



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Nivel de servicio en micropavimento Otta Seal mediante métodos
convencionales del km 00+000 al km 03+858.14 en la carretera
Arcopunco - Cabana - Puno 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Flores Huahualuque, Luz Dania (ORCID 0000-0002-6723-5117)

ASESOR:

Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto (ORCID 0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A DIOS, quien me guía con su luz y verdad y está presente en todos los pasos de mi vida.

Dedico esta investigación a mis padres, que desde mi niñez me brindaron la estabilidad, el impulso y la enseñanza necesarios para hacer frente a la vida.

A mi Madre **Mercedes Huahualuque Morales** por estar siempre presente con ese amor incomparable, sabios consejos. A mi Padre **Julián Flores Aracayo**, porque de ti aprendí a diferenciar las cosas buenas de las malas, y que no todo es fácil en la vida. A mis hermanos **David, Roger, Julio, Edwin** por esa unidad, por su cariño, por ese apoyo incondicional y por ser también mis motivos para seguir adelante

AGRADECIMIENTOS

A mis amigos de ayer, hoy y siempre, por los consejos, la motivación y el apoyo que me brindaron oportunamente para dar un paso más en esta carrera de la vida..

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por cada conocimiento brindado, dándonos una formación ética y profesional. A todos muchas gracias, pues en el momento en que las palabras no son suficientes para expresar lo que el alma desea, simplemente queda decir aquello que por su significado extenso y sin límites es, GRACIAS.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
Fuente: Elaboración propia, 2020	13
Fuente: Elaboración propia, 2021	15
Método para el Cálculo de Rugosidad	20
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2. Variables y Operacionalización.....	22
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.4.1 Observación	26
3.4.2 Instrumentos.....	26
3.4.3 Validez	26
3.4.4 confiabilidad	27
3.5. PROCEDIMIENTOS	28
3.5.1 Descripción de la Zona de Estudio	28
3.5.2 Estudios Previos.....	28
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	29
Factores que intervienen el Umbral del IRI	34
3.7. Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS	39
CÁLCULO DE FALLAS SUPERFICIALES CON EL RUGOSIMETRO DE MERLIN	43
V. DISCUSIÓN.....	46
VI. CONCLUSIONES	48

VII. RECOMENDACIONES	49
ANEXO 1: Matriz de Consistencia	53
ANEXO 2 Certificados de Ensayo de Laboratorios	55
ANEXO 3 Plano	66
ANEXO 4 Registros Fotográficos	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio para Calzada (Tratamiento Superficial) .	13
Tabla 2. Niveles de tráfico y tipo de trabajo	14
Tabla 3 La matriz de operacionalización de variables.	24
Tabla 4 Interpretación de la validez	27
Tabla 5 Rangos de validez de Expertos.	27
Tabla 6 Rango de validez	28
Tabla 7. Medición del índice de regularidad superficial rugosímetro tipo III	29
Tabla 8 Medición del índice de regularidad superficial con el rugosímetro de Merlín	30
Tabla 9 Medición del índice de regularidad superficial con el rugosímetro de Merlín	31
Tabla 10. Fallas Superficiales con el Rugosímetro de Merlín	33
Tabla 11. Irregularidades con el Rugosímetro Tipo III	34
Tabla 12. Irregularidades con el Rugosímetro de Merlín	36
Tabla 13. Resultados del Índice de Rugosidad Internacional.....	39
Tabla 14. Resultados de Índice de Rugosidad.....	40
Tabla 15 fallas superficiales que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales	42
Tabla 16 Cálculo del Iri en Irregularidades del Micropavimento	44
Tabla 17 Rugosímetro tipo III Cálculo del Iri en Irregularidades del Micropavimento	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Micro pavimento Otta Seal	14
Figura 2. Rugosímetro tipo III.....	16
Figura 3. Modelo del equipo Rughomether III	17
Figura 4 Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías	19
Figura 5. Índice de Rugosidad Internacional VS Distancia.....	40
Figura 6. Índice de Rugosidad Internacional VS Distancia (prog)	41
Figura 7. Correlación de fallas estructurales con el Iri	43
Figura 8 Correlación en Iri VS Longitud	44
Figura 9 Inicio de Calibración del Equipo	67
Figura 10 Rugosímetro tipo III	67
Figura 11 Encontrando Fallas Superficiales.....	67
Figura 12 Identificando irregularidades en la carretera.....	67
Figura 13 Inicio de calibración de Equipos.....	67
Figura 14 Inicio de calibración de Equipos Toma de Datos con el Rugosímetro de Merlín.....	67

RESUMEN

El desarrollo de un país está medido en forma de indicadores económicos, en la actualidad la evaluación de una carretera se refleja mediante distintas maneras una de ellas es la serviciabilidad del pavimento que permita dar un adecuado flujo vehicular, que por ello es importante conocer este indicador para tomar medidas de conservación y mantenimiento.

El objetivo de la presente investigación tiene como interés específico llegar a conocer el nivel de servicio de la vía pavimentada con micropavimento Otta Seal de Arcopunco – Cabana en el año 2020, para llevar a cabo esta investigación se midió la regularidad superficial usando el RUGOMETHER TIPO III Y RUGOSIMETRO DE MERLIN, para que así posteriormente mediante los cálculos matemáticos se puedan obtener los resultados y dar su posterior análisis, el cual este mismo clasifica a ser el nivel de servicio de una carretera.

Ambos equipos miden la regularidad superficial de pavimentos, no obstante la aplicación del Rugosímetro tipo III se presenta como una nueva e innovadora en el mercado y el Rugosímetro de MERLIN es un equipo ampliamente conocido y usado en nuestra Región y según el Banco Mundial se caracteriza por ser uno de los equipos más precisos y recomendado para calibrar otros equipos.

PALABRAS CLAVE: Índice Regularidad Superficial, IRI, Nivel de servicio, Micropavimento.

ABSTRACT

The development of a country is measured by economic indicators, currently the evaluation of a road is reflected in the pavement serviceability that allows adequate traffic flow, it is important to know this indicator to take conservation and maintenance measures.

The objective of the research has a specific interest to know the level of service of the unpaved road of Arapa - Azangaro in the year 2020, to carry out this research the surface regularity was measured using the RUGOMETHER TYPE III AND MERLIN RUGOSIMETER For later, through mathematical calculations, the results and their subsequent analysis can be obtained, which classifies the level of service of a road.

Both teams measure the surface regularity of pavements, but the application of the Type III Rugsimeter is presented as a new and innovative one in the market and the MERLIN Roughometer is a widely known and used equipment in our Region and according to the World Bank it is characterized by being one of the most accurate and recommended equipment for calibrating other equipment.

KEYWORDS: Surface Regularity Index, IRI, Service Level.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú el uso del Índice de Regularidad Superficial (IRI) como parámetro o indicador del control de la calidad de pavimentos empieza desde el año 1992 según el Ingeniero Pablo del Águila, dándose el Índice de Rugosidad Superficial es el indicador más importante que indica la calidad del pavimento y demostrar la condición de la vía.

Ante las nuevas intervenciones de mejoramiento en carreteras no asfaltadas, que se dan en el país para la contribución del desarrollo, existen diferentes formas y tipos de pavimentación de un bajo costo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y a través del proyecto especial de Infraestructura del Transporte Nacional (PROVIAS NACIONAL) gestiona las redes viales mediante contratos de conservación vial por niveles de servicio donde uno de los parámetros del nivel de servicio de la vía es la regularidad del pavimento.

En tanto, se dispone el manual de "Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG- 2013" que es parte del Manual de Carreteras, identifica , para dar información sobre el estado y capacidad de servicio del pavimento, se debe realizar la medición con el parámetro del Índice de rugosidad Internacional, existen varios métodos para medir la condición de superficie del pavimento, viéndose la calidad del pavimento puede ser entendida como la capacidad estructural del pavimento y el nivel de servicio.

Teniendo en cuenta que en pavimentos económicos se realizan sobre la misma estructura conformada lo cual a posterior estas presentan fallas estructurales que se identifican visualmente en la carpeta de rodadura, Asimismo, es de suma importancia resaltar que las vías que componen las redes viales sean de un nivel de serviciabilidad alto y de buena condición.

De lo cual se plantea el siguiente **problema general**, de la investigación ¿Cuál es nivel de servicio en Micropavimentos Otta Seal mediante **métodos convencionales** en el km 00+000 al km 03+858?14– carretera Arcopunco cabana, puno 2020? y como **problemas específicos: la primera** ¿cuánto es el **Índice de Regularidad Internacional** en Micropavimentos otta seal mediante métodos convencionales – carretera Arcopunco Cabana, puno 2020? **La**

segunda ¿cuáles son las **fallas superficiales** que presenta el Micropavimento otta seal mediante **métodos convencionales** - carretera Arcopunco Cabana, puno 2020? Y **la tercera** ¿cuáles son las irregularidades que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020?

El cual se justifica en la topografía existente y carpeta superficial en zonas de alta que se encuentra pendientes pronunciadas y con geometría restringida se representa en un perfil geométrico longitudinal irregular no lineal y con un alineamiento horizontal sinuoso, estas condiciones geométricas presentan cambios abruptos de perfil y se manifiestan en valores de IRI altos, como vemos la problemática para la determinación del IRI en caminos de geometría accidentada y demasiado sinuosa es un problema siendo estas con valores altos que no satisfacen las exigencias mínimas requeridas de los Niveles de Servicio establecidos de esta carretera.

La finalidad de la investigación es determinar cuál es el nivel de servicio en micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales y así asegure el mantenimiento de la rugosidad del pavimento dentro de los niveles de servicio

Como **objetivo general** es: Determinar el nivel de servicio en micropavimentos otta seal mediante métodos convencionales – carretera Arcopunco Cabana, puno 2020 Y como **objetivos específicos**: Determinar el Índice de Regularidad Internacional en micropavimento otta seal mediante métodos convencionales – carretera Arcopunco Cabana, puno 2020 y verificar las fallas superficiales que presenta el micropavimento otta seal mediante **métodos convencionales** – carretera arcopunco cabana, puno 2020 y determinar las irregularidades que presenta el **micropavimento Otta Seal** mediante métodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020

De lo cual la **hipótesis general** esta generalizada como: El nivel de servicio en Micropavimentos otta seal mediante métodos convencionales es bueno – carretera Arapa Caminaca, puno 2020 y como **hipótesis específicas** tenemos: se determino el **indice de regularidad superficial** internacional en micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno

2020 y el micropavimento otta seal presenta **fallas superficiales** mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020 Y las **irregularidades** que presenta el micro pavimento otta seal mediante métodos convencionales son cambios de pendientes fuertes en la carretera arcopunco cabana, puno 2020

II. MARCO TEÓRICO

Para la realización del proyecto de investigación se utilizó las siguientes consideraciones los siguientes antecedentes a nivel nacional, internacionales, como también antecedentes en otro idioma y por último artículos científicos

Antecedentes Nacionales

(Hirpahuanca, 2016)En su proyecto de tesis “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera cusco-urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín - 2016” se investigó como **objetivo** Tiene determinar el porcentaje de similitud que hay entre la regularidad superficial del pavimento de la vía Cusco – Urcos; con el uso de la aplicación Roadroid respecto del rugosímetro merlín, estudia las ventajas que presentan la aplicación en cuanto al método tradicional, así mismo se medirá la serviciabilidad del pavimento y las diferencias que hay en la regularidad superficial de losa en los dos carriles de la vía. Se conoce que el equipo MERLIN es de lo equipos más usados y conocidos en nuestra región, y el banco mundial lo califica como uno de los equipos más precisos y lo recomiendan para la calibración de otros equipos; por otro lado, la aplicación Ro Android es presentada como una herramienta nueva e innovadora en el mercado. La **Metodología** utilizada es cuantitativa y del nivel descriptivo, para realizar esta investigación, se llevó a cabo la medición de la regularidad superficial de la carretera Cusco - Urcos utilizando la aplicación Roadroid y también el Rugosímetro de MERLIN, para luego realizar el procesamiento de datos para el análisis de resultados. Los **Resultados** Que se obtuvieron con la aplicación Roadroid fueron que tiene una similitud del 89% respecto al Rugosímetro de MERLIN. Por lo tanto, se **concluye** que la aplicación Roadroid es una herramienta apta para ser usada en la determinación de la regularidad superficial de pavimentos ya que los datos que se obtiene de la

regularidad superficial tiene un porcentaje alto de aceptabilidad, con este método se pueden estudiar y analizar tramos más amplios en menor tiempo y con menos recursos y el mejor aporte es que se suprime el tiempo de procesamiento de datos a comparación del Rugosímetro de MERLIN que es un equipo de que tiene menor rendimiento tanto para la recolección de datos como para su procesamiento.

(CONDORI, 2019) en su proyecto de tesis de “Análisis de la incidencia de la geometría referida a los cambios de pendientes sobre el índice de rugosidad internacional de la ruta nacional” en la actualidad la “Rugosidad” es uno de los parámetros principales que debe cuantificarse, esta se expresa mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Es así que en la presente investigación obtuvimos datos de la medición del IRI de la ruta nacional PE-3SF: Carretera EMP. PE-3S–MollepuquioChinchaypujio–Cotabambas–Tambobamba–Challhuahuacho dada su geometría escabrosa y accidentada; donde el **objetivo principal** es el análisis de los cambios de pendientes que se presenta en tramos consecutivos de hasta 10 m y la incidencia de los valores encontrados de la medición del IRI cada 20 m de un Muestreo realizado por Cuotas representativas de la carretera para realizar un análisis total de la vía. Se obtuvo **resultados** de: el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) presenta un valor mínimo de 2.07 m/km que comienza desde la progresiva 54+400 hasta la progresiva 54+600 (D3-Tangente) y un máximo de 5.42 m/km que pertenece al sector de la progresiva 69+720 hasta 69+920 (D16-Curva), el promedio fue de 3.51 m/km con una amplitud de 3.35 m/km para esta ruta. Se encontró una variación de pendiente promedio (%) con un valor mínimo de 0.37% que va desde la progresiva 53+140 hasta 53+340 (D1 –Tangente) y un máximo de 1.64% que corresponde a la sección que va desde la progresiva 69+720 hasta 69+920 (D16-Curva), la media encontrada fue de 1.04% y una amplitud de 1.27% para esta ruta. Se llega a la conclusión que la correlación lineal fue de $R^2=0.772$, lo cual indica que los valores del índice de rugosidad (IRI) son explicados por la variación de la pendiente en un 77.2%, sin embargo de pendiente de 0.83% corresponde un IRI de 3.00m/km, el modelo lineal que explica la relación es $IRI (m/km) = 1.43 + 1.99 \text{ Variación de Pendiente } (\%)$, se observa que los cambios abruptos del perfil que fueron

cuantificados en términos de pendiente inciden marcadamente en los valores del IRI.

(ARTHUR, 2017) En su tesis “Evaluación de modelo “QUARTER CAR” PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD (IRI) DEL TRAMO HUANCVELICA - SANTA INÉS”. UNAP. Tiene como **objetivo**: “Analizar, Evaluar y Correlacionar los resultados del Equipo ROUGHOMETER III en la estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la carretera Huancavelica – Santa Inés., con respecto al resultado obtenido con el equipo **los resultados** La regresión logarítmica representa de mejor manera la correlación de los datos de IRI obteniéndose 2.80 min y 3.71 max que por lo tanto se llega a la **conclusión** de la solución obtenida de las ecuaciones dinámicas que gobiernan el modelo de cuarto de carro es mediante una aproximación numérica, Para el análisis y cálculo del IRI usando el modelo Cuarto de Carro es necesario la implementación en un lenguaje de programación puesto que las ecuaciones que lo representan son un sistema de ecuaciones diferenciales. — El Roughometer III, es un equipo de la clase 3, de tipo respuesta lo cual indica que los resultados obtenidos son de forma indirecta, mediante sensores que miden los desplazamientos verticales de la masa suspendida y no suspendida del vehículo.

(Matos Bendezu, 2018) La presente Tesis tiene como **objetivo** la realización de la “Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera central (tramo: La Oroya – Concepción PE003-S)”. El tema se realiza ante el problema del ámbito nacional en esta situación de la carretera Central, la cual fue diseñada para un tráfico aproximado de 4,000 vehículos por día; sin embargo, hoy por hoy se presenta un tráfico calculado entre 6,000 y 7,000 vehículos por día.. La **metodología** que se utilizara para la presente investigación consta de cuatro partes: La primera, da a buscar recopilar los datos de la carretera como son su geometría, los vehículos que circulan por ella, y las características físicas del pavimento. La segunda, que principalmente se caracteriza por analizar e identificar los datos recolectados y así obtener las proyecciones de vehículos, el IRI, PSI y número estructural de pavimento. La tercera, donde se añadirán todos los datos analizados al HDM-4 para su modelación y como **resultado** El estándar de conservación utilizado consiste primero en evaluar el IRI, si este supera el

valor máximo promedio de 3.5 se realizara la evaluación de la condición estructural (grietas estructurales anchas que no deben superar el 15% de la superficie estudiada) y en función a ello proponer un fresado más refuerzo o un tratamiento superficial (slurry). El estándar se desarrolla considerando los parámetros del Nivel de Servicio y en tanto se **concluye** Para establecer el sistema de gestión de pavimentos se siguieron cuatro pasos. Primero, se recolecto datos, estos datos principalmente están relacionados al tráfico vehicular, parámetros físicos del pavimento y la geometría de la vía. Segundo, se analizó los datos, principalmente relacionados a la proyección de los vehículos, relacionada con los ejes equivalentes; la evaluación funcional, relacionado principalmente con el IRI y el PSI; evaluación estructural, relacionado con el método de retrocálculo de Yonapave; y a su respectiva sectorización para cada uno de los casos descritos

Carhuapoma, (2019), Luego de su investigación de título, Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) use utilizo el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca–2019, define que: Hoy en día se desconoce el nivel de servicio de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca que por lo cual es de importancia realizar la evaluación debido a que los usuarios no están conforme con la misma calidad de viaje que experimentan, viéndose este una carretera de gran importancia en nuestra región y teniendo una gran incidencia y contribución hacia el desarrollo, es importante conocer este indicador para tomar medidas de conservación y mantenimiento.

