

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Evaluación De La Ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Pucara (Km
1175+000 – Km 1251+000), Mediante Perfilómetro Laser y
Rugosímetro De Merlín**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Jhón Fayard Uziel Hancoo Quispe
David Emilio Quina Espinoza

Asesor:

Ing. Moises Araca Chile

Juliaca, noviembre del 2024

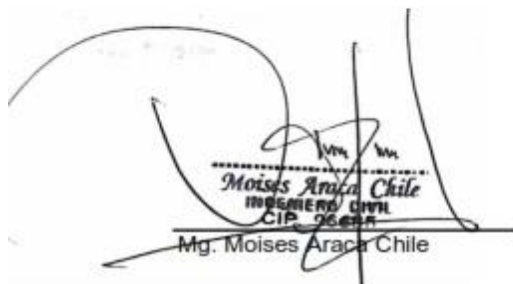
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mg. Moises Araca Chile, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE LA RUTA PE-3S TRAMO SANTA ROSA – PUCARA (KM 1175+000 – KM 1251+000), MEDIANTE PERFILÓMETRO LASER Y RUGOSÍMETRO MERLÍN”** de los autores Jhón Fayard Uziel Hanco Quispe y David Emilio Quina Espinoza tiene un índice de similitud de 14. % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 27 días del mes de noviembre del año 2024.



Moises Araca Chile
INGENIERO CIVIL
CIP 96884

Mg. Moises Araca Chile

Índice general

Índice general	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	ix
1. Introducción	12
2. Materiales y métodos.....	14
2.1. Materiales	14
2.1.1. <i>Perfilómetro Laser</i>	14
2.1.2. <i>Rugosímetro de Merlín</i>	16
2.2. Métodos.....	18
2.2.1. <i>Procedimiento del perfilómetro laser</i>	20
2.2.2. <i>Procedimiento del rugosímetro de merlín</i>	20
2.2.3. <i>Determinación del IRI característico</i>	21
2.2.4. <i>Evaluación de la serviciabilidad (PSI)</i>	22
2.2.5. <i>Deterioro y tipo de tratamiento de acuerdo a los resultados del IRI</i>	24
3. Resultados y análisis	26
3.1. Resultados Obtenidos.....	26
3.1.1. <i>Regularidad Superficial según el perfilómetro laser</i>	28
3.1.2. <i>Regularidad Superficial según el rugosímetro de merlín</i>	32
3.2. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos	37
3.2.1. Interpretación de los resultados obtenidos con el Perfilómetro Laser. ...	37
3.2.2. Deterioro y Tipo de Tratamiento de acuerdo a los resultados de IRI.....	38
3.2.3. Interpretación de los resultados obtenidos con el Rugosímetro Merlín. .	41
3.3. Discusión	42

4. Conclusiones	45
Referencias.....	46
Anexos.....	48

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Estadística de Muestras Emparejadas</i>	27
Tabla 2. <i>Prueba de Muestra Emparejadas</i>	27
Tabla 3. <i>Valor del IRI Característico por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo I: Santa Rosa – Ayaviri</i>	29
Tabla 4. <i>Valor del IRI Característico por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo II: Ayaviri – Pucara</i>	30
Tabla 5. <i>Índice de Serviciabilidad por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo I: Santa Rosa – Ayaviri</i>	31
Tabla 6. <i>Índice de Serviciabilidad por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo II: Ayaviri – Pucara</i>	31
Tabla 7. <i>Valor del IRI Característico por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo I: Santa Rosa - Ayaviri</i>	33
Tabla 8. <i>Valor del IRI Característico por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo II: Ayaviri – Pucara</i>	34
Tabla 9. <i>Índice de Serviciabilidad por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo I: Santa Rosa - Ayaviri</i>	35
Tabla 10. <i>Índice de Serviciabilidad por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo II: Ayaviri – Pucara</i>	36
Tabla 11. <i>Resultados de la Evaluación Funcional con Perfilómetro Laser y Rugosímetro de Merlín</i>	37
Tabla 12. <i>Resultado del Índice de Serviciabilidad (PSI)</i>	37
Tabla 13. <i>Evaluación Funcional - IRI Ambos Carriles Tramo I</i>	38
Tabla 14. <i>Evaluación Funcional - IRI Ambos Carriles Tramo II</i>	38
Tabla 15. <i>Estado de Avance de Deterioro del Pavimento y Tipo de Tratamiento - Tramo I</i>	39

Tabla 16. <i>Estado de Avance de Deterioro del Pavimento y Tipo de Tratamiento - Tramo II.....</i>	40
Tabla 17. <i>Resultado Ponderado por Tramo.....</i>	41

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Vista Exterior Perfilómetro RSP</i>	16
Figura 2. <i>Vista Interior Perfilómetro RSP</i>	16
Figura 3. <i>Partes del rugosímetro de Merlín. Tomado de (Merlin. A Low-Cost Road Roughness Measuring Machine, 1990)</i>	17
Figura 4. <i>Vista del Rugosímetro de Merlín.</i>	18
Figura 5. <i>Localización General</i>	19
Figura 6. <i>Esquema de evaluación.</i>	19
Figura 7. <i>Rugosidad Inicial IRI m/km Según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente</i>	21
Figura 8. <i>Clasificación según PSI</i>	23
Figura 9. <i>Relación entre valores IRI y características de circulación. Fuente: (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, 2014)</i>	24
Figura 10. <i>Relación entre valores IRI y características de circulación. Fuente: World Bank Technical (1986) Paper Nº 46</i>	24
Figura 11. <i>Tratamientos según condición de pavimento. Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos</i>	25

Índice de Anexos

Anexo A: Evidencia de Sumisión	48
Anexo B: Copia de Resolución	49
Anexo C: Ensayos de Laboratorio	50

Evaluación De La Ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Pucara (Km 1175+000 – Km 1251+000), Mediante Perfilómetro Laser y Rugosímetro De Merlín

Resumen:

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el estado de la vía con las variaciones del Índice de regularidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro Merlín y el Perfilómetro laser en la ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Pucara (Km 1175+000 – Km 1251+000). Corresponde a una investigación de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel comparativo, con un diseño experimental, se realizó una lectura inicial mediante el perfilómetro laser teniendo valores entre 8.86 m/km y 10.29 m/km para los tramos Santa Rosa – Ayaviri y Ayaviri – Pucara respectivamente, clasificado como “Muy Malo”, posterior a ello realizaron trabajos de rehabilitación y reconstrucción en el tramo evaluado y finalmente se procedió a determinar el índice de regularidad superficial y la serviciabilidad mediante el rugosímetro Merlín obteniendo un valor promedio de 1.58 m/km para el tramo Santa Rosa – Ayaviri y 1.73 m/km para el tramo Ayaviri – Pucara, en la cual se demostró que la vía evaluada se encuentra con una clasificación de “buena” en términos de serviciabilidad.

Palabras Clave: Índice de Regularidad superficial, Perfilómetro laser, Rugosímetro de Merlín, Rugosidad, Serviciabilidad.

Evaluation of the PE-3S Route Santa Rosa – Pucara Section (Km 1175+000 – Km 1251+000), Using a Laser Profilometer and Merlin Rugosimeter

Abstract:

The objective of this research work is to determine the state of the road with the variations of the International Regularity Index (IRI) using the Merlin Roughness Meter and the Laser Profiler on the PE-3S route, Santa Rosa – Pucara Section (Km 1175+000 – Km 1251+000). It corresponds to a quantitative approach investigation, of applied type and comparative level, with an experimental design, an initial reading was carried out using the laser profilometer having values between 8.86 m/km and 10.29 m/km for the Santa Rosa - Ayaviri and Ayaviri sections. – Pucara respectively, classified as “Very Bad”, after which they carried out periodic rehabilitation and conservation work in the evaluated section and finally the surface regularity index and serviceability were determined using the Merlin roughness meter obtaining values of 1.58 m/ km for the Santa Rosa – Ayaviri section and 1.73 m/km for the Ayaviri – Pucara section, in which it was demonstrated that the evaluated road is in optimal conditions in terms of serviceability.

Palabras Clave: Surface Regularity Index, Laser Profilometer, Merlin Roughness Meter, Roughness, Serviceability.

1. Introducción

La carretera es una infraestructura vital para apoyar actividades económicas y sociales de una nación, por lo tanto, es necesario gestionarla adecuadamente (Depaz & Flores, 2023). En la práctica mundial moderna el monitorear la rugosidad de las carreteras, se ha convertido en la más utilizada durante los últimos 10 a 15 años (Golov et al., 2022). La evaluación de pavimentos proporciona información que puede ser utilizada tanto en el diseño como en la gestión de la infraestructura, permitiendo priorizar las actividades de mantenimiento, rehabilitaciones y reconstrucciones (Sánchez & Desolminihac, 1989). Permite también realizar inventarios del estado y la condición de la red vial, así como evaluar los costos adicionales en los cuales pueden incurrir los usuarios por el uso de la carretera (Badilla, 2010). El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es un indicador estadístico de la irregularidad del pavimento; y representa la diferencia entre los perfiles longitudinales de las superficies antes mencionados (Pradena, 2006).

El índice de regularidad internacional (IRI) es un parámetro que mide la calidad de las carreteras y refleja el nivel de servicio que estas brindan. El IRI se obtiene a partir de la medición de la irregularidad superficial del pavimento y se expresa en metros por kilómetro (m/km). En el sur del Perú, el cálculo IRI es un problema importante debido a que las carreteras presentan un alto grado de irregularidad superficial (Ramos, 2018). En la región de Puno, la mayoría de las carreteras se han deteriorado prematuramente, lo que disminuye su condición a nivel de serviciabilidad, por lo tanto, demanda trabajos de mantenimiento antes de lo previsto, también cuenta con diversos diseños de pavimento flexible las cuales muchos no han cumplido con el periodo de vida útil para el que han sido diseñados ya sea por diferentes factores como pueden ser la carga vehicular, el clima, etc., estas hace que la estructura envejezca prematuramente (Margas, 2019).

La rugosidad de los pavimentos influye en el confort y la seguridad de los usuarios, así como en el desgaste y el consumo de combustible de los vehículos. Por eso el rugosímetro merlín es un instrumento que permite estimar el IRI de forma sencilla y económica, mediante la medición de las desviaciones verticales de la superficie respecto a una cuerda promedio de 2.00 m. El valor de la dispersión de estas desviaciones se denomina rugosidad en unidades merlín (D), y se puede relacionar con el IRI mediante una fórmula empírica (Cundill, 1990).

Mediante el uso del Perfilómetro Laser Clase I Road Surface Profiler (RSP) se realiza la medición de la rugosidad del pavimento, las medidas continuas del perfil longitudinal se basan en el método "South Dakota", el cual consiste en las obtenciones de datos mediante sensores laser colocados en el vehículo para medir el desplazamiento entre el vehículo y la superficie del pavimento. Los sensores acelerómetros y laser que se encuentran en cada huella que mide la rugosidad en ambas, las mediciones se hacen con intervalos pequeños por debajo de 250 mm con una precisión inferior a 0,1 mm, el IRI promedio y registrada es cada 20 m para procesar la información cada 100 m.

Con las mediciones obtenidas del perfilómetro laser clase I (RSP), se procede a realizar trabajos de mantenimiento periódico los cuales son Reciclado y estabilizado con emulsión asfáltica y Recapeo asfáltico, concluidos estos trabajos se realiza una nueva medición del tramo evaluado (Santa Rosa – Ayaviri y Ayaviri - Pucara), la cual es con el equipo de rugosímetro Merlín, siendo este equipo fácil de usar y de bajo costo de mantenimiento. La simplicidad y facilidad del equipo son ideales para realizar las mediciones en el tramo a evaluar, ya que no requiere de personal altamente especializado para su operación lo que facilita su uso.

2. Materiales y métodos

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel comparativo, con un diseño experimental, cuyos resultados inicialmente se enmarcarán en describir el IRI obtenido por el método de Perfilómetro laser y por el Rugosímetro Merlín, para posteriormente realizar la comparación de los resultados obtenidos por ambos equipos. En la evaluación la ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Pucara (Km 1175+000 – Km 1251+000).

2.1. Materiales

Existen muchos sistemas de medida de la regularidad superficial, los métodos más populares basan sus medidas en la obtención de un perfil longitudinal o en la respuesta de un vehículo al circular por la carretera a estudiar, tanto unos sistemas como otros procesan los datos recogidos durante las campañas de auscultación y caracterizan la regularidad superficial mediante una diversidad de índices, notas o parámetros que complican tremendamente la comparación del estado de carreteras auscultadas con distintos aparatos (Badilla, 2012).

Los trabajos de campo han consistido en la medición de la rugosidad del pavimento a través del uso del perfilómetro Laser y el Rugosímetro Merlín.

2.1.1. Perfilómetro Laser

Los equipos de referencia inercial realizan mediciones automáticas y de alta calidad de perfil del camino. Estos equipos realizan mediciones continuas del perfil longitudinal a altas velocidades a través de la creación de una referencia inercial, integrada por acelerómetros colocados en un vehículo utilizado para obtener el movimiento vertical del mismo y sensores de “no contacto” (Ventura, 2008).

El proceso de medición del índice de regularidad internacional (IRI) se ha basado en las normas de American Society for Testing and Materials (ASTM, 2018), en la sección E 950, la cual abarca la medición y almacenamiento de datos de perfil medidos con base a una referencia inercial establecida por acelerómetros, Sección E 867-06 “Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems” y la sección E 1170 “Standart practices for simulating vehicular response to longitudinal profiles of traveled surfaces” la cual abarca el cálculo de la respuesta vehicular a las regularidades superficiales de la carretera, utilizando un determinado programa de simulación vehicular.

