



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de
la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad –
deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Mamani Nina José Ronal (ORCID: 0000-0001-5048-9826)

Torres Salas Jerry Adrián (ORCID: 0000-0002-6237-7036)

ASESOR:

Ms. Aybar Arriola Gustavo Adolfo (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO VIAL

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida. A mi madre y a mi padre, por brindarme el apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria a mis hermanas quienes me impulsaron a luchar por mis metas. A toda mi familia que me brindó su apoyo en todo momento, que con sus buenos deseos y ayuda mutua logre cumplir una meta más en la vida.

Jose Ronal Mamani Nina

Quiero dedicar esta mi tesis, en primer lugar a Dios, a mi querida madre por brindarme su apoyo incondicional, por la confianza que depósito en mi, a lo largo de mi vida universitaria inculcándome valores y principios para lograr mis objetivos en el trajinar de la vida, a mi querido y recordado abuelo Guillermo, quien en todo momento incentivo en mí deseos de superación y ética, de igual manera a toda mi familia por estar siempre pendiente con su soporte y confianza, así mismo mi eterno agradecimiento a mis queridos docentes que supieron instruirme en esta hermosa y noble carrera de la ingeniería civil.

Jerry Adrian Torres Salas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, damos gracias a Dios, por habernos dado fuerzas y voluntad para culminar esta etapa importante en nuestras vidas. Agradecemos también la confianza y apoyo de nuestros Padres, que sin duda alguna en el trayecto de nuestras vidas nos demostraron su amor. Agradecemos especialmente a nuestro asesor Ms. Gustavo Aybar por su apoyo y paciencia, a la Universidad Cesar Vallejo por permitirnos entrar a su casa estudiantil y poder obtener nuestro título profesional, agradecemos a todos por brindarnos su apoyo en este proyecto.

Jose Ronal Mamani Nina

Jerry Adrian Torres Salas

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I INTRODUCCIÓN	9
II MARCO TEÓRICO	12
III METODOLOGÍA	23
3.1 TIPOS Y DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN	23
3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	24
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	25
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	27
3.5 PROCEDIMIENTOS	27
3.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	40
3.7 ASPECTOS ÉTICOS	41
IV RESULTADOS	41
V DISCUSIONES	47
VI CONCLUSIONES	49
VII RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	52
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de Serviciabilidad	18
Tabla 2: Valores de IRI de los estados de pavimentos en diferentes países	20
Tabla 3: Cuadro De Resumen De Tipo Y Cantidad De Ensayos A Realizar.	25
Tabla 4: Ubicación Mediante Coordenadas De La Vía En Evaluación.....	26
Tabla 5: Datos que se registraron en campo con el Rugosímetro de Merlín...	29
Tabla 6: Histograma de Frecuencia.....	30
Tabla 7: Formulas para el cálculo de Rugosidad.....	32
Tabla 8: Factor de corrección.....	32
Tabla 9: Tabla según distancia de prueba deflectometría.....	34
Tabla 10: Datos de mediciones que se realizó en campo.....	36
Tabla 11: Formulas para el cálculo de las deflexiones.....	37
Tabla 12: Análisis del cálculo D0 corregido.....	38
Tabla 13: Desarrollo, desviación estándar.....	39
Tabla 14: Resultados de los datos PCI en la vía Puno – Mañazo.....	42
Tabla 15: Resultados del Rugosímetro Merlín.....	43
Tabla 16: Evaluación de los rangos de PSI y IRI, para distintas condiciones de un pavimento.....	43
Tabla 17: Resultados de deflexiones y radios de curvatura.....	45
Tabla 18: Tipos de mantenimientos.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fallas de la carretera Puno - Mañazo 35+00km al 39+00km.....	10
Figura 2: Pavimento flexible.....	16
Figura 3: Pavimento Rígido.....	17
Figura 4: Pavimento Híbrido o Mixto.....	17
Figura 5: Rugosímetro de Merlín.....	20
Figura 6: escala de rugosidad para diferentes tipos de carreteras.....	21
Figura 7: Viga Benkelman.....	22
Figura 8: Vista satelital de la carretera Puno - Mañazo.....	27
Figura 9: Histograma de Frecuencia.....	31
Figura 10: Posición a 0cm Deflexión máxima.....	35
Figura 11: Posición a 200cm – D200.....	35

RESUMEN:

El propósito de nuestra tesis “Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021”, tendremos que evaluar las condiciones del pavimento. De tal modo que será necesario saber la medida en que se encuentran el índice de condición de pavimento (PCI), el IRI y las deflexiones en los 2 km más críticos de la vía. En términos metodológicos la población estuvo conformada por los tramos del km 36+500 al km 38+500, conforman los cuales los 2 km más críticos de la vía Puno – Mañazo, en la cual se hizo los respectivos ensayos: el Rugosímetro Merlin para determinar el índice de regularidad internacional (IRI). Y la Viga Benkelman, para determinar las deflexiones.

Desarrollamos la tesis permitiéndonos determinar el índice de condición de pavimento, el IRI y la deflexión característica. donde llegamos a las siguientes conclusiones: En primer lugar, se observó un desgaste considerable quedando evidenciado con el valor del IRI, obteniendo resultados de IRI de: 4.93 m/km en el carril derecho y 4.67 m/km del carril izquierdo; por ello se concluye que el pavimento evaluado no se encuentra apto según lo que estipula el Manual de Carreteras. Indicando que la rugosidad característica no deberá ser mayor a 4.00. Consecuentemente se realizó el ensayo de la Viga Benkelman en el pavimento, se logró obtener los valores de deflexión promedio de: 77.20×10^{-2} mm en el carril derecho, en el carril izquierdo 83.33×10^{-2} mm, lo que nos indica que las deflexiones no alcanzan una deflexión admisible la cual resultó ser 127.5×10^{-2} mm, donde nos permitió entender que el pavimento en ambos carriles se encuentra en buen estado referente a los ensayos deflectométricos

Palabras clave: Medición, Evaluación, pavimento, inspección, iri, deflexión, deflectometría, rugosidad, deformación, carril, desgaste, ingeniería.

ABSTRACT

The purpose of our thesis "Evaluation of flexible pavement to propose the improvement of serviceability using roughness parameters - deflectometry, Puno - Mañazo 2021 highway", we will have to evaluate the pavement conditions. Thus, it will be necessary to know the extent to which the pavement condition index (PCI), the IRI and the deflections are found in the most critical 2 km of the road. In methodological terms, the population was made up of the sections from km 36 + 500 to km 38 + 500, which make up the 2 most critical km of the Puno - Mañazo road, in which the respective tests were carried out: the Merlin Roughometer to determine the international regularity index (IRI). And the Benkelman Beam, to determine the deflections.

We develop the thesis allowing us to determine the pavement condition index, the IRI and the characteristic deflection. where we reached the following conclusions: First, considerable wear was observed, evidenced by the IRI value, obtaining IRI results of: 4.93 m / km in the right lane and 4.67 m / km in the left lane; Therefore, it is concluded that the evaluated pavement is not suitable according to what is stipulated in the Highways Manual. Indicating that the characteristic roughness should not be greater than 4.00. Consequently, the Benkelman Beam test was carried out on the pavement, it was possible to obtain the average deflection values of: 77.20×10^{-2} mm in the right lane, in the left lane 83.33×10^{-2} mm, which indicates that the deflections do not reach an admissible deflection which turned out to be 127.5×10^{-2} mm, which allowed us to understand that the pavement in both lanes are in good condition regarding the deflectometer tests.

Keywords: Measurement, Evaluation, pavement, inspection, iri, deflection, deflectometry, roughness, deformation, lane, wear, engineering.

I. INTRODUCCIÓN

La red de carreteras para el desarrollo del país es de suma importancia en el confort social y económico del país.

Para un buen mantenimiento de vías pavimentadas, en el país incrementó el uso de diferentes métodos de cálculos, se investigó a nivel internacional, que, para una adecuada evaluación, el mantenimiento de carreteras tiene que darse con eficiencia y calidad para reducir los costes operativos de los vehículos, reducir los tiempos de viaje, mejorar el confort del tránsito de vehículos y evitar accidentes de por malas condiciones de la carretera.

Por lo tanto, la vía en estudio Puno – Mañazo, situada en la ciudad de Puno, en dicha vía tendrían que realizarse trabajos de mantenimiento rutinario, para asegurar un adecuado tránsito vehicular.

En este tipo de vías se dificulta la serviciabilidad cuando no se realiza un mantenimiento apropiado del pavimento, es por ello, que solo intervenimos cuando el deterioro de la vía está en estado deplorable.

Idealmente, los daños al pavimento se detectan y evalúan con suficiente anticipación para así poder disminuir todo tipo de costo de reparación.

Como **realidad problemática** en la zona de estudio del pavimento Puno – Mañazo de progresivas: km 35+000 al 39+000, consideradas las más críticas, donde transitan todo tipo de unidades vehiculares sin excepción alguna, y en algunas situaciones maquinaria pesada, este tramo sufrió recientemente daños estructurales en la superficie del pavimento debido a la sobrecarga del vehículo, provocando fisuras verticales, fisuras horizontales y piel de cocodrilo en varios puntos del pavimento.

Esta tesis se enfocó puntualmente en evaluar el pavimento flexible, por medio de los ensayos de rugosidad y deflectometría, para así darnos cuenta en qué estado se encuentra la carretera Puno – Mañazo 35+000km a 39+000km.

Figura 1: Fallas de la carretera Puno - Mañazo 35+00km al 39+00km.



Fuente: Propia

Por tal sentido, esta investigación denominada Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021, para ello nos realizamos la pregunta general: ¿Cómo podemos evaluar pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de índice rugosidad internacional – deflectometría, en la carretera Puno – Mañazo – 2021? Y las siguientes preguntas específicas ¿Cómo podemos determinar el IRI para evaluar las condiciones de serviciabilidad del pavimento flexible de la carretera Puno – Mañazo?, ¿Cómo podemos determinar las deflexiones para evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible en la vía Puno – Mañazo?

La justificación técnica, la carretera unirá el distrito de Vilque con el distrito de Mañazo, por el cual, el presente trabajo está destinado a evaluar el IRI y las deflexiones, estos

parámetros nos permitirán utilizar como indicadores funcionales y estructurales del pavimento, para mejorar así la serviciabilidad de la vía en estudio.

Como justificación social, la calidad de vida de los vecinos de ambos distritos se incrementa directa e indirectamente, lo que estimula la salud, la educación y el intercambio cultural, ya que tendrán acceso más rápido a estos servicios, una reducción en el tiempo de viaje, seguridad y comodidad. La justificación es económica, radica en la accesibilidad en la comunicación y tráfico en estos distritos, aumentará su economía porque aumenta la agricultura y las actividades agrícolas, esta ruta permite reducir el tiempo de viaje y los costos de las empresas de transporte.

El presente estudio presenta como objetivo general: Evaluar el pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de índice rugosidad internacional – deflectometría, en la carretera Puno – Mañazo en los tramos más críticos. Los objetivos específicos son: Determinar el IRI para evaluar las condiciones de serviciabilidad del pavimento flexible de la carretera Puno – Mañazo; determinar las deflexiones para evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible en la vía Puno – Mañazo.

Como hipótesis general que nos planteamos fue: La evaluación adecuada del pavimento flexible permite determinar los parámetros, para mejorar la serviciabilidad de la carretera Puno – Mañazo 2021. Las hipótesis específicas son: Mejorando el IRI mejoramos las condiciones de serviciabilidad del pavimento flexible de la carretera Puno – Mañazo; eliminando las deflexiones mejoramos la serviciabilidad del pavimento flexible de la Vía Puno - Mañazo.

El estudio pretende aportar en la investigación efectuada en la región Puno, e incluso a nivel nacional, sobre la Evaluación del pavimento flexible para el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021, como un elemento esencial para mejorar la serviciabilidad de la vía,

pueden contribuir a ello al mismo tiempo, para lograr los objetivos sociales y ambientales.

El estado del tránsito vehicular y el crecimiento de la población con el tiempo afecta negativamente, por lo que el diseño de la carretera es de suma importancia. Para ofrecer una serviciabilidad a la población, teniendo en cuenta parámetros adecuados para el diseño de pavimentos flexibles.

Como marco teórico, en la revisión de la literatura en base a diferentes datos vía virtual hemos seleccionado los antecedentes nacionales e internacionales siguientes.

Los investigadores en el ámbito nacional, tenemos a (Erick & Dikver, 2020), Desarrolló la tesis “Análisis Funcional de Pavimentos Resilientes para Mejoramiento de Tránsito, Utilizando Escala de Rugosidad Merlin en Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020” es Ingeniero Civil de la Universidad Privada de Tacna. El objetivo del estudio es determinar y analizar la función del revestimiento bituminoso para mejorar el tráfico de vehículos utilizando la máquina de prueba. Rugosidad MERLIN en Avenida Gustavo Pinto, Tacna - 2020. Metodología con enfoque cuantitativo, investigación empírica ilustrativa La población objetivo de la encuesta fue la Avenida Gustavo Pinto, zona muy importante para el comercio y la comunicación, ligada a la población de Tacna, teniendo los Bolvos Centro comercial Rosados, distrito Alto de La Alianza y la región Ciudad Nueva, las vías de acceso se encuentran actualmente en algunas zonas en mal estado, reduciendo la posibilidad de realidad. El resultado obtenido del IRI en el carril central derecho fue de 4,38 m / km y en el carril izquierdo de 5,71 m / km, por lo que según el resultado ponderado del IRI podemos clasificar una condición como la de pavimento blando. Malo con un valor de IRI de 5,05 m / km, una longitud de ataque de 3330,00 my una sección transversal variable de 6,60 m. a 7,20 m. A través de la investigación, se determina el estado de los resortes elásticos aplicando los resultados de cada parte para detectar la presencia de las partes más dañadas, como el tramo

Avenida Tarapacá con Avenida Bolognesi, que se determinó por la condición de BAD y en el Bolognesi. Part Blvd con Avenida Jorge Basadre Grohmann en condiciones reales. Resumen Esta tesis es adecuada para determinar y analizar la función del pavimento asfáltico mediante el cálculo de la rugosidad utilizando el medidor de rugosidad MERLIN para el tráfico correspondiente en la carretera Gustavo Pinto.

El autor (Bravo Silvestre, 2020), Desarrolló la tesis "Análisis de desplazamiento aplicando vigas Benkelman a dos caminos de transmisión, en av. Sing Callao y av. Carlos Izaguirre, Lima - 2020" para el título de trabajo de ingeniero civil de la Universidad del Cesar Vallejo. Uno de sus principales objetivos fue realizar análisis de deflexión aplicando el paquete de Benkelman en dos pilares plásticos de la Av. Canto Callao y Av. Carlos Izaguirre, Lima-2020. Metodología El objetivo de este trabajo es cuantitativo, una forma de investigación experimental. El estudio de población, en el que se ha determinado la estructura de dos muelles diferentes en diferentes carreteras, se encuentran ambos frente a ellos. Canta Callao con coordenadas $11^{\circ} 59'21.0'' S$ $77^{\circ} 06'18.5'' W$ en $11^{\circ} 59'21.5'' S$ $77^{\circ} 06'19.3'' W$ y en St. Carlos Eizauer con coordenadas $11^{\circ} 59'21.0'' S$ $77^{\circ} 06'18.0'' W$ en $11^{\circ} 59'21.4'' S$ $77^{\circ} 06'16.1'' W$

En este caso se toman muestras donde partes de av. Canta Callao con coordenadas $11^{\circ} 59'21.0'' S$ $77^{\circ} 06'18.5'' W$ en $11^{\circ} 59'21.5'' S$ $77^{\circ} 06'19.3'' W$ y en St. Carlos Izaguirre con coordenadas $11^{\circ} 59'21.0'' S$ $77^{\circ} 06'18.0'' O$ en $11^{\circ} 59'21.4'' S$ $77^{\circ} 06'16.1'' O$. Los resultados de medición de desviaciones en la línea, es necesario verificar y hacer una medición corregida para cada punto de avance donde se realiza el estudio. Para esta prueba se realizó un nivel de confianza 95 de 1,65 y se encontró que las desviaciones eran 11,883 (para el margen derecho) y 11,79 (para el margen izquierdo). CONCLUSIÓN: Las características y desviaciones permisibles en cada ruta fueron analizadas por Carlos Izaguirre y Canta Callao, donde se realizaron comparaciones de desviaciones para ver si estaban dentro del rango. Dentro de los límites permitidos por el MTC o si se encuentra en una condición de peligro. y especifique que ambas rutas están dentro del rango permitido.

