III, Tramo Yanango al puente Herrería, Junín.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DELGADO RAMIREZ FELIX GERMAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación funcional del pavimento flexible y la tecnología de la medición de Rugosidad de la carretera Yanango -Puente Herrería - Junín 2022", cuyo autor es IBARGUEN GUTIERREZ MIRLETH GANDY, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Junio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DELGADO RAMIREZ FELIX GERMAN <b>DNI:</b> 22264222 <b>ORCID</b> 0000-0002-7188-9471	Firmado digitalmente por: FDELGADORAM el 16- 07-2022 13:52:37

Código documento Trilce: TRI - 0308989