El perfilómetro laser pertenece a la clase 1, es de tipo Road Surface Profiler (RSP), cuenta con las especificaciones establecidas para los perfilómetros Clase 1 de acuerdo sección D 6433-03 de la norma American Society for Testing and Materials (ASTM, 2003) y al banco mundial en su boletín técnico N°480. Sirve para mediciones directas en evaluaciones de campo.

Las características generales del equipo son las siguientes:

- Velocidades de operación: hasta 110 km/h.
- Información del perfil longitudinal calculado de 10 a 199 metros especificando por el usuario.
- Cálculo de intervalo IRI en el rango de 0.3m a 1.6km especificado por el usuario.
- Información de marcas con GPS.
- Sistema de procesamiento de datos digitales

Figura 1.

Vista Exterior Perfilómetro RSP.



Figura 2.

Vista Interior Perfilómetro RSP



2.1.2. Rugosímetro de Merlín

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el rugosímetro MERLÍN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation) (Caridad, 2019), basándose en

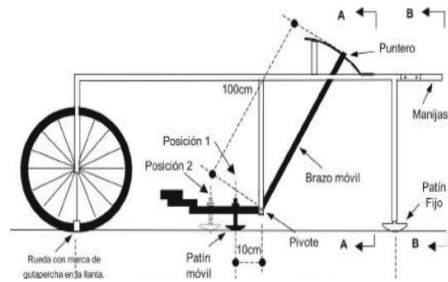
el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables (Cundill, 1990) .

El proceso de medición del índice de regularidad internacional (IRI) se ha basado en las normas de American Society for Testing and Materials (ASTM, 2018), en la sección E 950, la cual abarca la medición y almacenamiento de datos de perfil medidos con base a una referencia inercial El rugosímetro de MERLÍN consiste en determinar la desviación del terreno frente a una cuerda definida entre 2 puntos ubicados antes y después del punto de medición. Para ello, se utiliza un punto de contacto con el piso en el punto de medición, el cual permite encontrar el desnivel del terreno respecto a la cuerda, definida por los puntos de apoyo(De La Cruz et al., 2022). La longitud media de la cuerda es de 2,00 m, en vista de que ésta es la distancia que da los mejores resultados de correlación. Del mismo modo, se afirma que es necesario valorar 200 muestras de la secuencia media de acuerdos a lo largo de una pista continua y tener en cuenta un intervalo constante entre cada medida. En estas condiciones, cuanto mayor sea la rugosidad de la superficie, mayor será el cambio de desplazamiento (Cundill, 1990). (Ver Figura N°03).

Al definir un histograma de la distribución de frecuencias de 200 muestras, puede obtenerse una medida de la propagación del perfil de la pista y correlacionarla con una escala de rugosidad estándar. Una medida de propagación por definición, el límite de muestra (indicado por D) se determina después de eliminar el 10% de las medidas (10 puntos de datos en cada extremo del histograma). El valor D se conoce en unidades de rugosidad MERLÍN (Álvarez & Rivero, 2012).

Figura 3.

Partes del rugosímetro de Merlín.



Nota: Tomado de (Merlin. A Low-Cost Road Roughness Measuring Machine, 1990)

Figura 4.

Vista del Rugosímetro de Merlín.



2.2. Métodos

La rugosidad se puede definir como cambios en el perfil longitudinal de la carretera que provocan vibraciones en un vehículo en movimiento. La rugosidad generalmente se mide en m/km.

El IRI se calcula según las especificaciones del Banco Mundial. Los contornos obtenidos cumplen con la precisión y tolerancias de los equipos Clase 1. Los dispositivos

de Clase 1 son los dispositivos más precisos para calcular el IRI al tomar una serie de mediciones con precisión en pequeños intervalos a lo largo de la sección de medición.

La información del IRI se tomó, en toda la vía, en cada carril y ambas huellas, lo que permitirá calcular el valor del IRI promedio y característico.

Tomando como base la norma ASTM E 950, el proceso de medición de la rugosidad consistió básicamente en pasar el perfilómetro laser y el rugosímetro Merlín sobre la huella interna y externa de cada uno de los carriles derecho e izquierdo, en el sentido del tráfico. (Guía AASHTO Para El Diseño de Estructuras de Pavimentos 1193, 1993),

Figura 5.

Localización General

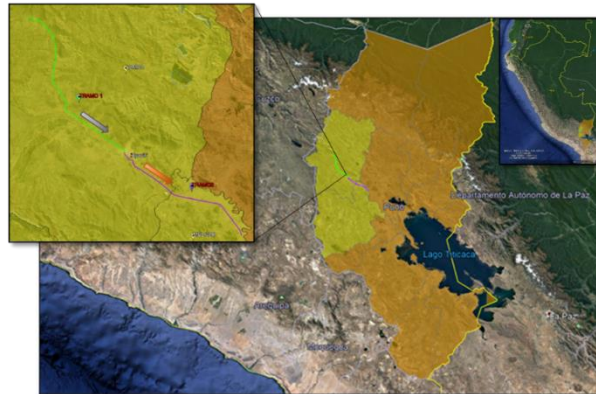
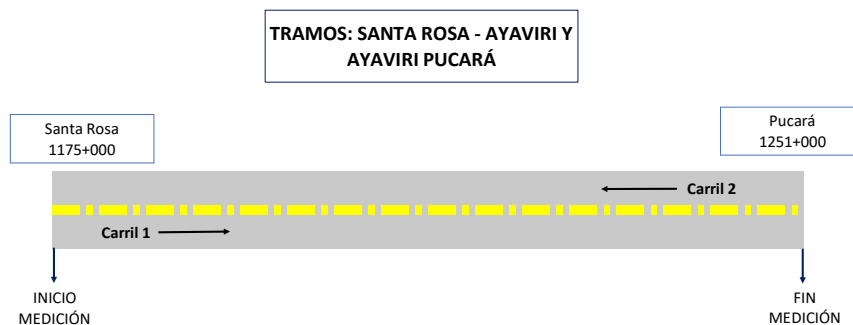


Figura 6.

Esquema de evaluación.



2.2.1. Procedimiento del perfilómetro laser

El trabajo de campo ha consistido en la medición de la rugosidad del pavimento mediante el Perfilómetro Laser Clase I Road Surface Profiler (RSP), con el RSP se obtiene medidas continuas del perfil longitudinal por medio de una referencia inercial, integrada por acelerómetros que fueron colocados en el vehículo para poder obtener el desplazamiento vertical del vehículo y sensores laser fueron utilizados para medir el desplazamiento entre el vehículo y la superficie del pavimento.

La rugosidad se mide a partir de los sensores acelerómetros y laser que se encuentra en cada huella, la medición de la distancia se lleva a cabo por un dispositivo que se coloca en la rueda del vehículo que al girar se registra la lectura de la distancia recorrida por el vehículo. El perfil obtenido cumple con la precisión y el sesgo del equipo Clase 1, las medidas del IRI por el perfilómetro laser se realiza cada 100 m lo que permite calcular el valor del IRI a lo largo de la vía y es registrada cada 20 m. Posteriormente se analizó las lecturas obtenidas con el perfilómetro laser mediante una computadora personal y el programa de cálculo del perfilómetro donde se determina el valor del IRI.

2.2.2. Procedimiento del rugosímetro de merlín

Para que se determine un valor de rugosidad se debe efectuar 200 observaciones, cada una son detectadas por el patín móvil de MERLÍN y que son indicadas por el puntero generándose una lectura, las observaciones se realizó estacionando el equipo a intervalos regulares, cada 2m de distancia. El equipo debe estar apoyado en tres puntos fijos las cuales son: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador.

Se estaciona el equipo el inicio del trecho, se espera que el puntero se estabilice y se observa la posición de la escala colocada sobre el tablero donde se realiza la lectura que es anotada por el auxiliar, seguidamente se toma el instrumento por las manijas elevándolo y desplazándolo. Las lecturas se realizan estacionando la rueda en una misma

posición donde se coloca una señal sobre la llanta que queda siempre en contacto con el piso, esto facilita al operador, que después de realizar la lectura, levanta el equipo y gira una vuelta haciendo coincidir la marca en el piso.

2.2.3. Determinación del IRI característico

El IRI se puede emplear en sistemas de gestión de firmes para conservación de pavimentos, en donde se evalúa la regularidad superficial de grandes redes de carreteras, o como elemento de control de calidad de la regularidad superficial de obras de carreteras (Asociación Técnica de Carreteras, 1998). Las mediciones del IRI se realizan con base en manuales de caminos, consideraciones de suelo, geología, geotecnia y superficie del camino, suelo y tramos de camino, y con base en el grado de confiabilidad determinado por el IMD del tramo evaluado se obtiene el IRI característico.

Figura 7.

Rugosidad Inicial IRI m/km Según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente

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

Nota: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y

Pavimentos

Las mediciones se realizan sin tener en cuenta los cambios provocados por jorobas, pontones, puentes, badenes y puntos de inflexión y otros elementos no relacionados con la superficie de rodadura. La rugosidad en unidades IRI característico se ha determinado con una confiabilidad del 95%, es decir que el 5% del área o extensión total presenta una probabilidad de rugosidad mayores a las características correspondientes.

El IRI característico se calculó basado en la siguiente expresión:

$$IRI_c = IRI_p + Z_R \sigma$$

Donde:

IRI c : IRI característico

IRI p : IRI promedio

ZR : factor de correlación

σ : Desviación estándar

De acuerdo al factor de correlación empleado ZR, para una probabilidad de 95% corresponde un coeficiente ZR = 1.645, probabilidad que un pavimento experimentara un rugosidad igual o menor al IRI Característico.

2.2.4. Evaluación de la serviciabilidad (PSI).

La capacidad de servicio del pavimento se determina a través del parámetro PSI (Present Serviciability Index), el cual se determina a través de correlaciones basadas en el IRI, La determinación analítica del PSI se efectúa con la expresión establecida por Sayers presentada en la publicación del banco mundial "The Highway and Maintenance Standard Model Volumen 1, 1987", que relaciona la rugosidad o IRI con el índice de serviciabilidad.

Con los valores de IRI determinados se calcula el índice de serviciabilidad presente del pavimento (PSI), que representa el grado de seguridad o confort que siente

el usuario al transitar por la vía, traduciéndose también en un parámetro de seguridad. El PSI o la serviciabilidad fue definida como la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado. Los pavimentos fueron calificados con notas cuyos valores extremos variaban entre 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones (situación ideal) (Sánchez & De solminihac, 1989). La ecuación que se emplea es:

$$PSI_{HDM-III} = 5 * e^{\left(\frac{-IRI}{5.5}\right)}$$

Donde: IRI en m/km.

La correlación utilizada en esta investigación es la fórmula desarrollada por Paterson en 1987 para el modelo HDM III. La escala PSI va de 0 a 5, donde un índice de 0 significa que la carretera es intransitable y un índice de 5 significa que la superficie es perfecta.

Desde la perspectiva del usuario, la calificación de transitabilidad (idoneidad de la carretera) de una condición de superficie de la carretera se mide con respecto al índice de idoneidad actual. La siguiente tabla enumera el alcance de la clasificación de idoneidad.

Figura 8.

Clasificación según PSI

Indice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy Buena
4	
3	Buena
2	Regula
1	Mala
0	Pesima

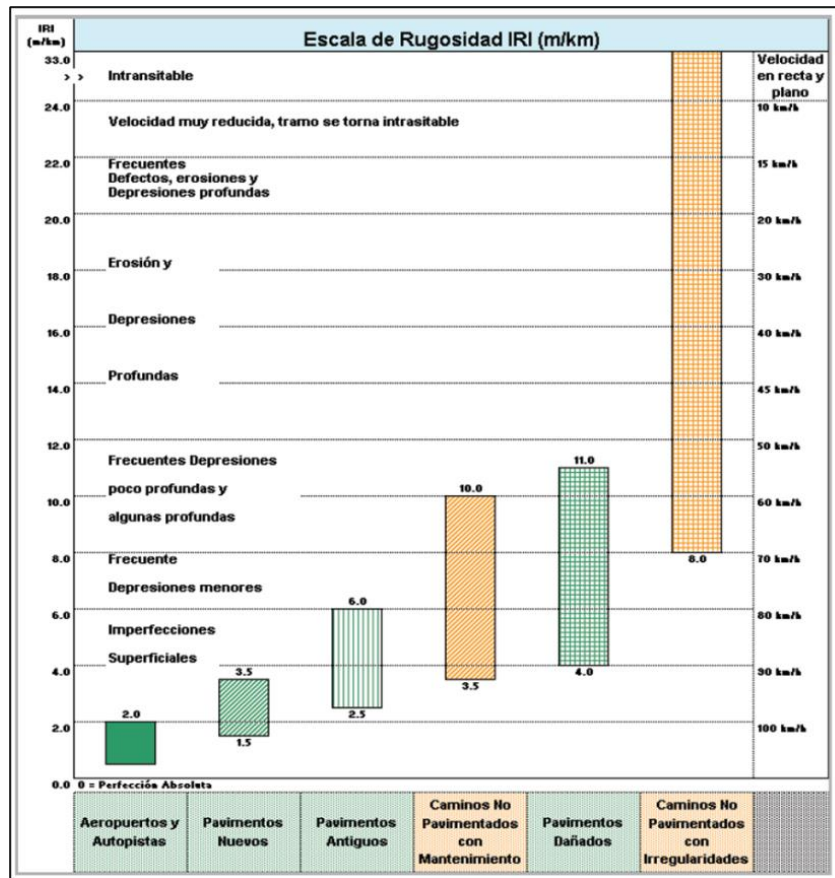
Nota: World Bank Technical Paper N°45 (1986).