Han desarrollado la tesis para construir un perfil exacto digital para calcular el índice de rugosidad internacional de un perfil de asfalto en la carretera de América del Norte, el área evitando a Trujillo de 557 000 a 558,000, para obtener el nivel de título profesional como ingeniero civil de Antenor Universidad privada Arre, destacó que uno de sus principales objetivos es determinar el índice de rugosidad internacional de un tractorio que se extiende desde el número estático de los registros técnicos. Métodos con métodos cuantitativos, tipo de explicación: investigación experimental. Investigando la población determinada por la rehabilitación de la Carretera Panamericana del Norte, parte: km 557 000 - km 886 600 (trujillo 657 000 km a km 586 600) "Resultados. Resultados Dynamic al calcular IR se ha hecho, en el directorio de instalación del programa , creado con el nombre: "Resultados .xlsx" con dos hojas en sí misma, en la que se aprecia: se realizó mediciones de visualización implementadas por el equipo de investigación, desde la celda A2 y terminó en A201. En la segunda hoja, podemos ver dos Mesas, primero la tabla de frecuencia, incluidos todos los datos de datos de datos que reciben datos de datos y segundo, la frecuencia de datos distintivos 10% es el representante al menos por desviación. La medición y los valores recientes incluyen D e IRI. Conclusión Se puede crear un equipo inicial de desarrollo limpio para medir los índices de rugosidad internacional en una carpeta laminada asfaltada que se evalúa como un estado aceptable, que no es el conjunto de acción superado. La función del dispositivo se ha demostrado en un entorno de uso real, de acuerdo con los criterios y la experiencia del revisor, la persona transmitida es una sugerencia basada en las regulaciones de los Estados Unidos.

En el ámbito internacional los investigadores (Bryan & Jaime, 2020) Desarrolló la tesis "Determinación del Índice Internacional de Rugosidad en av. Prensa, utilizando dispositivos inteligentes y" Merlin Roughness Gauge "para la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad del Sur de Manabí. Destacó que uno de sus principales objetivos era determinar la suavidad de la superficie de la calle La Prensa. Utilizar la aplicación de

teléfono, el software Análisis de pavimentos y la escala de rugosidad MERLÍN. Metodología: El objetivo de este trabajo es de tipo empírico cualitativo. Población El estudio se llevará a cabo en el camino hacia la Carretera Ecuatorial Gubijaba. periódicos. El resultado es que tenemos: con un valor de PSI de 3,31, este valor va de 3 a 4, lo que significa que la carretera nos proporciona un buen tráfico. Conclusión A pesar del tráfico diario, la vía tiene un buen diseño de pavimento ya que los valores de su índice de suavidad y usabilidad de la superficie continúan dentro del rango aceptable a pesar del paso del tiempo. Significativamente desde la construcción.

Los autores (Kerin, Alberto, & Carlos, 2007) Trabajaron bajo la tesis "Análisis de la evaluación de Summerwalk a través de Benkelman y el impacto de la destrucción" para obtener el nivel de experiencia es un ingeniero civil en la Universidad de El Salvador, destacando uno de los objetivos principales, deciden la correlación entre los datos obtenidos mediante el uso del haz de Benkelman y el impacto. Desviación (FWD), la desviación de medición. Métodos con enfoque cuantitativo, tipo de investigación. La evaluación de la capacidad estructural de las aceras se basa en la medición de desviación, definida por el dispositivo de desviación de haz e impacto de Benkelman (FWD); Se jugó en el camino hacia su Sonsonate, desde el km 39 125, especialmente en la navegación de Armenia y se terminó al km 45 075, a la altura de la ronda a Cerro Verde, con una longitud total. Se han identificado 6 km conclusiones. Ecuación de correlación entre la desviación de medición de dispositivos de colisión y Benkelman, vigas determinadas; $D FWD = 1,21211 D VB - 1 888$, donde D FWD es la desviación calculada por el medidor de desviación de impacto y DV VB es la desviación medida con la viga de Benkelman, aclara que los datos son un año de medida de separación, pero es Hecho en las mismas condiciones climáticas recolectadas a través de esta correlación en comparación con la ecuación de correlación desarrollada por WSDOT con un porcentaje promedio del 6,6% entre la defensa Hau se calcula porque los coeficientes varían en cantidad, diferencias en el tamaño de la muestra, las condiciones de prueba y el tipo de estructura de la superficie de la carretera son

probados. Sin embargo, la desviación calculada de la correlación FWD es menor que los puntos obtenidos en la prueba con la viga Benkelman D VB.

Definimos **pavimento** como una estructura que consta de una o más capas de materiales, que se encuentran completamente por encima del suelo, ajustadas a soportes y diseñadas y construidas para resistir las tensiones del tráfico en condiciones climáticas. alcance y por un período de tiempo predeterminado.

Para los tipos de pavimento, tenemos principalmente pavimento flexible, que es un tipo de pavimento típicamente hecho de asfalto sostenido por dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Sin embargo, cualquiera de estas capas se puede eliminar según las necesidades específicas del trabajo.(Federico león, 2009)

Figura 2: Pavimento flexible.



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT, 2001

Luego tenemos pavimento rígido, que son pavimentos que consisten en losas de concreto Portland en un eje o directamente sobre un sustrato. Transfiere la presión directamente al suelo con un mínimo, es autoportante y el volumen de hormigón debe controlarse.

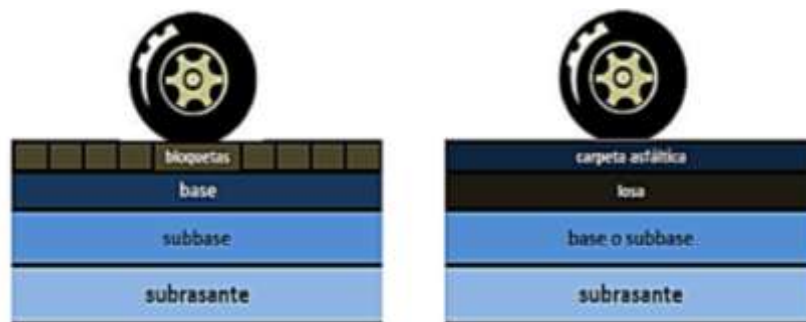
Figura 3: Pavimento Rígido.



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT, 2001

Por último, tenemos el pavimento híbrido. El pavimento mixto, también conocido como pavimento compuesto, es una combinación de ductilidad y dureza. Por ejemplo, al colocar bloques de hormigón en lugar de alfombras de asfalto, tiene un tipo de pavimento mixto. Es ideal para áreas urbanas, ya que garantiza la seguridad y comodidad de los ocupantes. Otro ejemplo de pavimento mixto es un pavimento de asfalto construido sobre un pavimento sólido. Este pavimento causa un tipo especial de falla, conocida como falla de reflexión natural..(nuñez Guevara, 2018)

Figura 4: Pavimento Híbrido o Mixto



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT, 2001

Según el Índice de Serviceability o Punto de Vista de Serviceability (Llerena & Torres, 2017): El Serviceability es la comodidad y seguridad que puede brindar un pavimento

en buen estado. Es decir, el valor de usabilidad base de un pavimento en buenas condiciones se fijará en 5, y viceversa, si el pavimento está en malas condiciones y / o se está deteriorando o tiene un grado de uso final menor. Se supone que el valor es 0. Tenga en cuenta que el ingeniero tendrá que utilizar varios criterios para diseñar la carretera.

Tabla 1: Índice de Serviciabilidad

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

Fuente: AASTHO

Definimos como Rugosidad un pavimento irregular, que afecta directamente la condición de calles y carreteras, así como efectos adversos en la calidad de la vía, la seguridad y los costos operativos de los vehículos. El Banco Mundial ha propuesto un método de medición de la rugosidad llamado Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que suele oscilar entre el valor 0 (una carretera ideal sin observaciones) y el valor 12 (carretera totalmente intransitable). Este parámetro ampliamente utilizado mide la rugosidad del pavimento basándose en la suma de los valores absolutos del desplazamiento longitudinal de la sección dividida por su longitud.

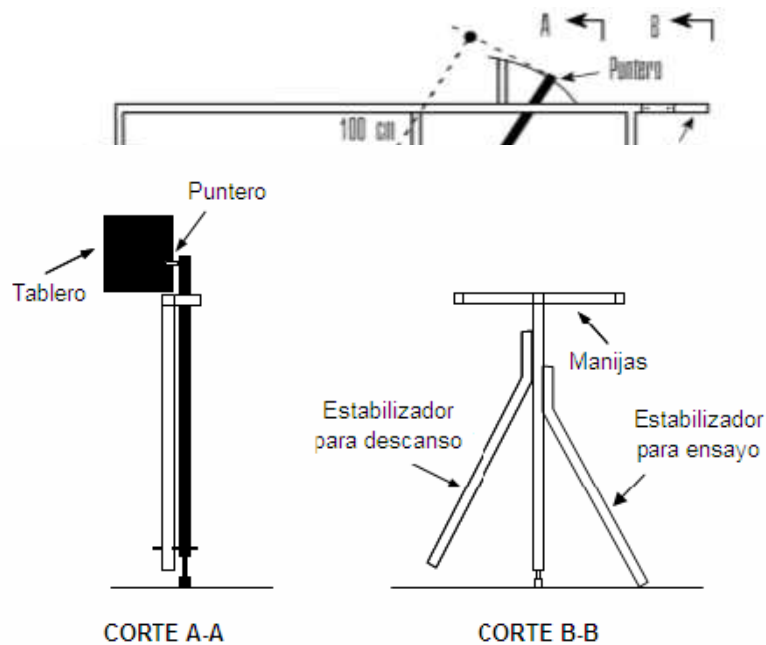
Como índice de rugosidad internacional (IRI), se identifican todas las superficies más perfectas o parecen tener un conjunto de anomalías, lo que significa que una distancia normal o irregular tiende a formar un modelo o una textura específica en la abertura de su ampliación. La elaboración del ensayo ASTM E 867-06 "Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems", el concepto de la rugosidad se define de la

siguiente manera: Reducir la desviación de un área determinada para una superficie plana teórica, con el tamaño que afectan la dinámica del automóvil, la calidad de la manipulación, los rellenos y el drenaje dinámico, como registros verticales, registros horizontales son dos componentes diferentes que se distinguen en esta estructura de superficie: rugosidad y ondulación.

La definición de Rugosidad es la estructura principal e incluye ranuras o etiquetas dejadas por diferentes agentes que atacan la superficie durante el mecanizado (herramientas, perlas abrasivas, acciones químicas, etc.) y están colocadas superficialmente al perfil de ondulación. El espacio entre las líneas varía de 4 a 50 veces la profundidad de la depresión. Por lo tanto, la ondulación se puede definir como una estructura secundaria porque es una colección de tipos repetidos de manera desigual con una onda mucho mayor que la amplitud y puede ocurrir en la diferencia en la herramienta dinámica de transferencia, deformación de procesamiento térmico, voltaje de forja o fundición residual, etc. La distancia entre la onda (compresión de la ondulación) puede ser de 100 a 1000 veces su amplitud. (Mayorga., 2019)

Por lo tanto, deduce (Merliner), que el medidor de rugosidad Merlin es un instrumento versátil, simple y económico diseñado específicamente para su uso en países en desarrollo. Introducido en Perú en 1993, que ya existía en junio de 1999) más de 15 unidades pertenecientes a diferentes firmas constructoras y consultoras. El método de medida utilizado por MERLÍN, está diseñado como una variable de perfil fijo y por la alta precisión de los resultados, es un método de Clase 1. Correlación de los resultados obtenidos con MERLÍN, teniendo la escala IRI un coeficiente real de determinación igual a la unidad ($R^2 = 0,98$). Debido a su alta precisión, sólo es superada por el método topográfico (mira y nivel).

Figura 5: Rugosímetro de Merlin



Fuente: (de Aguilar Rodríguez, 1999)

Escala comparativa de rugosidad como tenemos, en la siguiente tabla, se definen los diferentes valores del Índice de Rugosidad Internacional (m/km) aplicados por países como; Uruguay, Honduras, EE. UU Perú y Chile, para ordenar el grado de serviciabilidad de las vías pavimentadas (Ventura, 2005)

Tabla 2: Valores de IRI de los estados de pavimentos en diferentes países

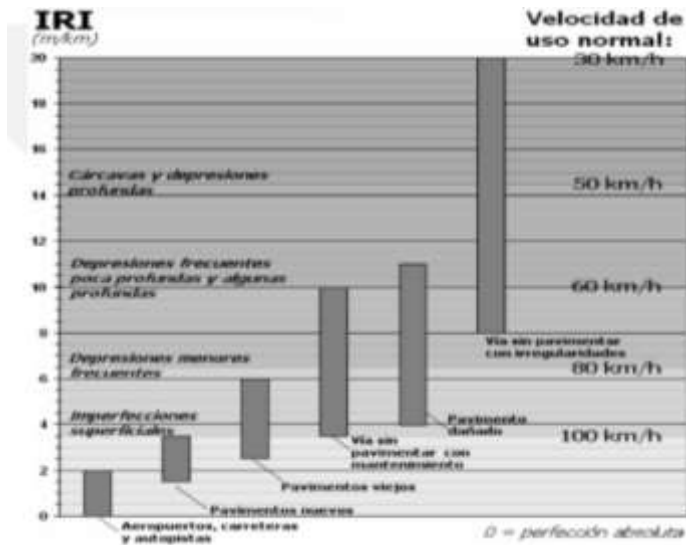
País	Estado del pavimento		
	Bueno	Regular	Malo
EE. UU.	< 2.4	2.4 – 4.7	> 4.7
Chile	0 – 3.0	3.0 – 4.0	> 4.0
Honduras	< 3.5	3.5 – 6.0	> 6
Uruguay	< 3.9	4.0 – 4.6	> 4.6
Perú	< 2.5	2.5 - 4.5	>4.5

Fuente: (Ventura, 2005)

Según el documento número cuarenta y seis del Banco Mundial se visualiza una escala de rugosidad para distintos tipos de vías. Por lo cual el Índice de Rugosidad

Internacional tiene unidades de (mm/m, m/km o pulgada/milla), se altera de 0 a 20 m/km o 0 a 126 pulgada/milla.

Figura 6: escala de rugosidad para diferentes tipos de carreteras.