También, como objetivo principal de su investigación es evaluar y verificar el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca en el año 2019, donde la realización para determinar el nivel de servicio es con el Índice de Regularidad Superficial (IRI) y el índice de serviciabilidad presente (PSI), los datos de campo se desarrolló con el equipo denominado rugosímetro MERLIN, para posteriormente mediante cálculos matemáticos y estadísticos se determine el IRI y el PSI que son parámetros que clasifican el nivel de servicio de la carretera en estudio.

Por lo que, para alcanzar lo propuesto de la investigación se realizó trabajos de topografía para tener un mejor conocimiento de la carretera, y para la ubicación de los tramos a ensayar, y cada punto de conteo del tráfico.

El estudio de tráfico determino que la carretera es de clase 3 teniendo un IMDA de 342 veh/día, de la evaluación del nivel de servicio se determino que para el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca el índice de rugosidad internacional (IRI) de 3.78 m/km e índice de serviciabilidad presente (PSI) de 2.65 clasificándolo según la tabla del Ministerio de Transportes y Comunicaciones es tado de nivel de servicio regular.

Además, se identifico que el IRI de hasta 9.60 m/km y PSI 0.87, que viene a ser considerado en un nivel de servicio muy malo.

Saga, (2019), en su investigación, Analisis de la incidencia de la geometria referida al cambios de pendientes sobre el indice de rugosidad internacional de la ruta nacional PE-3SF, 2018; refiere que: Actualmente la "Rugosidad" es uno de los principales parámetros que identifica la regularidad del pavimento, se expresa mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Es así que en el presente proyecto de tesis obtuvimos datos de la medición del IRI de la ruta nacional PE-3SF: Carretera EMP. PE-3S–Mollepuquio-Chinchaypujio–Cotabambas–Tambobamba–Challhuahuacho por la misma geometría sinuosa y accidentada, en donde se analizó cada cambio de pendientes existente en el tramo consecutivos de 20 m y la influencia de los valores obtenidos de la medición del Índice de regularidad del pavimento cada 20 m de un Muestreo que representa a la carretera para un análisis total de toda la carretera. Los datos obtenidos: el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) presentó un valor mínimo de 2.07 m/km que va desde la progresiva km 54+400 @ km 54+600 (D3-Tangente) y como dato máximo se tiene de 5.42 m/km que no lleva al sector de la progresiva km 69+720 @ km 69+920 (D16-Curva), la media fue de 3.51 m/km y con una amplitud de 3.35 m/km para esta ruta de la vía . La variación de pendiente promedio (%) presentó un valor mínimo de 0.37% que va desde la progresiva 53+140 @ 53+340 (D1 –Tangente) y máximo de 1.64% que corresponde al sector que va desde la progresiva km 69+720 @ km 69+920 (D16-Curva), el resultado de media fue de 1.04% y con una amplitud de 1.27% para esta ruta. Se determina

que cada tramo obtenido se tiene una correlación lineal fue de $R^2=0.772$, con que nos lleva a indicar que los datos del índice de rugosidad (IRI) son explicados por la variación de la pendiente en un 77.2%, existe una variación de pendiente del 0.83% que corresponde un IRI de 3.00m/km, en el método de modelo lineal que explica la relación es $IRI (m/km) = 1.43 + 1.99 * \text{Variación de Pendiente } (\%)$, verificando que la variación abrupta del perfil cuantificados en pendiente inciden de manera muy notable en los valores del IRI. Cada cambio que se identificó en curvas verticales de longitudes cortas, curvas de volteo de radios menores a 15m (curvas en “U”) en laderas.

(STEVE, 2017) En su investigación, “cálculo del Iri mediante el acelerómetro de smartphone en la Ruta huarmey – casma de la carretera panamericana norte “. Hay diferentes métodos de medición que se encuentran clasificados en cuatro niveles, siendo el primero el más exacto en los cálculos de rugosidad que viene a ser del tipo I, cuyo equipo con mas uso que se da es el perfilómetro láser siendo este practico ya que solo se realiza una evaluación y este mide toda la longitud de la Via. Por otro lado, hay varios tipos una de ellas es la aplicación nombre Roadroid que determina el IRI con el uso del acelerómetro del smartphone. En contraste, **objetivo** se realizó una medición para determinar la rugosidad de un tramo de la Red Vial 4 con el uso del software Roadroid y con la data de la concesionaria se realizará un análisis comparativo los dos equipos de medición y se evaluará la eficacia del equipo a usar. El sector escogido fue el tramo de Huarmey – Casma. Es una autopista que presenta dos carriles para cada dirección, sur a norte y viceversa. Los **resultados** obtenidos con el software fueron de 1.2 m/km y 1.3 m/km en cada calzada de la plataforma y con el perfilómetro láser se obtuvieron lo siguiente 1.11 m/km y 1.16 m/km respectivamente. Por otra parte, se comprobó que al trasladarse en el vehículo para la recolección de datos en el rango de velocidad de 75 a 90 km/h los datos obtenidos del IRI estimado e IRI calculado se correlacionan con los evaluados.

(ARTHUR, 2017) En su tesis “Evaluación de modelo “QUARTER CAR” PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD (IRI) DEL TRAMO HUANCVELICA - SANTA INÉS”. UNAP. Tiene como **objetivo**: “Analizar, Evaluar y Correlacionar los resultados del Equipo ROUGHOMETER III en la estimación del Índice de

Rugosidad Internacional (IRI) de la carretera Huancavelica – Santa Inés., con respecto al resultado obtenido con el equipo **los resultados** La regresión logarítmica representa de mejor manera la correlación de los datos de IRI obteniéndose 2.80 min y 3.71 max que por lo tanto se llega a la **conclusión** El Roughometer III, es un equipo de la clase 3, de tipo respuesta lo cual indica que los resultados obtenidos son de forma indirecta, mediante sensores que miden los desplazamientos verticales de la masa suspendida y no suspendida del vehículo. Dentro de los intervalos obtenidos en las progresivas 348 al 349 se identifica con la presencia de un puente, vibradores en la plataforma, parches, peaje, gibas y varias curvas verticales, por lo que se generó un alto incremento del IRI el número de datos por metro calculado con el programas se encontró con 0.08; es decir, en 100 metros recorridos se tomaron 8 puntos (8 valores de IRI).

Antecedentes Internacionales

Chang, Marcobal, Tapia, Escamilla, & Valdez, (2017), en su ponencia de investigación, Niveles de servicio basados en el índice de rugosidad internacional (IRI), Presentado en el congreso Ibero – Latinoamericano, Medellín Colombia 2017, **objetivo**: “Entre los diferentes factores que influyen en el IRI, uno de los elementos de la vía que es el trazo vial ha sido el menos estudiado a pesar de su influencia en los resultados de las mediciones. Esta investigación da a conocer una parte de los principales parámetros que tienen una fuerte influencia en los resultados del IRI con énfasis en las condiciones del trazo geométrico en perfil y planta de la vía”

Además, Considera que las ondas que tienen mayor incidencia en los datos obtenidos del IRI están dentro del parámetro de 1.20 a 30m y pueden corresponder a depresiones, fallas, ahuellamientos, hundimientos, ondulaciones, curvas verticales u otros. Asimismo, indican que Las características y diseño geométrico de la carretera pueden influir en el IRI independientemente del trazo geométrico en perfil y planta a nivel de topografía de la zona a estudiar. Los datos de IRI inicial es influenciado por el número de las curvas consecutivas que con radio reducido y distancias cortas de cada transición en el desarrollo de los peraltes. Adicionalmente, mencionan que el caso específico de carreteras transversales, en que el trazado está típicamente compuesto por una sucesión de

las curvas, es necesario que en cada análisis del IRI se debería de considerar el cambio de cotas que se dan en los segmentos con curvas. Las curvas horizontales tiene un valor alto que este mismo se indica en los valores del IRI, especialmente en carreteras de montaña, debido a que el trazado de éstas normalmente presenta curvas horizontales sucesivas de radios minimizados y distancias cortas para la realización de los peraltes.

El IRI es una valor de diferentes factores que pueda tener la forma o característica propia del Perfil Longitudinal y las características del diseño del trazo vial en alzado y en planta pueden influir en los valores reportados en las mediciones realizadas en campo. En carreteras de trazo vial muy sinuoso, como por ejemplo las carreteras de montaña que presentas curvas cerradas y ondulaciones como también curvas horizontales consecutivas de radio reducido y distancias cortas en el proceso de los peraltes, se da una mayor influencia en los valores de IRI. Tramos que con presencia de curvas que tienen intervalos con longitudes menores al estándar (100 o 200m) también al cálculo del IRI siendo esta de manera no apropiada. El IRI generalmente tiende a incrementarse en secciones con curvas horizontales debido al cambio de peralte, mientras que en los tramos con peralte uniforme el 20 IRI es menor. Llegando a la conclusión que por los datos obtenidos de cuatro cambios de pendiente claramente identificables, Al inicio de la transición, en donde el punto que se llega el peralte máximo, y el punto donde inicia la transición del peralte máximo, es el punto donde llega a dar seguidamente el bombeo natural de la Pista.

Por lo tanto, cada autor dan en recomendación que se debe incluir como singularidades, "donde los sectores en que la influencia de las características geométricas del trazo vial en el IRI es relevante, por ende, requieren de un análisis más detallado. Tomando como guía en las normas internacionales, las singularidades son excluidas del completo análisis estadístico para que este indique o determine los niveles de servicio son o no son satisfactorios. En estas circunstancias, otros tipos y formas de control de calidad del servicio son más relevantes; como las fallas observadas en el mismo pavimento y las mediciones de fricción del pavimento.

Oloo, Lindsay, & Mothilal, (2003), luego de su investigación de título Otta Seals y Gravseals como alternativas de superficie de bajo costo para carreteras de bajo volumen: experiencias en Sudáfrica, refieren que: La geología de la parte noreste de la provincia de KwaZulu-Natal, Sudáfrica, es predominantemente aluvial con vastos depósitos de arena. Las fuentes de grava adecuadas son difíciles de conseguir, lo que resulta en altos costos de grava y reescalado provocados por largas distancias de transporte y pérdida acelerada de grava. La mayoría de los caminos de grava transportan menos de 500 vehículos por día, de los cuales menos del 10% son vehículos pesados. El alto costo de la remoción de grava ha llevado a considerar la posibilidad de mejorar dichos caminos a los estándares pavimentados, aunque los volúmenes de tráfico no justifican la mejora. Los sellos de viruta tradicionales son costosos y no pueden justificarse económicamente en carreteras que transportan menos de 500 vehículos por día. El Departamento de Transporte de KwaZulu-Natal participa activamente en los esfuerzos para identificar productos alternativos de revestimiento rentables para carreteras de bajo volumen. Se realizaron pruebas de campo con sellos Otta y Gravseals, que se han utilizado con éxito en otros países, como productos de revestimiento de bajo costo para carreteras de bajo volumen. El sello Otta se forma colocando agregados clasificados relativamente gruesa del aglomerante suave que, debido al tráfico y la rodadura, se abre paso a través de los agregados. Gravseal consiste en un aglomerante de caucho especial semiprimado que está cubierto por un agregado clasificado. Tanto los sellos Otta como los Gravseals proporcionan superficies bituminosas relativamente flexibles adecuadas para vías de bajo volumen. Los ahorros de costos se derivan principalmente de las amplias especificaciones agregadas, que permiten el uso de materiales marginales.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

La evaluación del Índice de Rugosidad Internacional IRI mediante el uso del perfilómetro estático MERLIN es un equipo importante en la obtención de las condiciones de una carretera. La necesidad de la automatización de la forma de la obtención de datos, los resultados obtenidos en el cálculo del Iri y se fijan los requerimientos principales para este proyecto. Para obtener las variaciones con

respecto a la cuerda promedio se usan los acelerómetros, para medir el recorrido por la determinación del giro de la rueda del perfilómetro estático MERLIN en la plataforma. De cada una de las pruebas realizadas se obtuvieron resultados satisfactorios, disminuyendo los costos de operación y el tiempo para el cálculo de procesamiento de los datos obtenidos. (Servando, 2012).

- Recolección de datos con el Rugosímetro Tipo III

Se realizó en toda la longitud de la Micropavimento Otta seal, para la ejecución de estos ensayos es necesario de dos personas el primero que opera el equipo y el segundo que anota las desviaciones, las anotaciones de las observaciones realizadas deben ser realizadas en el mismo equipo.

El Rugosímetro tipo III es un equipo probado con los sistemas de perfilometría de clase I según ASTM 950 en distintas condiciones de la carretera

La herramienta que se utilizó para la realización del ensayo es 01 camioneta TOYOTA donde se instaló en la parte posterior el equipo de Rugosímetro tipo III, asimismo se realizó la calibración para realizar el ensayo asimismo las calibraciones se realizan in situ.

El valor para la calibración varía dependiendo de la unidad, por lo cual se estima que está dentro 2.3 V a 3.5 V en caso estar fuera del rango se debe de realizar nuevamente el ensayo.

Tabla 1. Niveles de servicio para Calzada (Tratamiento Superficial)

3a. Niveles de servicio para: CALZADA (Tratamiento Superficial)		Nivel de Servicio Tipo de Vía				
		Autopista 1 ^{ra} clase	Autopista 2 ^{da} clase	Carretera 1 ^{ra} clase	Carretera 2 ^{da} Clase	Carretera 3 ^{ra} Clase
Parámetro	Medida	IMD > 6000	4001 ≤ IMD ≤ 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	400 ≤ IMD ≤ 2000	IMD < 400
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	-	-	-	-	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	-	-	-	-	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	-	-	-	-	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	-	-	-	-	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	-	-	-	-	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	-	-	-	-	0%
Peladura y Desprendimiento	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	-	-	-	-	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	-	-	-	-	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	-	-	-	-	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	-	-	-	-	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	-	-	-	-	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	-	-	-	-	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (TSB nuevo)	-	-	-	-	3.0 IRI _c (1)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (TSB con Recapa Asfáltica)	-	-	-	-	3.5 IRI _c (1)
Rugosidad Periodo de Servicio	Rugosidad característica del tramo (TSB Periodo de Servicio)	-	-	-	-	4.3 IRI _c (1)
Fricción Superficial	Coefficiente de fricción medido en pavimento mojado	-	-	-	-	No menor de 0.50

(*) De acuerdo al Manual de Suelos y Pavimentos del MTC las superficies de rodadura con Tratamiento Superficial se aplican en caminos con IMD ≤ 400 no obstante en caso de presentarse Tratamientos Superficiales en Caminos con IMD > 400 vehículos, los niveles de servicio serán los que determine la Entidad encargada de la Conservación Vial.

(1) IRI_c característico (IRI_c), a la confiabilidad de 70%

IRI_c = IRI_p + 0.524 x ds
 IRI_p = IRI promedio
 ds = desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia, en base a Contratos de Concesión Vial, Contratos por Niveles de Servicio, Tabla de parámetros globales del HDM4, Manual de Suelos y Pavimentos del MTC.

Fuente: Elaboración propia, 2020

Otta Seal

Otta Seal es una carpeta de rodadura asfáltica que se realiza en caminos con bajo nivel de tránsito. Esta técnica estuvo desarrollada en Noruega y se esta aplicando a nivel mundial como se realizó en Suecia, Islandia, Kenya, Zimbabwe, Bangladesh, Australia y Sudáfrica. En el que se da en una superficie bituminosa de 16 o 32 mm de espesor (una o dos capas) y su ejecución o construcción donde se da la imprimación de un asfalto blando aplicado en caliente, despues del riego de un agregado integral que es compactada dentro del asfalto usando un rodillo o camiones cargados. Será de manera distinta para la superficie donde se realiza es uso de una grava integral o un agregado triturado en vez de gravilla convencional de tamaño uniforme. Se realiza con los mismos equipos que se usan en un tratamiento superficial, (Elias, 2009).

Ventajas del uso de Otta Seal

Dentro de las ventajas que contiene esta aplicación para el mejoramiento siendo esta de un bajo costo nos da mejoría de calidad de vida para el usuario que habita alrededor del camino; mejor serviciabilidad y menores gastos de operación para

los usuarios de las vías. Disminución o eliminación del polvo que afecta en el tránsito vehicular; Menores costos de mantenimiento rutinario y es una manera eficiente de mejorar los caminos bajo transito con la aplicación de una innovación tecnológica vial y saber la condición vial (Elias, 2009).

Un sello de una capa o dos Otta Seal nos indica inmediato al tránsito la vía sometida a mejoramiento para que sea de manera uniforme, pero en este sentido es importante regular que el sello sea transitado en toda su superficie para que pueda ser de nivel de servicio bueno, lo cual ayuda a su maduración. Llegando a decir que la lluvia no afecta en absoluto al pavimento económico con Otta seal, una vez haya sido aplicado sobre la estructura. Como tratamientos superficiales, el sello Otta Seal no es de ayuda a la capacidad estructural del pavimento siendo esta por el mismo bajo Transito. (Elias, 2009).