2.2.5. Deterioro y tipo de tratamiento de acuerdo a los resultados del IRI

Para determinar el avance de deterioro del pavimento y tipo de tratamiento considerando los resultados obtenidos de IRI, nos basaremos en las siguientes imágenes y cuadros (relación entre valores de IRI y características de circulación, estado vial según rugosidad, y tratamientos según condición de pavimento).

Figura 9.

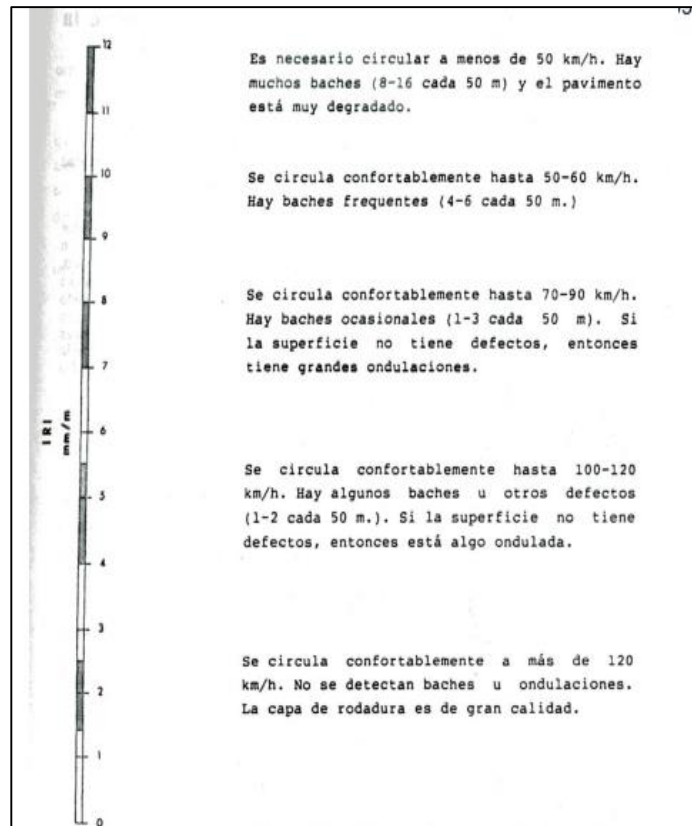
Relación entre valores IRI y características de circulación.



Nota: (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, 2014)

Figura 10.

Relación entre valores IRI y características de circulación.

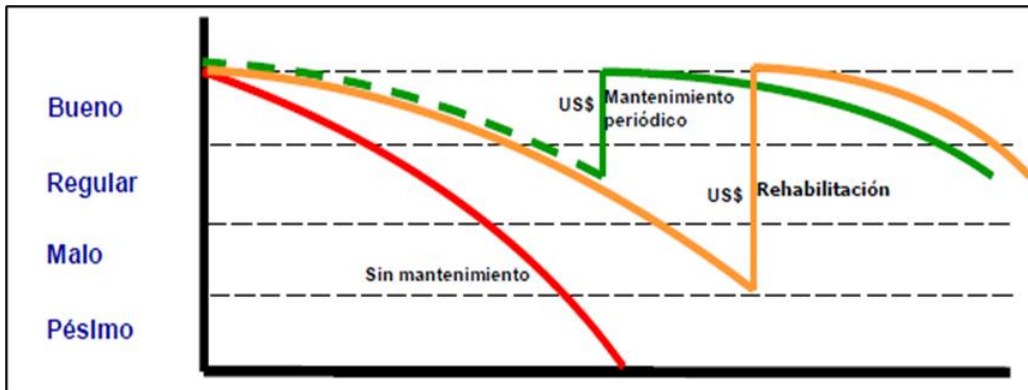


Nota: World Bank Technical (1986) Paper N° 46

Los trabajos de Mantenimiento y/o Rehabilitación se basan en los valores de, IRI o también en el valor de PSI, para los cuales se evalúan la trayectoria de degradación que puede presentar el pavimento a lo largo del tiempo de servicio. La siguiente figura (Figura 11) presenta la forma de degradación de una estructura de pavimento que fue diseñada según la trayectoria de línea continua.

Figura 11.

Tratamientos según condición de pavimento.



Nota: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos.

3. Resultados y análisis

3.1. Resultados Obtenidos

Se realizó la evaluación en la ruta PE-3S ubicada desde Santa Rosa en el kilómetro 1175+000 hasta Pucara kilómetro 1251+000, de las cuales se conformaron tramos para un mejor análisis de los resultados obtenidos:

Tramo I Santa Rosa – Ayaviri (Km 1175+000 – 1217+000)

Tramo II Ayaviri – Pucara (Km 1217+000 – 1251+000)

En la tabla 1 se observa que la media de los índices de rugosidad internacional disminuyó significativamente de 5.9887 antes de la intervención a 1.4955 después de la intervención. Esto sugiere que la intervención tuvo un efecto notable en la rugosidad de las superficies analizadas. La desviación estándar también muestra una disminución considerable, lo que indica que la variabilidad de los índices de rugosidad después de la intervención es menor.

Tabla 1.*Estadística de Muestras Emparejadas*

	Media	N	Desviación Estándar	Media de error Estándar
IRI Perfilómetro Laser	5.9887	760	,10118	,00734
IRI Rugosímetro de Merlín	1.4955	190	1,32001	,09576

En la tabla 2 se puede observar que la media de la diferencia es -4.4932, lo que indica que, en promedio, los índices de rugosidad después de la intervención son significativamente menores que antes. **El valor de t (-46.950)** es muy alto en valor absoluto, y el valor de significancia (0.000) es menor que 0.05, lo que indica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los índices de rugosidad antes y después de la intervención. El intervalo de confianza no incluye cero, lo que refuerza la conclusión de que la intervención tuvo un efecto significativo.

Tabla 2.*Prueba de Muestra Emparejadas*

	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
IRI Perfilómetro Laser	-4,49321	1,31915	,09570	-4,68199	4,30443	-46,950	189	0,000
IRI Rugosímetro de Merlín								

La sectorización en este estudio se realizó utilizando el método de diferencias finitas acumulativas, cuyo principio básico se basa en el hecho matemático de que cuando la variable Z_x se traza en función de la distancia a través del proyecto, el límite de la sección transversal uniforme aparece en la expresión Z_x en función de la longitud El punto en el que cambia la pendiente de una línea.

Con base en el índice de regularidad superficial (IRI), se determinaron las divisiones sectoriales correspondientes y se realizaron procedimientos estadísticos sobre la información para obtener la media, desviación estándar e índice de serviciabilidad para cada sector homogéneo determinado.

El valor estadístico utilizado para determinar la característica IRI es consistente con la confiabilidad del diseño transversal (95%) y es $Z_r=1,645$.

3.1.1. Regularidad Superficial según el perfilómetro laser.

El detalle de los resultados obtenidos mediante el perfilómetro laser se muestran en las tablas 3 y 4 para los tramos Santa Rosa – Ayaviri (Tabla 3) y Ayaviri – Pucara (Tabla 4). Se muestra la sectorización en la vía en estudio, mostrando el IRI promedio por sector y el IRI característico incumpliendo estos con la limitante siendo el umbral la característica de evaluación. Así mismo los gráficos 1 y 2 muestran los resultados de la evaluación del índice de rugosidad internacional (IRI) para los Tramos Santa Rosa – Ayaviri (Grafico 1) y Ayaviri – Pucara (Grafico 2).

Los sectores para los cuales no se proporcionan datos IRI corresponden a la presencia de singularidades en la vía, es decir, eventos identificados por áreas de jorobas, desvíos, entradas y salidas de estaciones de peaje, áreas de puentes y cualquier evento que pueda distorsionar la rugosidad respectiva.

Tabla 3.

Valor del IRI Característico por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo I: Santa Rosa – Ayaviri.

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	Desviación Estándar	IRI Característico	Umbral IRI (m/km)	Cumplimiento
1	1175+000	1176+400	1.40	4.23	0.80	5.55	3.00	No Cumple
2	1176+400	1180+000	3.60	6.75	0.98	8.35	3.00	No Cumple
3	1180+000	1188+800	8.80	5.69	1.22	7.69	3.00	No Cumple
4	1188+800	1192+500	3.80	6.84	1.05	8.57	3.00	No Cumple
5	1192+600	1201+200	8.60	4.92	0.82	6.26	3.00	No Cumple
6	1201+200	1203+400	2.20	6.29	0.84	7.67	3.00	No Cumple
7	1203+400	1209+860	6.46	5.52	0.67	6.63	3.00	No Cumple
8	1209+860	1217+000	7.14	5.93	0.72	7.11	3.00	No Cumple

Gráfico 1.

Valores IRI - Ambos Carriles - Perfilómetro Laser Tramo I: Santa Rosa – Ayaviri.

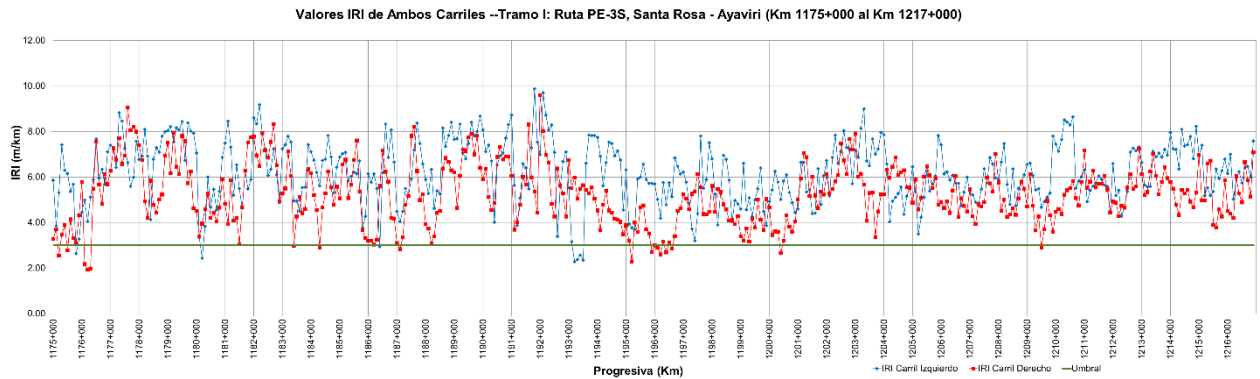


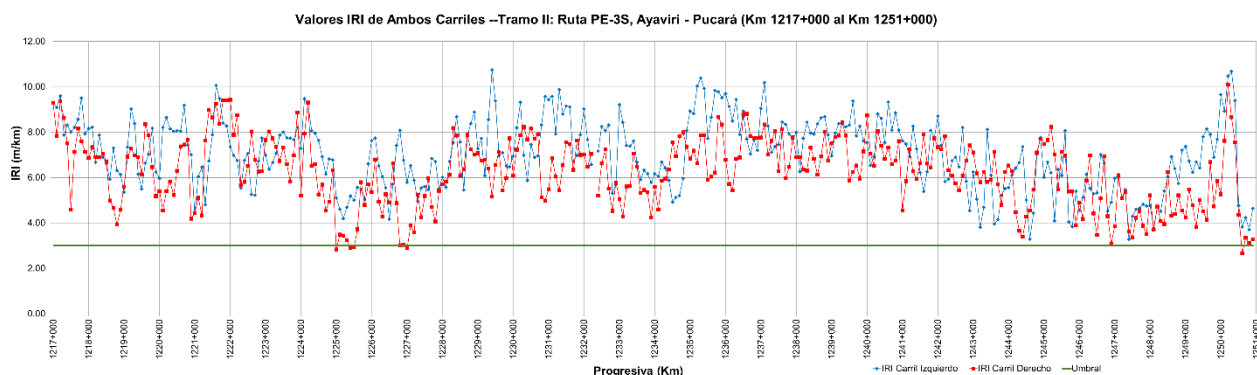
Tabla 4.

Valor del IRI Característico por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo II: Ayaviri – Pucara.

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	Desviación Estándar	IRI Característico	Umbral IRI (m/km)	Cumplimiento
1	1217+000	1224+400	7.40	7.19	1.15	9.08	3.00	No Cumple
2	1224+400	1228+300	3.90	5.42	0.94	6.97	3.00	No Cumple
3	1228+300	1232+800	4.50	7.33	0.66	8.42	3.00	No Cumple
4	1232+800	1234+900	2.10	6.14	0.63	7.17	3.00	No Cumple
5	1234+900	1242+200	7.30	7.62	0.70	8.76	3.00	No Cumple
6	1242+200	1248+500	6.30	5.54	1.06	7.29	3.00	No Cumple
7	1248+500	1250+500	2.00	6.47	1.46	8.87	3.00	No Cumple
8	1250+500	1251+000	0.50	4.57	1.97	7.81	3.00	No Cumple

Gráfico 2.