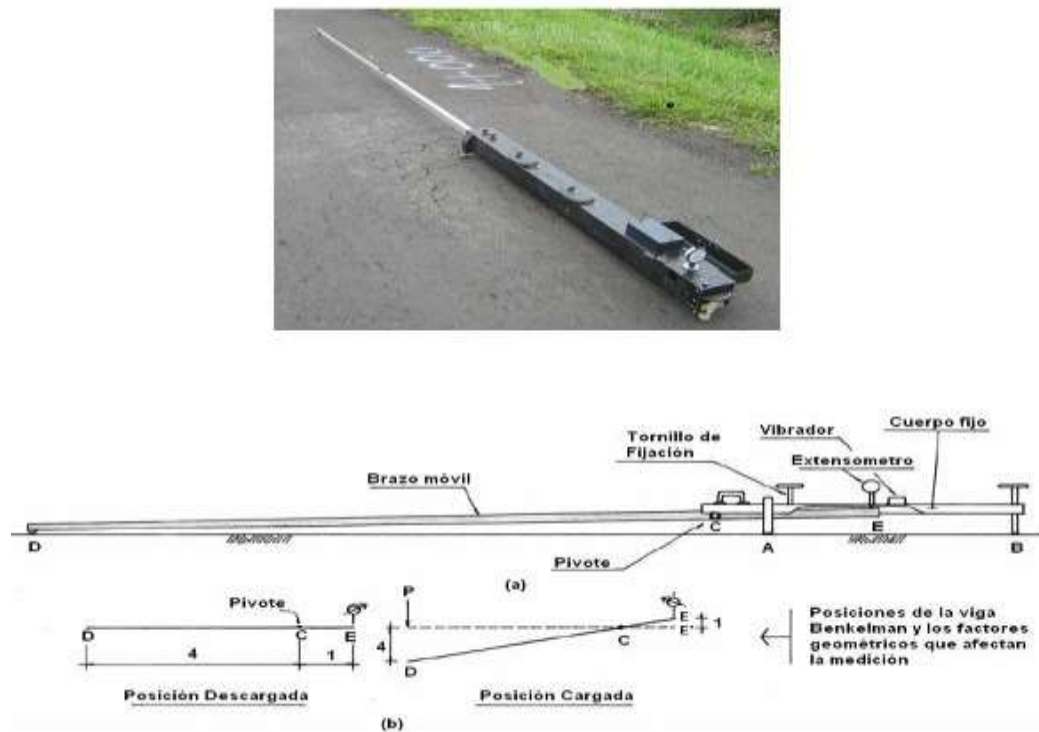
Fuente: (documento técnico N°46 del Banco Mundial)

Por otro lado, tenemos el método de medición de deflexiones, cuya función es analizar la condición estructural del pavimento, definiendo así la capacidad portante, agrupados como pavimento y subrasante. Este método nos indica mantener o restaurar. Para ello, estos métodos se definen como no destructivos ya que no alteran el pavimento utilizado para el estudio que se ha desarrollado para incrementar la velocidad a la que se mide, con mayor precisión, en base a la simulación de cargas inducidas. según volumen de tráfico. Como se sabe, la medición de la deflexión determina la deflexión longitudinal provocada por la carga, mostrando que la deformación en el pavimento es a causa de la carga normalizada. Podemos señalar, que determinando la condición de la estructura del pavimento evaluando la deflexión, se llegó a determinar que las deflexiones que se produce superficialmente sobre el pavimento se pueden determinar con un instrumento como la *Viga Benkelman*.

Por lo tanto, llegamos a la conclusión de que existen diferentes métodos conocidos para medir la deformación de la carretera, a saber: deflexión de carga estática, deflexión de carga de vibración y medición de carga de vibración.

La Viga Benkelman se encarga como deflector no destructivo, funciona conectado a una palanca, de un diseño sencillo y mecánico, que consta de dos componentes importantes: una parte del cuerpo de apoyo que se coloca en el suelo mediante dos soportes fijos y uno posterior regulable; y un basculante móvil se coloca directamente sobre el cuerpo fijo mediante una articulación giratoria, donde uno de los soportes se coloca en el extremo reclinado en el suelo y el otro soportes se coloca con el extensómetro. Por otro lado, Domínguez enfatizó que se utilizó la viga Benkelman como prueba para determinar la deformación longitudinal del pavimento sometido a una carga distribuida sobre dos neumáticos de camión de carga.

Figura 7: Viga Benkelman



Fuente: (de Viga Benkelman, García, 2007)

II. METODOLOGÍA

Como metodología de estudio y técnicas utilizadas para la rugosidad y deflectometría, para obtener los datos en campo y el cálculo IRI en la vía Puno – Mañazo en todo el tramo, desde la progresiva 35+000 hasta 39+000.

Para una buena elaboración, realizamos una búsqueda de los tramos viales más críticos que reúnan las condiciones necesarias para el análisis, con referencia a la condición funcional e IRI, para saber sobre el estado del pavimento flexible. Luego de haber completado el estudio de campo, el laboratorio es responsable de ejecutar todos los cálculos obtenidos, para determinar los valores del IRI, utilizando el equipo adecuado.

Por otro lado, tenemos un método utilizado para las deflexiones en la vía Puno – Mañazo, la Viga Benkelman se utilizara acorde a los procedimientos estandarizados, no es un ensayo destructivo, mide la recuperación que éste experimenta al ser impulsado progresivamente para averiguar las deflexiones del pavimento.

2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

De tal sentido que, como diseño de la investigación, enfatizamos a una investigación no experimental, sólo nos proyectamos en examinar los hechos y comprobar los datos”

2.1.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación será **No experimental**, por lo que no manipularemos variables, solo nos limitaremos a observar y a copiar datos sin derivar.

Este estudio analiza los datos de forma cuantitativa, ya que recopila datos de observación directa sobre los fenómenos que han ocurrido y para los que se han extraído. Usando la prueba terminal para probar la hipótesis de forma numérica.

Según el alcance proporcionado la Investigación será descriptiva y explicativa, se obtendrá información del estado actual en la vía Puno – Mañazo.

Como se mencionó, la investigación que realizamos es de Método **científico**, por lo que utilizaremos métodos secuenciados de una manera planeada y así resolver dificultades para dar validez a la hipótesis. Expresando diferentes conocimientos.

Para esta evaluación tenemos una investigación **aplicada**; donde realizamos estudios de deflectometría para pavimento flexible.

La investigación fue considerada de Nivel Aplicativo, ya que el origen del fenómeno se determina creando alcances; también se cree que está perfectamente organizado.

Como **Muestra** consideramos que es Longitudinal, porque se tuvo que tomar la muestra, como mínimo dos veces en un sitio. Para nuestra investigación tuvimos que comprobar las variaciones del pavimento con respecto a las variaciones de sección que este proyecto presenta.

2.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Formulamos como variable Independiente, evaluación de pavimentos flexibles, por otro lado, la variable dependiente, plantear el mejoramiento de la serviciabilidad.

La Operacionalización de Variables se adjunta en la tabla (Anexos).

Como población para nuestra tesis, está conformada por 4km de la carpeta asfáltica vía Puno – Mañazo. Km 35+000 y km 39+000

La dimensión de la muestra está constituida por la carpeta asfáltica, que evalúa un tramo de 2 km. De la vía Puno – Mañazo, el cual se detalla en la tabla 3.

La muestra es, No Probabilístico porque es económicamente práctica y necesaria.

2.2.1 Escala de medición

Ordinal, ya que se evalúan dentro de los tramos en estudios áreas donde se presentan las fallas, razón por qué el resultado de las áreas afectadas se divide entre área total estudiada de la muestra para obtener el porcentaje de superficie de pavimento dañada.

2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

Como **población** consideramos la vía Puno – Mañazo, 04 km más críticos.

La **muestra** y ensayos están realizados de la siguiente manera.

La medición del IRI, se realizará en los 4 km muy críticos de la vía Puno – Mañazo cada dos metros, el cual implica ambas marcas de la vía.

Para evaluar la Deflectometría se realizaron mediciones en los 4 km muy críticos en ambos carriles, de los dos sentidos, intercaladamente cada 50 m, según la normativa del MTC.

Tabla 3: Cuadro De Resumen De Tipo Y Cantidad De Ensayos A Realizar.

ENSAYO	ENSAYO/METRO	DISTANCIA (m)	NÚMERO DE CARRILES	N° TOTAL DE MUESTRAS
Rugosímetro Merlín	2.00	2,000.00	2.00	2,000.00
Viga Benkelman	50.00	2,000.00	2.00	80.00

Fuente: Propia

2.3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.

La carretera Puno – Mañazo, está situada en la ciudad de Puno, departamento de Puno, el tramo que evaluaremos se sitúa al Sureste del Perú, con una altura de más de 3900 msnm.

El tramo que elegimos como estudio inicia en el Distrito Vilque (km 35+000) y finaliza en el Distrito de Mañazo (km 39+000).

Tabla 4: Ubicación Mediante Coordenadas De La Vía En Evaluación.

lugar	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	Este	Norte
Puno (km 00+000).	15°48'57.49"S	70° 1'59.34"O	389356.12	8251149.04
Mañazo (km 39+000).	15°48'4.34"S	70°20'36.69"O	356101.61	8252594.47

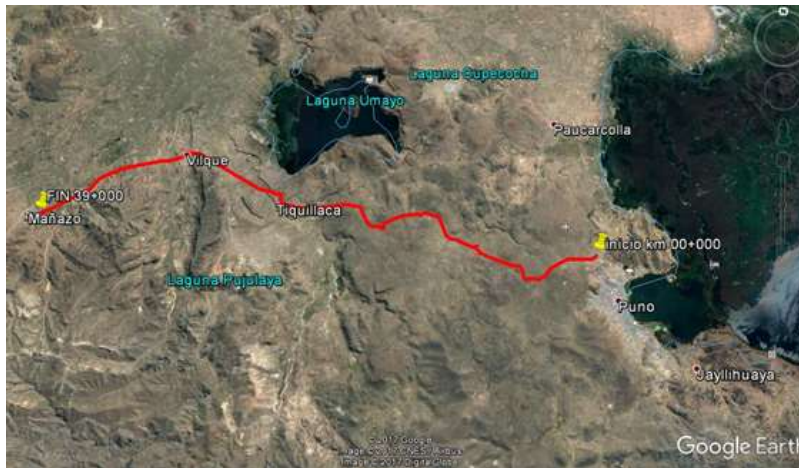
Fuente: Propia

El lugar de evaluación será vía terrestre, de la ciudad de Puno acceso por el C.P. Yanamayo, por la ciudad de Juliaca , ciudad de Arequipa y Cusco.

Para el **muestreo** se realizará sobre 2 km, los cuales se localizan entre los 4 km muy críticos de la carretera Puno – Mañazo, con la finalidad de poder realizar ensayos in situ.

El lugar de evaluación nos muestra una **topografía** llana, regular y ondulación reducida.

Figura 8: Vista satelital de la carretera Puno - Mañazo.



Fuente: Google Earth

2.3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la tesis de investigación es importante una evaluación visual del estado del pavimento, junto con la recolección de datos de campo para determinar en detalle de todos los daños y perjuicios observados en el perfil actual del lugar.

Se evalúan un mayor número de factores, que posteriormente conducirán al registro, análisis, síntesis y almacenamiento de la información recopilada, procesamiento de los datos y las correspondientes conclusiones. La evaluación sobre la condición de la carpeta asfáltica, se realiza de manera eficiente y rápida, para determinar las condiciones de la superficie de rodadura sobre la base de una evaluación subjetiva del estado y la estructura de la superficie.

2.3.3 PROCEDIMIENTO

Determinación de la rugosidad del pavimento flexible cuando se utiliza una escala de Rugosímetro de Merlín. Para tomar las pruebas, se hace entre dos personas, un operador del instrumento que toma las lecturas y un asistente que registra las lecturas.

Para tomar el valor de rugosidad, se coloca mediante el mango móvil del medidor de rugosidad, indicado por la posición que toma la aguja sobre la mesa, indicando la graduación de la escala, tomando la lectura.

Las observaciones se realizan deteniendo el dispositivo a intervalos regulares, generalmente cada 2 metros; En la práctica, esto se resuelve tomando la referencia de longitud de la circunferencia de la rueda del Merlin Rugometer, para aproximar esta dimensión, ya que cada prueba se realiza después de una revolución de la rueda. En cada concepto, el equipo estacionado en una pista se apoya en los tres puntos de montaje: ruedas, soporte trasero fijo y estabilizador de prueba. La lectura bento se almacena en la posición correspondiente a las lecturas 1 y 50 en el formato de campo. El formato consta de una cuadrícula de 20 filas y 10 columnas; Desde el cuadro (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. Las mediciones continuaron a una velocidad media de 2 km / h. La prueba comienza colocando el dispositivo Merlin en el punto de partida, y durante el uso se puede observar que la aguja se estabiliza para tomar una lectura y observar la posición que ha aceptado en relación con la escala que se está midiendo. Colocado en la pizarra, toma esta lectura como su registro auxiliar. En el siguiente paso, la prueba continúa sosteniendo el dispositivo por el mango, levantándose y moviéndolo una distancia fija (una vuelta de la rueda). En la nueva posición, se repite el mismo proceso y así sucesivamente hasta completar las lecturas.

El intervalo entre controles no es un factor decisivo, pero es necesario que las lecturas se tomen siempre deteniendo la rueda del dispositivo en la posición anterior, ya que esta marca, colocada en la llanta, debe estar siempre en contacto con la calzada. Para facilitar al operador las maniobras, una vez leídos los resultados, mueva la máquina al siguiente punto de la carretera.

2.3.4 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL IRI

Por ello se realiza en los cuatro kilómetros más críticos. Se realiza un ensayo en el carril izquierdo de la vía.

2.3.5 OBTENIENDO LOS DATOS DE CAMPO, CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

Tabla 5: Datos que se registraron en campo con el Rugosímetro de Merlin

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

Fuente: propia.

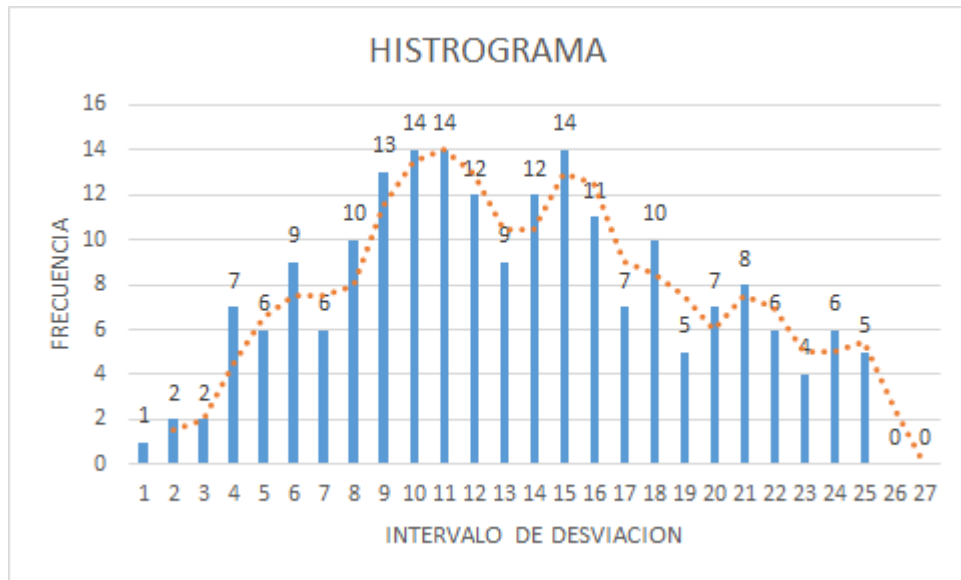
2.3.6 REALIZAMOS HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

Tabla 6: Histograma de Frecuencia.

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

Fuente: propia.

Figura 9: Histograma de Frecuencia.



Fuente: propia.

2.3.6 EFECTUANDO DESCARTE DE DATOS

Después de borrar los datos, la "visualización del gráfico" se mide en unidades de medida, teniendo en cuenta las pequeñas partes que pueden resultar de borrar los datos. por ejemplo. Por ejemplo, en la Figura 9, en el extremo inferior del gráfico, el efecto es que los datos 9 se descartan, los períodos 1, 2 y uno de los siete datos en el rango 4 se cancelarán, por lo que el resultado es una unidad fraccionaria igual a $2 / 7 = 0,29$. Una situación similar ocurre en la parte superior del gráfico, donde se obtiene una unidad fraccionaria igual a $1/6 = 0,17$. Por tanto, el rango es $0,29 \pm 0,17 = 0,46$ unidades. Alcance d. Los valores específicos deben expresarse en milímetros, donde el número de unidades se multiplica por el valor de cada unidad en milímetros.

$$\text{Rango D} = 0,46 * 5\text{mm} = 2,3\text{mm}.$$

2.3.7 FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE RUGOSIDAD

Tabla 7: Formulas para el calculo de Rugosidad.