Figura 1. Micro pavimento Otta Seal

Simple Otta Seals

Este tipo de micropavimento Otta seal más económico donde no se realiza una sobre capa adicional de protección bituminosa en tanto se recomienda que para el uso del diseño dependen por lo general del tráfico vehicular porque va sellando la capa . En tantp, las recomendaciones y indicaciones que se dan son flexibles y depende del proyecto.

Tabla 2. Niveles de tráfico y tipo de trabajo

Niveles de tráfico y tipo de trabajo	Tipos Otta Seal
Sello temporal (desvíos, vías de transporte, accesos temporales, etc.)	Simple Otta Seal
Mantenimiento Resellado (todas las clases de tráfico para que los pavimentos rociado sean aplicables.	Simple Otta Seal

IMD inferior a 500	Simple Otta Seal + cubierta de sello de arena
IMD de más de 500	Doble Otta Seal

Fuente: Elaboración propia, 2021

- Las roderas, dislocamientos, agrietamientos por temperatura, como también los agrietamientos tipo piel de cocodrilo y el intemperismo, estos mismos implican un tratamiento frecuente a base de selladores de grietas y de recubrimientos superficiales en la plataforma.

Rugosímetro tipo III

En este tipo de clasificación están los métodos que recurren al uso de una ecuación de correlación para la determinación del IRI. Estas formas de medición, también llamados “tipo respuesta” (ResponseType Road Roghness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), indican la rugosidad basados en la respuesta del movimiento relativo que experimenta el sistema de suspensión de un carro de pasajeros o de un trailer remolcado, al momento de circular sobre el pavimento evaluado. (Del Aguila, s.f.)

Las evaluaciones de medida efectuadas mediante los métodos Clase 3 tienen dependencia de las características dinámicas de un vehículo de sistema en suspensión, para proporcionar los parámetros de rugosidad que se dan en correlacionarse con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Sin embargo, cada propiedad dinámica de cada vehículo son particulares y cambian con el tiempo, por lo mismo se caracterizan de las mediciones directas que deben ser correlacionadas con el IRI mediante una ecuación de calibración, la cual debe de obtenerse experimentalmente y específicamente para el vehículo empleado con el equipo de clase III, (Del Aguila, s.f.)

Este tipo de medida también incluye métodos que emplean otros tipos de instrumentos para determinar la rugosidad del pavimento, diferentes a un RTRRMS, que sea capaz de obtener parámetros razonablemente correlacionados con la escala del IRI. Entonces, un tipo de método para la medición de rugosidad califica como Clase 3 si se emplea algún tipo de ecuación de correlación, indistintamente del tipo de instrumentación o vehículo que se va a usar para la

obtención de la medida de rugosidad. Los métodos Clase 3 emplean diferentes tipos de equipos, tales todos ellos producidos comercialmente, (Del Aguila, s.f.)

Rugosímetro tipo 3



Figura 2. Rugosímetro tipo III

La velocidad del viaje del vehículo si afecta las mediciones. En el vehículo afecta la respuesta del sistema. Donde se toman medidas de rugosidad con el mismo equipo y diferentes velocidades, la respuesta obtenida serán diferentes.

Entonces al realizar la toma de datos, se debe mantener una velocidad de 30 a 60 km/h, rango recomendado para así obtener resultados sin modificación alguna. Por lo tanto, se tomó la decisión de realizar la toma de muestra en la vía, recorriendo desde Arcopunco- Cabana y tratando de mantener una velocidad entre lo indicado del 30 a 60 km/h.

Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (Iri)

El cálculo del IRI infiere la utilización de las herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que nos permiten determinar la medida de regularidad del camino; donde implica etapas claramente diferenciadas y ajustadas para el desarrollo sistemático. El primer procedimiento para la determinación de la regularidad, y siendo el principal de todos, consiste en medir las cotas o elevaciones de la plataforma que permiten representar el perfil real del camino. Esto significa que, el IRI la realización de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil, y dependerá únicamente de la calidad del perfil longitudinal. Los primeros datos son pasados con el filtro , donde proyectamos un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas, para poder obtener el nuevo perfil que permite ser analizado desde el punto de vista de las

irregularidades que se presente. Las razones para aplicar este primer filtro son las siguientes:

- a) para así simular el comportamiento entre las dos llantas de los vehículos y la carretera,
- b) para disminuir cada sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo

Al perfil generado se realiza la aplicación de un segundo filtro, donde conlleva en la aplicación del modelo de cuarto de carro que se desplaza a una velocidad de 60 km/h.

Se registran las características que están asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales que están aplicados a un vehículo estándar, el cual está diseñado y modelado de forma simplificada como el conjunto de masas ligadas entre ellos y con la superficie de la vía uniforme, mediante resortes y amortiguadores. El movimiento del vehículo sobre el perfil de la carretera produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas direccionadas, que nos lleva a medir los movimientos verticales no deseados atribuible.

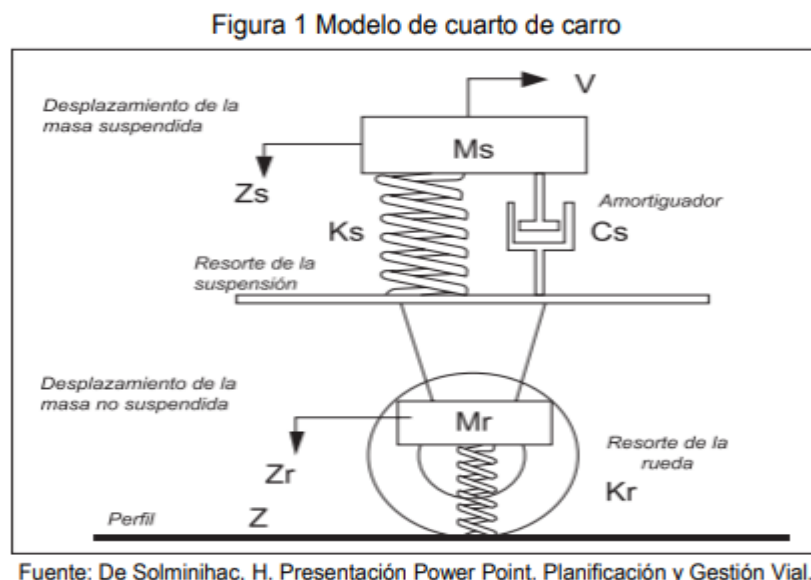


Figura 3. Modelo del equipo Rughomether III

Este tipo de modelo de simulación consta de una masa “amortiguada o suspendida” (masa de un cuarto de carro ideal) junto a una masa “no amortiguada” (eje y neumático), a través del resorte y con un amortiguador lineal (suspensión), y por último el neumático es representado por otro resorte lineal.

El modelo de cuarto de carro emplea los parámetros de lo que se ha denominado como el Carro de Oro, los cuales se muestran a continuación:

$$K_2 = \frac{k_s}{M_s} = 63.3 \qquad K_1 = \frac{k_r}{M_s} = 615$$

$$C = \frac{c_s}{M_s} = 6 \qquad \mu = \frac{M_r}{M_s} = 0.15$$

(Ec 1. 2)

Donde:

En los datos obtenidos de la ecuación dinámica se tiene de forma un sistema de ecuaciones que utilizan como dato de inicio del perfil de la carretera donde se ubica en la parte inferior del “resorte del neumático”. En el momento de hacer un cambio de movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida, este mismo determina y se va guardando paulatinamente si se continúa el ensayo. El valor en m/km (metros acumulados por kilómetro viajado) donde se obtiene la medición última de la superficie de regularidad de la carretera. Un detalle muy importante que debería de considerarse en el método de cálculo de IRI, es que se deberían de estimar valores iniciales entre la respuesta de transición y la respuesta inducida por el perfil de la carretera. Los resultados que se tiene después de realizar el ensayo va reduciendo conforme la simulación del cuarto de carro tiene una mayor distancia del perfil. Esta manera de inicio da a influir en el modelo del cuarto de carro en aproximadamente 20 m. Por lo tanto, la manera más indicada de realizar el inicio, es medir el perfil al menos 20 m antes del punto de inicio del tramo, y luego iniciar desde ese punto el cálculo del IRI. Desde que se llevó el estudio realizado por el Banco Mundial, se da como proposición una escala de mediciones de la capa de regularidad superficial para distintos tipos de vías.

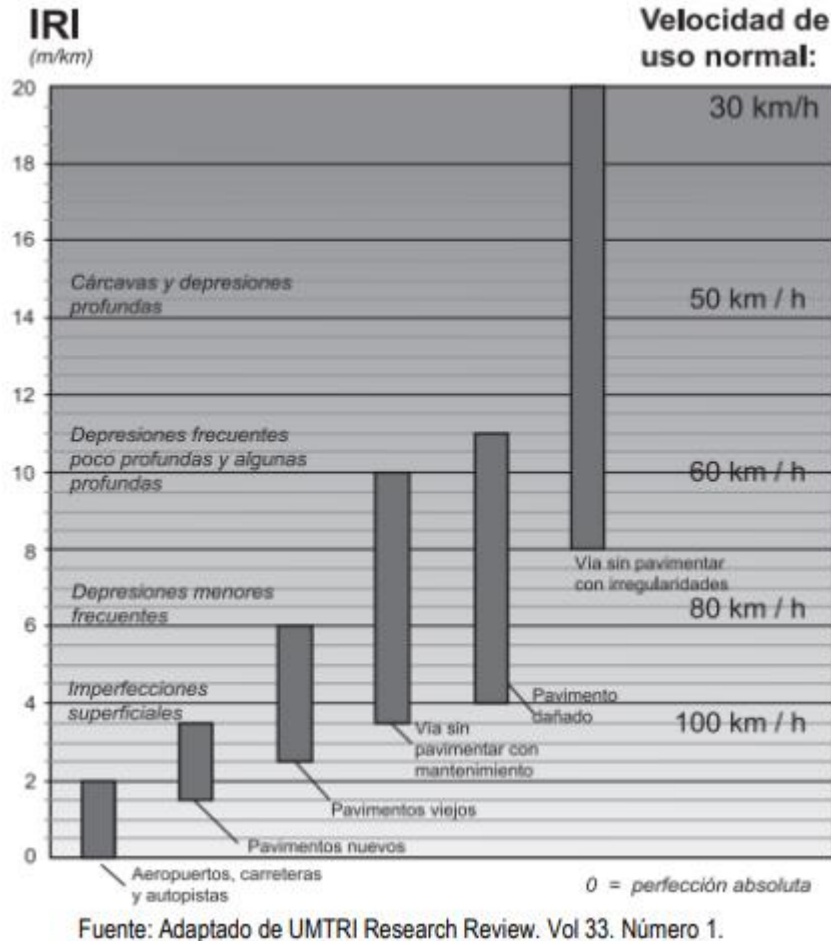


Figura 4 Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías

Rugosímetro de Merlín

El rugosímetro de MERLIN es un equipo especialmente diseñado para la medición de la rugosidad de la superficie del pavimento, siendo una variación del perfilómetro estático. Plegable, con una manera muy útil de embalaje y transporte.

El perfilómetro estático MERLIN fue explícitamente desarrollado por el TRRL (Transport and Road Research Laboratory), con ella determinar de rugosidad de un pavimento, el nivel de servicio y ser utilizado en distintos países en vías de desarrollo; identificando las siguientes características: costo disminuido, construcción rápida, la correcta calibración, uso y mantenimiento. Posee un notable desempeño por lo que se realiza el uso como patrón de calibración para diferentes tipos de sistemas de medición (Del Águila, 1999).

El perfilómetro de MERLIN basa su funcionamiento es de hallar la desviación del terreno frente a una cuerda definida entre 2 puntos ubicados antes y después del punto de medición, el cual permite encontrar la desviación del terreno.

- **Recolección de datos con el Rugosímetro de Merlín**

Se utilizara el equipo del Rugosímetro de Merlín trata de una hoja que contiene a escala gráfica con 50 divisiones, de 5mm (milímetros) de espesor cada una, que se encuentra unida en el borde del tablero de donde el cual se desliza el puntero a 35. Donde se obtiene que Este mismo nos da a conocer si se esta es una elevación o una depresión.

Al momento de comenzar los trabajos se comprobará el buen uso del funcionamiento del equipo y las óptimas condiciones.

- 1) Al iniciar se realiza la calibración del Equipo ubicándolo en su posición para luego ajustar los puntos de apoyo hasta que el puntero indique en 25.
- 2) Para empezar con el Ensayo se necesita 4 personas para que 1 pueda manejar el equipo la segunda persona anote las lecturas y las 2 siguientes para la seguridad de la medición en la vía.
- 3) Se realiza caminando y con observación visual del que maneja el equipo y realizar la toma de datos, donde el operador

Método para el Cálculo de Rugosidad

Cálculo del rango D:

La disgregación de los resultados con el perfilómetro de MERLIN se realiza con el cálculo de distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero en cada 400 m evaluados, de tal forma se puede demostrar que para fines didácticos, en forma de histograma. Que en un control posterior se establezca el Rango de todos los valores agrupados en intervalos de frecuencia, que luego de ello de eliminar el 10% los datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o fallas que demuestran errores en la superficie plana. En la práctica no se tomará datos 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. Realizado la eliminación de todos los datos, se realiza el cálculo del “ancho del histograma” con unidad de la

escala, tomando en cuenta que las fracciones que resultaran como consecuencia de la eliminación de datos de la parte inferior y del extremo superior.

Factor de corrección para el ajuste de D:

Esta condición para la correlación de relación entre los brazos del Rugosímetro de 1 a 10 en ciertos casos varia, por lo tanto, produce el desgaste del patín del brazo móvil, este debe ser ajustado con un factor de corrección "FC". El procedimiento de obtención de "FC" se encuentra en: "Metodología para la Determinación de La Rugosidad de los Pavimentos del Perú, Pablo del Águila Rodríguez."

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación: La presente investigación será del tipo **aplicada**. Según (Murillo T. J., 2008), (p.9) esta investigación aplicada se denomina de investigación práctica o empírica, siendo esta misma caracterizada porque busca la aplicación de los conocimientos, a la vez que se adquieren otros, luego de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

La presente investigación data en medir el Índice de regularidad superficial del micropavimento Otta Seal en la carretera Arapa – Caminaca con los dos equipos distintos y luego comparar los resultados.

3.1.2 Diseño de investigación: La siguiente investigación será de diseño **experimental**. (Arias F. , 2012) (p.6) la investigación experimental es un proceso que consiste en incluir a un objeto o grupo de individuos, en determinadas y distintas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen.

El diseño en esta investigación, corresponde al diseño experimental debido a que determinaremos el efecto que va a tener en la acción o manipulación de la variable independiente sobre la variable dependiente, lo que se intenta hacer básicamente es, una vez obtenido los resultados de ambos equipos que mediante modelos matemáticos podemos predecir el umbral obtenido y así predecir el nivel de servicio del micropavimento Otta Seal.

3.1.3 Nivel de Investigación:

La presente investigación será de nivel explicativa (Diaz, 2006) pág. 46 da conocer las causas o factores que han dado origen o han condicionado la existencia y naturaleza del hecho o fenómeno en estudio. Así mismo indaga sobre la relación recíproca y concatenada de los casos de la realidad, y así encontrar una explicación objetiva, real y científica a aquello que se desconoce. Se requiere la presencia de dos o más variables.

Debido que se estudiara el efecto que produce la aplicación de herramientas del rugosímetro de Merlin y Rugosímetro tipo III para el micropavimento Otta Seal en el distrito de Arco punco Cabana Puno.

3.2. Variables y Operacionalización

3.2.1. Variable 1 : Métodos Convencionales - Rugosímetro Tipo III

Definición Conceptual

La variable de Rugosímetro de Tipo III se define en una acumulación del movimiento vertical que da un fuerte impulso la suspensión de una rueda (un cuarto de carro) cuando este mismo recorre la superficie con una velocidad de 80 km/h. por lo que podemos decir que, es un índice de comodidad de rodadura, y constituye el parámetro de la carretera que percibe el usuario.

- **Variable 2 : Métodos Convencionales - Rugosímetro de Merlín**

Definición Conceptual

El Merlín es un equipo que viene con dos elementos verticales y uno horizontal. Uno de los elementos verticales es una rueda donde una vuelta de la rueda es 2.15 m. En el centro del elemento horizontal se encuentra la barra vertical cuyo extremo inferior pivota un brazo; se encuentra ubicado un patín empernado ajustable y en el extremo superior se encuentra ubicado el puntero, siendo la relación entre el brazo de los segmentos pivote-extremo, de 1:10. Cada giro que de la rueda comienza con una observación de acuerdo a la posición del puntero hasta llegar con las 200 observaciones.

3.2.1.2 Variable Dependiente

- Nivel de servicio del micropavimento otta seal (enfoque cuantitativo)

Definición Conceptual

La calificación de un pavimento de su superficie viene a ser dada por el nivel de servicio que este pueda presentar. Es un indicador de la calidad de una carretera si está en óptimas condiciones que tiene cierto grado de subjetividad, tiene que ser minimizado con mediciones objetivas. Cuando el nivel de servicio debe indicar la percepción del usuario sobre la vía de manera objetiva (Obando, 2010)

- Índice de Rugosidad Internacional IRI

Definición Conceptual

La rugosidad superficial del pavimento se entiende normalmente por un índice que se refiere a una longitud de carretera. Los índices de medición se hallan desde el perfil longitudinal de inicio a fin y se aplica en el modelo matemático de análisis para minimizar el perfil a un índice estadístico convirtiéndose así en el nuevo perfil longitudinal.