Valores IRI - Ambos Carriles - Perfilómetro Laser Tramo II: Ayaviri – Pucara.



las tablas (5 y 6) muestran y detallan los valores obtenidos de PSI, así como también se muestra el IRI promedio de estos sectores de los tramos Santa Rosa – Ayaviri y Ayaviri – Pucara. De igual manera Los siguientes gráficos (3 y 4) se muestran los resultados obtenidos de PSI de acuerdo a las sectorizaciones realizadas para cada tramo.

Tabla 5.

Índice de Serviciabilidad por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo I: Santa Rosa – Ayaviri.

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	PSI	Cumplimiento
1	1175+000	1176+400	1.40	4.23	2.32	Regular
2	1176+400	1180+000	3.60	6.75	1.47	Mala
3	1180+000	1188+800	8.80	5.69	1.78	Mala
4	1188+800	1192+500	3.80	6.84	1.44	Mala
5	1192+600	1201+200	8.60	4.92	2.04	Regular
6	1201+200	1203+400	2.20	6.29	1.59	Mala
7	1203+400	1209+860	6.46	5.52	1.83	Mala
8	1209+860	1217+000	7.14	5.93	1.70	Mala

Gráfico 3.

Resultados de PSI, Perfilómetro Laser Tramo I: Santa Rosa – Ayaviri.

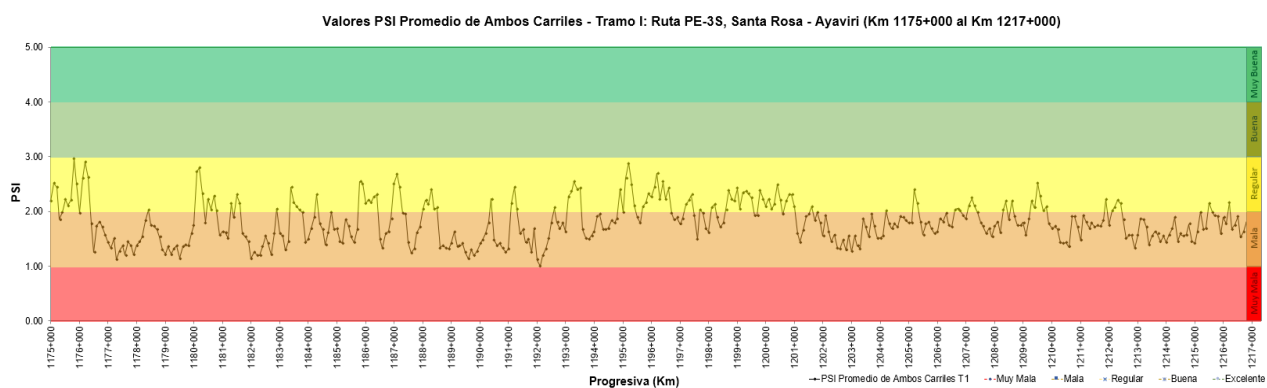


Tabla 6.

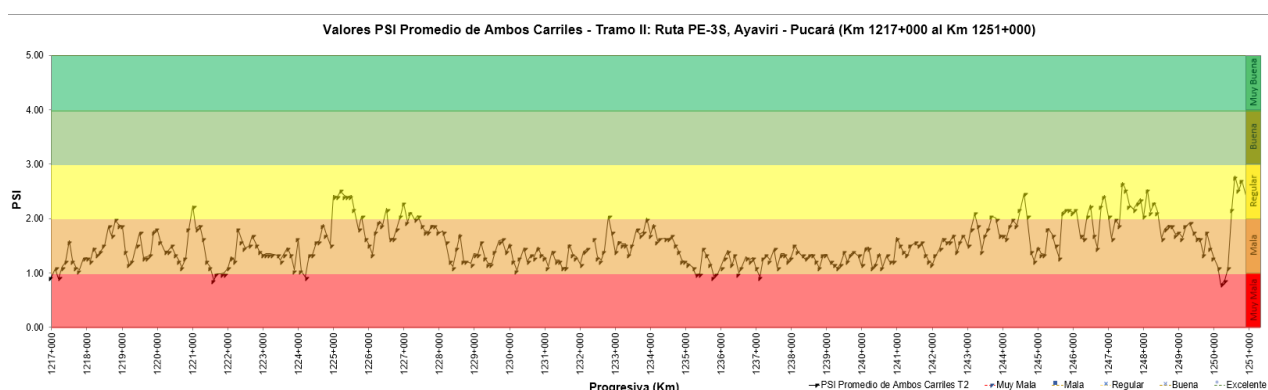
Índice de Serviciabilidad por Sectores, Perfilómetro Laser Tramo II: Ayaviri – Pucara.

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	PSI	Cumplimiento
1	1217+000	1224+400	7.40	7.19	1.35	Mala
2	1224+400	1228+300	3.90	5.42	1.87	Mala

3	1228+300	1232+800	4.50	7.33	1.32	Mala
4	1232+800	1234+900	2.10	6.14	1.64	Mala
5	1234+900	1242+200	7.30	7.62	1.25	Mala
6	1242+200	1248+500	6.30	5.54	1.83	Mala
7	1248+500	1250+500	2.00	6.47	1.54	Mala
8	1250+500	1251+000	0.50	4.57	2.18	Regular

Gráfico 4.

Resultados de PSI, Perfilómetro Laser Tramo II: Ayaviri – Pucara.



3.1.2. Regularidad Superficial según el rugosímetro de merlín.

El detalle de los resultados obtenidos mediante el Rugosímetro Merlín se muestra en las tablas 7 y 8 para los tramos Santa Rosa – Ayaviri (Tabla 7) y Ayaviri – Pucara (Tabla 8). Además, se muestra la sectorización en la vía en estudio, mostrando el IRI promedio por sector y el IRI característico cumpliendo estos con la limitante siendo el umbral la característica de evaluación. Así mismo los gráficos 5 y 6 muestran los resultados de la evaluación del índice de rugosidad internacional (IRI) para los Tramos Santa Rosa – Ayaviri (Grafico 5) y Ayaviri – Pucara (Grafico 6).

Los sectores para los cuales no se proporcionan datos IRI corresponden a la presencia de singularidades en la vía, es decir, eventos identificados por áreas de

jorobas, desvíos, entradas y salidas de estaciones de peaje, áreas de puentes y cualquier evento que pueda distorsionar la rugosidad respectiva.

Tabla 7.

Valor del IRI Característico por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo I: Santa Rosa - Ayaviri

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	Desviación Estándar	IRI Característico	Umbral IRI (m/km)	Cumplimiento
1	1175+000	1176+400	1.40	1.43	0.01	1.44	3.00	Cumple
2	1176+400	1180+000	3.60	1.48	0.03	1.53	3.00	Cumple
3	1180+000	1188+800	8.80	1.50	0.03	1.54	3.00	Cumple
4	1188+800	1192+500	3.80	1.50	0.04	1.57	3.00	Cumple
5	1192+600	1201+200	8.60	1.48	0.04	1.54	3.00	Cumple
6	1201+200	1203+400	2.20	1.52	0.02	1.55	3.00	Cumple
7	1203+400	1209+860	6.46	1.40	0.10	1.57	3.00	Cumple
8	1209+860	1217+000	7.14	1.46	0.08	1.60	3.00	Cumple

Gráfico 5.

Resultados de la Evaluación de IRI, Rugosímetro Merlín Tramo I: Santa Rosa - Ayaviri.

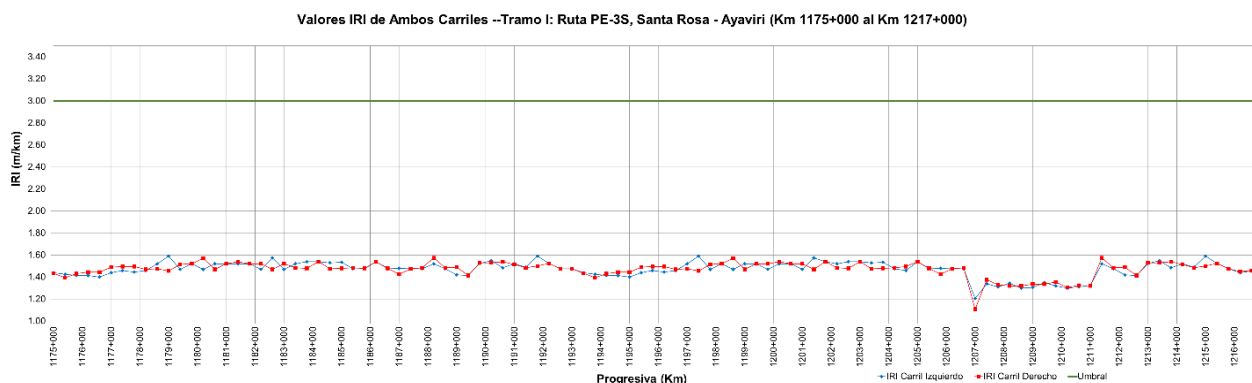


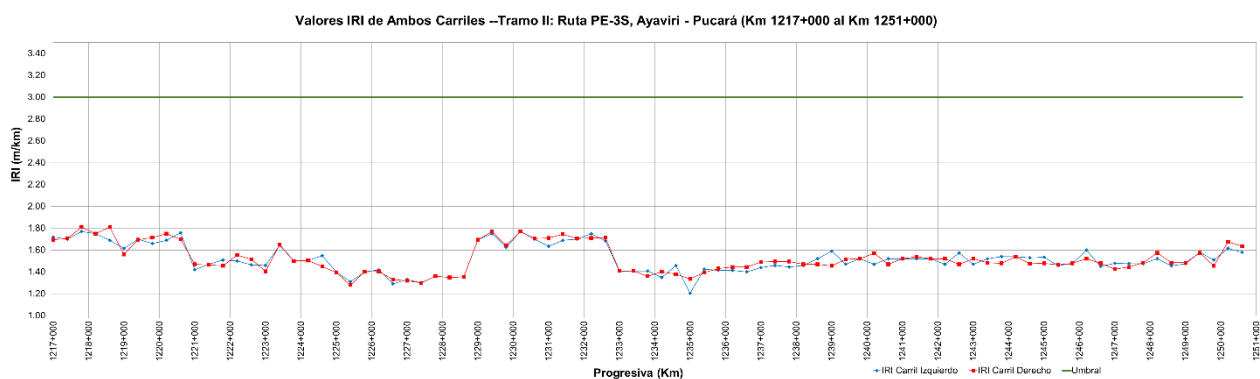
Tabla 8.

Valor del IRI Característico por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo II: Ayaviri – Pucara.

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	Desviación Estándar	IRI Característico	Umbral IRI (m/km)	Cumplimiento
1	1217+000	1224+400	7.40	1.61	0.12	1.81	3.00	Cumple
2	1224+400	1228+300	3.90	1.37	0.06	1.47	3.00	Cumple
3	1228+300	1232+800	4.50	1.68	0.11	1.86	3.00	Cumple
4	1232+800	1234+900	2.10	1.40	0.02	1.43	3.00	Cumple
5	1234+900	1242+200	7.30	1.47	0.06	1.57	3.00	Cumple
6	1242+200	1248+500	6.30	1.50	0.03	1.55	3.00	Cumple
7	1248+500	1250+500	2.00	1.53	0.08	1.66	3.00	Cumple
8	1250+500	1251+000	0.50	1.61	0.00	1.61	3.00	Cumple

Gráfico 6.

Resultados de la Evaluación de IRI, Rugosímetro Merlín Tramo II: Ayaviri – Pucara.



las tablas (9 y 10) muestran y detallan los valores obtenidos de PSI, así como también se muestra el IRI promedio de estos sectores de los tramos Santa Rosa – Ayaviri

y Ayaviri – Pucara. De igual manera los siguientes gráficos (7 y 8) se muestran los resultados obtenidos de PSI de acuerdo a las sectorizaciones realizadas para cada tramo.

Tabla 9.

Índice de Serviciabilidad por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo I: Santa Rosa - Ayaviri.

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	PSI	Cumplimiento
1	1175+000	1176+400	1.40	1.43	3.86	Buena
2	1176+400	1180+000	3.60	1.48	3.82	Buena
3	1180+000	1188+800	8.80	1.50	3.80	Buena
4	1188+800	1192+500	3.80	1.50	3.80	Buena
5	1192+600	1201+200	8.60	1.48	3.82	Buena
6	1201+200	1203+400	2.20	1.52	3.79	Buena
7	1203+400	1209+860	6.46	1.40	3.87	Buena
8	1209+860	1217+000	7.14	1.46	3.83	Buena

Gráfico 7.

Resultado de PSI, Rugosímetro Merlín Tramo I: Santa Rosa - Ayaviri.