FORMULA 1	FORMULA 2	FORMULA 3
FACTOR DE CORRECCIÓN	RANGO "D" CORREGIDO	RUGOSIDAD EN LA ESCALA IRI
$F.C. = (EP \times 10) / (Li - Lf) \times 5$	$D * F.C.$	$IRI = 0.593 + 0.0471D$
<p>Donde:</p> <p>EP = Espesor de la pastilla</p> <p>Li =Posición inicial del puntero.</p> <p>Lf =Posición final del puntero</p>	<p>Donde:</p> <p>D: Ancho del histograma.</p> <p>F.C.: Factor de corrección.</p>	<p>Donde:</p> <p>IRI: Índice de Regularidad Internacional.</p> <p>D: Ancho del histograma.</p>

Fuente: (Aguilar Rodriguez, 1999)

Cálculo del factor de corrección, para espesor de pastilla: 6.2 mm reemplazando la fórmula 1:

Tabla 8: Factor de corrección

Espesor de pastilla (mm).	6.2
Lectura de posición inicial del puntero (LI)	26
Lectura de posición final del puntero (LF)	13

Fuente: propia.

$$\text{F.C.} = (6.2 * 10) / [(26 - 13) * 5]$$

$$\text{F.C.} = 0.954$$

Reemplazando en la fórmula 2:

$$D = 97.26 * 0.954$$

$$D = 92.79 \text{ mm}$$

Reemplazando en la fórmula 3:

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 (92.79)$$

$$\text{IRI} = 4.96 \text{ m/km}$$

Deflectometría y determinación para el Radio de Curvatura, utilizando la Viga Benkelman en el pavimento flexible. Para realizar la medición de la deflexión en el pavimento, se utilizó una viga Benkelman, que es un dispositivo operado por una palanca, uno de cuyos extremos se coloca en la superficie del pavimento. La línea se deforma bajo la presión de una carga y, además de la carga que queda en la conexión sensible del manómetro, las lecturas del cuadrante se gradúan en porcentaje de mm. La carga aplicada de las pruebas fue de 8,200 kg, el eje trasero único de los neumáticos gemelos del camión, y se verificó pesando el camión con una carga de material granular. La presión de los neumáticos inflados es de 80 psi (5,6 kg / cm²). Los puntos para la prueba están convenientemente marcados con una línea horizontal con la pista de atletismo. El punto de prueba se coloca a una distancia con un trazo al borde. Para las pruebas, se utilizan las distancias marcadas que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9: Tabla según distancia de prueba deflectometría.

ANCHO DEL CARRIL	DISTANCIA DEL PUNTO DE ENSAYO DESDE EL BORDE DEL PAVIMENTO.
2.70m	0.45m
3.00m	0.60m
3.30m	0.75m
3.60m o más	0.90m

Fuente: Manual de MTC E 1002 – 2016.

El aro dual exterior del camión se ha colocado en el punto seleccionado; Para una ubicación exacta, se coloca en la parte posterior del camión, que servirá como guía para el eje de carga. Gradualmente moviendo el camión, la guía vertical coincide con la línea marcada con 60 cm desde el borde de la carretera, por lo que la puntuación se prueba simultáneamente entre los dos neumáticos de ruedas dobles. Cuando este punto está en el que se debe realizar pruebas, se ha establecido la llanta que se ha establecido en el punto para que corresponda al eje vertical del enfoque del neumático (punto D). La viga se colocó en la misma posición que se encuentre entre los neumáticos, pero fuera de ellos, coincidiendo, el final del brazo que se mueve con el eje vertical del enfoque. Tome un punto de referencia vertical adjunto a la parte posterior del camión, la viga está marcada de esa manera es suficiente para coincidir con (letrero con cuerpo vertical) para garantizar que el extremo del haz coincida con el centro de los neumáticos, al comienzo de las mediciones. Cuando la viga se instala en el punto de medición con el cuerpo vertical y el signo original. El número se ha establecido a 0, el vibrador se ha activado y el camión se ha movido lentamente, las lecturas verticales deben coincidir con las primeras marcas y los mercados adicionales y la lectura final cuando el camión está bastante lejos de los puestos de control, con

desviaciones 0 (máximo desviación). Sentimiento en la dirección, posición 25 cm., posición de 50 cm, posición de 75 cm, posición 100 cm., Posición de 200 cm.

Figura 10: Posición a 0cm Deflexión máxima

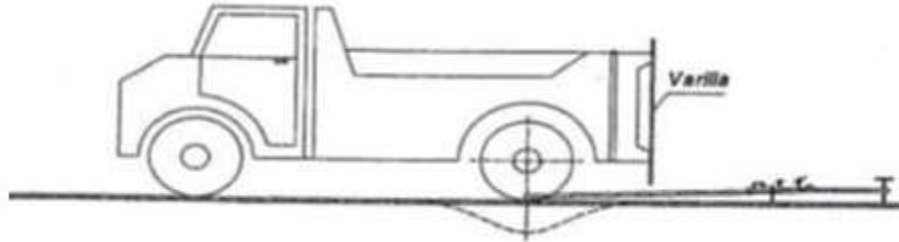
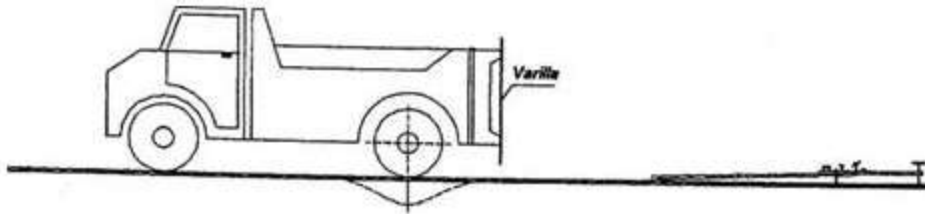


Figura 11: Posición a 200cm – D200.



PROCESO DE CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES CON LA VIGA BENKELMAN.

Por ello se realiza en los cuatro kilómetros más críticos. Se realiza un ensayo en el carril derecho de la vía.

$$\sum_{i=1}^n (D_i - \underline{D})^2$$

comprobando las mediciones que se efectuaron en campo:

Tabla 10: Datos de mediciones que se realizó en campo

PROGRE. (Km)	LADO	LECTURAS DE CAMPO					
		L0	L25	L50	L75	L100	LMAX
36+500	der.	0	8	12	13	18	24
36+550	der.	0	7	11	19	22	26
36+600	der.	0	5	12	16	21	27
36+650	der.	0	8	10	16	19	24
36+700	der.	0	6	8	12	20	29
36+750	der.	0	9	15	18	21	23
36+800	der.	0	8	11	15	19	26
36+850	der.	0	5	14	18	19	23
36+900	der.	0	7	23	26	28	33
36+950	der.	0	7	18	20	22	25
37+000	der.	0	7	15	21	22	33
37+050	der.	0	10	19	22	23	26
37+100	der.	0	9	17	20	22	25
37+150	der.	0	5	12	19	22	27
37+200	der.	0	5	15	20	24	30
37+250	der.	0	5	12	15	17	19
37+300	der.	0	9	15	17	21	22
37+350	der.	0	8	17	21	23	26
37+400	der.	0	4	13	16	18	21
37+450	der.	0	12	21	23	24	27
37+500	der.	0	10	16	19	20	23
37+550	der.	0	8	18	22	25	27
37+600	der.	0	9	12	14	16	19
37+650	der.	0	8	18	23	36	38
37+700	der.	0	9	15	19	23	27
37+750	der.	0	6	12	18	19	23
37+800	der.	0	8	13	18	20	24
37+850	der.	0	9	16	22	25	27
37+900	der.	0	9	12	20	22	24
37+950	der.	0	9	18	23	25	29
38+000	der.	0	9	16	22	26	29
38+050	der.	0	9	17	21	25	28
38+100	der.	0	9	18	21	26	29
38+150	der.	0	9	15	18	19	23
38+200	der.	0	9	18	23	27	28
38+250	der.	0	9	23	26	29	34
38+300	der.	0	9	12	20	22	25
38+350	der.	0	9	19	29	34	37
38+400	der.	0	12	20	21	23	26
38+450	der.	0	9	18	28	36	38
38+500	der.	0	6	15	22	23	32

Fuente: propia

Tabla 11: Formulas para el cálculo de las deflexiones.

FORMULAS PARA EL CALCULO DE LAS DEFLEXIONES		
flexiones corregidas (D0)		
1	$D0 = (L0 - Lf) * K * C$	Donde: D0= Deflexión simple (corregida). L0 = Lectura inicial de la estación. Lf = Lectura final de la estación. K = Constante de la viga (relación de brazos 2:1). C = Corrección de unidades para milímetros.
deflexión media (\bar{D})		
2	$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$	Donde: n : Número total de medidas. Di: Deflexiones desde i=1 a i=n. \bar{D} : Deflexión media de n deflexiones.
desviación estándar (σ)		
3	Para "n" ≤ 30 → $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n-1)}}$	Donde: σ : Desviación estándar. n : Número total de medidas. Di: Deflexiones desde i=1 a i=n. \bar{D} : Deflexión media de n deflexiones.
coeficiente de variación (C.V.)		
4	$C.V. = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 100$	Donde: C.V. = Coeficiente de variación. σ = Desviación estándar. \bar{D} = Deflexión media.
deflexión característica (Dc)		
5	$D_c = \bar{D} + 1.282 (\sigma)$	Donde: Dc = Deflexión característica. \bar{D} = Deflexión media. σ = Desviación estándar.
deflexión admisible (Dadm)		
6	$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{N}\right)^{0.25}$	Donde: Dadm = Deflexión admisible en mm (a comparar con deflexiones Viga Benkelman). N = Número de ejes estándares equivalentes de 8.2Tn acumuladas en el periodo de diseño, expresado en millones.

Fuente: Cuvas de la torre 2017.

Desarrollo del cálculo del **D0** corregido, reemplazando en la fórmula 1:
 para L0: con; K = 2 C = 1.1

Tabla 12: Análisis del cálculo D0 corregido.

0	26	(26 - 0)*2*1.1	57.2
0	27	(27 - 0)*2*1.1	59.4
0	24	(24 - 0)*2*1.1	52.8
0	29	(29 - 0)*2*1.1	63.8
0	23	(23 - 0)*2*1.1	50.6
0	26	(26 - 0)*2*1.1	57.2
0	23	(23 - 0)*2*1.1	50.6
0	33	(33 - 0)*2*1.1	72.6
0	25	(25 - 0)*2*1.1	55.0
0	33	(33 - 0)*2*1.1	72.6
0	26	(26 - 0)*2*1.1	57.2
0	25	(25 - 0)*2*1.1	55.0
0	27	(27 - 0)*2*1.1	59.4
0	30	(30 - 0)*2*1.1	66.0
0	19	(19 - 0)*2*1.1	41.8
0	22	(22 - 0)*2*1.1	48.4
0	26	(26 - 0)*2*1.1	57.2
0	21	(21 - 0)*2*1.1	46.2
0	27	(27 - 0)*2*1.1	59.4

Fuente: propia.

Calculamos el promedio aritmético o deflexión media, reemplazamos en la fórmula 2:

$$\underline{D} = 56.76$$

Hallamos la desviación estándar.

$$\text{Para "n" } \leq 30 \rightarrow \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \underline{D})^2}{(n-1)}}$$

Tabla 13: Desarrollo, desviación estándar

N°	Do	DESARROLLO	$\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$
1	52.8	$(52.8 - 56.76)^2$	15.68
2	57.2	$(57.2 - 56.76)^2$	0.19
3	59.4	$(59.4 - 56.76)^2$	6.97
4	52.8	$(52.8 - 56.76)^2$	15.68
5	63.8	$(63.8 - 56.76)^2$	49.56
6	50.6	$(50.6 - 56.76)^2$	37.95
7	57.2	$(57.2 - 56.76)^2$	0.19
8	50.6	$(50.6 - 56.76)^2$	37.95
9	72.6	$(72.6 - 56.76)^2$	250.91
10	55.0	$(55.0 - 56.76)^2$	3.10
11	72.6	$(72.6 - 56.76)^2$	250.91
12	57.2	$(57.2 - 56.76)^2$	0.19
13	55.0	$(55.0 - 56.76)^2$	3.10
14	59.4	$(59.4 - 56.76)^2$	6.97
15	66.0	$(66.0 - 56.76)^2$	85.38
16	41.8	$(41.8 - 56.76)^2$	223.80
17	48.4	$(48.4 - 56.76)^2$	69.89
18	57.2	$(57.2 - 56.76)^2$	0.19
19	46.2	$(46.2 - 56.76)^2$	111.51
20	59.4	$(59.4 - 56.76)^2$	6.97
	56.76		1177.09

Fuente: propia.

Reemplazando en la siguiente fórmula 3:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,177.09}{20-1}} = 7.87$$

Hallando el coeficiente de variación (C.V.), reemplazando en la fórmula 4:

$$C.V. = \frac{7.87}{56.76} * 100 = 13.90$$

Calculamos la deflexión característica, reemplazando en la fórmula 5:

$$D_c = 56.76 + 1.282 (7.87)$$

$$D_c = 66.85 * 102\text{mm}$$

La desviación se puede calcular, correspondiente a la desviación de la calzada al final del tiempo de diseño. Por tanto, esta desviación se calcula teniendo en cuenta la demanda de carga para este período, expresada en el valor “N” de los ejes equivalentes acumulados hasta el último día hábil. Este es un manual de construcción de carreteras, geología. Las capas de terreno y pavimentos del Departamento de Tierras y Pavimentos han adoptado la relación propuesta para el paquete estructural de pavimentos, por CONREVIAl (Consortio de Rehabilitación Vial) - Estudio de restauración de carreteras en el país. MTC-Peru.

Donde el valor de N calculado del estudio de tráfico resulta ser, reemplazando en la fórmula 6:

$$N = 435,088.13$$

$$N = 0.435 * 10^6$$

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{0.435} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$D_{adm} = 127.5 * 10^{-2} \text{ mm}$$

2.3.8 Métodos de análisis de datos

La presente tesis es de método no experimental, utilizando ensayos para analizar la rugosidad y las deflexiones, siendo así ensayos no destructivos con el Rugosímetro de Merlín y Viga Benkelman en la carretera Puno – Mañazo, se utilizan como línea de base los resultados de los parámetros de rugosidad y deflexiones realizados las pruebas de laboratorio.

Así mismo se analiza acerca del pavimento flexible mediante instrumentos de Rugosidad y deflectometría en la ciudad de Puno, los estudios realizados resultan ser una buena opción para mejorar los estudios viales.

2.3.9 Aspectos éticos

La implementación del siguiente proyecto de tesis deberá ser completamente honesta y transparente para los investigadores que deseen completar el proyecto con resultados aceptables y válidos.

Siendo así como responsabilidad social, el proyecto de tesis para determinar la serviciabilidad del pavimento flexible en la ciudad de Puno.

III.- RESULTADOS

Primer objetivo específico, Determinar el IRI para evaluar las condiciones de serviciabilidad del estado del pavimento flexible de la vía Puno – Mañazo.

Para desarrollar el primer objetivo específico, **realizamos el ensayo con Rugosímetro de Merlín, midiendo la rugosidad del pavimento en los 4 kilómetros muy críticos de la carretera Puno Mañazo**. Los formatos con datos de campo se incluyen en el anexo. A continuación, se muestra el histograma.

Primera hipótesis específica, **Mejorando el IRI mejoramos las condiciones de serviciabilidad del pavimento flexible de la vía Puno – Mañazo**. Sí se cumplió el objetivo planteado; determinando el índice de rugosidad internacional, se podrán mejorar las condiciones de serviciabilidad del pavimento flexible de la vía Puno – Mañazo, ya que se determinó los 04 km críticos, donde se sacaron muestras de 02 km más críticos utilizando el Rugosímetro de Merlín que arrojó datos donde se muestra en los histogramas de frecuencia, que el estado del pavimento está clasificado como: Por lo tanto, la hipótesis es válida.