Tabla 3 La matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
<p>V1:</p> <p>METODOS CONVENCIONALES</p> <p>-RUGOSIMETRO TIPO III</p> <p>-RUGOSIMETRO DE MERLIN</p>	<p>rugosímetro tipo iii el iri estimado mediante ecuaciones de correlación. la obtención del perfil longitudinal donde se realiza con el tipo de respuesta (rtrm), que previamente fue calibrada con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación de dispersión.</p>	<p>El tipo de medición es la desviación o inclinación de la superficie con respecto a la superficie plana del micropavimento Otta Seal, sea esta misma como depresión o elevación con distintas dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad de manejo resultando mediciones diferentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> m/km 	<p>-LECTURAS DEL RUGOSIMETRO TIPO III</p> <p>-LECTURAS DEL RUGOSIMETRO DE MERLIN</p> <p>-BACHES</p>	<p>-RUGOSIMETRO TIPO III</p> <p>-RUGOSIMETRO DE MERLIN</p> <p>-FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS</p> <p>-MOVILIDAD</p> <p>-OBSERVACIÓN</p>	<p>Razón</p>
<p>V2:</p> <p>NIVEL DE SERVICIO</p>	<p>Este llevan a ser indicadores que califican y cuantifican en qué situación o estado de servicio de una carretera, y que por lo general se utilizan como límites admisibles que estos pueden mejorar su condición superficial, funcional, estructural, seguridad y confort al usuario.</p> <p>la sociedad americana de ensayos y materiales (astm) en la norma e-867 tiene como definición la rugosidad como la desviación de depresión o elevación de la superficie del pavimento respecto a una superficie plana definida que afecta la dinámica de los vehículos que determina la influencia del perfil longitudinal de la carretera en la terminos de rodadura</p>	<p>El nivel de servicio del micro pavimento otta seal será medido con el rugosímetro tipo III y el rugosímetro de merlín ambos equipos serán el determinante de la vía y darán como referencia si la vía se encuentra en buenas condiciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Visual Regla <ul style="list-style-type: none"> m/km 	<p>-AHUELLAMIENTO</p> <p>-REDUCTOR DE VELOCIDAD</p> <p>-VALOR DE LA MEDICIÓN INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)</p> <p>-DEFORMACIONES</p>		

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1 Población

definicion

Según el autor (Salazar, 2018) considera que la población consiste en “Grupo de datos de las cuales se habilita un determinado estudio estadístico se le denomina población y están íntimamente ligada a lo que se pretende analizar”(p11)

La población en esta investigación es la carretera con micropavimento Otta Seal que abarca ingreso Arcopunco – Cabana – Puno 03+858.14 km de carretera.

3.3.2 Muestra

definicion

Según el autor (Tamayo, 2006) Indica que la muestra a estudiar se basa en la población que se ha escogido previamente (p. 175)

Se tiene de referencia que para la investigación se realiza con los parámetros definidos en las normas nacionales e internacionales vigentes para medir la regularidad superficial de pavimentos se establece que la muestra utilizada referente a esta investigación.

La carpeta del micropavimento Otta Seal en Arcopunco – Cabana – Puno con un total 03+858.14 km de longitud.

La carpeta de rodadura del micropavimento Otta Seal que recorre desde Arcopunco – Cabana – Puno. La muestra será medida en su totalidad, evaluándose los 03+858.14 km de carretera.

3.3.3 muestreo

Según según (Valderrama, 2015) No probabilístico – Intencional, consiste en: es el que da forma premeditada alcanza la muestra que representa a la población.

(pag 78)

Para este estudio seleccionamos los datos más representativos o adecuados para los fines de esta investigación, en este caso los sectores más críticos de la vía, es

decir donde se aprecien fuertes cambios de pendientes y valores altos en la medición del Índice de Rugosidad Internacional.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Observación

Según el autor (Hernández, 2014) indica que es una técnica que se utiliza de manera de observador además es confiable a comparación de otros sistemas (p.136) La técnica que se utilizó para la presente investigación es de OBSERVACIÓN DIRECTA

Siendo la misma la descripción del comportamiento de variables, siguiendo guías de observación y así dar a conocer las características de la situación actual de la vía con micropavimento Otta Seal.

3.4.2 Instrumentos

Según el autor (Tamayo T. , 2006) En tanto en lo que el autor define de gran utilidad en la investigación científica ya que contiene de una forma concreta de la técnica de observación logrando que el investigador sea explicito en cada aspectos y este se sujete a determinadas condiciones.

Cada instrumento utilizado para la toma de datos en esta presente investigación que los formatos de elaboración propia siguen el procedimiento del manual, el cual se utilizó con la finalidad de recopilar las desviaciones encontradas en la superficie del micropavimento Otta Seal.

Instrumentos de ingeniería

- Rugosímetro de Merlín
- Rugosímetro tipo III

3.4.3 Validez

Los instrumentos de investigación se validaron mediante el juicio de expertos como refiere Alvira (1992) “Indica que cada diseño tiene validez cuando los resultados obtenidos pueden ser de forma general en otras unidades de análisis siendo estas

en similares condiciones en otras situaciones/contextos y en diferentes tipos de aquél en que se realizó la investigación” (P. 91).

Se debe considerar una tabla para la interpretación de la validez según rangos y magnitudes de validez.

Tabla 4 Interpretación de la validez

RANGO DE VALIDEZ	INTERPRETACION
0.53 a menos	Validez nula
0,54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0,65	Valida
0,66 a 0.71	Muy valida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta

Tabla 5 Rangos de validez de Expertos.

N°	Grado Académico	Nombres y Apellidos	CIP	Dictámenes
1	ingeniero civil	Juan Manuel Sanchez Portal	752634	0.890
2	ingeniero civil	Francisco Saldaña Salcedo	117622	0.755
3	ingeniero civil	Manuel David Ocas Lozano	288337	0.833

*El promedio de la validez es **0.826** que según la tabla de Rangos de validez es alta*

3.4.4 confiabilidad

La confiabilidad se determina generalmente la prueba de alfa de Cronbach. Como refiere) (Martínez, 2006) el objetivo de la confiabilidad tiende a asegurarse de que el investigador, debe seguir un procedimiento lineal donde se describe por otro investigador anterior y que lleva a conducir a lo mismo, para este mismo llegar a tener resultados y conclusiones similares. Fíjese que se trata de rehacer el mismo estudio, y no realizar una copia (p. 5)

Para verificar la validez del Rugosímetro Tipo III y Rugosímetro de Merlín se calibró antes de realizar la medición en campo.

Se debe considerar una tabla para la interpretación de la validez según rangos y magnitudes de validez.

Tabla 6 Rango de validez

Rango de Validez	Interpretación
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1,0	Validez perfecta

3.5. PROCEDIMIENTOS

3.5.1 Descripción de la Zona de Estudio

El presente trabajo de Investigación está situada en el Distrito de Cabana, comprende la Carretera Arcopunco – Cabana -Puno con KM 03+858.14 siendo la misma con un micropavimento Otta Seal.

3.5.2 Estudios Previos

3.5.2.1 Estudios de Campo

Para la obtención de la rugosidad del micropavimento se utilizó dos metodologías basadas en la distribución de las desviaciones del micropavimento real con respecto a una superficie plana perfecta.

- Ensayo de Rugosímetro tipo III del KM 00+000 al KM 03+858.14
- Ensayo de Rugosímetro de Merlín del KM 00+000 al KM 03+858.14

3.5.5.1 Estudios de suelos

- Norma INV E 790-07 RUGOSIMETRO MERLIN
- Norma (ASTM E- 950-98) METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MEDIR EL IRI

3.5.1.2 Estudios Topográficos

- Se presenta El plano topográfico de la carretera Arcopunco – Cabana KM 03+858.14

Fuente: Figura 12 Plano Topográfico de la Zona (Anexo)

3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 Determinación del índice de regularidad superficial internacional en micropavimento otta seal mediante métodos convencionales

a. Identificar actividades a realizar

1.- Medición del índice de regularidad superficial rugosímetro tipo III

Para la determinación del Índice de Regularidad Superficial en micropavimento Otta Seal implico la realización de equipo en campo cumpliendo la calibración del mismo.

Tabla 7. Medición del índice de regularidad superficial rugosímetro tipo III

Progresiva Inicio	Progresiva Final	Longitud (m.)	IRI Promedio @100m. (m/km)	Desviacion Estándar	IRI Característico (IRIc) @ 100 m. (m/km)
0 + 100	0 + 200	100	3.8	2.5	3.2
0 + 000	0 + 100	100	2.4	0.9	2.9
0 + 100	0 + 200	100	3.8	2.5	3.2
0 + 200	0 + 300	100	3.9	1.3	3.8
0 + 300	0 + 400	100	2.8	1.2	2.5
0 + 400	0 + 500	100	3.5	0.9	2.3
0 + 500	0 + 600	100	3.3	1.4	3.2
0 + 600	0 + 700	100	3.5	2.0	3.4
0 + 700	0 + 800	100	4.6	1.1	7.8
0 + 800	0 + 900	100	5.1	1.0	4.5
0 + 900	1 + 000	100	6.2	2.1	5.9

1 + 000	1 + 100	100	3.2	1.3	2.4
1 + 100	1 + 200	100	2.9	1.4	3.4
1 + 200	1 + 300	100	2.7	2.0	3.6
1 + 300	1 + 400	100	3.0	1.8	2.8
1 + 400	1 + 500	100	3.2	1.8	3.1
1 + 500	1 + 600	100	4.2	1.3	4.1
1 + 600	1 + 700	100	3.8	1.9	2.9
1 + 700	1 + 800	100	2.1	1.7	1.9
1 + 800	1 + 900	100	3.1	1.0	2.1
1 + 900	2 + 000	100	3.3	3.5	3.2
2 + 000	2 + 100	100	2.6	0.6	2.4
2 + 100	2 + 200	100	3.6	1.8	3.4
2 + 200	2 + 300	100	2.7	2.6	2.6
2 + 300	2 + 400	100	2.9	1.6	2.5
2 + 400	2 + 500	100	3.5	1.3	3.2
2 + 500	2 + 600	100	2.1	1.6	2.8
2 + 600	2 + 700	100	3.0	1.3	3.2
2 + 700	2 + 800	100	2.6	1.7	2.9
2 + 800	2 + 900	100	3.1	1.8	3.6
2 + 900	3 + 000	100	2.4	0.8	2.8
3 + 000	3 + 100	100	2.9	1.8	3.1
3 + 100	3 + 200	100	3.2	2.2	2.9
3 + 200	3 + 300	100	3.5	0.9	3.2
3 + 300	3 + 400	100	2.4	1.8	3.1
3 + 400	3 + 500	100	3.6	0.8	2.9
3 + 500	3 + 600	100	3.8	1.4	3.4
3 + 600	3 + 700	100	2.6	2.6	4.1

2.- Medición del índice de regularidad superficial rugosímetro de Merlín

Se realizó con el cálculo de modelos matemáticos para hallar el Índice de Rugosidad Internacional del micropavimento Otta Seal mediante el ensayo con el Rugosímetro Merlín cumpliendo con la Norma Técnica a cada 400 m de longitud:

2.1 Contando cuantas veces sea necesario cada valor obtenido en los formatos de campo , transcritos al Microsoft Excel para su análisis.

Tabla 8 Medición del índice de regularidad superficial con el rugosímetro de Merlín

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI PROMEDIO
INICIO	FINAL	(m.)	MERLIN
0 + 000	0 + 400	400	2.59

0 + 400	0 + 800	400	3.53
0 + 800	1 + 200	400	2.98
1 + 200	1 + 600	400	2.87
1 + 600	2 + 000	400	3.56
2 + 000	2 + 400	400	3.15
2 + 400	2 + 800	400	2.80
2 + 800	3 + 200	400	3.45
3 + 200	3 + 600	400	3.55
3 + 600	4 + 000	400	3.86

Datos Recogidos:400

3.6.3 Verificación las fallas superficiales que presenta el micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales

Como una manera de ordenar y facilitar la programación de las muy diversas operaciones de mantenimiento, en función de operaciones de conservación rutinaria, operaciones de conservación periódica y restauración

a) IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES A REALIZAR

1.- Fallas Superficiales con el Rugosímetro Tipo III

Tabla 9 Medición del índice de regularidad superficial con el rugosímetro de Merlín

Desde el KM 00+000 A 01+000 a cada 50 metros					Desde el KM 01+000 A 02+000 a cada 50 metros				
KILOMETRO	DISTANCIA	IRI	VELOCIDAD	FALLAS SUPERFICIALES	KILOMETRO	DISTANCIA	IRI	VELOCIDAD	FALLAS SUPERFICIALES
KM	00+050	3.4	36		KM	01+050	2.9	45	
KM	00+100	2.3	45		KM	01+100	4.1	40	
KM	00+150	3.4	44		KM	01+150	5.8	37	
KM	00+200	3.4	43		KM	01+200	4.5	45	
KM	00+250	1.9	43		KM	01+250	3.9	45	
KM	00+300	4.4	43	BACHES	KM	01+300	5.9	39	BACHES
KM	00+350	3.4	44		KM	01+350	6.1	41	
KM	00+400	3.2	41		KM	01+400	4.6	43	
KM	00+450	4.3	44	BACHES	KM	01+450	3.8	45	

KM	00+500	4.2	44	
KM	00+550	3.5	44	
KM	00+600	3.1	48	
KM	00+650	4.2	46	AHUELLAMIENTO
KM	00+700	3.4	46	
KM	00+750	3.9	45	BACHES
KM	00+800	5.4	47	BACHES
KM	00+850	9.4	44	BACHES
KM	00+900	7.1	43	BACHES
KM	00+950	4.7	41	BACHES
KM	01+000	3.5	44	

KM	01+500	3.4	46	
KM	01+550	3.5	45	BACHES
KM	01+600	2.5	45	
KM	01+650	5.2	44	
KM	01+700	5.9	44	
KM	01+750	4.4	47	
KM	01+800	3.4	46	
KM	01+850	4.9	40	
KM	01+900	13.3	33	DEFORMACIÓN
KM	01+950	3.1	45	
KM	02+000	2.7	47	

Desde el KM 02+000 A 03+000 a cada 50 metros

KILOMETRO	DISTANCIA	IRI	VELOCIDAD	FALLAS SUPERFICIALES
KM	02+000	2.7	47	
KM	02+050	4	45	
KM	02+100	2.6	47	
KM	02+150	2.6	45	
KM	02+200	2.7	44	
KM	02+250	9.3	46	BACHES
KM	02+300	2.3	48	
KM	02+350	3.2	47	
KM	02+400	6.7	45	BACHES
KM	02+450	3.4	44	
KM	02+500	3.2	39	
KM	02+550	3	39	
KM	02+600	4.5	40	AHUELLAMIENTO
KM	02+650	2.3	39	
KM	02+700	2.6	43	
KM	02+750	2.9	40	
KM	02+800	3.2	41	
KM	02+850	3.4	44	
KM	02+900	3.2	45	
KM	02+950	3.1	42	

Desde el KM 03+000 A 03+900 a cada 50 metros

KILOMETRO	DISTANCIA	IRI	VELOCIDAD	FALLAS SUPERFICIALES
KM	03+000	2.3	42	
KM	03+050	2.6	40	
KM	03+100	4	42	
KM	03+150	2.1	45	
KM	03+200	1.9	41	
KM	03+250	3.8	38	BACHES
KM	03+300	2.4	42	
KM	03+350	2.1	47	
KM	03+400	5.7	45	AHUELLAMIENTO
KM	03+450	3.5	44	
KM	03+500	5	41	
KM	03+550	3.2	28	
KM	03+600	2.1	21	
KM	03+650	2.8	38	
KM	03+700	7.9	36	BACHES
KM	03+750	2.5	18	
KM	03+800	2.3	36	
KM	03+850	2.1	31	
KM	03+900	3.0	33	

2.- Fallas Superficiales con el Rugosímetro de Merlín

Para el cálculo de fallas Superficiales se realizó la medición a cada 50 m

Tabla 10. Fallas Superficiales con el Rugosímetro de Merlín

Desde el KM 00+000 A 01+000 a cada 50 metros

PROGRESIVA INICIAL KM	PROGRESIVA FINAL KM	LONGITUD (m)	IRI	FALLAS ESTRUCTURALES
00+000	00+050	50	3.2	
00+050	00+100	50	3	
00+100	00+150	50	3.2	
00+150	00+200	50	3.4	BACHES
00+200	00+250	50	3	
00+250	00+300	50	3.4	
00+300	00+350	50	5.2	BACHES
00+350	00+400	50	3.4	
00+400	00+450	50	2.3	
00+450	00+500	50	2.4	
00+500	00+550	50	3.1	
00+550	00+600	50	5.2	AHUELLAMIENTO
00+600	00+650	50	2.1	
00+650	00+700	50	3.4	
00+700	00+750	50	2.0	
00+750	00+800	50	6.2	BACHES
00+800	00+850	50	6.8	BACHES
00+850	00+900	50	3.1	
00+900	00+950	50	3.4	
00+950	01+000	50	9.6	BACHES