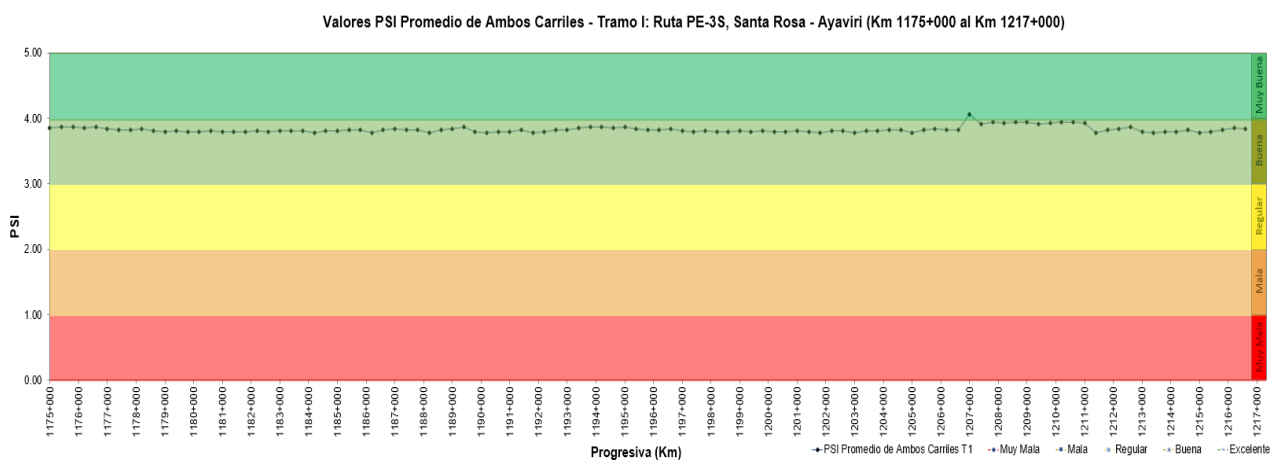


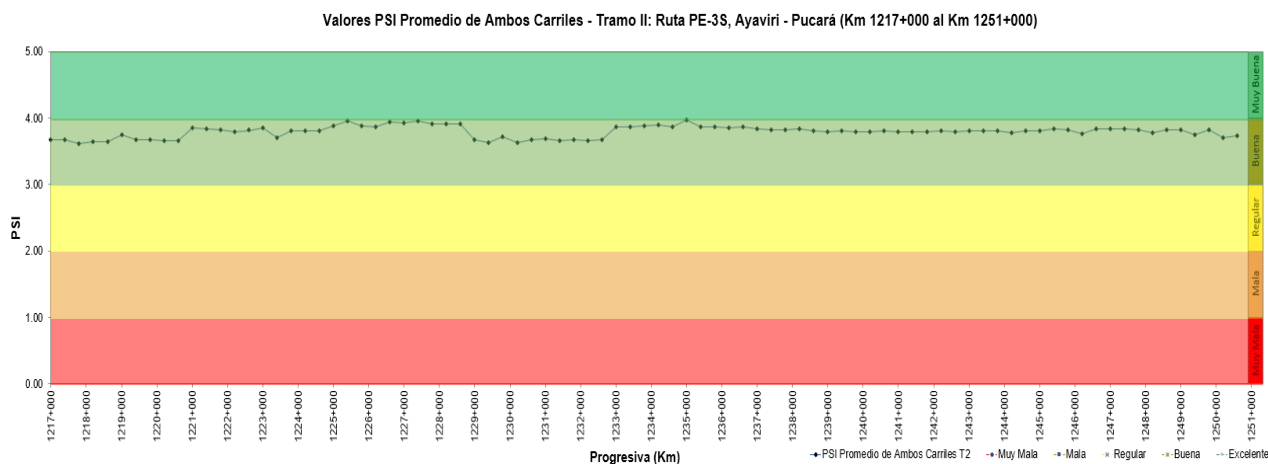
Tabla 10.

Índice de Serviciabilidad por Sectores, Rugosímetro Merlín Tramo II: Ayaviri – Pucara.

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	PSI	Cumplimiento
1	1217+000	1224+400	7.40	1.61	3.73	Buena
2	1224+400	1228+300	3.90	1.37	3.90	Buena
3	1228+300	1232+800	4.50	1.68	3.69	Buena
4	1232+800	1234+900	2.10	1.40	3.88	Buena
5	1234+900	1242+200	7.30	1.47	3.83	Buena
6	1242+200	1248+500	6.30	1.50	3.81	Buena
7	1248+500	1250+500	2.00	1.53	3.79	Buena
8	1250+500	1251+000	0.50	1.61	3.73	Buena

Gráfico 8.

Resultado de PSI, Rugosímetro Merlín Tramo II: Ayaviri – Pucara.



En la tabla 11 se muestra el resumen de los resultados obtenidos respecto al índice de regularidad superficial (IRI) del perfilómetro laser y el rugosímetro de Merlín.

Tabla 11.*Resultados de la Evaluación Funcional con Perfilómetro Laser y Rugosímetro de Merlín*

Equipo	Tramo	PKI	PKF	Promedio	Máximo	Mínimo
Perfilómetro Laser	Tramo I	1175.0	1217.0	5.73	8.86	2.88
	Tramo II	1217.0	1251.0	6.64	10.29	3.24
Rugosímetro Merlín	Tramo I	1175.0	1217.0	1.47	1.55	1.16
	Tramo II	1217.0	1251.0	1.52	1.79	1.27

En la tabla 12 se muestra el resumen de los resultados obtenidos respecto al Índice de Serviciabilidad (PSI), cumpliendo con los parámetros establecidos y estando teniendo una calidad de "BUENA".

Tabla 12.*Resultado del Índice de Serviciabilidad (PSI)*

Tramo	PKI	PKF	Long. (Km)	IRI (m/km)	PSI	Cumplimiento
Tramo I	1175.0	1217.0	42.0	1.47	3.75	Buena
Tramo II	1217.0	1251.0	34.0	1.52	3.65	Buena

3.2. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos

3.2.1. Interpretación de los resultados obtenidos con el Perfilómetro Laser.

De los datos procesados en campo, se obtuvieron los siguientes valores mostrados en las siguientes tablas (tabla 13 y tabla 14), tanto para el carril derecho, carril izquierdo y ambos carriles. Donde se procedió a calcular un promedio por carril de las mediciones realizadas a lo largo del tramo.

Tabla 13.*Evaluación Funcional - IRI Ambos Carriles Tramo I*

Valores Estadísticos	IRI Carril Derecho (m/km)	IRI Carril Izquierdo (m/km)	IRI Calzada (m/km)	PSI
Promedio	5.24	6.21	5.73	1.80
Máximo	9.60	9.88	8.86	2.96
Mínimo	1.94	2.29	2.88	1.00

Tabla 14.*Evaluación Funcional - IRI Ambos Carriles Tramo II*

Valores Estadísticos	IRI Carril Derecho (m/km)	IRI Carril Izquierdo (m/km)	IRI Calzada (m/km)	PSI
Promedio	6.23	7.04	6.64	1.54
Máximo	10.10	10.74	10.29	2.78
Mínimo	2.65	3.28	3.24	0.77

En términos generales, el tramo I presenta un valor de IRI promedio de 5.73 m/km por calzada. Por otra parte, el tramo II presenta un valor de IRI promedio de 6.64 m/km. Es importante mencionar que, para efectos de cálculo, los elementos ajenos a la superficie que afectan negativamente la condición funcional de rodadura han sido obviados.

3.2.2. Deterioro y Tipo de Tratamiento de acuerdo a los resultados de IRI

De la correlación de la figura 11 extraída del manual de conservación vial y de la tabla 3 y 4, se muestra la forma de degradación de la estructura del pavimento según su sectorización.

Se encontraron 8 sectores homogéneos de los parámetros IRI, y se encontró que los rangos discretos son 4.23 y 6.84, los cuales también mostraron un coeficiente de variación menor o igual al 21% y mayor o igual al 12%, lo que nos dice que el Cuanto menor sea el valor obtenido, mayor será el coeficiente de variación de cada parte. La variabilidad de los valores medidos es pequeña, lo que se refleja claramente en las Figuras 3 y 4.

Respecto a la serviciabilidad, los resultados reflejan una condición funcional clasificada como “Regular” para los sectores 1, 5 y la condición “Mala” para los sectores 2, 3, 4, 6, 7, y 8.

Tabla 15.

Estado de Avance de Deterioro del Pavimento y Tipo de Tratamiento - Tramo I

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	Estado de Pavimento según IRI	PSI	Estado de Pavimento según PSI	Tipo de Intervención según IRI
1	1175+000	1176+400	1.40	4.23	Malo	2.32	Regular	Rehabilitación
2	1176+400	1180+000	3.60	6.75	Muy Malo	1.47	Malo	Reconstrucción
3	1180+000	1188+800	8.80	5.69	Muy Malo	1.78	Malo	Reconstrucción
4	1188+800	1192+500	3.80	6.84	Muy Malo	1.44	Malo	Reconstrucción
5	1192+600	1201+200	8.60	4.92	Malo	2.04	Regular	Rehabilitación
6	1201+200	1203+400	2.20	6.29	Muy Malo	1.59	Malo	Reconstrucción
7	1203+400	1209+860	6.46	5.52	Muy Malo	1.83	Malo	Reconstrucción
8	1209+860	1217+000	7.14	5.93	Muy Malo	1.70	Malo	Reconstrucción

Se encontraron 8 sectores homogéneos de los parámetros IRI, y se encontrándose que los rangos discretos son 4.57 y 7.62, los cuales también mostraron un coeficiente de variación menor o igual al 43% y mayor o igual al 9%, esto nos indica que cuanto más pequeña se obtenga, presentara menor variabilidad con respecto a los valores medidos de cada sector, esto se ve reflejado claramente en las gráficas 3 y 4.

Respecto a la serviciabilidad, los resultados reflejan una condición funcional clasificada como “Regular” para el sector 8 una condición de “Mala” para los sectores 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Tabla 16.

Estado de Avance de Deterioro del Pavimento y Tipo de Tratamiento - Tramo II

Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI	Estado de Pavimento según IRI	PSI	Estado de Pavimento según PSI	Tipo de Intervención según IRI
1	1217+000	1224+400	7.40	7.19	Muy Malo	1.35	Malo	Reconstrucción
2	1224+400	1228+300	3.90	5.42	Muy Malo	1.87	Malo	Reconstrucción
3	1228+300	1232+800	4.50	7.33	Muy Malo	1.32	Malo	Reconstrucción
4	1232+800	1234+900	2.10	6.14	Muy Malo	1.64	Malo	Reconstrucción
5	1234+900	1242+200	7.30	7.62	Muy Malo	1.25	Malo	Reconstrucción
6	1242+200	1248+500	6.30	5.54	Muy Malo	1.83	Malo	Reconstrucción
7	1248+500	1250+500	2.00	6.47	Muy Malo	1.54	Malo	Reconstrucción
8	1250+500	1251+000	0.50	4.57	Malo	2.18	Regular	Rehabilitación

De la primera evaluación realizada mediante el perfilómetro laser se procedió a realizar Los trabajos de reconstrucción y rehabilitación realizados en el tramo evaluado los cuales consistieron en:

- Reciclado e=0.20m y Estabilizado con Emulsión Asfáltica: Reciclado del pavimento existente en un espesor mínimo de 20 cm. Estabilización RAP con emulsión asfáltica con una dosificación mínima de 2.8% de asfalto residual y una estabilidad mínima de 1300 lb

- Recapeo Asfaltico e= 7.5cm: Sobre la base reciclada y estabilizada se colocará un concreto asfaltico en caliente con un espesor de 7.50 cm, en un ancho de 6.60m (Promedio) a lo largo del tramo, con cemento asfaltico modificado con polímeros (dosificación cemento asfaltico 6% aproximadamente).

Luego del mejoramiento realizado se procedió a realizar las nuevas lecturas con el rugosímetro de Merlín.

3.2.3. Interpretación de los resultados obtenidos con el Rugosímetro Merlín.

En los gráficos 7 y 8 se muestran los resultados de la evaluación del índice de rugosidad internacional (IRI) para los tramos Santa Rosa – Ayaviri y Ayaviri – Pucara. La evaluación se realizó Post construcción.

Tabla 17.

Resultado Ponderado por Tramo

Tramo	Sector	Inicio (Km)	Fin (Km)	Long. (Km)	Promedio IRI Caract.	Estado de Pavimento según IRI	PSI	Estado de Pavimento según PSI
Tramo I	1	1175+000	1176+400	1.40	1.44	Bueno	3.86	Buena
	2	1176+400	1180+000	3.60	1.53	Bueno	3.82	Buena
	3	1180+000	1188+800	8.80	1.54	Bueno	3.80	Buena
	4	1188+800	1192+500	3.80	1.57	Bueno	3.80	Buena
	5	1192+600	1201+200	8.60	1.54	Bueno	3.82	Buena
	6	1201+200	1203+400	2.20	1.55	Bueno	3.79	Buena
	7	1203+400	1209+860	6.46	1.57	Bueno	3.87	Buena
	8	1209+860	1217+000	7.14	1.60	Bueno	3.83	Buena
Tramo II	1	1217+000	1224+400	7.40	1.81	Bueno	3.73	Buena
	2	1224+400	1228+300	3.90	1.47	Bueno	3.90	Buena
	3	1228+300	1232+800	4.50	1.86	Bueno	3.69	Buena
	4	1232+800	1234+900	2.10	1.43	Bueno	3.88	Buena
	5	1234+900	1242+200	7.30	1.57	Bueno	3.83	Buena
	6	1242+200	1248+500	6.30	1.55	Bueno	3.81	Buena
	7	1248+500	1250+500	2.00	1.66	Bueno	3.79	Buena
	8	1250+500	1251+000	0.50	1.61	Bueno	3.73	Buena

En los gráficos 9 y 10 se puede apreciar la variación que existe entre el perfilómetro laser (lectura inicial) y el Rugosímetro de Merlín (lectura final).

Gráfico 9.