Realizando trabajos previos al IRI, evaluando el pavimento flexible utilizando el método del PCI para evaluar el estado de la vía. NORMA (ASTM D6433)

Tabla 14: Resultados de los datos PCI en la vía Puno - Mañazo.

SECCIÓN	PROGRESIVAS		PCI PROM.	CONDICIÓN PROM.
	INICIO	FIN		
1	00+000	09+000	23	MALO
2	09+000	12+525	28	MALO
3	12+525	17+045	--	--
4	17+045	20+030	--	--
5	20+030	22+520	--	--
6	22+520	39+000	52	REGULAR
TOTAL PROM.	00+000	39+000	34	MALO

fuentes: propia

La Tabla 14 proporciona un resumen de la Evaluación del Estado del Pavimento (PCI), en una carretera de 39+000 km, para las siguientes tres muestras del tramo PCI: 23, 28 y 52. Según los resultados finales, se obtuvo un PCI total promedio = 34% ; Significa que existe algún grado de deterioro, esto significa que se debe restaurar el pavimento, cualquier forma de mantenimiento de rutina (Tabla 16) en las áreas degradadas, para permitir el adecuado tránsito para los conductores utilizando la Vía Puno - Mañazo diariamente.

3.1 RESULTADOS DE RUGOSIDAD

Tabla 15: Resultados del Rugosímetro Merlín.

SECCIÓN	PROGRESIVA		LONG. INTERVALO (m)	IRI (m/km)			
	INICIO	FINAL		CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO	
				HUELLA DER.	HUELLA IZQ.	HUELLA DER.	HUELLA IZQ.
TRAMO Km. 36+500	36+50 0	36+90 0	400	5.2	-	-	4.96
AL Km. 38+500	36+90 0	37+30 0	400	5.31	-	-	4.37
	37+30 0	37+70 0	400	4.93	-	-	4.67
	37+70 0	38+10 0	400	4.64	-	-	4.48
	38+10 0	38+50 0	400	4.62	-	-	4.86
PROMEDIO				4.94	-	-	4.67

Fuente: propia.

Tabla 16: Evaluación de los rangos de PSI y IRI, para distintas condiciones de un pavimento.

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHO)		Calificación
Valores de IRI	Rangos de IRI	
0.0	0 - 1.0	Muy Buena
0.8		
1.0		
1.9	1.0 - 1.9	Buena
2.6	1.9 - 3.6	Regular
3.6		
4.9	3.6 - 6.4	Mala
6.4		
9.5	>6.4	Muy Mala

Fuente: Reproducido de (Barrantes, Sibaja, Porras, 2008, pág. 17)

Segundo Objetivo Específico Determinar las deflexiones para evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible en la vía Puno – Mañazo.

Para desarrollar el segundo objetivo específico, realizamos la deflexión y determinamos el radio de curvatura utilizando una viga Benkelman. La medición de la deflexión es parte de los estudios para evaluar la vía; En el estudio de la carretera Puno - Mañazo, el objetivo principal fue determinar la deflexión característica y el radio de curvatura. Las pruebas se realizaron utilizando la viga Benkelman, el formato con recolección de datos se muestra el anexo, y luego se muestra el gráfico de los reflectogramas en las pruebas realizadas.

Segunda hipótesis específica, **determinando las deflexiones mejoramos la serviciabilidad del pavimento flexible de la Vía Puno - Mañazo.** Determinando los resultados de las deflexiones, se podrán mejorar las condiciones de serviciabilidad de la vía, evaluando la vía se utilizó la Viga Benkelman para obtener las deflexiones en el tramo de 04 km más críticos, como zona de estudio se tomó muestras de 2 km más críticos; por lo cual se pudo ver que la hipótesis específica planteada no es correcta, resultan ser menores a la deflexión admisible ($132 \cdot 10^2$ mm), lo que nos da a conocer que la vía está en muy buen estado refiriéndose a los controles deflectométricos de la vía Puno - Mañazo.

Dando así, validada la hipótesis

3.2 RESULTADO DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Tabla 17: Resultados de deflexiones y radios de curvatura

SECCION	PROGRESIVA		DEFLEXION Y RADIO DE CURVA							
	INICIO	FINAL	CARRIL DERECHO				CARRIL IZQUIERDO			
			D0 PROM	D25 PROM	D' CARACTERISTICA	RADIO DE CURVATURA	D0 PROM	D25 PROM	D' CARACTERISTICAS	RADIO DE CURVARUTA
TRAMO KM 36+500	36+500	37+500	52	37	72.90	213	56	39	85.65	181
AL KM 38+500	37+500	38+500	56	38	81.49	162	57	40	81.01	17
PROMEDIO			54	37.50	77.20	187.50	56.50	39.50	83.33	176

Fuente: Propia.

Objetivo general, **Evaluar el pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de índice rugosidad internacional – deflectometría, en la carretera Puno – Mañazo en los tramos más críticos.** para desarrollar el objetivo general, se realizaron los ensayos de rugosidad y deflectometría en el pavimento flexible, para ello se hará una enumeración de actividades para cada tipo de mantenimiento para perfeccionar la serviciabilidad del pavimento flexible.

Hipótesis General, **La evaluación adecuada del pavimento flexible permite determinar los parámetros, para mejorar la serviciabilidad de la carretera Puno – Mañazo 2021,** después de obtener los resultados de rugosidad (IRI) y deflectometría en la vía Puno - Mañazo. Realizando el listado de actividades para una perfecta serviciabilidad para ello se eligió 5 actividades rutinarios, 6 periodico y 3 preventivo; el adecuado mantenimiento para la via es el mantenimiento rutinario (Tabla 16) ya que estas actividades no son de un elevado costo a diferencia de las otras actividades de mantenimiento.

Por consiguiente, la hipótesis es válida.

Tabla 18: Tipos de mantenimientos.

	TIPOS DE MANTENIMIENTO		
	MANTENIMIENTO RUTINARIO	MANTENIMIENTO PERIODICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
ACTIVIDADES	LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFALTICA	RESANE DE FISURAS	TRATAMIENTO SUPERFICIALES
	REPARACION DE BACHES PUNTUALES	REPARACION DE BACHES SUPERFICIALES	LECHADA ASFALTICA (SLURRY SEALS)
	LIMPIEZA DE CUNETAS	REPARACION DE BACHES PROFUNDOS	RECICLAJE DE PAVIMENTOS ASFALTICOS
	REPARACIONES MENORES DE CUNETAS	REPARACION DE CUNETAS	
	PINTADO DE SEÑALIZACION VIAL	PINTADO DE SEÑALIZACION DE VIAS	
		REPARACION DE REDUCTORES DE VELOCIDAD	
TOTAL	5	6	3

Fuente: Propia

3. DISCUSIÓN

Según los ensayos de laboratorio de los resultados obtenidos, se lograron alcanzar los objetivos previstos en la investigación.

Respecto al Objetivo Específico 1, Determinar el IRI para evaluar las condiciones de serviciabilidad del estado del pavimento flexible de la vía Puno – Mañazo, Por tanto, los valores de IRI durante el período de servicio se consideran los primeros (02) km críticos de 4,94 y 4,67 m / km de los carriles derecho e izquierdo, respectivamente, que resultaron ser superiores al grado de rugosidad admisible. especificado en el manual (4 m / km).

Erick Jhon y Dikver Gustavo (2020), desarrollaron la tesis “Análisis funcional de aceras flexibles para mejorar el tránsito, utilizando la escala Merlin Roughness Gauge en av. Gustavo pinto, Tacna - 2020” El resultado promedio obtenido del IRI en el carril

derecho es de 4.38 m / km y en el carril izquierdo 5,71 m / km, por lo que según el resultado ponderado de IRI, podemos determinar el estado del pavimento como malo con un valor de IRI = 5,05 m / km.

Como hemos indicado, el resultado es similar al de la hipótesis anterior. De ello se deduce que Erick John y Gustavo Dickver hicieron ocho muestras en un trayecto de 3.330 m. En nuestro caso, hicimos 06 muestras en un trayecto de 2.000 m, pero ambos trabajamos de acuerdo con la normativa ASTM D6433, por lo que se puede concluir que se logró el objetivo.

Respecto al Objetivo Específico 2, Determinar las deflexiones para evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible en la vía Puno – Mañazo, para los tramos considerados más importantes 02 km: 36+500 km a 38+500 km, las deflexiones características son bajas en los 2 carriles, (menor a la deflexión permisible 127.5×10^2 mm), por lo que la inferencia es que se evaluó que el suelo que forma la estructura del pavimento se encuentra en buen estado, tanto en la capa superior como en la inferior, ya que cumple con los requisitos de calidad especificados en la prueba de desviación. También es importante señalar que el valor del radio de curvatura de los 2 km muy críticos; km 36+500 a km 38+500 en los 2 carriles, que supera el valor mínimo especificado de 80 m, según el Manual de Carreteras, podemos decir que cumplimos con el requerimiento.

El autor Carlos Axel (2020), desarrolló la tesis "Análisis de desplazamiento aplicando vigas Benkelman a dos trayectos de la vía, en la av. Canta Callao y la av. Carlos Izaguirre, Lima - 2020", los resultados de la medición de stock en la vía, es necesario verificar y realizar un Medición correctiva para cada punto de avance donde se realizó el estudio. Para esta prueba se trabajó con un nivel de confianza de 95 de 1,65, se encontraron desviaciones estándar de 11,883 (para el margen derecho) y 11,79 (para el margen izquierdo). Deducimos que el objetivo fue logrado.

Respecto al Objetivo general, **Evaluar el pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de índice rugosidad internacional – deflectometría, en la carretera Puno – Mañazo en los tramos más críticos,**

Los resultados obtenidos se basan en el listado de actividades realizadas en cada tipo de mantenimiento para mejorar la capacidad de servicio del pavimento, de las cuales 5 fueron identificadas en la categoría regular, y 6 actividades en la categoría periódica. 3 actividades del tipo preventivo; Se concluye que el tipo de mantenimiento adecuado para pavimentos flexibles es el mantenimiento rutinario, ya que las cinco actividades elegibles son económicas, a diferencia de los otros dos tipos de mantenimiento.

Segun Humpiri (2015), Estudió el “Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para Mantenimiento Vial en el Distrito de Puno”, en el cual creía firmemente que los remedios de preservación vial propuestos en la presente investigación podrían corregir fallas de reparación de manera oportuna y precisa, y mejorar los niveles de servicio; Y si no se realiza una operación adecuada en caso de un mal funcionamiento, el daño no se minimizará.

Con lo anterior, se puede enfatizar que los resultados obtenidos al elegir el tipo de mantenimiento periódico son los más adecuados debido a las condiciones y condiciones del pavimento plástico en el sitio de estudio, pues existen 5 actividades (hacer limpieza de asfalto, limpieza de canaletas, reparación de canaletas y pintura) que sean menos costosas y más accesibles al área; Por tanto, se indica que el objetivo se ha cumplido.

IV. CONCLUSIONES

Conclusión 1: En relación con el objetivo específico 1. **Determinar el IRI para evaluar las condiciones de serviciabilidad del estado del pavimento flexible de la vía Puno – Mañazo.** Luego de realizada la evaluación del pavimento flexible con el Rugosímetro Merlín, se vio un desgaste considerable quedando evidenciado éste con el valor del IRI, teniendo como resultado valores IRI de: 4.94 m/km en el carril derecho y 4.67 m/km en el carril izquierdo (ver tabla 13); con los cuales se concluye que el pavimento evaluado no cumple con las especificaciones técnicas y los requerimientos que estipula el Manual de Carreteras ,Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, donde nos indica que la rugosidad característica no deberá ser mayor a 4.00, para carreteras de un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles, obteniéndose valores promedio a 4.81 m/km.

Luego de una evaluación sobre el pavimento flexible con el Rugosímetro Merlin, se observó un desgaste significativo, como lo indica el valor de IRI, resultando en un valor de IRI: 4.94 m / km en el carril derecho y 4.67 m / km en el carril izquierdo verificando la Tabla 13; De lo cual se puede concluir que el pavimento evaluado no cumple con las especificaciones y requisitos técnicos especificados en el Manual de Carreteras, donde la rugosidad característica no será mayor a 4.00, para carreteras con IMDA entre 2000 -401 vehículos / día para carreteras de dos carriles con un Valor medio de 4,81 m / km.

Conclusión 2: En relación con el objetivo específico 2. **Determinar las deflexiones para evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible en la vía Puno – Mañazo.**

Con las pruebas realizadas con la Viga Benkelman sobre el pavimento flexible en los tramos más significativos, el valor medio de la deflexión característica es: $77,20 \times 10^{-2}$ mm y el radio de curvatura es de 187,50 m en el carril derecho, $83,33 \times 10^{-2}$ mm fueron adquiridos. El radio de curvatura es de 176 m en el carril izquierdo (ver Tabla

15), lo que indica que la desviación característica de la vía no supera la deflexión permisible de 132×10^{-2} mm, lo que indica que el pavimento está en condiciones permisibles, según a los controles de deflectometría.

Conclusión 3: En relación con el objetivo general 1. **Evaluar el pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de índice rugosidad internacional – deflectometría, en la carretera Puno – Mañazo en los tramos más críticos.** De acuerdo a los resultados obtenidos de la rugosidad y en las deflexiones en los carriles de la vía Puno – Mañazo, de acuerdo con los resultados obtenidos de la rugosidad y deflexiones de los carriles de la vía Puno - Mañazo, para obtener una mejor serviciabilidad mediante la realización de una restauración parcial y / o reconstrucción en el tramo crítico la de la vía, realizaremos un mantenimiento de rutina lo que implica (reparación simple de cuneta, limpieza de la carpeta asfáltica, reparación de baches marcados, limpieza de cuneta, pintura para señalización vial), con el fin de evaluar el cambio de la capa asfáltica, utilizaremos los resultados obtenidos en el presente estudio, con el único objetivo de mejorar el tránsito de vehículos en la carretera Puno - Mañazo.

V. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda, que para la evaluación de un pavimento flexible utilizando el método de rugosidad con MERLIN, deben realizarse con equipo calibrado, personal capacitado, especializado y responsable para la fácil identificación y obtención de datos en campo. Para usar los resultados en la calificación del estado del pavimento flexible de la vía puno – mañazo.

Se recomienda que las evaluaciones de pavimento flexible empleando el Rugosímetro de Merlin, se realicen utilizando un equipo calibrado y personal especializado, calificado y responsable para una fácil identificación y recuperación de datos en el

campo. Para utilizar los resultados de la determinación del estado del pavimento en la carretera Puno-Mañazo.

Recomendación 2: Se recomienda que la viga Benkelman utilizada esté certificada y calibrada. Principalmente los equipos y procedimientos utilizados deben de ser efectuadas según a las especificaciones establecidas en MTC e 1002 2000 “Medición de deflexiones y definición del radio de curvatura de pavimentos flexibles utilizando vigas Benkelman” para reducir los errores en los datos obtenidos.

Recomendación 3: Finalmente, se debe realizar un mantenimiento regular, dependiendo del nivel de servicio en el país, se deben realizar las siguientes cinco actividades recomendadas: limpieza de la capa de asfalto, reparación de ciertos baches, limpieza de canaletas, realización de reparaciones menores a las canaletas y pintura de señales viales. para que las condiciones de transitabilidad en Puno-Mañazo sean más cómodas y convenientes para los vehículos.