Desde el KM 01+000 A 02+000 a cada 50 metros

PROGRESIVA INICIAL KM	PROGRESIVA FINAL KM	LONGITUD (m)	IRI	FALLAS ESTRUCTURALES
01+000	01+050	50	2.8	
01+050	01+100	50	3.5	
01+100	01+150	50	3.4	
01+150	01+200	50	3.2	
01+200	01+250	50	8.5	BACHES
01+250	01+300	50	3.4	
01+300	01+350	50	3.1	
01+350	01+400	50	4.6	
01+400	01+450	50	3.8	
01+450	01+500	50	3.4	
01+500	01+550	50	9.6	BACHES
01+550	01+600	50	2.3	
01+600	01+650	50	2.6	
01+650	01+700	50	3.4	
01+700	01+750	50	2.1	
01+750	01+800	50	3.4	
01+800	01+850	50	2.6	
01+850	01+900	50	1.9	
01+900	01+950	50	3.1	
01+950	02+000	50	2.7	

Desde el KM 02+000 A 03+000 a cada 50 metros

PROGRESIVA INICIAL KM	PROGRESIVA FINAL KM	LONGITUD (m)	IRI	FALLAS ESTRUCTURALES
02+000	02+050	50	2.7	
02+050	02+100	50	2.6	
02+100	02+150	50	7.3	BACHES
02+150	02+200	50	2.5	
02+200	02+250	50	2.3	
02+250	02+300	50	2.1	
02+300	02+350	50	3.4	

Desde el KM 03+000 A 03+900 a cada 50 metros

PROGRESIVA INICIAL KM	PROGRESIVA FINAL KM	LONGITUD (m)	IRI	FALLAS ESTRUCTURALES
03+000	03+050	50	1.9	
03+050	03+100	50	1.8	
03+100	03+150	50	2.5	
03+150	03+200	50	2.8	
03+200	03+250	50	3.0	
03+250	03+300	50	6.8	BACHES
03+300	03+350	50	2.9	

02+350	02+400	50	3.2		03+350	03+400	50	3.2	
02+400	02+450	50	7.9	BACHES	03+400	03+450	50	2.9	
02+450	02+500	50	2.9		03+450	03+500	50	7.2	AHUELLAMIENTO
02+500	02+550	50	3.2		03+500	03+550	50	3.1	
02+550	02+600	50	3.4		03+550	03+600	50	2.4	
02+600	02+650	50	8.7	AHUELLAMIENTO	03+600	03+650	50	3.4	
02+650	02+700	50	3.3		03+650	03+700	50	2.8	
02+700	02+750	50	7.8	BACHES	03+700	03+750	50	2.5	
02+750	02+800	50	6.9	BACHES	03+750	03+800	50	6.8	BACHES
02+800	02+850	50	3.4		03+800	03+850	50	7.1	BACHES
02+850	02+900	50	7.2	BACHES	03+850	03+900	50	8	BACHES
02+900	02+950	50	3.5	BACHES					
02+950	03+000	50	3.4						

3.6.4 Determinación de las irregularidades que presenta el micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales

a) IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES A REALIZAR

1.- Determinación de Irregularidades con el Rugosímetro Tipo III teniendo las mismas puentes, pontones , alcantarillas, badenes y cruce de vehículos.

Factores que intervienen el Umbral del IRI

Tabla 11. Irregularidades con el Rugosímetro Tipo III

Factor	Exactitud	Repetitividad
Diseño del perfilometro	x	
intervalo de la Muestra	x	
Algoritmo Computacional	x	
Comprobación de errores automáticos	x	
Altura de los sensores	x	
Acelerómetros	x	
Distancia de medición longitudinal	x	
Número de sensores	x	
Forma de la superficie	x	x
Variación transversal	x	x
Curvas	x	
Contaminación superficial		x
marcas del pavimento	x	x
Velocidad de operación	x	
Cambios de Velocidad	x	

Conductor y operador del perfilometro	x
--	---

- DEL KM 00+000 AL KM 01+000

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
0 + 000	0 + 100	100	2.1	
0 + 100	0 + 200	100	3.1	
0 + 200	0 + 300	100	3.2	
0 + 300	0 + 400	100	2.9	
0 + 400	0 + 500	100	21.6	ALCANTARILLA
0 + 500	0 + 600	100	3.1	
0 + 600	0 + 700	100	2.8	
0 + 700	0 + 800	100	3.4	
0 + 800	0 + 900	100	7.6	GIBA
0 + 900	1 + 000	100	1.9	

- DEL KM 01+000 AL KM 02+000

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
1 + 000	1 + 100	100	2.5	
1 + 100	1 + 200	100	2.8	
1 + 200	1 + 300	100	3.8	
1 + 300	1 + 400	100	14.4	ALCANTARILLA
1 + 400	1 + 500	100	3.4	
1 + 500	1 + 600	100	3	
1 + 600	1 + 700	100	3.2	
1 + 700	1 + 800	100	2.9	
1 + 800	1 + 900	100	3.4	
1 + 900	2 + 000	100	16.9	ALCANTARILLA

- DEL KM 02+000 AL KM 03+000

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @ 100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
2 + 000	2 + 100	100	3.0	

2 + 100	2 + 200	100	3.2	
2 + 200	2 + 300	100	2.3	
2 + 300	2 + 400	100	3.5	
2 + 400	2 + 500	100	3.3	
2 + 500	2 + 600	100	2.6	
2 + 600	2 + 700	100	7.8	GIBA
2 + 700	2 + 800	100	3.2	
2 + 800	2 + 900	100	3.4	
2 + 900	3 + 000	100	2.7	

- DEL KM 02+000 AL KM 03+000

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @ 100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
3 + 000	3 + 100	100	2.8	
3 + 100	3 + 200	100	3.1	
3 + 200	3 + 300	100	15.2	GIBA
3 + 300	3 + 400	100	3.4	
3 + 400	3 + 500	100	3.4	
3 + 500	3 + 600	100	26.2	GIBA
3 + 600	3 + 700	100	2.9	
3 + 700	3 + 800	100	6.0	
3 + 800	3 + 900	100	15.9	ALCANTARILLA

Determinación de Irregularidades con el Rugosímetro de Merlín

Tabla 12. Irregularidades con el Rugosímetro de Merlín

- DEL KM 00+000 AL KM 00+400

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	-
0 + 000	0 + 100	100	2.5	-
0 + 100	0 + 200	100	2.6	-
0 + 200	0 + 300	100	2.4	-
0 + 300	0 + 400	100	2.9	-

- DEL KM 00+400 AL KM 00+800

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	-
0 + 400	0 + 500	100	13.2	ALCANTARILLA
0 + 500	0 + 600	100	2.7	-

0 + 600	0 + 700	100	2.8	-
0 + 700	0 + 800	100	3	-

- DEL KM 00+800 AL KM 01+200

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
0 + 800	0 + 900	100	7.8	GIBA
0 + 900	1 + 000	100	3.2	-
1 + 000	1 + 100	100	2.3	-
1 + 100	1 + 200	100	2.9	-

- DEL KM 01+200 AL KM 01+600

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
1 + 200	1 + 300	100	2.8	-
1 + 300	1 + 400	100	3.4	-
1 + 400	1 + 500	100	3.1	-
1 + 500	1 + 600	100	2	-

- DEL KM 01+600 AL KM 02+000

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
1 + 600	1 + 700	100	2.3	-
1 + 700	1 + 800	100	3.1	-
1 + 800	1 + 900	100	2.5	-
1 + 900	2 + 000	100	8.5	ALCANTARILLA

- DEL KM 02+000 AL KM 02+400

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
2 + 000	2 + 100	100	2.7	-
2 + 100	2 + 200	100	2.5	-
2 + 200	2 + 300	100	3	-

2 + 300	2 + 400	100	2	-
---------	---------	-----	---	---

- DEL KM 02+400 AL KM 02+800

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
2 + 400	2 + 500	100	2.3	-
2 + 500	2 + 600	100	2.9	-
2 + 600	2 + 700	100	6.9	GIBA
2 + 700	2 + 800	100	2.1	-

- DEL KM 02+800 AL KM 03+200

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
2 + 800	2 + 900	100	2.8	-
2 + 900	3 + 000	100	2.3	-
3 + 000	3 + 100	100	2.6	-
3 + 100	3 + 200	100	2.1	-

- DEL KM 03+200 AL KM 03+600

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
3 + 200	3 + 300	100	17.8	GIBA
3 + 300	3 + 400	100	2.4	-
3 + 400	3 + 500	100	2.5	-
3 + 500	3 + 600	100	21.6	GIBA

- DEL KM 03+200 AL KM 03+6007

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
INICIO	FINAL	(m.)	(m/km)	
3 + 600	3 + 700	100	3.3	-
3 + 700	3 + 800	100	3.2	-
3 + 800	3 + 900	100	18.6	ALCANTARILLA
3 + 900	4 + 000	100	3.5	-

3.7. Aspectos éticos

En el presente de trabajo de investigación, toda la información que se va a obtener serán cumpliendo con las exigencias de la investigación y no alterando información obtenida ni forzando los datos.

Para el desarrollo de esta tesis se respetará los valores éticos como son la verdad, honestidad, solidaridad, cumplimiento de compromisos, honradez, responsabilidad intelectual, justicias, calidad de en el servicio, conciencia ecológica, etc.

IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra y analiza resultados obtenidos por el desarrollo de las diferentes actividades realizadas en campo, entonces de acuerdo a la información recolectada con los diferentes equipos de Medición de Índice de Rugosidad Internacional del Rugosímetro tipo III y el Rugosímetro de Merlín se tiene por resultado.

O.E.1.Determinación del Índice de Rugosidad Internacional en micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional de la carretera Arcopunco - Cabana-Puno según el equipo de Rugosímetro tipo III.

Tabla 13. Resultados del Índice de Rugosidad Internacional

Progresiva Inicio	Progresiva Final	Longitud (m.)	IRI Promedio @100m. (m/km)
0 + 200	0 + 300	100	3.9
0 + 700	0 + 800	100	4.6
0 + 800	0 + 900	100	5.1
0 + 900	1 + 000	100	6.2
1 + 500	1 + 600	100	4.2
1 + 600	1 + 700	100	3.8
2 + 400	2 + 500	100	3.5
3 + 200	3 + 300	100	3.5
3 + 400	3 + 500	100	3.6
3 + 500	3 + 600	100	3.8

En la Figura 9 : Se verifico que cumpla con el umbral mínimo requerido especificado para carreteras a Nivel de Servicio.

CON EL RUGOSIMETRO TIPO III

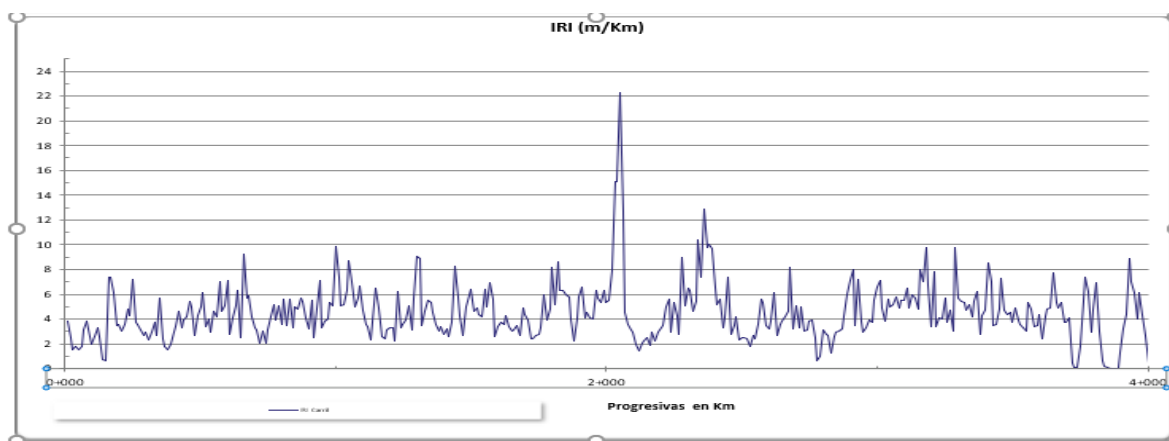


Figura 5. Índice de Rugosidad Internacional VS Distancia

INTERPRETACIÓN : Se presenta los resultados de la medición del IRI con el equipo Roughometer III, a la velocidad establecida entre el 40 al 60 km/h.

Se realizo la evaluación desde el km 00+000 al km 03+858.14 donde se encuentra puntos altos superando el umbral minino requerido donde se obtuvo 10 puntos superando el 3.5 m/km .

CON EL RUGOSIMETRO DE MERLIN

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional de la carretera arcopunco - cabana-puno según el equipo de Rugosímetro de Merlín.

Tabla 14.Resultados de Índice de Rugosidad

PROGRESIVA		LONGITUD	IRI PROMEDIO MERLIN
INICIO	FINAL	(m.)	
0 + 400	0 + 800	400	3.53
1 + 600	2 + 000	400	3.56
3 + 200	3 + 600	400	3.55
3 + 600	4 + 000	400	3.86

De la tabla N° 12 : Se verifico que cumpla con el umbral especificado para carreteras a Nivel de Servicio.

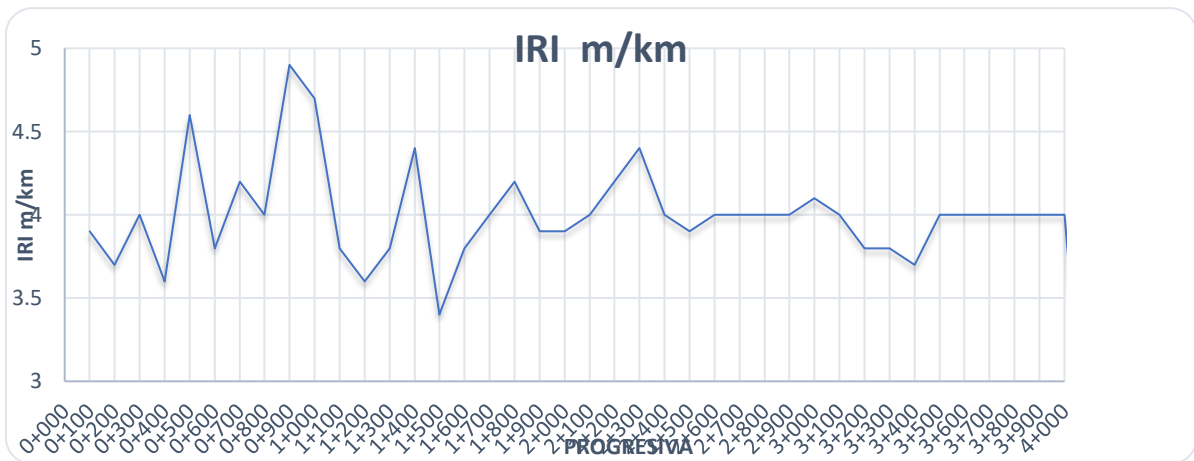


Figura 6. Índice de Rugosidad Internacional VS Distancia (prog)

INTERPRETACIÓN: Se presenta los resultados de la medición del IRI con el equipo Rugosímetro de Merlín

Se realizó la evaluación desde el km 00+000 al km 03+858.14 a cada 400m donde se encuentran puntos altos superando el umbral mínimo requerido donde se obtuvo 4 puntos superando el 3.5 m/km .

- Entre los resultados de IRI existe una variación, con respecto a la medición de rugosidad, con ambos equipos diferentes, que son: el Rugosímetro MERLIN y el Roughometer III, la diferencia está asociada a la técnica de toma de datos de ambos equipos, con el Rugosímetro de MERLIN se toma los datos directamente midiendo las deformaciones de manera visual con los datos obtenidos, el Rugosímetro tipo III toma los datos de manera indirecta mediante sensores que se encuentran instaladas en la parte posterior del vehículo que calculan los desplazamientos verticales del eje de la carretera.
- Se hizo la medición del IRI con el Roughometer III en dos tramos con diferentes superficies de rodadura y se hizo la medición con el Rugosímetro MERLIN de los tramos seleccionados para su comparación, obteniendo un IRI promedio diferente para estos tramos.
- Al realizar la medición del IRI con los equipos seleccionados para la presente investigación, se corrobora el planteamiento hipotético existe una variación en los resultados, obteniéndose con rugosidades mayores al medir con el equipo Roughometer III en comparación con el Rugosímetro Merlín.