Comparación de Resultados Rugosímetro de Merlín VS Perfilómetro Laser Tramo I (Santa Rosa – Ayaviri)

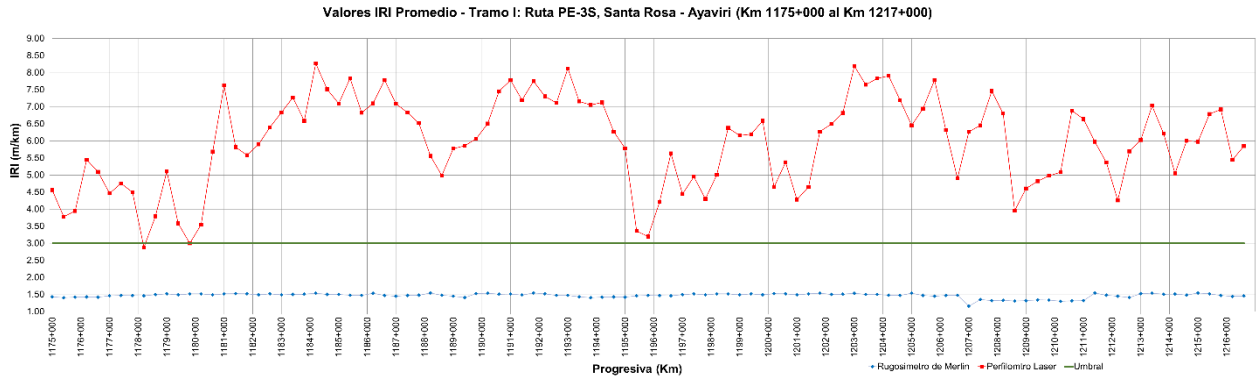
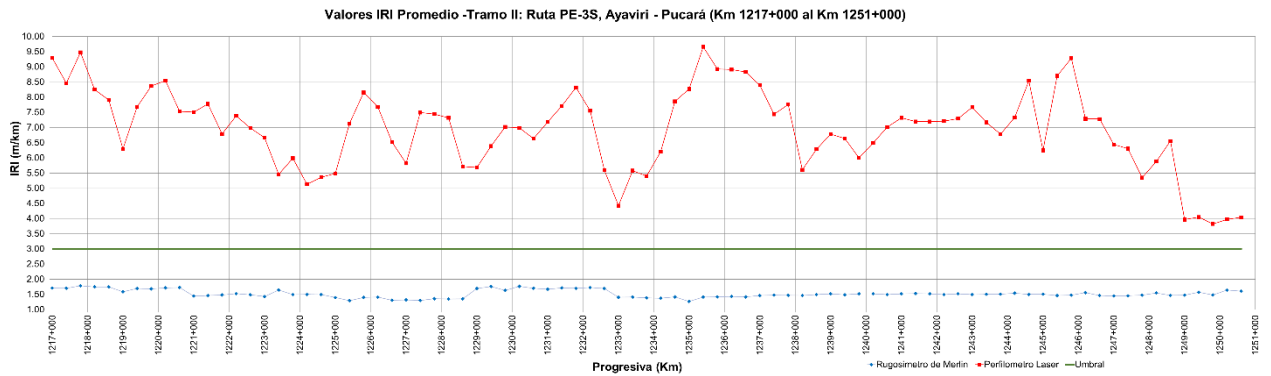


Gráfico 10.

Comparación de Resultados Rugosímetro de Merlín VS Perfilómetro Laser Tramo II (Ayaviri - Pucara)



3.3. Discusión

La presente investigación analizo la carretera PE-3S Santa Rosa – Pucara (1175+000 – 1251+000). Se cuenta con dos carriles con una longitud total de 76.00 kilómetros. Se realizó un total de setecientos sesenta (760) ensayos con el rugosímetro merlín y cuatro (04) recorridos con el perfilómetro laser.

Mediante el método del Rugosímetro de Merlín un IRI total promedio 1.50 m/Km y un PSI de 3.70 teniendo como resultado una clasificación de servicialidad buena, el cual concuerda con (De La Cruz Vega et al., 2022) que encontró que el nivel de servicialidad del pavimento flexible se refleja en el estado de la superficie de la carpeta asfáltica, mediante la obtención de los índices de rugosidad IRI se descubren los niveles de serviciabilidad PSI clasificando la vía como Buena.

En lo que respecta a la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), este debe ser determinado por métodos que permitan obtener resultados confiables y relacionados con los métodos tradicionales clase 1; los autores (Huamán Bernaola et al 2022), (Arteaga Villanueva et al. 2019) y (Saldaña m et al. 2019) concuerdan que, existe una alta correlación del IRI obtenido, con los equipos perfilómetro laser y rugosímetro merlín. Es por ello que esta investigación guarda concordancia con los autores mencionados ya que se determina el IRI por el método del rugosímetro merlín, pero también por el método del perfilómetro laser.

En lo que respecta a identificar y establecer tramos de acuerdo a la variación de regularidad superficial, los autores (Napaico 2019), (FERNANDEZ 2018), (HIRPAHUANCA 2016), (Almenara 2015), (VIDAL 2016) concuerdan que, para dar una mejor solución y análisis en cuanto a la conservación del pavimento, es necesario identificar por sectores y tramos (variación del IRI) los pavimentos estudiados. Esta investigación se basó en establecer tramos de acuerdo a la variación de regularidad superficial, diferenciando los sectores en el pavimento flexible, para así poder realizar un estudio adecuado. También cabe recalcar que los manuales del MTC (ministerio de transportes y comunicaciones) nos establecen rangos de variación del IRI; es por ello que esta investigación también tiene concordancia con la normativa peruana ya que se establecieron 8 sectores en función a la variación de la regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3S tramo Santa Rosa – Pucara Km 1175+000 al Km

1251+000, para así determinar qué medidas correctivas se deben tomar en cada sector. Fue necesario también identificar dentro de los sectores cualquier aspecto que pudiese influir en la variación de la regularidad superficial, como fueron las singularidades (badenes, jorobas, desvíos, entradas y salidas de estaciones de peaje, áreas de puentes).

Durante la medición de la rugosidad del pavimento en la Ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Ayaviri y Ayaviri – Pucara , se observó que las condiciones climáticas y el tráfico vehicular influyeron en los resultados, se registraron variaciones de temperatura que afectaron la expansión y contracción del pavimento, la presencia de lluvia en la superficie puede llenar irregularidades dando una impresión de una superficie lisa, además la humedad y los fuertes vientos afectaron en la calibración del equipo y causaron vibraciones, lo que llevo a lecturas inexactas. El paso constante de vehículos en la ruta contribuyó al desgaste del pavimento y modificó la rugosidad de manera dinámica, también la velocidad a la que los vehículos pasan sobre el pavimento influyó en la precisión de la medición. La combinación de estos factores externos ha influido en las mediciones de rugosidad, y es importante considerar estas variables al interpretar los resultados, este reconocimiento permite una evaluación más precisa del estado del pavimento y proporciona una base sólida para ajustar las estrategias de mantenimiento y rehabilitación en función de las condiciones reales del entorno.

4. Conclusiones

El índice de regularidad internacional se realizó en 76.0 kilómetros desde Santa Rosa (Km. 1175+000) hasta Pucará (Km. 1256+000).

1. Se determinó un IRI PROMEDIO de 1.50 m/km, una desviación estándar de 0.10 y una IRI característico de 1,66 m/km. las mediciones del IRI mostraron fluctuaciones significativas a lo largo del tramo evaluado.
2. Se determinó el índice de serviciabilidad obteniendo un PSI promedio total de 3.81 que corresponde a una serviciabilidad “buena” para todo el tramo evaluado.
3. Las variaciones del índice de regularidad internacional, ha permitido identificar de manera precisa las áreas críticas que requieren atención, Así mismo la variación que se presentó entra las lecturas del Perfilómetro Laser y el Rugosímetro Merlín fueron afectadas por los trabajos de rehabilitación y reconstrucción realizados en los tramos evaluados.
4. En síntesis, el diagnóstico y pronóstico de la condición de serviciabilidad de una carretera requiere la evaluación integral utilizando parámetros específicos y herramientas adecuadas, esto garantiza la seguridad, eficiencia y durabilidad de la vía.

Referencias

- Álvarez, S., & Rivero, R. (2012). Instrumento Electrónico Para La Estimación Del Índice De Rugosidad Internacional (IRI) Con Base En El Perfilómetro Estático Merlín. *Revista de La Facultad de Ingeniera U.C.V.*, 27(1), 49–55.
- Badilla Vargas, G. (2012). Aspectos y Consideraciones Importantes Determinación de la Regularidad Superficial del Pavimento, Mediante el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). *Infraestructura Vial*, 11(21), 30–37.
- Cálculo Del Índice de Regularidad Internacional (IRI) En Pavimentos de Carreteras, Asociación Técnica de Carreteras 1 (1998).
- Caridad Sánchez, M. (2019). *Procedimiento Para Determinar el Índice de Regularidad Internacional (IRI) en Pavimentos, a Partir del Procesamiento de Imágenes Obtenidas por Cámaras Convencionales* [Univesidad Tecnológica de la Habana]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32749.33762>
- De La Cruz Vega, S. A., Ibañez Ccoapaza, C. E., & Coaquira Cueva, D. Y. (2022). Determinación de Índice de Serviciabilidad y Capacidad Resistente. Caso Práctico: Pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1–8. <https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.48563>
- Determinación Del Índice de Regularidad Internacional (IRI), Ministerio de Obras Públicas, Transporte, y de Vivienda y Desarrollo Urbano 1 (2008).
- Guía AASHTO Para El Diseño de Estructuras de Pavimentos 1193, American Association of Sate Highway and Transportation 1 (1993).
- Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos 1 (2014). www.mtc.gob.pe

- Merlin. A Low Cost Road Roughness Measuring Machine, Transportation Research Record 1291 1 (1990).
- Procedimiento Estándar Para La Inspección Del Índice de Condición Del Pavimento En Caminos y Estacionamientos, American Society for Testing and Materials 1 (2003).
- Road Deterioration and Maintenance Effects, The Highway Design and Maintenance Standards Series 1 (1990).
- Rodríguez, M., Marín, C., & Restrepo, L. (2022). Probabilistic Model for Prediction of International Roughness Index Based on Monte Carlo. *Revista Ingeniería de Construcción*, 37(2), 117–130. <https://doi.org/10.7764/RIC.00021.21>
- Sánchez S, I., & De solminihac T, H. (1989). El IRI: un indicador de la regularidad superficial. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 6, 1–16.
- Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling, American Society for Testing and Materials 1 (2018). https://doi.org/10.1520/E0950_E0950M-09

Anexos

Anexo A: Evidencia de Sumisión

[RDLC] Submission Acknowledgement Recibidos x

Claudia Burbano-García cpburbano@uc.cl
para mí

4:30 p.m. (hace 0 minutos) ☆ ↶ ↷

Traducir al español X

David Quina Espinoza

Thank you for submitting the manuscript, "LA Evaluación De La Ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Pucara (Km 1175+000 – Km 1251+000), Mediante Perfilómetro Laser y Rugosímetro De Merlin: Evaluación De La Ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Pucara (Km 1175+000 – Km 1251+000), Mediante Perfilómetro Laser y Rugosímetro De Merlin" to Revista de la Construcción. Journal of Construction. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site.

Submission URL: <https://revistadelaconstruccion.uc.cl/index.php/RDLC/authorDashboard/submission/5290>
Username: davidqe91

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Claudia Burbano-García

[JournalName]
<http://revistadelaconstruccion.uc.cl>

Responder Reenviar

Flujo de trabajo **Publicación**

Envío **Revisar** Edición de textos Producción

Archivos de envío Buscar

254004-2 davidqe91, Evaluación De La Ruta PE-3S Tramo Santa Rosa – Pucará (Km 1175+000 – Km 1251+000), Mediante Perfilómetro Laser y Rugosímet.docx (2) **2 de octubre de 2024** Texto del artículo

[Descargar todos los archivos](#)

Discusiones previas a la revisión Añadir discusión

Nombre	De	Última respuesta	Respuestas	Cerrado
Comentarios para el editor	davidqe91	-	0	<input type="checkbox"/>
	2024-10-02 21:21			

Anexo B: Copia de Resolución



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0696-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 28 de noviembre de 2023

VISTO:

El expediente de **Jhón Fayard Uziel Hanco Quispe**, identificado(a) con Código Universitario N° 201321499 y **David Emilio Quina Espinoza**, identificado(a) con Código Universitario N° 201522426, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Jhón Fayard Uziel Hanco Quispe** y **David Emilio Quina Espinoza**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado ""EVALUACIÓN DE LA RUTA PE-3S TRAMO SANTA ROSA – PUCARA (KM 1175+000 – KM 1251+000), MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN Y PERFILOMETRO LASER" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 28 de noviembre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "EVALUACIÓN DE LA RUTA PE-3S TRAMO SANTA ROSA – PUCARA (KM 1175+000 – KM 1251+000), MEDIANTE RUGOSÍMETRO MERLÍN Y PERFILOMETRO LASER" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Mg. Moises Araca Chile** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** y **Mg. Gerardo William Pari Quispe**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Mg. Ketty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo


Anexo C: Ensayos de Laboratorio

	REPORTE DE RESULTADOS		Orden	AP-142
	LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		Fecha	02
			Proyecto	02-2002
			Algebra	02

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO	EVALUACION DE LA RUTA PE 30 TRAMO SANTA ROSA - PUJARA (KM 1175+000 - KM 1214+000) MEDICION RUGOSIMETRO MERLIN Y PERFORMETRO LAGER	N° PAGINAS	02
SOLICITANTE	- Empresa Grupos Pan Fajard U.S.A. - Osmar Espinoza Guald Garcia	N° MEDICION	70
UBICACION	Tarma E. Acahu - Pujara (Km 1175+000 - Km 1214+000)	FECHA DE EMISION	07/03/2024
MUESTRA			