REFERENCIAS

- AASHTO, "Standards Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part 2B: Test", American Association of State Highway and Transportation Officials, 24 th Edition, Washington 2001.
- AGUILA RODRIGUEZ, (1999) METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS CON EQUIPO DE BAJO COSTO Y GRAN PRECISION1 obtenido de, https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53799847/Metodologia_para_obtener_la_rugosidad-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637278887&Signature=TY4MesWZ2sx7cSa19AxpFY8~T~NRYca1Wg64tuLJoTYqIMsVl1i5jQYQOmQXNlzLCgaQBQA9cUXuCy0w2PbgM21-BB4wgDp3XzmzSaztM0blwR0tzaU41IaUW9rxo4Rz4eladLXtwgnXZentMwrWKdIPvrQNYp6sl~a0Sz5WOZo6EjTA44Z4I6M~JYmoKHIRPuMRgcjRIK9Ik3FKzDUtE5qfDhHaEl~JpD9rxOZFkYcWeZMJs7yVDkhk1WJJuGtp~celiwq2Xc1ycHKaRIRbgKcNuFM9sj3ufG0wclPe77veMfZxlv55vsGGqtK92XjZ7y8MSBoR8~tEpFzdZPWog_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- BAENA, P. G. (2014). Metodología de la Investigación (Primera ed.). Mexico D.F., Mexico: Grupo Editorial Patria obtenido de <https://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- BRAVO Carlos A. (2020), elaboro la tesis "Análisis por deflectometría aplicando viga Benkelman en dos pavimentaciones, en av. Canta Callao y av. Carlos Izaguirre, Lima - 2020" Tesis de titulación en la universidad cesar vallejo, obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/61736/Bravo_SCA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CARRIÓN, S., Daza, P., Rojas, E., Sánchez, G., & Tapia, C. (2017). Deterioro de pavimento flexible. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1BvEQKNIw9LKTxRjhoqhVelzeZvLtNBpL/vi>
- CASTAÑO Federico I., HERRERA Jorge m., gomes jose n., reyes Fredy. (2009) Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C. obtenida de [file:///C:/Users/WINDOWS/Downloads/1730-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2666-2-10-20120918%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/WINDOWS/Downloads/1730-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2666-2-10-20120918%20(2).pdf)
- CHESSHER, A and HARRISON, R (1987). Vehicle operating costs: evidence from developing countries. John Hopkins University Press, Baltimore and London. Obtained from. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/129721468326428758/pdf/multi-page.pdf>

- CORDERO Luis a., (2019). Análisis del índice de serviciabilidad del pavimento flexible en la Avenida Túpac Amaru km 11, Comas-Lima 2018. Trabajo de investigación, universidad cesar vallejo, obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35660/B_Cordero_HLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES – (2013). *MANUAL DE CARRETERAS – SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS – SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS*. PERÚ: MTC. Obtenida de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES – (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. PERÚ: MTC Obtenida de <https://portal.mtc.gob.pe>
- ESCOBAR kevin a., GARCIA alberto a., GUSMAN carlos r. (2007) “ análisis comparativo de la evaluación de pavimentos por medio de la viga benkelman y el deflectómetro de impacto (falling weight deflectometer, fwd) ” para obtener el grado de título profesional, universidad de el salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4512/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20de%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20pavimentos%20por%20medio%20de%20la%20viga%20Benkelman%20y%20deflect%C3%B3metro%20de%20impacto%20%28Falling%20Weight%20Deflectometer%2C%20FWD%29.pdf>
- FERNANDES Mayle. (2020). Determinación del comportamiento estructural del Pavimento flexible de la carretera cajamarca-celendín - Balsas, tramo chaquilpampa-santa rosa de chaquil, Mediante el análisis deflectométrico. Obtenido De https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3733/T016_46143409_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FERNANDEZ Eguasquiza, E. (2017). PSI - INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE. Obtenido de <https://www.cosanher.com/single-post/2017/03/02/PSI-INDICE-DESERVICIALIZAD-PRESENTE>
- FERNANDEZ. (2010). Metodología de Investigación.
- FLORES Erick J., PILCO Dikver G. (2020), elaboraron la tesis “análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el Rugosímetro de Merlín en la av. Gustavo pinto, Tacna - 2020” <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1760>
- GARCIA Rita de J., OBESO agosto E. (2017) elaboraron la tesis “construcción de un perfilómetro de precisión digital para el cálculo del índice de rugosidad internacional de una carpeta asfáltica en la carretera panamericana norte, tramo vía de evita miento Trujillo desde el km 557+000 al 558+000” Tesis de titulación en la universidad Privada Antenor Orrego, obtenido de

https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4179/1/REP_ING_CIVIL_RITA.DEZA_AUGUSTO.OBESO_CONSTRUCCI%C3%93N.PERFIL%C3%93METRO.PRECISI%C3%93N.DIGITAL.C%C3%81LCULO.INDICE.RUGOSIDAD.INTERNACIONAL.CARPETA.ASF%C3%81LTICA.CARRETERA.PANAMERICANA.NORTE.TRAMO.V%C3%8DA.EVITAMIENTO.TRUJILLO.KM557000.55800.pdf

- HIDALGO. (2008) "Suelos Estabilizados como Material de Construcción". En Tenth International Conference on NonConventional Materials and Technologie- NOCMAT 2008: Materials Valorization for Sustainability. Cali. Centro Editorial de la Universidad del Valle, 2008.
- HUANG, Y. H. (2004). Pavement analysis and design (*Segunda ed.*). Pearson Education Hall. <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Huang-Pavement-Analysis-and-Design-2nd-Edition/PGM44698.html>
- HUMPIRI Pineda, K. (2015). Análisis superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de vías en la región de Puno. Tesis, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Juliaca - Perú. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/426/P31003.pdf>
- JUNAI Uddio, M. (2015). Pavement performance measures using Android based Smartphone application. India: Universidad de Osmania.
- LEGUIA Loarte, P., & PACHECO Risco, H. (2016). Evaluación superficial del Pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (pci) en las vías Arteriales: cincuentenario, Colon y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima). Tesis, Universidad San Martín de Porres, La Libertad, Lima - Perú. Obtenido de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/2311>
- LEIVA F., PÉREZ E., AGUIAR J., LORÍA L. (2017) Permanent deformation model for pavement condition assessment, de la universidad de costa rica. OBTENIDA DE www.ricic.cl
- LLERENA Herrera, J., & TORRES Guzmán, C. (2017). Determinación Del Índice De Condición E Índice De Serviciabilidad Del Pavimento De La Carretera Nacional 44 Pe-28g, En El Tramo Pisac-Calca – 2016. Tesis, Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/981/1/RESUMEN.pdf>
- MAMANI braulio a., VALLEJOS heber s. (2020) "cálculo de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Juan moore, tramo: calle argentina – calle precursores, tacna – 2020 " tesis de titulación en la universidad privada de Tacna. Obtenida de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/18/browse?type=author&value=Vallejos+Sard%C3%B3n%2C+Heber+Smith>
- MURILLO F., C. A. (29 de Mayo de 2019). International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Obtenido de <http://www.issmge.org/images/joomd/3>

NORMA ASTM d-4695-03 guía estándar para las mediciones de deflexiones del Pavimento en general.

NORMA ASTM E 867-06 "Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems.

RABANAL Pajares, J. E. (2014). Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento, Cajamarca - 2014. Tesis, Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/5511/Rabanal%20Pajares%20Jaime%20Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAMOS Wilder. (2017). "evaluación del estado del pavimento por deflectometría e índice de rugosidad internacional de la carretera: puno – vilque – mañazo - 4km críticos - 2015" elaboro la tesis para optar el grado de título profesional en la universidad nacional del altiplano. Obtenido de. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5094>

REAL REVISTA INGENIERÍA. (2018). Tratamientos superficiales Para pavimentos. Revista Ingeniería Real. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/tratamientos-superficiales-para-pavimentos/>

REYES Bryan A. (2020) elaboraron la tesis "determinación del índice de rugosidad internacional en la av. la prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de merlín" Tesis de titulación en la universidad Estatal Del Sur DeManabí, obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2727/1/tesis%20final%20Bryan%20Reyes%20.pdf>

RIVAS Granados, M. (2017). Evaluación de la textura y la rugosidad de pavimentos flexibles mediante imágenes tomadas a partir de cámara no métrica nikon coolpix S2900. Tesis para Maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Obtenido De <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/8027/RivasDiazgranadosMariam2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SANCHEZ Sabogal, F., & CAMPAGNOLI Martinez, S. X. (2016). Pavimentos Asfálticos de carreteras: guía práctica para los estudios Y diseños. Colombia: E. Colombiana de Ingeniería. Obtenido de <http://catalogo.aseuc.org.co/pavimentos-asfalticos-de-carreteras-guia-practicapara-los-estudios-y-disenos-ingenieria-civil.html>

SÁNCHEZ, María. (2019.) Procedimiento para determinar el Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos, a partir del procesamiento de imágenes

obtenidas por cámaras convencionales. Obtenido De [file:///C:/Users/WINDOWS/Downloads/CAPTULO1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/WINDOWS/Downloads/CAPTULO1%20(1).pdf)

- SAYERS, M. (1990). Guidelines for conducting and calibrating road roughness.
- SAYERS, M. (1990). Washington, USA: Banco Mundial Technical Paper.
- SAYERS, M. W., Gillespie, T. D., & Queiroz, C. A. (1986). International road roughness experiment: Establishing correlation and a calibration standard for measurement. World Bank Technical Paper No. 45: United States of America.
- SAYERS, T. (1982). *The International Road Roughness Experiment*. Washington, USA: Banco Mundial Technical Paper.
- SHAHIN, M. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots*. USA: Springer Science + Business Media. LLC 2° Edición.
- TRANSPOTI AND ROAD RESEARCH LABORATORY "The Merlin Low-Cost Road Roughness Measuring Machine"
- ULLIDTZ P., HARVEY J., KANEKANTI V., TSAI B.W. y MONISMITH C. (2008), Calibration of Mechanistic-Empirical Models Using the California Heavy Vehicle Simulators. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2087, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 20–28, 2008.
- URILLO F., C. A. (29 de Mayo de 2019). *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Obtenido de <http://www.issmge.org/images/joomd/3>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021.

PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	MEDICION
PG.- ¿Cómo podemos evaluar pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de índice rugosidad internacional – deflectometría, en la carretera puno – mañazo – 2021?	OG.- Evaluar el pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad utilizando parámetros de índice rugosidad internacional – deflectometría, en la carretera puno – mañazo en los tramos más críticos.	HG.- La evaluación adecuada del pavimento flexible permite determinar los parámetros, para mejorar la serviciabilidad de la carretera Puno – Mañazo 2021	VI: Evaluación del pavimento flexible	Ecuaciones de correlación, factor de corrección de ajuste D, IRI característico, radio de curvatura, longitud elástica	m
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS			cm
PE1.- ¿Cómo podemos determinar el índice de rugosidad internacional para evaluar las condiciones de serviciabilidad del estado del pavimento flexible de la vía Puno – Mañazo?	OE1.- Determinar el índice de rugosidad internacional para evaluar las condiciones de serviciabilidad del estado del pavimento flexible de la vía Puno – Mañazo	HE1.- Mejorando el índice de rugosidad internacional mejoramos las condiciones de serviciabilidad del pavimento flexible de la vía puno – mañazo			VD: Plantear el mejoramiento de la serviciabilidad.
PE2.- ¿Cómo podemos determinar las deflexiones para evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible en la vía Puno – mañazo?	OE2.- Determinar las deflexiones para evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible en la vía Puno – Mañazo	HE2.- Eliminando las deflexiones mejoramos la serviciabilidad del pavimento flexible de la Vía Puno - Mañazo.	cm		
					km

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLE				
TITULO: Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021				
AUTORES: Torres Salas, Jerry Adrian y Mamani Nina José Ronal				
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Evaluación del pavimento flexible	La evaluación del pavimento permite conocer el estado de la estructura y establecer medidas correctivas, reduciendo costos, para lograr los objetivos del servicio, obtenidos según la norma ASTM.	Se analizará en función de sus dimensiones, estructura, textura del pavimento y su resistencia, que a su vez cada uno de estos se dividirán en tres indicadores, según la norma ASTM d-4695-03 y E 867-06	Condiciones del pavimento	Fallas del pavimento
			Rugosidad	IRI
			Tipo de mantenimiento	Mantenimiento preventivo
Plantear el mejoramiento de la serviciabilidad	Radica en mejorar o ampliar las características técnicas y geométricas de las carreteras con variaciones en el eje transversal o eje vertical, ampliación de curvas y cambios en las características de la superficie de rodadura respecto al diseño original de la carretera, según la AASTHO Y MTC.	Se analizará en función de sus dimensiones, condiciones del pavimento, la rugosidad y el tipo de mantenimiento, que a su vez cada uno de estos se dividirán en tres indicadores, Según AASTHO 93 Y MTC – Perú.	Nivel de servicio	Serviciabilidad inicial
				Serviciabilidad presente
				Capacidad de la carretera

ANEXO 3: VALIDACION DE DATOS

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3
PROYECTO: Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno – Mañazo 2021 Autores: Mamani Nina Jose Ronal Torres Salas Jerry Adrian									
I.- INFORMACION GENERAL							1	1	1
UBICACIÓN CARRETERA PUNO - MAÑAZO									
DISTRITO MAÑAZO		ALTITUD 3942 m.s.n.m							
PROVINCIA PUNO		LATITUD 15° 48' 4.34" S							
PAIS PERU		LONGITUD 70° 20' 36.69" O							
II. CONDICIONES DEL PAVIMENTO							1	0.5	1
FALLAS LEVES m		FALLAS MEDIAS m		FALLAS ALTAS m					
III. INDICE DE RUGOSIDAD							1	1	1
Características del IRI		%	Metodos de medicion	IRI	Equipos para evaluar la Rugosidad	IRI			
IV. MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES							1	1	1
Mantenimiento Rutinario		Razón	Mantenimiento Preventivo		Razón	Mantenimiento Periodico		Razón	
V. VIGA BÉNKELMAN							0.5	1	1
Carril Izquierdo		cm	Carril Derecho		cm				
APELLIDOS Y NOMBRES:									
EXPERTO 1									
Ing. Geologo. Victor Raul Choquecota Serrano				Registro CIP: 259821					
EXPERTO 2									
Ing. Civil. Edwin Elvis Ortiz Justo				Registro CIP: 92372					
EXPERTO 3									
Mg. Ing. Civil Freddy A. Sardon Rojas				Registro CIP: 136425					



 Ing. Victor Raul Choquecota Serrano
 CIP: 259821
 INGENIERO GEOLOGO



 Ing. Edwin E. Ortiz Justo
 ING. CIVIL - CIP Nº 92372
 Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



 Mg. Ing. Freddy A. Sardon Rojas
 CIP: 136425
 INGENIERO CIVIL

VALIDEZ	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3
VARIABLE 1	1	1	0.90
VARIABLE 2	0.85	1	0.90
INDICE DE VALIDEZ			0.95



 Ing. Víctor Raúl Ochoa Serrano
 CIP: 258621
 INGENIERO GEOLOGO



 Ing. Edwin E. Ortiz Justo
 ING. CIVIL - CIP N° 60372
 Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



 Ing. Freddy A. Gordon Rojas
 CIP: 139425
 INGENIERO CIVIL

ANEXO 4: RESULTADOS IRI

LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETO
Y ASFALTO

**LABORATORIO SOIL MECHANICS
S.A.C.**

WUCC200447010

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento operador supervisor bach. Jose mamani bach. Jerry torres
 sector: Puno - Mañazo


tramo: Puno - Mañazo fecha: octubre del 2021
 carril : derecho

ensayo N° 1 del km 36+500 al km 36+900


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	28	34	31	28	34	44	29	37	29	29	tipos de pavimentos: afirmado <input type="checkbox"/> base granular base <input type="checkbox"/> imprimada <input type="checkbox"/> tratamiento bicapa <input type="checkbox"/> carpeta en frio <input type="checkbox"/> carpeta en caliente <input type="checkbox"/> recapat asfaltico <input type="checkbox"/> sello <input type="checkbox"/> otros <input checked="" type="checkbox"/>
2	34	39	27	31	37	30	24	40	41	40	
3	31	28	34	42	41	35	31	38	35	27	
4	27	30	41	37	31	22	42	34	29	34	
5	40	34	24	24	21	36	33	27	31	31	
6	29	31	32	34	35	25	37	28	27	46	
7	36	49	36	27	28	30	29	43	32	23	
8	28	34	40	30	41	38	23	21	37	33	
9	26	46	27	44	33	23	36	37	38	38	
10	35	26	30	30	42	30	26	28	33	40	
11	38	47	47	26	46	31	31	40	39	35	
12	33	31	30	43	27	27	28	29	44	34	
13	41	29	38	29	29	39	38	39	35	29	
14	44	33	36	46	41	40	30	28	31	43	
15	38	27	31	41	33	46	34	37	25	25	
16	32	30	27	27	31	25	34	35	22	43	
17	40	36	28	31	28	27	29	39	43	30	
18	28	38	23	40	23	31	31	31	43	29	
19	35	42	31	42	46	33	38	38	36	33	
20	27	30	26	29	26	41	24	30	25	38	