- puede ver que el Iri Obtenido con el Rugosímetro de Merlín relativamente es menor a los obtenidos con el rugosímetro tipo III donde se indica que existe una correlación entre estos valores

O.E.2 Verificación las fallas superficiales que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020

CALCULO DE FALLAS SUPERFICIALES CON EL RUGOSIMETRO TIPO III

Tabla 15 fallas superficiales que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales

KILOMETRO	DISTANCIA	IRI	VELOCIDAD	FALLAS SUPERFICIALES
KM	00+300	4.4	43	BACHES
KM	00+450	4.3	44	BACHES
KM	00+650	4.2	46	AHUELLAMIENTO
KM	00+750	3.9	45	BACHES
KM	00+800	5.4	47	BACHES
KM	00+850	9.4	44	BACHES
KM	00+900	7.1	43	BACHES
KM	00+950	4.7	41	BACHES
KM	01+300	5.9	39	BACHES
KM	01+550	3.5	45	BACHES
KM	01+900	13.3	33	DEFORMACIÓN
KM	02+250	9.3	46	BACHES
KM	02+400	6.7	45	BACHES
KM	02+600	4.5	40	AHUELLAMIENTO
KM	03+250	3.8	38	BACHES
KM	03+400	5.7	45	AHUELLAMIENTO
KM	03+700	8.4	21	BACHES

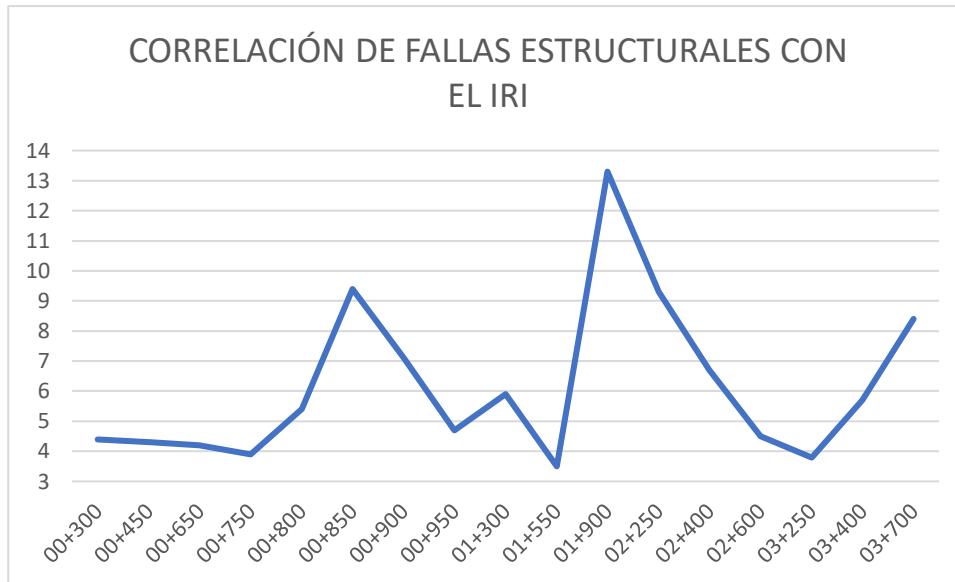


Figura 7. Correlación de fallas estructurales con el Iri

INTERPRETACIÓN: De acuerdo a la información recolectada se puede apreciar que el comportamiento del resultado cambia cuando se realiza a una distancia más corta se pudo definir los kilómetros exactos donde existen fallas superficiales en el micro pavimento Otta Seal con el Rugosímetro tipo III Obteniéndose 17 Fallas superficiales indicándose el Iri de cada una de ella siendo el max 13.3 m/km.

CÁLCULO DE FALLAS SUPERFICIALES CON EL RUGOSIMETRO DE MERLIN

PROGRESIVA INICIAL KM	PROGRESIVA FINAL KM	IRI	FALLAS ESTRUCTURALES
00+150	00+200	3.4	BACHES
00+300	00+350	5.2	BACHES
00+550	00+600	5.2	AHUELLAMIENTO
00+750	00+800	6.2	BACHES
00+800	00+850	6.8	BACHES
00+950	01+000	9.6	BACHES
01+200	01+250	8.5	BACHES
01+500	01+550	9.6	BACHES
02+700	02+750	7.8	BACHES
02+750	02+800	6.9	BACHES
02+850	02+900	7.2	BACHES
02+900	02+950	3.5	BACHES
03+250	03+300	6.8	BACHES
03+450	03+500	7.2	AHUELLAMIENTO

03+750	03+800	6.8	BACHES
03+800	03+850	7.1	BACHES
03+850	03+900	8	BACHES

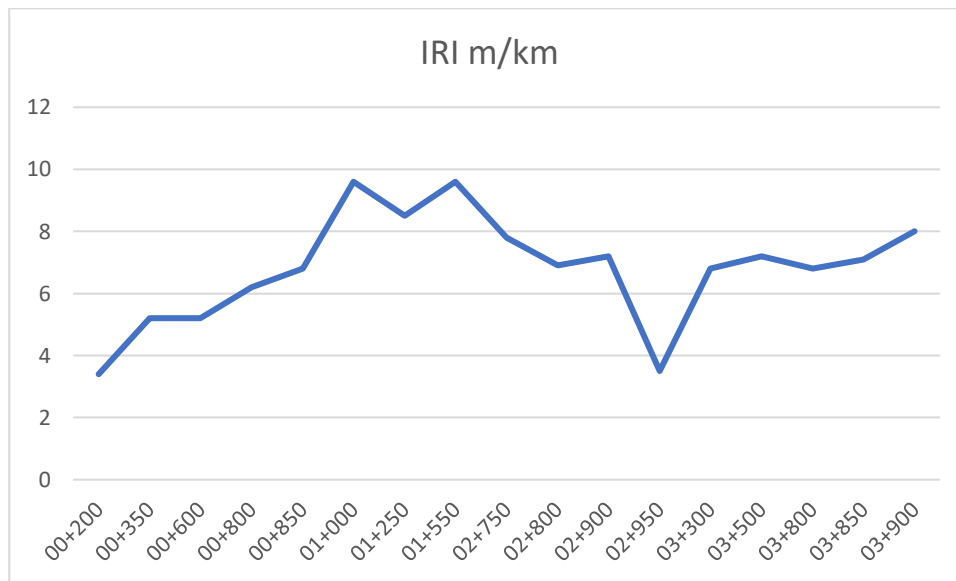


Figura 8 Correlación en Iri VS Longitud

Interpretación:

Realizando las mediciones a cada 50m se identifica que en los puntos altos superando el umbral de Iri mínimo requerido 3.5 m/km previsto es mayor a este identificando que habiéndose fallas estructurales en el micropavimento Otta Seal se demuestra la variación del Iri encontrándose 17 fallas estructurales

OE3: Determinación de las irregularidades que presenta el micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales

CALCULO CON EL RUGOSIMETRO DE MERLIN

Tabla 16 Cálculo del Iri en Irregularidades del Micropavimento

PROGRESIVA	LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES	
0 + 400	0 + 500	100	21.6	ALCANTARILLA
0 + 800	0 + 900	100	7.6	GIBA
1 + 300	1 + 400	100	14.4	ALCANTARILLA
1 + 900	2 + 000	100	16.9	ALCANTARILLA
2 + 600	2 + 700	100	7.8	GIBA
3 + 200	3 + 300	100	15.2	GIBA
3 + 500	3 + 600	100	26.2	GIBA
3 + 800	3 + 900	100	15.9	ALCANTARILLA

INTERPRETACIÓN: En la evaluación del tramo Arcopunco Cabana del KM 00+000 AL KM 03+858.14 se verifico como 08 puntos que superan el umbral mínimo de 3.5 m/km según lo especificado para carreteras a nivel de Servicio siendo las irregularidades en el micropavimento Otta seal siendo ellas Gibas y alcantarillas.

CALCULO CON EL RUGOSIMETRO TIPO III

Tabla 17 Rugosimetro tipo III Cálculo del Iri en Irregularidades del Micropavimento

PROGRESIVA	LONGITUD	IRI @100m.	IRREGULARIDADES
0 + 400	0 + 500	100	ALCANTARILLA
0 + 800	0 + 900	100	GIBA
1 + 900	2 + 000	100	ALCANTARILLA
2 + 600	2 + 700	100	GIBA
3 + 200	3 + 300	100	GIBA
3 + 500	3 + 600	100	GIBA
3 + 800	3 + 900	100	ALCANTARILLA

INTERPRETACIÓN: En la evaluación del tramo Arcopunco Cabana del KM 00+000 AL KM 03+858.14 se verifico como 07 puntos que superan el umbral mínimo de 3.5 km según lo especificado para carreteras a nivel de Servicio siendo las irregularidades en el micropavimento Otta seal siendo ellas Gibas y viendo también Factor de Cruce de vehículos Haciendo cambiar la velocidad permitida para la ejecución del Rugosimetro Tipo III .

OG: Determinar el nivel de servicio en micropavimentos otta seal mediante metodos convencionales

Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio del micropavimento Otta Seal y que normalmente se utilizan como límites admisibles en su condición superficial, funcionalidad , estructural, y de seguridad.

Se demostró que de acuerdo a los resultados obtenidos con los procedimientos del uso del equipo de medición del rugosímetro tipo III y Rugosímetro de merlín usado en las evaluaciones se han realizado correctamente, obteniéndose que con el Rugosimetro tipo III se obtuvo resultados de Iri (4.6 m/km 5.1 m/km 6.2 m/km 4.2 m/km 3.8 m/km 3.7 m/km 3.5 m/km 3.8m/km) respecto del Rugosímetro del Merlín

son (3.53 m/km 3.56m/km 3.55 m/km 3.86 m/km) que por lo cual se deduce que se tiene un mejor Nivel de Servicio con el Rugosímetro de Merlín.

V. DISCUSIÓN

Las discusiones están en Orden de los según los Objetivos Específicos mencionados

OE1: Determinación del iri en micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales

Los resultados obtenidos se dividieron en dos grandes secciones: La primera sección incluye la medición realizada con el equipo rugosímetro tipo III y la segunda sección el equipo de merlín, es decir, teniendo como punto de inicio el km 00+000 y como fin, el km 03+858.14.

Medición de IRI en cada 100 metros en el tramo Arcopunco - Cabana : IRI un solo carril @ 100m. En la figura 1, se puede observar los valores obtenidos individuales de la huella versus progresiva desde el km 0+000 hasta el km 03+858.14.

Se obtuvo con el Rugosímetro Tipo III como valor promedio 2.27. El valor máximo es 7.2 m/km, el cual sobrepasa el umbral límite establecido que es 3.5 m/km. El valor mínimo para Valor de Micropavimento Otta Seal y con el Rugosímetro de Merlín se obtuvo un valor promedio de 2.90 y el valor máximo es de 3.86 m/km el cual sobrepasa el umbral límite establecido que es 3.5 m/km. Que por lo cual se observa que el Rugosímetro de Merlín obtiene Mejores resultados

Según el antecedente **Almanza** (2014) del debemos señalar que la diferencia entre una medición y otra en el mismo tramo es debido a que el equipo es del Tipo de Respuesta y una de las características de estos equipos es que no conservan los resultados a través de tiempo y varían los resultados de una a otra medición en el mismo tramo.

Mediante ecuaciones de correlación se puede aproximar los resultados obtenidos con el Rugosímetro tipo III a los que deberían obtenerse con un rugosímetro MERLIN teniendo como valor promedio de 3.30 m/km y Max 8.1 m/km y 2.43 m/km como el valor Max 8.13 m/km

O.E.2 Verificación las fallas superficiales que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales

Los resultados obtenidos se identifican que habiéndose fallas estructuras siendo baches en la calzada, Piel de Cocodrilo, fisuras en la calzada, ahuellamiento, deformación y encalaminado son factores que pueden elevar el umbral mínimo requerido 3.5 m/km los cuales se obtuvieron con el rugosímetro Tipo III (y el Rugosímetro de Merlín habiendo puntos donde coinciden el umbral alto siendo las progresivas

Según (*matos Bendezu, 2018*) El estándar de conservación utilizado consiste primero en evaluar el IRI, si este supera el valor máximo promedio de 3.5 se hará una evaluación de la condición estructural (grietas, baches, ahuellamientos estructurales anchas que no deben pasar el 15% de la superficie estudiada) y en función a ello proponer un fresado más refuerzo o un tratamiento superficial (slurry). El estándar se desarrolla considerando los parámetros del Nivel de Servicio.

Según **Chang, Marcobal, Tapia, Escamilla, & Valdez, (2017)**, parámetros que afectan el IRI con énfasis en las condiciones del trazo geométrico en perfil y planta” Además, Considera que las ondas que tienen mayor influencia en el IRI son las que se encuentran en el rango de 1.20 a 30m y pueden corresponder a depresiones, fallas, hundimientos, ondulaciones, curvas verticales u otros. Asimismo, indican que Las características geométricas de la carretera pueden influir en el IRI dependiendo del trazo geométrico en perfil y planta

OE3: Determinación de las irregularidades que presenta el micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales

Con los resultados obtenidos se identifica que en los puntos donde existen irregularidades de alcantarillas Gibas se incrementa el valor del Iri que con el Rugosímetro de tipo III son 08 valores por encima del valor admisible a diferencia del Rugosímetro de Merlín que son 07 valores por encima del valor admisible siendo esta que el Rugosimetro tipo III los resultados obtenidos son de forma indirecta .

Arthur, 2017 El autor llega a la conclusión El Roughometer III, es un equipo de la clase 3, de tipo respuesta lo cual indica que los resultados obtenidos son de forma indirecta, mediante sensores que miden los desplazamientos verticales de la masa suspendida y no suspendida del vehículo. En cada intervalo de las progresivas 340 al 350 se pudo observar presencia de un puente, vibradores en la plataforma, parches, peaje, gibas y curvas verticales, y se dio un incremento del IRI el número de puntos por metro calculado se da en la aplicación fue de 0.08; es decir, en 100 metros recorridos se tomaron 8 puntos (8 valores de IRI).

OG Determinar el nivel de servicio en micro pavimentos Otta Seal mediante métodos convencionales

Con los resultados Obtenidos en donde se detallan la condición de la calzada según el IRI de toda la evaluación en la carretera arcopunco Cabana se demuestra que esta en un óptimo Nivel de servicio encontrándose un porcentaje del 28% con defectos en la calzada y un 72% óptimo para su transitabilidad donde existen tramos con del IRI entre 2 y 4, lo cual es muy aceptable y demuestra que existen tramos en la ciudad en donde las calzadas no tienen muchas imperfecciones, tienen buena condición y presentan una calidad de servicio aceptable.

Carhuapoma, (2019), El estudio de tráfico nos dio que la carretera es de tipo 3 teniendo un IMDA de 342 veh/día, donde el cálculo del nivel de servicio se obtuvo para el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca con el índice de rugosidad internacional (IRI) de 3.78 m/km e índice de serviciabilidad presente (PSI) de 2.65 de esta manera asignándole un lugar MTC con el nivel de servicio regular.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: Se concluye que los datos obtenidos de la medición del IRI con los equipos seleccionados para la presente investigación, donde se comprueba que el planteamiento hipotético “donde existe una diferencia en los resultados”, que al darse los resultados de rugosidad mayores al medir con el Rugosímetro tipo III en comparación con el Rugosímetro Merlín por lo tanto ofrecen menos confiabilidad en cuanto a resultados.

Conclusión 2: Se concluye la que por las condiciones en las que se muestra la superficie del micropavimento Otta Seal de la carretera existente, se considere necesario realizar un mantenimiento en la carretera, teniendo en cuenta las fallas que se presenciaron en la carretera.

Conclusión 3: Se concluye que se debe tener en cuenta las irregularidades en el momento de realizar la evaluación del IRI en el micropavimento Otta Seal, puesto que hay varios aspectos que no hacen parte de la vía como los son en este caso las alcantarillas y Gibas. mientras que el equipo MERLIN toma los datos directamente midiendo las deformaciones, el Roughometer III toma los datos indirecta mediante sensores que calculan los desplazamientos verticales del eje del vehículo.

Conclusión 4: El resultado final de la investigación nos permite determinar el estado de transitabilidad de la carretera Arcopunco – Cabana – Puno se encuentra que el 28% esta en un nivel de servicio inadecuado, 72% a un nivel de servicio adecuado. que no se puede notar a simple vista del conductor que transita por la vía, debido a que la rugosidad es muy buena e indica que la carretera está en muy buenas condiciones. Por lo que la aplicación del Rugosímetro Tipo III en esta carretera refleja un buen desempeño al mostrar los resultados, esta no representa gran diferencia con lo calculado por el Rugosímetro de Merlín . Además, de presentar ventajas prácticas con respecto del otro tipo de medición de IRI.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda que Se recomienda evaluar los resultados obtenidos con equipo de tipo respuesta confrontándolos y/o comparándolos con un equipo de la Clase 1 al ser considerados de más exactitud.

Recomendación 2: se recomienda la Identificación de sectores con deformación ocasionados fallas geológicas, fallas geotécnicas, problemas hidrológicos, geografía de la zona, zonas de riesgo elevado (según la definición de Puntos Críticos) y por consideraciones de geometría (sectores con cambios de pendientes en tramos cortos, ubicados en curvas verticales y horizontales a lo largo de la vía excluidos en el presente informe)

Recomendación 3: Se recomienda que. En la evaluación del pavimento con el equipo de la viga Benkelman, se debe tener mucho cuidado al tomar apunte de las deflexiones, ya que se utilizan formulas empíricas que son muy sensibles y que dependen mucho del procedimiento en campo, por lo cual se debe manipular con mucho cuidado y que sea por un personal capacitado.

Recomendación 4: Se recomienda indagar las investigaciones referente a la rugosidad del Mlcropavimento Otta Seal, con referencia del uso de diferentes métodos de evaluación de la condición superficial de pavimentos flexibles en carreteras de bajo volumen de tránsito donde realizan diferentes tipos de tratamientos superficiales, con la finalidad de contar en nuestro medio con diferentes formas de evaluación de los pavimentos económicos, y así dar un servicio de calidad optimo para su buena transitabilidad.