N°	FECHA	EJE	FIN	LONG	CARRETERO					CERVO/QUILMESO					PROMEDIO	
					CI-HE	CI-IR	IR-PI	PI-CE	CE-IR	CI-IR	IR-PI	PI-CE	CE-IR	IR-PI	PI-CE	
1	21/12/2023	1217+000	1217+400	400	1.7	1.89	1.78	0.87	1.75	1.89	1.78	0.86	1.72	1.77	1.73	1.67
2	21/12/2023	1217+400	1217+800	400	1.77	1.84	1.75	0.87	1.64	1.75	1.79	0.87	1.67	1.67	1.70	1.67
3	21/12/2023	1217+800	1218+200	400	1.26	1.82	1.81	0.68	1.75	1.75	1.77	0.87	1.67	1.67	1.70	1.67
4	21/12/2023	1218+200	1218+600	400	1.83	1.89	1.75	0.84	1.69	1.81	1.79	0.84	1.69	1.69	1.75	1.69
5	21/12/2023	1218+600	1219+000	400	1.81	1.81	1.81	0.89	1.69	1.69	1.69	0.89	1.69	1.69	1.75	1.69
6	21/12/2023	1219+000	1219+400	400	1.56	1.56	1.56	0.17	1.19	1.67	1.67	0.17	1.67	1.67	1.70	1.67
7	21/12/2023	1219+400	1219+800	400	1.77	1.81	1.79	0.87	1.64	1.75	1.79	0.87	1.67	1.67	1.70	1.67
8	21/12/2023	1219+800	1220+200	400	1.77	1.80	1.72	0.84	1.78	1.75	1.75	0.84	1.69	1.69	1.70	1.67
9	21/12/2023	1220+200	1220+600	400	1.87	1.89	1.79	0.84	1.69	1.80	1.80	0.84	1.69	1.69	1.72	1.67
10	21/12/2023	1220+600	1221+000	400	1.84	1.70	1.78	0.87	1.79	1.79	1.79	0.87	1.69	1.69	1.71	1.67
11	21/12/2023	1221+000	1221+400	400	1.51	1.83	1.87	0.83	1.5	1.84	1.87	0.83	1.69	1.69	1.69	1.67
12	21/12/2023	1221+400	1221+800	400	1.5	1.89	1.87	0.83	1.5	1.44	1.47	0.83	1.67	1.67	1.67	1.67
13	21/12/2023	1221+800	1222+200	400	1.4	1.71	1.89	0.84	0.70	1.51	1.50	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
14	21/12/2023	1222+200	1222+600	400	1.56	1.83	1.88	0.77	1.18	1.49	1.49	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
15	21/12/2023	1222+600	1223+000	400	1.52	1.51	1.52	0.89	0.45	1.48	1.47	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
16	21/12/2023	1223+000	1223+400	400	1.41	1.4	1.41	0.87	1.41	1.51	1.46	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
17	21/12/2023	1223+400	1223+800	400	1.73	1.89	1.86	0.76	1.7	1.59	1.66	0.76	1.69	1.69	1.67	1.67
18	21/12/2023	1223+800	1224+200	400	1.55	1.49	1.50	0.81	0.95	1.49	1.50	0.81	1.67	1.67	1.67	1.67
19	21/12/2023	1224+200	1224+600	400	1.52	1.49	1.51	0.84	1.52	1.51	1.51	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
20	21/12/2023	1224+600	1225+000	400	1.45	1.42	1.45	0.84	1.42	1.42	1.42	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
21	21/12/2023	1225+000	1225+400	400	1.39	1.4	1.40	0.88	1.26	1.41	1.41	0.88	1.67	1.67	1.67	1.67
22	21/12/2023	1225+400	1225+800	400	1.23	1.28	1.38	0.86	0.91	1.11	1.11	0.86	1.67	1.67	1.67	1.67
23	21/12/2023	1225+800	1226+200	400	1.35	1.45	1.40	0.84	1.39	1.45	1.40	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
24	21/12/2023	1226+200	1226+600	400	1.89	1.42	1.41	0.87	1.42	1.42	1.42	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
25	21/12/2023	1226+600	1227+000	400	1.82	1.34	1.43	0.83	1.32	1.29	1.29	0.83	1.67	1.67	1.67	1.67
26	21/12/2023	1227+000	1227+400	400	1.23	1.58	1.83	0.83	1.41	1.26	1.26	0.83	1.67	1.67	1.67	1.67
27	21/12/2023	1227+400	1227+800	400	1.3	1.3	1.30	0.84	1.3	1.3	1.3	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
28	21/12/2023	1227+800	1228+200	400	1.41	1.12	1.38	0.89	1.41	1.31	1.38	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
29	21/12/2023	1228+200	1228+600	400	1.89	1.89	1.89	0.81	1.31	1.32	1.32	0.81	1.67	1.67	1.67	1.67
30	21/12/2023	1228+600	1229+000	400	1.36	1.35	1.36	0.81	1.33	1.32	1.32	0.81	1.67	1.67	1.67	1.67
31	21/12/2023	1229+000	1229+400	400	1.7	1.67	1.70	0.87	1.7	1.69	1.70	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
32	21/12/2023	1229+400	1229+800	400	1.49	1.82	1.77	0.87	1.81	1.49	1.49	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
33	21/12/2023	1229+800	1230+200	400	1.44	1.63	1.43	0.71	1.84	1.43	1.43	0.71	1.67	1.67	1.67	1.67
34	21/12/2023	1230+200	1230+600	400	1.77	1.77	1.77	0.82	1.97	1.77	1.77	0.82	1.67	1.67	1.67	1.67
35	21/12/2023	1230+600	1231+000	400	1.77	1.64	1.78	0.87	1.76	1.64	1.64	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
36	21/12/2023	1231+000	1231+400	400	1.78	1.64	1.78	0.86	1.93	1.64	1.64	0.86	1.67	1.67	1.67	1.67
37	21/12/2023	1231+400	1231+800	400	1.68	1.82	1.75	0.84	1.89	1.69	1.69	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
38	21/12/2023	1231+800	1232+200	400	1.77	1.84	1.76	0.87	1.74	1.64	1.64	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
39	21/12/2023	1232+200	1232+600	400	1.73	1.89	1.73	0.86	1.89	1.81	1.79	0.86	1.67	1.67	1.67	1.67
40	21/12/2023	1232+600	1233+000	400	1.76	1.81	1.72	0.86	1.75	1.62	1.69	0.86	1.67	1.67	1.67	1.67
41	21/12/2023	1233+000	1233+400	400	1.4	1.42	1.48	0.87	1.39	1.42	1.42	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
42	21/12/2023	1233+400	1233+800	400	1.43	1.43	1.48	0.87	1.41	1.41	1.41	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
43	21/12/2023	1233+800	1234+200	400	1.42	1.33	1.39	0.89	1.41	1.41	1.41	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
44	21/12/2023	1234+200	1234+600	400	1.11	1.42	1.40	0.88	1.31	1.38	1.38	0.88	1.67	1.67	1.67	1.67
45	21/12/2023	1234+600	1235+000	400	1.18	1.4	1.34	0.89	1.46	1.46	1.46	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
46	21/12/2023	1235+000	1235+400	400	1.12	1.19	1.34	0.82	1.43	1.28	1.21	0.82	1.67	1.67	1.67	1.67
47	21/12/2023	1235+400	1235+800	400	1.43	1.58	1.40	0.89	1.43	1.43	1.43	0.82	1.67	1.67	1.67	1.67
48	21/12/2023	1235+800	1236+200	400	1.43	1.43	1.43	0.89	1.43	1.4	1.43	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
49	21/12/2023	1236+200	1236+600	400	1.43	1.46	1.46	0.84	1.43	1.4	1.42	0.87	1.67	1.67	1.67	1.67
50	21/12/2023	1236+600	1237+000	400	1.43	1.46	1.46	0.84	1.43	1.43	1.43	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
51	21/12/2023	1237+000	1237+400	400	1.63	1.48	1.49	0.81	1.37	1.38	1.42	0.81	1.67	1.67	1.67	1.67
52	21/12/2023	1237+400	1237+800	400	1.53	1.48	1.50	0.81	1.52	1.4	1.40	0.81	1.67	1.67	1.67	1.67
53	21/12/2023	1237+800	1238+200	400	1.74	1.45	1.56	0.84	1.53	1.26	1.45	0.84	1.67	1.67	1.67	1.67
54	21/12/2023	1238+200	1238+600	400	1.47	1.47	1.47	0.89	1.46	1.46	1.46	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
55	21/12/2023	1238+600	1239+000	400	1.47	1.47	1.47	0.89	1.47	1.47	1.47	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
56	21/12/2023	1239+000	1239+400	400	1.47	1.47	1.47	0.89	1.47	1.47	1.47	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
57	21/12/2023	1239+400	1239+800	400	1.48	1.47	1.48	0.86	1.57	1.41	1.41	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
58	21/12/2023	1239+800	1240+200	400	1.57	1.47	1.52	0.79	1.67	1.47	1.47	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
59	21/12/2023	1240+200	1240+600	400	1.57	1.57	1.57	0.76	1.49	1.47	1.47	0.76	1.67	1.67	1.67	1.67
60	21/12/2023	1240+600	1241+000	400	1.47	1.47	1.47	0.89	1.47	1.57	1.52	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
61	21/12/2023	1241+000	1241+400	400	1.57	1.47	1.52	0.79	1.47	1.57	1.52	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
62	21/12/2023	1241+400	1241+800	400	1.47	1.91	1.96	0.79	1.37	1.47	1.52	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
63	21/12/2023	1241+800	1242+200	400	1.47	1.57	1.52	0.79	1.47	1.57	1.52	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
64	21/12/2023	1242+200	1242+600	400	1.57	1.47	1.52	0.79	1.47	1.47	1.47	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
65	21/12/2023	1242+600	1243+000	400	1.47	1.47	1.47	0.89	1.47	1.47	1.47	0.89	1.67	1.67	1.67	1.67
66	21/12/2023	1243+000	1243+400	400	1.47	1.57	1.52	0.79	1.47	1.47	1.47	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
67	21/12/2023	1243+400	1243+800	400	1.6	1.47	1.48	0.89	1.47	1.57	1.52	0.79	1.67	1.67	1.67	1.67
68	21/12/2023	1243+800	1244+200	400	1.52	1.54	1.48	0.89	1.54	1.54	1.54	0.79				

	REPORTE DE RESULTADOS	Código	RP-123
	LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Unidad	02
		Fecha	02-2022
		Alphas	02

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERIN

PROYECTO	EVALUACIÓN DE LA RUTA N. 36 TRAMO SANTA ROSA - PUCCA (RM 1175+000 - KM 125+000), MEDIANTE PAVIMENTOS MOBILIZADOS Y PAVIMENTOS NUEVOS	N° FOLIOS	02
SOLICITANTE	- Barrio Grupo Prof. Fayad Udel - Barrio Empresa David Delle	N° REGISTRO	PC-0001
UBICACIÓN	Tramo: Santa Rosa - Avenida Km 1175+000 - Km 1257+000	FECHA DE EMISIÓN	03/12/2021
MUESTRA			