N° de resultados: 200
 dactor de ajuste: 0.954
 Ancho de histograma: 102.5 R= 0.593+0.0471(D)
 valor "D": 97.79
 rugosidad: 5.19


observaciones :



Ing. Pail Olayo Torres
CIP: 259321
INGENIERO GEÓLOGO



Ing. Edwin R. Ortiz Tuzi
ING. CIVIL - QP N° 42172
Esp. EN SUELOS Y FUNDACIONES



Ing. Freddy A. Sandoval Rojas
CIP: 136428
INGENIERO CIVIL

WUCC200447010 | Av. Progreso N° 234

S-1948 | tel: +51 84 220 0000 | email: info@wcc.com

Call | 915299520

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento sector: Puno - Mañazo
operador supervisor bach. Jose mamani bach. Jerry torres
tramo: Puno - Mañazo fecha: octubre del 2021
carril: Izquierdo

ensayo N° 2 del km 36+500 al km 36+900

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	30	29	32	23	16	43	27	30	22	38	tipos de pavimentos:
2	27	33	28	28	27	31	25	41	42	41	afirmdo <input type="checkbox"/>
3	23	25	27	30	38	33	25	39	43	44	base granular base <input type="checkbox"/>
4	32	32	30	28	35	28	40	28	37	37	imprimada <input type="checkbox"/>
5	24	21	28	29	24	33	37	31	29	35	tratamiento bicapa <input type="checkbox"/>
6	27	38	30	26	36	34	35	26	39	40	carpeta en frio <input type="checkbox"/>
7	33	25	34	28	34	31	24	40	37	29	carpeta en caliente <input type="checkbox"/>
8	20	35	31	27	37	32	35	24	40	35	recapet asfaltico <input type="checkbox"/>
9	32	30	29	37	25	35	35	23	44	34	sello <input type="checkbox"/>
10	36	28	31	38	31	30	28	36	32	40	otros <input checked="" type="checkbox"/>
11	23	34	33	29	35	36	31	44	35	47	
12	35	21	29	23	33	29	26	23	34	27	
13	39	44	27	25	30	40	29	29	43	30	
14	36	35	34	29	34	31	30	27	34	41	
15	34	23	35	28	33	41	34	33	43	38	
16	25	30	24	29	31	42	36	37	26	41	
17	26	26	28	25	29	34	37	26	43	31	
18	37	38	34	37	30	29	33	22	40	43	
19	39	31	32	30	39	33	28	28	42	31	
20	29	30	25	31	44	41	28	32	40	27	

N° de resultados: 200
 dactor de ajuste: 0.954
 Ancho de histograma: 97.26
 valor "D": 92.79
 rugosidad: 4.95

$R = 0.593 + 0.0471(D)$

observaciones:


 Ing. Victor Raúl Chavesca Serrano
 CIP: 289821
 INGENIERO GEOLOGO


 Ing. Freddy A. Suelto Rojas
 CIP: 120420
 INGENIERO CIVIL


 Ing. Edwin E. Ortiz Justo
 ING. CIVIL - CIP N° 92372
 Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor bach. Jose mamani bach.
Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril : derecho

fecha: octubre del 2021

ensayo N° del km al km

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	27	41	35	23	39	34	27	30	33	29	tipos de pavimentos: afirmado <input type="text"/> base granular base <input type="text"/> imprimada <input type="text"/> tratamiento bicapa <input type="text"/> carpeta en frio <input type="text"/> carpeta en caliente <input type="text"/> recapet asphaltico <input type="text"/> sello <input type="text"/> otros <input type="text" value="X"/>
2	18	35	26	30	23	27	25	34	23	37	
3	29	33	31	26	35	38	33	36	28	18	
4	20	28	22	41	19	26	21	26	34	34	
5	33	17	38	40	28	24	38	29	25	42	
6	28	38	34	35	34	33	37	35	37	24	
7	39	24	34	23	27	30	27	18	28	32	
8	35	34	42	17	25	27	30	26	20	20	
9	26	37	33	24	30	34	28	31	28	22	
10	22	31	41	23	28	36	25	27	19	26	
11	42	32	26	31	41	40	29	33	35	36	
12	36	41	39	37	20	31	37	20	19	28	
13	40	28	32	26	41	19	30	41	26	42	
14	24	36	35	37	37	22	21	29	30	23	
15	19	35	40	31	35	31	28	32	27	36	
16	39	26	35	23	26	37	34	30	24	40	
17	37	39	29	29	23	26	25	26	37	34	
18	33	21	26	35	30	28	28	34	29	28	
19	38	38	30	23	34	25	29	28	28	23	
20	26	20	35	24	24	31	40	31	30	20	

N° de resultados:
 dactor de ajuste
 Ancho de histograma
 valor "D"
 rugosidad

$R = 0.593 + 0.0471(D)$

observaciones:



 Ing. Victor Paul Chaves Serrano
 CIP: 289821
 INGENIERO GEOLOGO



 Ing. Freddy A. Sandoz Rojas
 CIP: 130420
 INGENIERO CIVIL



 Ing. Edwin E. Ortiz Juico
 ING. CIVIL - CIP N° 82572
 Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor bach. Jose mamani bach.
Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril: izquierdo

fecha: octubre del 2021

ensayo N° 4 del km 36+900 al km 37+300

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	36	28	36	20	25	25	32	32	35	37	tipos de pavimentos: afirmado <input type="checkbox"/> base granular base <input type="checkbox"/> imprimada <input type="checkbox"/> tratamiento bicapa <input type="checkbox"/> carpeta en frio <input type="checkbox"/> carpeta en caliente <input type="checkbox"/> recapet asfaltico <input type="checkbox"/> sello <input type="checkbox"/> otros <input checked="" type="checkbox"/>
2	24	27	28	36	28	37	36	33	37	25	
3	33	23	32	36	38	30	24	34	33	29	
4	40	33	31	39	28	24	37	27	24	31	
5	37	27	29	32	22	33	27	30	33	33	
6	26	26	31	31	35	23	30	25	37	25	
7	41	20	28	24	29	33	29	27	24	30	
8	40	35	28	29	27	27	31	23	24	22	
9	35	36	41	33	31	31	31	29	27	37	
10	27	40	37	32	29	33	38	27	37	27	
11	38	39	25	36	26	28	27	38	26	33	
12	28	25	39	38	23	30	27	29	18	26	
13	34	22	27	33	31	27	31	31	24	32	
14	34	17	22	37	31	25	31	30	32	28	
15	38	23	33	35	33	22	23	24	25	24	
16	28	32	34	22	27	28	24	35	30	30	
17	38	23	40	27	33	27	29	28	24	24	
18	30	20	40	24	30	29	36	37	37	28	
19	29	29	32	21	35	24	24	30	25	29	
20	27	39	36	28	30	35	31	28	23	30	

N° de resultados: 200
factor de ajuste: 0.954
Ancho de histograma: 84.14
valor "D": 80.27
rugosidad: 4.37

$$R = 0.593 + 0.0471(D)$$

observaciones:


Ing. Yordani Cleopatra Serrano
CIP: 256821
INGENIERO GEOLOGO


Ing. Freddy A. Serrano Rojas
CIP: 130423
INGENIERO CIVIL


Ing. Wilfredo E. Ortiz Justo
ING. CIVIL - CIP N° 82572
Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor

bach. Jose mamani
bach. Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril : derecho

fecha:

octubre del 2021

ensayo N° del km al km

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	30	28	31	34	22	26	33	28	23	20	tipos de pavimentos:
2	23	40	34	35	31	32	29	29	28	31	afirmado: <input type="text"/>
3	27	27	19	31	27	29	40	26	34	22	base granular base <input type="text"/>
4	33	34	27	22	26	21	32	34	22	27	imprimada <input type="text"/>
5	29	22	36	26	29	25	37	35	30	34	tratamiento bicapa <input type="text"/>
6	21	25	33	34	32	41	20	23	21	37	carpeta en frio <input type="text"/>
7	32	33	37	27	20	28	26	24	33	29	carpeta en caliente <input type="text"/>
8	26	38	36	35	27	24	34	25	37	24	recapet asfaltico <input type="text"/>
9	24	40	31	34	30	30	28	32	21	33	sello <input type="text"/>
10	28	39	25	19	21	19	23	35	19	30	otros <input type="text" value="X"/>
11	41	32	38	39	33	22	25	26	24	41	
12	38	31	34	36	26	20	27	30	26	33	
13	35	22	26	30	23	28	32	27	34	25	
14	24	27	21	40	39	33	30	29	19	27	
15	28	23	23	32	25	32	22	31	22	20	
16	20	30	27	22	24	21	29	40	35	26	
17	31	29	31	21	29	22	20	37	39	25	
18	29	24	29	27	31	22	32	22	30	24	
19	26	36	37	34	19	27	27	26	24	40	
20	21	34	33	25	21	20	29	31	27	32	

N° de resultados:
 dactor de ajuste
 Ancho de histograma
 valor "D"
 rugosidad

$$R = 0.593 + 0.0471(D)$$

observaciones :


 Ing. Víctor Raúl Chavesca Serrano
 CIP: 259621
 INGENIERO GEOLOGO


 Ing. Freddy A. Santos Rojas
 CIP: 136429
 INGENIERO CIVIL


 Ing. Edwin E. Cruz Justo
 CIP: 208 - CP 17 8072
 INGENIERO CIVIL

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor

bach. Jose mamani
bach. Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril: izquierdo

fecha:

octubre del 2021

ensayo N° del km al km

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	23	37	29	28	32	26	32	21	34	23	tipos de pavimentos: afirmado <input type="text"/> base granular <input type="text" value="base"/> imprimada <input type="text"/> tratamiento bicapa <input type="text"/> carpeta en frio <input type="text"/> carpeta en caliente <input type="text"/> recapet asfaltico <input type="text"/> sello <input type="text"/> otros <input type="text" value="X"/>
2	32	23	32	28	30	36	20	40	33	32	
3	34	39	24	28	32	38	27	36	37	20	
4	32	28	31	21	22	20	31	23	31	22	
5	32	26	35	35	39	22	38	34	33	31	
6	36	28	27	31	34	21	23	24	24	33	
7	30	38	31	34	25	30	34	33	25	31	
8	32	28	29	37	24	31	36	26	23	39	
9	27	35	36	22	32	33	34	29	26	23	
10	36	33	25	20	31	28	32	24	22	38	
11	29	40	33	37	38	32	25	26	38	39	
12	38	34	29	25	36	27	25	39	35	40	
13	36	32	26	39	31	29	39	29	32	34	
14	28	33	28	22	29	31	32	23	24	30	
15	25	20	25	31	35	24	19	21	28	22	
16	38	25	38	34	23	27	28	40	33	31	
17	30	38	33	27	23	25	19	35	35	28	
18	21	33	20	21	33	25	29	32	26	35	
19	28	34	30	27	35	25	33	36	34	40	
20	27	27	34	25	30	35	37	30	26	31	

N° de resultados:	<input type="text" value="200"/>
dactor de ajuste	<input type="text" value="0.954"/>
Ancho de histograma	<input type="text" value="96.53"/>
valor "D"	<input type="text" value="92.09"/>
rugosidad	<input type="text" value="4.92"/>

$$R = 0.593 + 0.0471(D)$$

observaciones:



 Sr. Victor Raúl Chumpuza Senayo
 CIP: 259871
 INGENIERO GEOLOGO



 Sr. Edwin E. Ortiz Justo
 Ing. CIVIL - CIP N° 82172
 Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



 Sr. Freddy A. Sures Rojas
 CIP: 136425
 INGENIERO CIVIL

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor bach. Jose mamani bach.
Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril : derecho

fecha: octubre del 2021

ensayo N° 7 del km 37+700 al km 38+100

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	29	31	27	38	27	25	40	30	36	28	tipos de pavimentos: afirmdo <input type="checkbox"/> base granular base <input type="checkbox"/> imprimada <input type="checkbox"/> tratamiento bicapa <input type="checkbox"/> carpeta en frio <input type="checkbox"/> carpeta en caliente <input type="checkbox"/> recapet asfáltico <input type="checkbox"/> sello <input type="checkbox"/> otros <input checked="" type="checkbox"/>
2	34	25	32	24	32	30	24	24	27	32	
3	26	34	28	30	29	28	31	36	31	24	
4	24	31	36	23	31	39	33	21	33	34	
5	31	24	23	23	30	28	27	26	28	27	
6	26	27	24	40	23	20	30	24	35	24	
7	39	20	26	32	23	34	38	20	31	29	
8	25	28	24	28	29	26	28	32	30	30	
9	20	25	32	37	22	27	39	27	27	34	
10	32	35	38	31	30	31	21	25	33	26	
11	22	30	36	29	37	25	37	26	29	30	
12	23	41	39	21	41	26	24	21	22	32	
13	24	37	24	34	23	35	31	35	40	39	
14	36	29	33	26	31	36	29	23	34	31	
15	31	25	28	25	36	28	23	34	26	25	
16	31	26	32	30	29	22	34	33	22	27	
17	27	33	30	20	27	32	33	22	27	34	
18	24	20	29	23	23	35	25	28	21	21	
19	33	40	23	26	29	29	22	31	37	26	
20	27	28	35	32	40	38	23	33	29	41	

N° de resultados:	200
dactor de ajuste	0.954
Ancho de histograma	90.79
valor "D"	85.86
rugosidad	4.63

$$R = 0.593 + 0.0471(D)$$

observaciones :


Ing. Victor Raul Choquecota Barrios
CIP: 255921
INGENIERO GEÓLOGO


Ing. Freddy A. Sacton Rojas
CIP: 126423
INGENIERO CIVIL

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor bach. Jose mamani bach.
Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril: Izquierdo

fecha: octubre del 2021

ensayo N° 8 del km 37+700 al km 38+100

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	38	27	36	36	26	22	38	31	22	37	tipos de pavimentos: afirmado <input type="checkbox"/> base granular base <input type="checkbox"/> imprimada <input type="checkbox"/> tratamiento bicapa <input type="checkbox"/> carpeta en frio <input type="checkbox"/> carpeta en caliente <input type="checkbox"/> recapet asfaltico <input type="checkbox"/> sello <input type="checkbox"/> otros <input checked="" type="checkbox"/>
2	39	35	38	31	21	32	20	27	28	36	
3	35	26	27	20	39	27	37	32	39	26	
4	28	32	39	33	23	37	34	29	36	33	
5	39	30	33	30	31	39	25	28	29	35	
6	31	31	30	40	33	22	29	27	34	28	
7	36	22	28	23	40	38	32	33	35	29	
8	31	21	24	25	23	29	26	36	38	29	
9	34	34	35	24	29	34	28	37	40	31	
10	22	35	36	27	31	29	31	25	35	35	
11	30	33	30	32	30	33	30	24	33	29	
12	22	20	33	26	40	20	24	25	27	39	
13	24	32	37	34	22	24	32	39	27	31	
14	39	27	33	31	38	35	28	32	31	27	
15	34	35	26	22	36	31	26	36	25	35	
16	39	23	29	31	30	38	38	22	25	29	
17	37	37	36	29	26	33	36	25	37	30	
18	28	20	29	27	32	35	26	26	28	30	
19	31	26	32	28	29	21	25	30	32	33	
20	27	28	31	31	40	35	26	29	36	38	