REFERENCIAS

- Arias, F. (2012). *"El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica"5ª Edición.*
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación.* Obtenido de <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACI%C3%93N-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- ARTHUR, A. M. (s.f.). *"EVALUACIÓN DEL MODELO "QUARTER CAR" PARA LA.* Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1681>
- ARTHUR, A. M. (2017). Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1681>
- ARTHUR, A. M. (2017). Obtenido de *CÁLCULO DEL IRI MEDIANTE ACELERÓMETRO DE SMARTPHONE EN EL TRAMO HUARMEY – CASMA DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE:* http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9714/RAMIREZ_CASTRO_BRIAN_CALCULO_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carhuapoma, J. (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–2019.*
- Chang, Marcobal, Tapia, Escamilla, & Valdez. (2017). *Niveles de servicio dasados en el indice de rugosidad internacional (IRI).*
- CONDORI, W. D. (2019). *ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA GEOMETRÍA REFERIDA A LOS CAMBIOS DE PENDIENTES SOBRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA RUTA NACIONAL.* Obtenido de

- http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11457/Sanga_Condori_Walter_Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Aguila, P. (s.f.). *Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos*.
Obtenido de <http://files.israel-tecnico-qualidade.webnode.com/200001107-1805f18fe9/Manual%20do%20Usuario%20-%20Merlin.pdf>
- Díaz, C. (2006). *NIVELES DE INVESTIGACIÓN*.
- Elias, J. (2009). *Que es el Otta Seal*. Obtenido de
<https://desarrolloydefensa.blogspot.com/2009/05/que-es-el-otta-seal.html>
- EVALUACIÓN DEL MODELO "QUARTER CAR" PARA LA ESTIMACIÓN DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) DEL TRAMO HUANCAVELICA - SANTA INÉS*". (2014). Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1681>
- Hernández, S. R. (2014). Obtenido de METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN :
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hirpahuanca, D. L. (2016). Obtenido de DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA CUSCO - URCOS, USANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN :
file:///C:/Users/HP/Downloads/Deyse_Tesis_bachiller_2016_P_1.pdf
- Martínez. (2006).
- Matos Bendezu, D. R. (2018). Obtenido de Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera Central (tramo: la Oroya – Concepción "PE003-S")":
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624119/MATOS_BD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Murillo. (2008).
- Murillo, T. J. (2008). *INVESTIGACIÓN PRACTICA O EMPIRICA*.
- Saga, w. (2019). *Analisis de la incidencia de la geometria referida a los cambios de pendientes sobre el índice de rugosidad internacional de la ruta nacional PE-3SF, 2018*.
- Salazar, C. (2018). Obtenido de FUNDAMENTOS BASICOS DE ESTADISTICA:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%C3%ADstica-Libro.pdf>
- Servando, R. (2012). *Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100006
- STEVE, R. C. (2017). Obtenido de CÁLCULO DEL IRI MEDIANTE ACELERÓMETRO DE SMARTPHONE EN:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9714/RAMIREZ_CASIRO_BRIAN_CALCULO_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tamayo. (2006). Obtenido de Principios basicos de estadistica .
- Tamayo, T. (2006).


Valderrama, S. (2015). Obtenido de Metodo Cientifico.

ANEXO 1: Matriz de Consistencia

problema general	objetivo general	hipotesis	variables	dimensiones	indicadores	metodologia
¿cuál es nivel de servicio en micropavimentos otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020?	determinar el nivel de servicio en micropavimentos otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020	el nivel de servicio en micropavimentos otta seal mediante metodos convencionales es bueno – carretera arcopunco cabana, puno 2020	variable independiente métodos convencionales	- rugosimetro tipo iii - rugosimetro de merlin	-lecturas del rugosimetro tipo iii -lecturas del rugosimetro de merlin -reductor de velocidad -valor de la medición indice de rugosidad internacional (iri)	tipo de investigacion aplicada diseño de la investigación experimental
problemas especificos ¿cuánto es el indice de regularidad internacional en micropavimentos otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020?	objetivos especificos determinar el indice de regularidad superficial internacional en micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020	hipotesis especificas se determinó el indice de regularidad superficial internacional en micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020	variable dependiente nivel de servicio Iri	d1: indice de regularidad internacional d2: fallas superficiales d3: irregularidades	-agregados -ensayo durabilidad -ensayo de abrasión -ensayo de adherencia agregado -baches -ahuellamiento	Nivel Explicativo
¿cuales son las fallas superficiales que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales - carretera arcopunco cabana, puno 2020?	verificar las fallas superficiales que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020	el micropavimento otta seal presenta fallas superficiales mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020				
¿cuales son las irregularidades que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020?	determinar las irregularidades que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales – carretera arcopunco cabana, puno 2020	las irregularidades que presenta el micropavimento otta seal mediante metodos convencionales son cambios de pendientes fuertes en la carretera arcopunco cabana, puno 2020				



ANEXO 2 Certificados de Ensayo de Laboratorios



GEOCALI & CONS
S.R.L. 20665002310

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESTE: "NIVEL DE SERVICIO EN MICROPAVIMENTO DETERMINADO MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES DEL KM 98+000 AL KM 99+000 EN LA CARRETERA BUCARANGA - CABANA - PUNO 2007"

TESTEA: "CIE DONA FLORES (PARISILUQUE)"

TRAYecto: "Rugosidad a la Superficie de la estructura base - c&e s&e"

PROGRESIVA: "KM 000+000 - 000+400" L. 027L

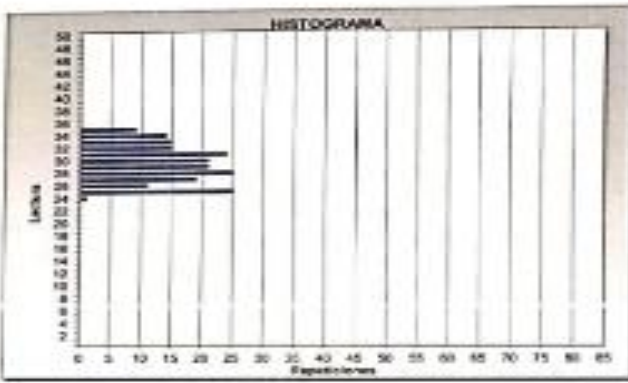
RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

MECION DE LA RUGOSIDAD

A. Distribución de Frecuencias:

50	
49	
48	
47	
46	
45	
44	
43	
42	
41	
40	
39	
38	
37	
36	
35	
34	9
33	14
32	21
31	25
30	26
29	27
28	27
27	27
26	25
25	22
24	19
23	15
22	11
21	7
20	4
19	1
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
TOTAL	120 datos

HISTOGRAMA




ERROS DE CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	31	31	29	31	30	31	28	29	28
2	29	28	28	32	33	26	31	28	25	28
3	30	30	30	30	25	25	24	27	28	28
4	29	28	34	35	29	29	25	32	30	32
5	28	31	28	31	31	29	28	28	25	28
6	31	28	31	32	35	34	34	28	25	34
7	29	34	32	28	25	27	31	26	24	34
8	34	27	31	33	29	34	35	27	32	28
9	30	34	28	33	33	29	32	29	28	28
10	25	31	34	25	32	29	25	30	34	30
11	30	28	27	27	27	29	31	28	31	32
12	28	34	31	33	30	29	27	25	34	34
13	33	33	28	32	27	32	33	29	28	28
14	31	29	30	31	25	35	32	33	24	33
15	28	28	27	29	28	25	33	35	33	31
16	33	28	25	28	31	31	28	25	34	33
17	34	26	26	23	27	29	28	28	31	30
18	33	33	29	31	32	28	35	25	32	28
19	29	31	32	27	25	25	25	25	28	27
20	33	33	33	34	28	34	35	30	28	27

B. Ancho del Histograma:
 Número de datos: 120 (10 en cada extremo)
 Rango D sin corrección: 47.843 mm
 Factor de Corrección: 0.8818
 Rango D con corrección: 42.312 mm

C. Cálculo de la Rugosidad:
 $R = 0.852 + 0.04730 (D - 40)$
Rugosidad: 2.58 IRI

D. Observaciones:


Sony Lizbeth Urrutia Madrid
TÉCNICO DE SUELOS Y ASFALTO
DAL. 44769306

TEL: - NIVEL DE SERVICIO EN MICROPAVIMENTO DTTA 26AL MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES DEL KM 90+008 AL KM 03+854.14 EN LA CARRETERA ARCOPUNDO - CABANA - PUÑO 2025
 TRAYecto: - LGE DAMA FLORES HUANRILLAGUA
 EMBUDO: - Rugosidad a la Superficie de la colchon baseca - 6ra seal
 PROGRESIVA: - Km 90+430 - 90+490 L. DER.

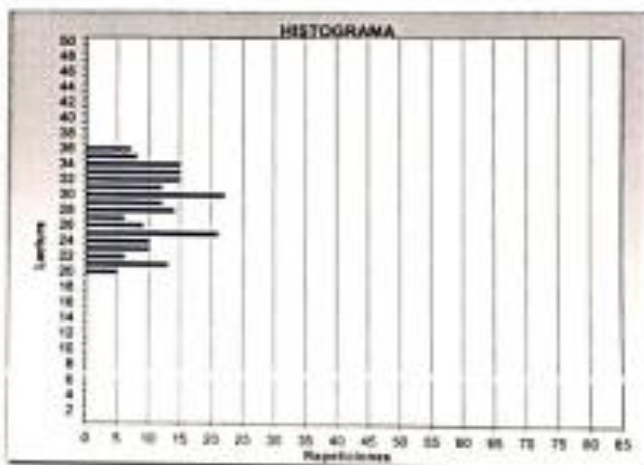
RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

MEDICION DE LA RUGOSIDAD

A. Distribución de Frecuencias:

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

TOTAL 200 datos



DATOS DE CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28	22	21	23	30	23	24	28	22	30
2	30	21	23	27	20	30	23	24	28	25
3	29	22	26	27	23	21	29	30	30	24
4	23	28	21	20	20	22	27	21	24	27
5	25	30	23	28	23	25	21	25	22	29
6	30	30	21	21	25	25	21	24	29	20
7	28	30	21	25	24	29	26	25	28	25
8	29	28	26	23	30	26	28	22	28	21
9	20	24	30	28	27	30	28	26	25	25
10	33	34	35	36	34	36	32	32	33	35
11	30	34	33	34	36	36	34	30	34	33
12	30	34	31	31	30	32	33	34	32	31
13	30	35	32	33	33	31	34	35	35	36
14	30	34	32	34	35	32	35	33	34	33
15	34	31	31	33	32	36	35	30	36	31
16	29	21	25	23	20	24	21	26	26	24
17	33	33	31	26	25	28	25	30	29	29
18	32	25	25	30	32	23	30	32	34	33
19	29	29	30	31	25	26	25	34	27	28
20	32	32	31	31	28	33	32	31	28	29

B. Ancho del Histograma:

Número de datos desueteles: 20 (10 en cada extremo)

Rango \bar{D} sin corrección 71.202 mm
 Factor de Corrección 0.8856
 Rango \bar{D} con corrección 63.060 mm

C. Cálculo de la Rugosidad:

$R = 8.583 = 0.24710 (D^2+0.2)$

Rugosidad 3.54 (R)

D. Observaciones:

[Signature]
 Sarly Lizbeth Arruina Medina
 TECNICO EN SUELOS Y PAVIMENTO
 DNI. 48393366

TESIS : "NIVEL DE SERVIDO EN MICROPAVIMENTO UTA REAL MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES DEL KM 50+00 AL KM 51+00.04 EN LA CARRETERA ANCOPIUNO - LAMBA, PUNO 2007"

TEJETA : LUZ DANA FLORES HUAYALCAMA

ENLACE : Rugosidad a la Superficie de la subcapa base - 01a cal

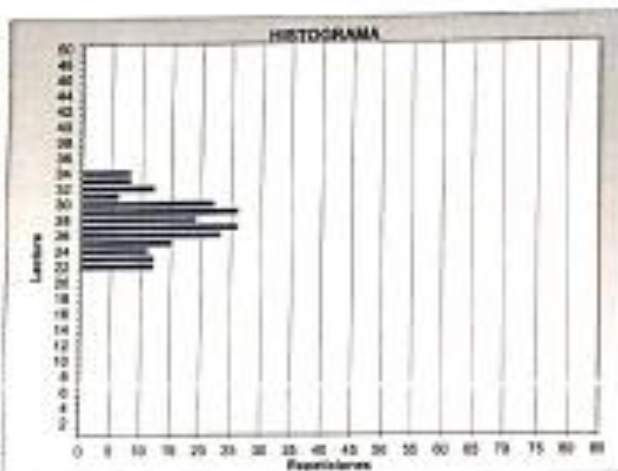
PROCESINA : R= R1+200 - R1+400 L. 01a

RUJOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

MEDICION DE LA RUJOSIDAD

A. Distribución de Frecuencias

50	
49	
48	
47	
46	
45	
44	
43	
42	
41	
40	
39	
38	
37	
36	
35	
34	
33	
32	
31	
30	
29	
28	
27	
26	
25	
24	
23	
22	
21	
20	
19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
0	
TOTAL	200 datos



ESTOS DE CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	25	25	23	20	22	20	25	22	21
2	25	25	28	27	26	23	27	27	28	25
3	26	24	24	25	20	22	26	22	23	24
4	25	23	27	27	30	24	24	28	25	25
5	24	23	30	27	25	28	22	25	30	24
6	24	24	25	25	25	24	24	26	24	24
7	24	25	24	30	28	28	25	25	25	25
8	30	25	27	26	23	23	27	26	27	27
9	30	29	27	28	27	27	25	23	24	22
10	30	27	30	25	28	22	24	25	27	24
11	25	25	27	28	22	24	27	25	26	27
12	25	25	23	25	30	23	23	26	27	23
13	25	25	28	27	28	23	22	25	24	27
14	26	24	26	24	24	24	23	25	21	20
15	21	24	24	22	25	23	24	25	25	27
16	30	30	28	27	30	23	21	30	32	32
17	24	27	32	33	32	27	23	23	22	22
18	32	34	29	30	33	25	24	27	30	32
19	32	34	33	29	34	34	27	34	32	29
20	28	27	24	27	31	30	32	27	25	25

B. Ancho del Histograma:

Número de datos descalificados: 20 (10 en cada extremo)

Rango R sin corrección: 44.581 mm
 Factor de Corrección: 0.8838
 Rango R con corrección: 44.342 mm

C. Cálculo de la Rugosidad:
 $R = 0.583 + 0.007 \cdot D \cdot (D-4)$

Rugosidad 44.342

D. Observaciones:

[Signature]
 Sany Lizasoain Urreola, Medina
 TECNICO DE SUELOS Y ASFALTO
 DNI 44760344



RUC: 2040032312

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TITULO : NIVEL DE SERVICIO EN MONITOREO OPTIMAL MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES DEL KM 00+00 AL KM 20+00 "A" EN LA CARRETERA MARCOFONCO - CAMANA - PUNO 2020"

PROYECTO : RUGOSIDAD Y LA FUERZA DE TRACCION EN LA CARRETERA MARCOFONCO - CAMANA - PUNO 2020

PROGRESIVA : KM 00+400 - 000+000 L. 005A

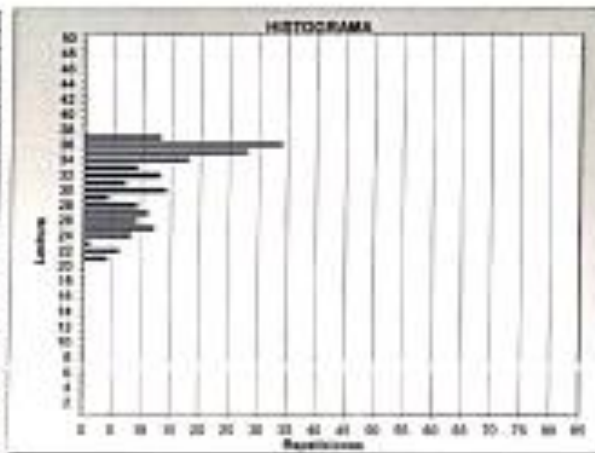
RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

MEDICION DE LA RUGOSIDAD

A. Datos Brutos de Recorridos

50
49
48
47
46
45
44
43
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
TOTAL

147 datos



BATON DE CUADRO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	28	27	24	20	20	25	25	24	22
2	27	28	28	24	20	24	25	25	25	26
3	27	25	25	22	20	26	25	25	26	23
4	27	23	20	21	25	26	26	23	28	27
5	24	27	25	24	27	24	20	20	24	23
6	20	20	20	25	21	24	20	20	27	24
7	20	21	24	20	22	20	26	22	23	21
8	25	22	27	25	23	28	21	24	20	26
9	24	26	27	24	25	26	24	24	22	26
10	27	22	22	25	22	23	26	25	27	26
11	26	26	27	26	25	27	26	26	26	24
12	28	27	27	24	27	25	27	24	25	25
13	25	26	27	25	25	25	25	26	26	25
14	27	24	25	27	26	27	27	26	24	25
15	24	25	26	26	24	23	25	25	23	24
16	24	24	24	26	25	25	25	24	26	26
17	27	25	28	25	25	26	27	27	25	27
18	23	28	29	26	24	26	27	25	22	23
19	25	27	28	26	26	25	28	25	25	26
20	25	27	28	28	25	27	27	23	22	27

B. Area del Histograma:

Numero de datos: 147 (004 - 004.20) (10 en 0.05 unidades)

Rango D con corrección: 75.184 mm

Factor de Corrección: 0.8888

Rango D con corrección: 66.877 mm

C. Cálculo de la Rugosidad:

$R = 0.502 + 0.047 (D) (0.849)$

Rugosidad: 1.50 mm

D. Observaciones:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Calle L. B. S. Urubato Andino
 Urb. El Sol 201 40470
 Tel. 4010000

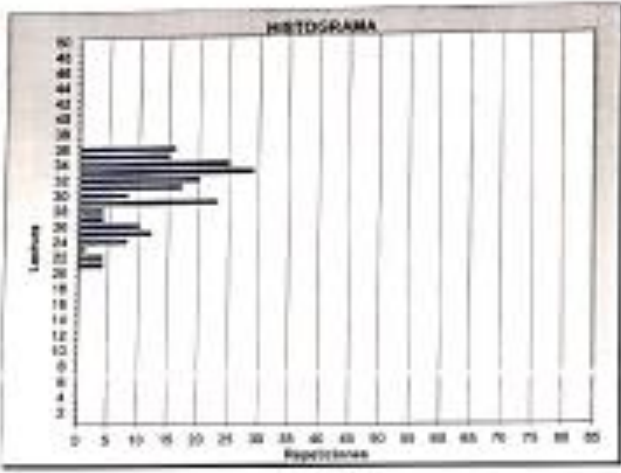
TITULO : NIVEL DE SERVICIO EN MICHOPANAMIENTO OPTA SEAL MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES DEL KM 28+000 AL KM 23+000 EN LA CARRETERA ADOFINCO - CANOVA - PURO 190E
TESTEA : LIZ GAMA FLORES HERNANDEZ
ENSAJO : Rugosidad a la Superficie de la solucíon base - 570 mm
PROGRESIVA : KM 28+000 - 282+000 L. SUR.

RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

MECION DE LA RUGOSIDAD

A. Distribución de Frecuencias:

50	
49	
48	
47	
46	
45	
44	
43	
42	
41	
40	
39	
38	
37	
36	
35	14
34	11
33	21
32	29
31	30
30	11
29	8
28	20
27	6
26	4
25	12
24	11
23	8
22	7
21	6
20	6
19	6
18	4
17	11
16	8
15	1
14	1
13	1
12	6
11	1
10	1
9	1
8	1
7	1
6	1
5	1
4	1
3	1
2	1
1	1
TOTAL	288 datos



DATOS DE CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	25	22	21	22	22	21	20	21	21
2	24	29	25	28	33	22	26	25	24	29
3	24	27	29	27	24	22	29	25	30	29
4	30	28	24	20	20	21	26	21	24	25
5	30	29	20	20	20	20	29	23	23	24
6	30	32	34	31	30	26	29	30	26	25
7	32	34	31	30	31	34	26	30	29	29
8	29	33	36	29	31	30	34	36	31	35
9	33	31	34	25	30	34	32	25	36	23
10	34	34	36	33	30	31	31	26	31	34
11	30	30	31	30	34	34	32	36	34	34
12	34	34	36	32	31	34	31	31	36	32
13	32	32	36	35	32	33	32	34	33	36
14	30	31	38	33	38	33	31	34	32	34
15	23	23	23	23	25	23	24	32	36	33
16	28	30	32	27	35	25	28	28	29	24
17	24	28	28	33	28	25	30	25	25	23
18	28	36	32	29	33	32	32	28	36	23
19	33	25	35	34	29	24	33	36	35	25
20	28	28	29	27	30	33	32	28	29	35

B. Ancho del Histograma:
 Número de datos descartados: 20 (0 en cada extremo)
 Rango R sin corrección: 37.230 mm
 Factor de Corrección: 0.8894
 Rango R con corrección: 33.208 mm

C. Cálculo de la Rugosidad:
 $R = 0.005 - 0.047 \cdot D \cdot (2+4)$

D. Observaciones:

[Signature]
 Sany Lizama Gama
 TECNICA DE SUELOS Y ASFALTO
 DNI 48392346

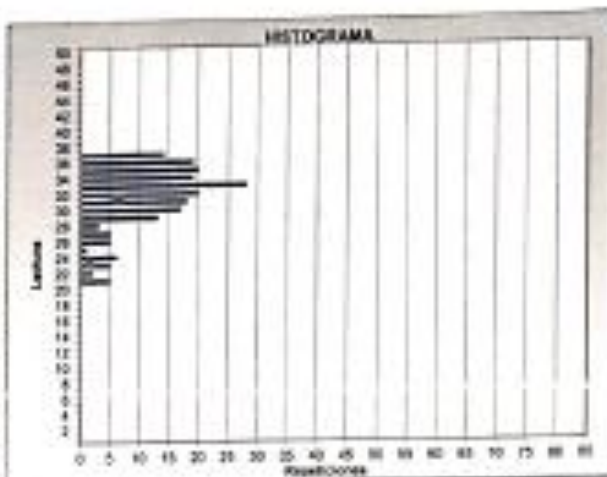
TITULO : NIVEL DE SERVICIO EN MICROPAVIMENTO OTTA REAL MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES DEL PM 80-100 AL PM 85-100 1A
 EN LA CARRETERA MISOIPUNCO - CACHA - PUNO 2007
 UBICACION : UAJ BARRA FLORES HUMISALQUE
 ENCARGO : Especialista Superior en la ejecución técnica - asistencial
 PROYECTO SINA : Km 300-000 - 011-100 L. DER.

RUJOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

MECION DE LA RUJOSIDAD

A. Distribución de Frecuencias

50	
48	
46	
44	
42	
40	
38	
36	
34	
32	
30	
28	
26	
24	
22	
20	
18	
16	
14	
12	
10	
8	
6	
4	
2	
0	
TOTAL	100 / 100%



SAFOS DE CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	21	20	20	24	21	20	20	20	20	24
2	20	21	22	26	26	20	22	20	24	22
3	20	20	22	24	22	20	22	24	24	20
4	24	22	26	20	22	20	22	22	24	22
5	20	20	22	22	20	20	22	20	22	20
6	22	20	22	22	22	22	24	22	20	22
7	22	22	20	22	22	20	20	20	22	22
8	20	20	20	22	20	22	20	24	24	20
9	24	20	22	24	20	20	22	24	26	22
10	22	22	20	22	22	22	22	22	26	24
11	24	22	22	22	20	22	22	22	22	22
12	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
13	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
14	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
15	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
16	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
17	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
19	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

B. Área del Histograma:
 Número de datos desordenados: 10 (10 en cada columna)
 Rango R del conector: 50.429 mm
 Factor de Corrección: 0.9856
 Rango R con corrección: 50.846 mm

C. Cálculo de la Rugosidad:
 $R = 0.001 + 0.047 \cdot (R - 0.01)$
Rugosidad: 0.41 00

D. Observaciones:

 Sergio Leonor Ortiz Huamani
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTO
 OMA 48162300

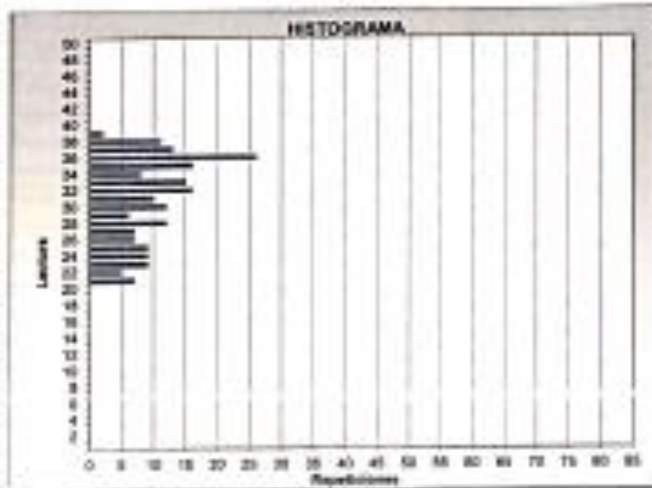
TESTO : "NIVEL DE SERVICIO EN INCORPORAMIENTO OTTA REAL MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES DEL KM 00+00 AL KM 01+00 14 EN LA CARRETERA ARIQUINCO - CAYAMA - PUNO 2007"
 TESTISTA : IAZ SANTA FLORES HUACHALVIDRE
 ENSAYO : Espesura a la Superficie de la calicata de ensa - 01a 001
 PROGRESIVA : Km 00+00 - 00+00 L. DER.

RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

MEDICION DE LA RUGOSIDAD

A. Distribución de Frecuencias

50	
49	
48	
47	
46	
45	
44	
43	
42	
41	
40	
39	
38	2
37	11
36	12
35	24
34	15
33	8
32	19
31	10
30	10
29	10
28	13
27	6
26	12
25	1
24	1
23	5
22	5
21	5
20	7
19	1
18	1
17	5
16	5
15	5
14	5
13	5
12	5
11	5
10	5
9	5
8	5
7	5
6	5
5	5
4	5
3	5
2	5
1	5
TOTAL	114 datos



ESTADO DE CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	38	34	32	32	34	37	37	39	37
2	37	32	34	33	37	37	35	36	37
3	38	35	29	38	33	29	35	33	34
4	38	37	37	37	37	36	33	33	33
5	38	33	35	32	37	37	33	34	32
6	35	34	38	37	37	37	32	35	37
7	37	37	34	37	36	33	36	33	37
8	37	38	34	33	32	29	34	35	37
9	34	27	27	37	35	37	37	32	35
10	37	36	37	34	37	34	37	38	37
11	37	38	38	35	37	37	33	38	37
12	37	37	37	38	34	34	32	38	37
13	38	38	35	35	34	34	35	34	37
14	38	36	36	37	37	38	37	38	37
15	38	37	37	37	34	32	32	38	37
16	38	37	37	37	34	32	32	38	37
17	37	36	37	37	37	37	36	38	37
18	38	38	38	37	36	36	35	37	38
19	38	37	36	36	38	35	36	37	34
20	38	38	37	38	38	37	38	38	38
21	37	36	36	38	38	37	36	38	38

B. Ancho del Histograma:

Número de clases deseadas: 20 (10 en cada extremo)

Rango D en centímetros: 19.84 mm
 Factor de Corrección: 0.0036
 Rango D con corrección: 58.45 mm

C. Estado de la Rugosidad:
 R = 0.880 - 0.047 D (0-40)

Resultado: 1.88 101

D. Observaciones:

[Handwritten Signature]
 Víctor Lizaso Urrecho Aguayo
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTO
 DNI 40192368

RUGOSIDAD IRI_C C/100 m.

International Roughness Index (IRI)

RUTA : RUTA 14 PE-352
 TRAMO : DD+000 @ (0+850) 14
 SUPERFICIE : Otra Seal
 SENTIDO : Creciente
 FECHA : 03/01/2021

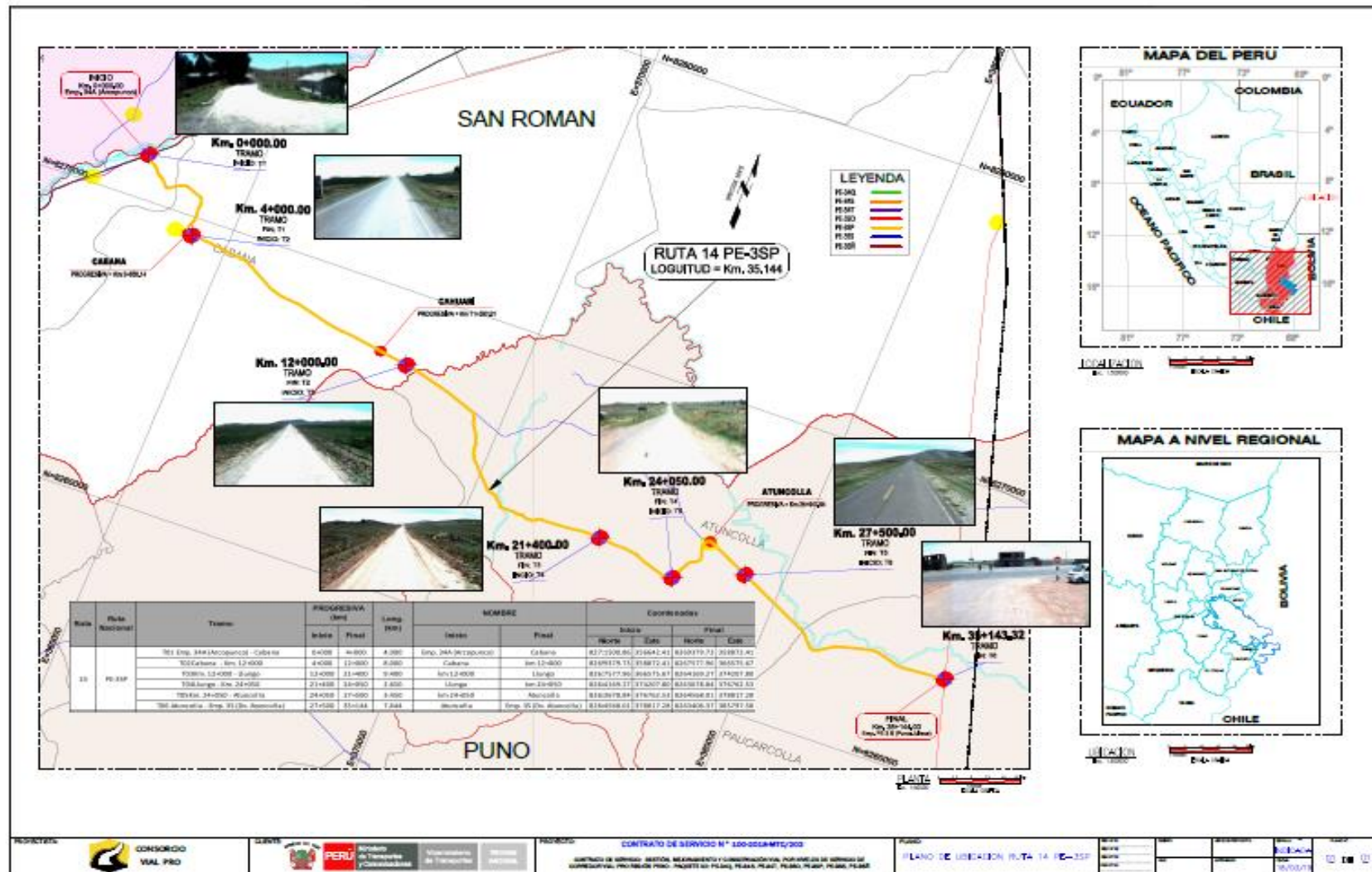
RUGOSIMETRO STARPP

Progresiva Inicie	Progresiva Final	Longitud (m.)	IRI Promedio @100m. (m/km)	Desviación Estándar	IRI Característico (IRI) @ 100 m.
0+000	0+100	100	3.8	2.5	3.2
0+100	0+200	100	2.4	0.5	2.9
0+200	0+300	100	5.8	2.5	3.2
0+300	0+400	100	3.8	1.1	3.8
0+400	0+500	100	2.8	1.1	2.5
0+500	0+600	100	3.5	0.9	3.3
0+600	0+700	100	3.3	1.4	3.2
0+700	0+800	100	3.5	2	3.4
0+800	0+900	100	4.6	1.1	7.8
0+900	1+000	100	5.1	1	4.5
1+000	1+100	100	6.2	3.1	5.9
1+100	1+200	100	3.3	1.1	2.4
1+200	1+300	100	2.6	1.4	3.4
1+300	1+400	100	2.7	2	3.6
1+400	1+500	100	3	1.8	2.8
1+500	1+600	100	3.1	1.8	3.1
1+600	1+700	100	4.1	1.5	4.1
1+700	1+800	100	3.8	1.9	2.9
1+800	1+900	100	2.1	1.7	1.9
1+900	2+000	100	3.1	1	2.1
2+000	2+100	100	3.3	3.5	3.2
2+100	2+200	100	2.6	0.6	2.4
2+200	2+300	100	3.6	1.8	3.4
2+300	2+400	100	2.7	2.6	2.6
2+400	2+500	100	2.9	1.6	2.5
2+500	2+600	100	3.5	1.3	3.2
2+600	2+700	100	2.1	1.6	2.8
2+700	2+800	100	3	1.3	3.2
2+800	2+900	100	2.8	1.7	2.9
2+900	3+000	100	3.1	1.8	3.6
3+000	3+100	100	2.4	0.8	2.8
3+100	3+200	100	2.9	1.8	3.1
3+200	3+300	100	3.2	2.2	2.9
3+300	3+400	100	3.5	0.9	3.2
3+400	3+500	100	2.4	1.8	3.1
3+500	3+600	100	3.6	0.8	2.9
3+600	3+700	100	3.8	1.4	3.4
3+700	3+800	100	2.8	2.6	4.1
3+800	3+900	100	3.5	2.6	4.0

IRI Máximo (m/km)	7.8
IRI Mínimo (m/km)	1.9

Sony Lizbeth Urzúa Medina
 TECNICA DE SUELOS Y PAVIMENTO
 ENE 45761386

ANEXO 3 Plano



ANEXO 4 Registros Fotográficos



Figura 9 Inicio de Calibración del Equipo

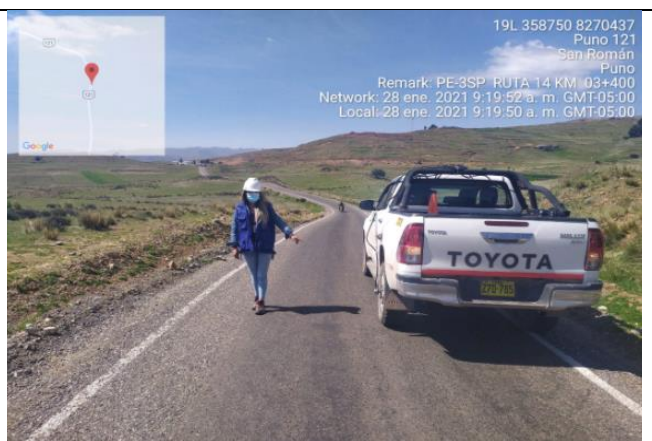


Figura 10 Rugosímetro tipo III



Figura 11 Encontrando Fallas Superficiales



Figura 12 Identificando irregularidades en la carretera



Figura 13 Inicio de calibración de Equipos



Figura 14 Inicio de calibración de Equipos Toma de Datos con el Rugosímetro de Merlín