R	FECHA	TRAMO	PUNTO	LONG.	CARRIL DERECHO				CARRIL IZQUIERDO				PROMEDIOS		
					CI-ME	CI-NE	PI-ESMA	PI-CE	CI-ME	CI-NE	PI-ESMA	PI-CE	IR	IR	IR
35	03/12/2021	1205+000	1205+400	400	1.54	1.36	1.34	3.78	1.34	1.34	1.34	3.78	1.34	1.37	
37	03/12/2021	1205+400	1205+800	400	1.54	1.42	1.40	3.82	1.47	1.33	1.40	3.80	1.40	1.52	
39	03/12/2021	1205+800	1206+200	400	1.43	1.42	1.43	3.85	1.43	1.43	1.46	3.82	1.43	1.64	
79	03/12/2021	1206+200	1206+600	400	1.54	1.41	1.40	3.82	1.42	1.32	1.46	3.80	1.48	1.62	
80	03/12/2021	1206+600	1207+000	400	1.54	1.44	1.49	3.82	1.54	1.42	1.46	3.80	1.49	1.62	
81	03/12/2021	1207+000	1207+400	400	1.38	1.38	1.31	4.09	1.25	1.13	1.41	4.02	1.19	4.02	
82	03/12/2021	1207+400	1207+800	400	1.37	1.38	1.35	3.89	1.31	1.36	1.34	3.82	1.30	3.91	
83	03/12/2021	1207+800	1208+200	400	1.39	1.31	1.33	3.93	1.31	1.33	1.31	3.94	1.30	3.93	
84	03/12/2021	1208+200	1208+600	400	1.33	1.31	1.32	3.88	1.32	1.32	1.32	3.82	1.30	3.82	
85	03/12/2021	1208+600	1209+000	400	1.33	1.31	1.32	3.88	1.3	1.4	1.30	3.86	1.31	3.89	
86	03/12/2021	1209+000	1209+400	400	1.26	1.32	1.34	3.92	1.3	1.31	1.31	3.84	1.30	3.89	
87	03/12/2021	1209+400	1209+800	400	1.36	1.31	1.34	3.92	1.35	1.35	1.35	3.93	1.34	3.92	
88	03/12/2021	1209+800	1210+200	400	1.35	1.30	1.35	3.91	1.3	1.34	1.32	3.89	1.34	3.92	
89	03/12/2021	1210+200	1210+600	400	1.31	1.3	1.31	3.94	1.3	1.3	1.30	3.86	1.29	3.85	
90	03/12/2021	1210+600	1211+000	400	1.22	1.3	1.33	3.99	1.1	1.12	1.31	3.94	1.32	3.93	
91	03/12/2021	1211+000	1211+400	400	1.22	1.32	1.32	3.99	1.31	1.31	1.31	3.93	1.30	3.93	
92	03/12/2021	1211+400	1211+800	400	1.34	1.37	1.34	3.76	1.37	1.37	1.33	3.79	1.35	3.77	
93	03/12/2021	1211+800	1212+200	400	1.54	1.47	1.48	3.82	1.37	1.47	1.48	3.80	1.48	3.82	
94	03/12/2021	1212+200	1212+600	400	1.52	1.42	1.42	3.87	1.41	1.42	1.42	3.87	1.42	3.87	
95	03/12/2021	1212+600	1213+000	400	1.42	1.42	1.42	3.79	1.31	1.34	1.32	3.76	1.33	3.76	
96	03/12/2021	1213+000	1213+400	400	1.44	1.44	1.44	3.79	1.35	1.35	1.35	3.77	1.34	3.78	
97	03/12/2021	1213+400	1213+800	400	1.51	1.44	1.44	3.79	1.35	1.40	1.40	3.80	1.40	3.80	
98	03/12/2021	1213+800	1214+200	400	1.51	1.43	1.44	3.78	1.47	1.3	1.40	3.80	1.42	3.80	
99	03/12/2021	1214+200	1214+600	400	1.51	1.32	1.32	3.80	1.21	1.37	1.37	3.79	1.32	3.79	
100	03/12/2021	1214+600	1215+000	400	1.51	1.42	1.42	3.82	1.22	1.46	1.40	3.84	1.40	3.82	
101	03/12/2021	1215+000	1215+400	400	1.48	1.32	1.30	3.82	1.23	1.35	1.30	3.78	1.35	3.78	
102	03/12/2021	1215+400	1215+800	400	1.54	1.51	1.48	3.79	1.44	1.51	1.53	3.79	1.53	3.79	
103	03/12/2021	1215+800	1216+200	400	1.48	1.47	1.48	3.82	1.48	1.47	1.48	3.80	1.48	3.82	
104	03/12/2021	1216+200	1216+600	400	1.49	1.49	1.49	3.84	1.44	1.44	1.44	3.85	1.44	3.84	
105	03/12/2021	1216+600	1217+000	400	1.51	1.43	1.42	3.82	1.32	1.4	1.46	3.84	1.42	3.84	

RESULTADOS											
Tramo	PI	PI'	Long. (Km)	IR (m/100m)	Desv. Est.	IR Correl.	Índice	IR (m/100m)	IR (m/100m)	Clasificación	Completitud
Tramo 1	1175.00	1217.00	42.00	1.47	0.07	0.98	2.40	2.01	2.01	Buena	Compl.

Observaciones:

PLANET CONSULTORES E.I.R.L.

Johanna C. Rojas Nieho
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 268494



	REPORT DE RESULTADOS	Código	49-09
	LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Versión	01
		Fecha	En 2022
		Página	01

MEDICIÓN DE LA RIGIDEZ DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MECUR

PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA RUTA PE 35 TRAMO SANTA ROSA - PUCARA KM 127+000 - KM 128+000, MEDICIÓN RIGIDEZ MECUR Y PERÍMETRO JAGER	N° MARCA:	01
DOCUMENTO :	- Plan de Quipe Iron Teyard Quil	N° REGISTRO:	72 0001
UBICACIÓN :	- Quez. Ingles a Ceval Santa	FECHA DE EMISIÓN:	03/03/2022
MOFUSTA :	Tramo I - Santa Rosa - Ayumi (Km 127+000 - Km 127+600)		

N°	FECHA	TRAMO	AN	TCRA	CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO				PROMEDIO		
					CE-1E	CE-1E	ME PROM	PC-CO	CE-1E	CE-1E	ME PROM	PC-CO	ME PROM	PC-CO	
1	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.42	1.41	1.42	8.85	1.42	1.49	1.40	8.95	1.49	1.47	1.45
2	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.43	1.36	1.40	5.90	1.43	1.42	1.45	5.98	1.43	1.43	1.43
3	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.43	1.42	1.42	3.85	1.43	1.4	1.42	3.87	1.42	1.42	1.42
4	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.43	1.46	1.45	3.84	1.43	1.4	1.42	3.87	1.43	1.43	1.43
5	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.43	1.46	1.45	3.84	1.43	1.37	1.40	3.88	1.43	1.42	1.43
6	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.52	1.45	1.49	8.81	1.52	1.49	1.44	8.93	1.49	1.47	1.47
7	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.51	1.46	1.50	3.81	1.52	1.4	1.46	3.83	1.49	1.49	1.47
8	4/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.54	1.49	1.50	2.81	1.53	1.38	1.45	3.04	1.47	1.47	1.47
9	5/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.46	1.46	1.46	3.83	1.47	1.47	1.47
10	5/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.40	1.47	1.48	3.83	1.37	1.47	1.52	3.79	1.39	1.40	1.40
11	5/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.44	1.47	1.46	3.84	1.37	1.43	1.49	3.74	1.37	1.37	1.37
12	5/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.46	1.51	1.52	3.79	1.47	1.47	1.47	3.83	1.49	1.49	1.49
13	5/11/2021	1175+000	1175+000	400	1.57	1.47	1.52	3.79	1.57	1.47	1.52	3.79	1.52	1.52	1.52
14	5/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.57	1.57	1.57	3.76	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
15	5/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.37	1.52	3.79	1.47	1.47	1.47
16	5/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.57	1.47	1.52	3.79	1.47	1.37	1.52	3.79	1.47	1.47	1.47
17	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.47	1.47	1.47	3.79	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
18	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.47	1.57	1.52	3.79	1.47	1.37	1.52	3.79	1.47	1.47	1.47
19	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
20	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
21	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
22	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.5	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
23	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.42	1.54	1.48	3.83	1.4	1.54	1.54	3.79	1.51	1.51	1.51
24	6/11/2021	1180+000	1180+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
25	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.47	1.51	1.48	2.82	1.52	1.52	1.52	3.79	1.52	1.52	1.52
26	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
27	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
28	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
29	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
30	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
31	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
32	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
33	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
34	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
35	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
36	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
37	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
38	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
39	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
40	7/11/2021	1184+000	1184+000	400	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54	3.79	1.54	1.54	1.54
41	11/11/2021	1191+000	1191+000	400	1.51	1.51	1.52	3.80	1.51	1.52	1.52	3.79	1.52	1.52	1.52
42	11/11/2021	1191+000	1191+000	400	1.52	1.49	1.49	3.82	1.52	1.49	1.49	3.81	1.49	1.49	1.49
43	11/11/2021	1191+000	1191+000	400	1.48	1.52	1.50	3.81	1.49	1.49	1.49	3.81	1.49	1.49	1.49
44	11/11/2021	1191+000	1191+000	400	1.54	1.51	1.52	3.79	1.54	1.51	1.52	3.79	1.51	1.51	1.51
45	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.48	1.47	1.48	3.83	1.48	1.47	1.48	3.81	1.48	1.48	1.48
46	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.48	1.47	1.48	3.82	1.48	1.47	1.48	3.81	1.48	1.48	1.48
47	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.41	1.45	1.44	3.83	1.42	1.46	1.44	3.83	1.44	1.44	1.44
48	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.41	1.39	1.40	3.86	1.42	1.41	1.41	3.86	1.42	1.42	1.42
49	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.43	1.43	1.43	3.86	1.43	1.4	1.43	3.87	1.43	1.43	1.43
50	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.43	1.46	1.46	3.84	1.43	1.4	1.43	3.87	1.43	1.43	1.43
51	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.43	1.46	1.46	3.84	1.43	1.4	1.43	3.87	1.43	1.43	1.43
52	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.43	1.46	1.46	3.84	1.43	1.4	1.43	3.87	1.43	1.43	1.43
53	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.43	1.46	1.46	3.84	1.43	1.4	1.43	3.87	1.43	1.43	1.43
54	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.53	1.49	1.50	3.82	1.52	1.4	1.43	3.82	1.48	1.48	1.48
55	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.54	1.43	1.43	3.82	1.53	1.35	1.41	3.84	1.47	1.47	1.47
56	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.46	1.46	1.46	3.84	1.46	1.46	1.46
57	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.46	1.47	1.48	3.82	1.37	1.47	1.52	3.79	1.46	1.46	1.46
58	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.46	1.47	1.48	3.82	1.37	1.47	1.52	3.79	1.46	1.46	1.46
59	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.57	1.47	1.52	3.79	1.37	1.47	1.52	3.79	1.47	1.47	1.47
60	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.57	1.47	1.52	3.79	1.37	1.47	1.52	3.79	1.47	1.47	1.47
61	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.43	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
62	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.57	1.47	1.52	3.79	1.37	1.47	1.52	3.79	1.47	1.47	1.47
63	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.43	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
64	12/11/2021	1193+000	1193+000	400	1.47	1.51	1.54	3.78	1.37	1.47	1.52	3.79	1.43	1.43	1.43
65	12/11/2021	1200+000	1200+000	400	1.47	1.53	1.52	3.78	1.47	1.37	1.52	3.79	1.43	1.43	1.43
66	12/11/2021	1201+000	1201+000	400	1.57	1.47	1.52	3.78	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
67	12/11/2021	1201+000	1201+000	400	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47	3.83	1.47	1.47	1.47
68	12/11/2021	1201+000	1201+000	400	1.44	1.54	1.54	3.78	1.54	1.54	1.54	3.78	1.54	1.54	1.54
69	12/11/2021	1201+000	1201+000	400	1.5	1.47	1.49	3.82	1.47	1.37	1.52	3.79	1.50	1.50	1.50
70	12/11/2021	1201+000	1201+000	400	1.42	1.54	1.49	3.82	1.44	1.34	1.34	3.78	1.43	1.43	1.43
71	12/11/2021	1201+000	1201+000	400	1.54	1.54	1.54	3.78	1.54	1.54	1.54	3.78	1.54	1.54	1.54
72	12/11/2021	1201+000	1201+000	400	1.42	1.54	1.48	3.83	1.33	1.53	1.53	3.79	1.50	1.50	1.50
73	12/11/2021	1201+000	1201+00												

	REPORTE DE RESULTADOS	Código	RA-192
		Verión	02
	LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha	26-10-21
		Firmado	02

MECION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO- EQUIPO MERLIN

PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA RUTA PE-35 TRAMO SANTA ROSA - PUCALLA KM 1215+000 - KM 1220+000, MEDIANTE MÉTODO MÉTRICO MERLIN Y PERIFONEO LÁSER	Nº PASADIZO :	02
SOlicitante :	- Mando - Calleja (Rta Pucallá-Maz)	Nº MODULO :	TC-002
UBICACIÓN :	- Carretera Espinoza Escobedo	FORMA DE EMISIÓN :	3/31/2024
MEJORA :	Tramo II: Arenal - Nazca (Km 1217+000 - Km 1220+000)		

N	FECHA	PASEO	P.M	LONG.	CARRIL DERECHO				CARRIL IZQUIERDO				PROMEDIO	
					CI-04	CI-01	IR	PSI	CI-04	CI-01	IR	PSI	IR	PSI
76	5/01/2024	1217+000	1217+000	400	3.43	3.42	3.49	3.86	3.43	3.33	3.48	3.82	3.49	3.89
77	5/01/2024	1217+000	1217+000	400	3.48	3.41	3.49	3.84	3.42	3.33	3.48	3.82	3.49	3.89
78	5/01/2024	1217+000	1218+200	400	3.54	3.47	3.49	3.82	3.53	3.42	3.48	3.82	3.49	3.82
79	5/01/2024	1218+200	1218+000	400	3.58	3.57	3.58	3.75	3.57	3.47	3.53	3.79	3.55	3.77
80	5/01/2024	1218+000	1218+000	400	3.54	3.47	3.49	3.82	3.52	3.39	3.48	3.81	3.47	3.82
81	5/01/2024	1218+000	1218+400	400	3.54	3.43	3.49	3.82	3.53	3.42	3.48	3.82	3.49	3.82
82	5/01/2024	1218+400	1219+000	400	3.41	3.44	3.58	3.78	3.44	3.35	3.38	3.76	3.55	3.75
83	5/01/2024	1219+000	1219+200	400	3.4	3.51	3.49	3.84	3.51	3.41	3.41	3.81	3.49	3.82
84	5/01/2024	1219+200	1219+600	400	3.48	3.47	3.48	3.85	3.47	3.38	3.43	3.79	3.49	3.75
85	5/01/2024	1219+600	1220+000	400	3.43	3.43	3.44	3.73	3.55	3.4	3.38	3.76	3.47	3.75

RESULTADOS										Clasificación	Cumplimiento
Tramo	PSI	IR	Long. (Km)	IR (m/cm)	Desv. Est.	IR (m/cm)	IR (m/cm)	PSI	IR (m/cm)		
Tramo II	1217.00	1219.00	34.00	3.57	0.13	3.73	2.40	3.70	Buena	Completo	

Observaciones:

PLANET CONSULTORES E.I.R.L.

Johanna C. Rojas Nicho
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 288494