N° de resultados: 200
 dactor de ajuste: 0.954
 Ancho de histograma: 86.50
 valor "D": 82.52
 rugosidad: 4.47

$$R = 0.593 + 0.0471(D)$$

observaciones:


 Ing. Victor Paz Choquepa Sotelo
 CIP: 266821
 INGENIERO CIVIL


 Ing. Freddy A. Sardon Rojas
 CIP: 136425
 INGENIERO CIVIL


 Ing. Edwin A. Ortiz Justo
 Ing. CIVIL - CIP N° 62072
 Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluacion de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor bach. Jose mamani
Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril : derecho

fecha: octubre del 2021

ensayo N° 9 del km 38+100 al km 38+500

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

tipos de pavimentos:

- afirmado:
- base granular base:
- imprimada:
- tratamiento bicapa:
- carpeta en frio:
- carpeta en caliente:
- recapet asfáltico:
- sello:
- otros:

N° de resultados: 200
 dactor de ajuste 0.954
 Ancho de histograma 90.79
 valor "D" 85.86
 rugosidad 4.63

$$R = 0.593 + 0.0471(D)$$

observaciones:


 Ing. Raúl Obando Sotelo
 CIP: 259821
 INGENIERO GEOLOGO


 Ing. Freddy A. Gordon Rojas
 CIP: 136425
 INGENIERO CIVIL


 Ing. Edgar E. Ortiz Justo
 CIP: 181277
 Esp. EN BUELOS Y PAVIMENTOS

ensayo para medir la rugosidad (HOJA DE CAMPO)

evaluación de pavimento
sector: Puno - Mañazo

operador supervisor

bach. Jose mamani bach.
Jerry torres

tramo: Puno - Mañazo
carril: izquierdo

fecha:

octubre del 2021

ensayo N° 10 del km 38+100 al km 38+500

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

tipos de pavimentos:

- afirmado
- base granular base
- imprimada
- tratamiento bicapa
- carpeta en frio
- carpeta en caliente
- recapet asfaltico
- sello
- otros

N° de resultados: 200
 dactor de ajuste 0.954
 Ancho de histograma 89.64
 valor "D" 85.52
 rugosidad 4.61

$R = 0.593 + 0.0471(D)$

observaciones:


 Ing. Victor Raúl Chaves García
 CIP: 259821
 INGENIERO GEÓLOGO


 ING. CIVIL - CP. N° 30272
 Exp. EN SU CALIDAD FIRMADOS


 Ing. Freddy A. Sazon Rojas
 CIP: 130425
 INGENIERO CIVIL

ANEXO 4: RESULTADOS VIGA BENKELMAN



MEDIDA DE LA DEFLEXION MAXIMA Y RADIO DE CURVATURA CON LA VIGA BENKELMAN MTC E 3003

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS												
TESIS Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la sensibilidad utilizando parámetros de rigidez - deflectometría, carretera Puno - Mafazo 2021									ING. ESP. : M.A.N.B.		M.A.N.B.	
LUGAR: PUNO - MAFAZO						TECNICO: J.R.M.H y J.A.T.S.		FECHA: Octubre 2021				
DATOS DEL ENSAYO												
CARGA EJE: 6,200 Kg		PRESION DE INFLADO: 80 psi		RELACION BRAZO:			EAL: 2.5E-06 Dado: 132 mm/100					
MODALIDAD: CONTINUA		CAPA: PAVIMENTO										
LECTURAS DE CAMPO					RESULTADOS			GRAFICO				
KM	CARRIL	DIST. AL BORDE EXTER.	LECTURAS DE DIAL (mm/100)					DELECCIONES mm/100			KM	DEFLEXIONES (mm/100)
			0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	+/-	D0	D25		
36+500	D	3.95 m	0	8	12	13	18	24	48	32	178	deflectograma carril derecho
36+550	D	0.90 m	0	7	11	19	23	26	52	38	203	
36+600	D	3.95 m	0	5	12	16	21	27	54	44	264	
36+650	D	0.90 m	0	8	10	16	19	24	48	32	178	
36+700	D	3.95 m	0	6	8	12	20	29	58	48	237	
36+750	D	0.90 m	0	9	15	18	21	23	46	28	158	
36+800	D	3.95 m	0	8	11	15	19	20	52	36	178	
36+850	D	0.90 m	0	5	14	16	19	23	46	36	284	
36+900	D	3.95 m	0	7	23	26	26	33	66	52	203	
36+950	D	0.90 m	0	7	18	20	22	25	50	36	203	
37+000	D	3.95 m	0	7	15	21	22	33	66	52	203	
37+050	D	0.90 m	0	10	19	22	25	28	52	32	142	
37+100	D	3.95 m	0	9	17	25	22	25	90	32	158	
37+150	D	0.90 m	0	5	12	18	22	27	54	44	284	
37+200	D	3.95 m	0	5	15	20	24	30	60	50	264	
37+250	D	0.90 m	0	5	12	15	17	19	36	28	264	
37+300	D	0.90 m	0	9	15	17	21	22	44	25	158	
37+350	D	0.90 m	0	8	17	21	25	26	52	36	178	
37+400	D	0.90 m	0	4	13	16	18	21	42	34	355	
37+450	D	0.90 m	0	12	21	23	24	27	54	30	158	
TRAMO: KM 36+500 A KM 37+450 DERECHO Dc = Dado, OK D0 = 52 Re = 213												
OBSERVACIONES :												
0.00 m												

[Handwritten Signature]
 Ing. Víctor Raúl Chazacua Soriano
 CIP: 256021
 INGENIERO GEOLOGO

[Handwritten Signature]
 Ing. Esteban B. Ortiz Justo
 ING. CIVIL - CIP 42 8297
 Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

[Handwritten Signature]
 Ing. Pablo A. Sotillo
 CIP: 136425
 INGENIERO CIVIL



MEDIDA DE LA DEFLEXION MAXIMA Y RADIO DE CURVATURA CON LA VIGA BENKELMAN
MTC E 1003

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

TESIS Evaluación del pavimento flexible para planificar el mejoramiento de la serviciabilidad
utilizando parámetros de rugosidad - deflecometría, carretera Puno - Mañazo 2021
LUGAR: PUNO - MAÑAZO

ING. ESP. : M.N.A.B
TECNICO: J.R.M.N y J.A.T.S.
FECHA : Octubre 2021

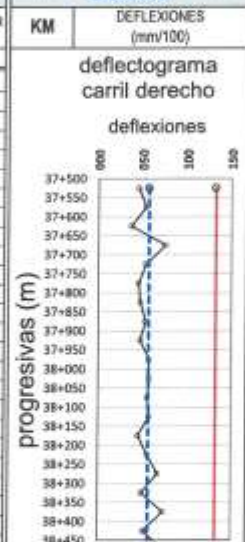
DATOS DEL ENSAYO

CARGA EJE: 8,200 Kg	PRESION DE INFLADO: 80 psi	RELACION BRAZO: [REDACTED]	EAL: 2.0E+08
MODALIDAD: CONTRAJA	CAPA: PAVIMENTO		Dadiv: 132 mm/100

LECTURAS DE CAMPO

KM	CARRIL	DIST. AL BORDE EXTER.	LECTURAS DE DIAL (mm/100)							RESULTADOS		
			DIAL (1)							CURVATURA A	Rc	Km
			0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	L1	D0			
37+500	D	3.95 m	0	10	16	19	20	23	40	26	142	37+500
37+550	D	0.90 m	0	8	18	22	25	27	54	38	178	37+550
37+600	D	3.95 m	0	9	12	14	16	19	38	20	158	37+600
37+650	D	0.90 m	0	8	18	23	36	38	76	60	178	37+650
37+700	D	3.95 m	0	9	15	19	23	27	54	36	158	37+700
37+750	D	0.90 m	0	6	12	18	19	23	46	34	237	37+750
37+800	D	3.95 m	0	8	13	18	20	24	48	32	178	37+800
37+850	D	0.90 m	0	9	16	22	25	27	54	36	158	37+850
37+900	D	3.95 m	0	9	12	20	22	24	48	30	158	37+900
37+950	D	0.90 m	0	9	18	23	25	29	58	40	158	37+950
38+000	D	3.95 m	0	9	16	23	26	29	58	40	158	38+000
38+050	D	0.90 m	0	9	17	21	25	28	56	38	158	38+050
38+100	D	3.95 m	0	9	18	21	26	29	58	40	158	38+100
38+150	D	0.90 m	0	9	15	18	19	23	46	28	158	38+150
38+200	D	3.95 m	0	9	18	23	27	28	56	38	158	38+200
38+250	D	0.90 m	0	9	23	26	29	34	68	50	158	38+250
38+300	D	0.90 m	0	9	12	20	22	25	50	32	158	38+300
38+350	D	0.90 m	0	9	19	29	34	37	74	56	158	38+350
38+400	D	0.90 m	0	12	20	21	23	26	52	28	119	38+400
38+450	D	0.90 m	0	9	18	28	36	38	76	58	158	38+450
												38+500
												38+550
												38+600
												38+650
												38+700
												38+750
												38+800
												38+850
												38+900
												38+950
												38+000
												38+050
												38+100
												38+150
												38+200
												38+250
												38+300
												38+350
												38+400
												38+450

GRAFICO



TRAMO: KM 37+500 A KM 38+450 **DERECHO** **Dc = Dadiv, OK** **D0= 56** **Rc=182**

OBSERVACIONES :
0.90 m


Ing. Víctor José Chaves Sánchez
CIP: 259821
INGENIERO GEÓLOGO


Ing. Edwin E. Ortiz Justo
ING. CIVIL - CIP N° 82372
Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos Alfredo Salas Rojas
CIP: 130425
INGENIERO CIVIL

MEDIDA DE LA DEFLEXION MAXIMA Y RADIO DE CURVATURA CON LA VIGA BENKELMAN MTC E 1003

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS													
TEBIS							ING. ESP. :		M.A.N.B.				
Evolución del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad - deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021							TECNICO:		J.R.M.N y J.A.T.B.				
LUGAR: PUNO - MAÑAZO							FECHA :		Octubre 2021				
DATOS DEL ENSAYO													
CARGA EJE: 8,200 Kg			PRESSION DE INFLADO: 80 psi			RELACION BRAZO:		F. ESTACNL:		EAL: 2.04E+08			
MODALIDAD: CONTINUA			CAPA: PAVIMENTO			Nº BRAZOS VIGA:		1 1.1		Dadn= 132 mm/100			
LECTURAS DE CAMPO							RESULTADOS			GRAFICO			
KM	CARRIL	DIST. AL BORDE EXTER.	LECTURAD DE DIAL (mm/100)						DELESIONES mm/100		CURVATURA R _c	KM	DEFLEXIONES (mm/100)
			0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	L _s	D0	D25			
37+525	I	0.90 m	0	9	13	20	25	27	54	36	158	<p>deflectograma carril izquierdo deflexiones</p>	
37+575	I	3.95 m	0	7	16	21	25	29	58	44	203		
37+625	I	0.90 m	0	7	16	20	23	26	52	38	200		
37+675	I	3.95 m	0	10	15	18	22	27	54	34	142		
37+725	I	0.90 m	0	8	17	21	25	30	60	44	178		
37+775	I	3.95 m	0	8	19	28	34	38	76	66	178		
37+825	I	0.90 m	0	6	12	19	20	28	56	44	237		
37+875	I	3.95 m	0	9	16	22	25	27	54	36	158		
37+925	I	0.90 m	0	8	13	19	22	23	46	30	178		
37+975	I	3.95 m	0	8	12	17	22	25	50	34	178		
38+025	I	0.90 m	0	7	11	19	24	27	54	40	203		
38+075	I	3.95 m	0	9	15	19	22	25	55	35	144		
38+125	I	0.90 m	0	8	19	23	25	29	64	46	162		
38+175	I	3.95 m	0	7	10	14	19	26	57	42	185		
38+225	I	0.90 m	0	9	16	22	26	28	62	42	144		
38+275	I	3.95 m	0	7	14	18	21	25	55	40	185		
38+325	I	3.95 m	0	10	15	19	23	26	57	35	129		
38+375	I	3.95 m	0	10	15	18	24	28	62	40	129		
38+425	I	3.95 m	0	8	18	21	24	26	57	40	162		
38+475	I	3.95 m	0	8	17	24	27	29	64	46	162		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
									-	-	-		
TRAMO: KM.37+525 A KM.38+475 IZQUIERDO							De < Dadn , OK		D0= 57		Rc= 171		
OBSERVACIONES :													

Ing. Victor Paul Choquecruz Serrano
 CIP: 269821
 INGENIERO GEOLOGO

Ing. Edwin E. Ortiz Justa
 ING. CIVIL - CIP N° 32372
 Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Freddy A. Santos Rojas
 CIP: 130425
 INGENIERO CIVIL

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 36+500KM. AI 36+900KM. L/D

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

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

[Signature]
Ing. José Diego Sotelo
CIP: 259821
INGENIERO GEÓLOGO

[Signature]
Ing. Edwin A. Ortiz Justo
ING. CIVIL - CIP N° 92372
Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



[Signature]
Ing. Freddy A. Santos Rojas
CIP: 134426
INGENIERO CIVIL

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 36+500KM. AL 36+900KM. L/I

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

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

J.P.P.

 Ing. J. P. P.
 CIP: 260924
 INGENIERO GEOLOGO

J. J. J.

 Ing. J. J. J.
 CIP: 90372
 Exp. EN SUELOS Y ASFALTES

R. S. R.

 Ing. R. S. R.
 CIP: 150425
 INGENIERO CIVIL



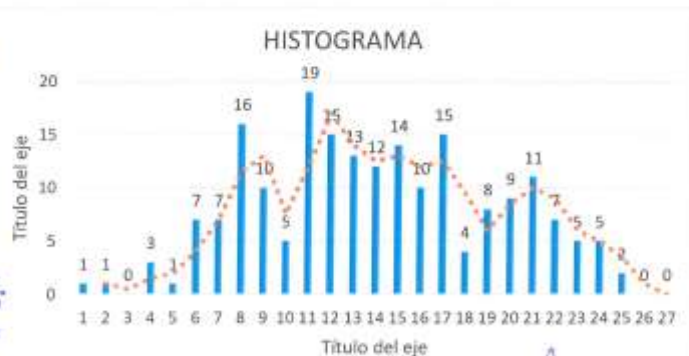
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 36+900KM. AI 37+300KM. L/I

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

N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia
1	17	1	10	26	5	19	35	8
2	18	1	11	27	19	20	36	9
3	19	0	12	28	15	21	37	11
4	20	3	13	29	13	22	38	7
5	21	1	14	30	12	23	39	5
6	22	7	15	31	14	24	40	5
7	23	7	16	32	10	25	41	2
8	24	16	17	33	15	26	42	0
9	25	10	18	34	4	27	43	0

[Signature]
 Ing. Víctor Raúl Choquezo Soriano
 CIP: 259821
 INGENIERO GEOLOGO

[Signature]
 Ing. Búvia E. Ortiz Justo
 Ing. CIVIL - CIP N° 91372
 Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



[Signature]
 Ing. Fredy A. Santos Rojas
 CIP: 136425
 INGENIERO CIVIL

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 37+300KM. AI 37+700KM. L/D

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

N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia
1	19	6	10	28	6	19	37	6
2	20	9	11	29	13	20	38	3
3	21	10	12	30	9	21	39	4
4	22	14	13	31	11	22	40	6
5	23	7	14	32	11	23	41	3
6	24	10	15	33	10	24	42	0
7	25	9	16	34	13	25	43	0
8	26	15	17	35	6	26	44	0
9	27	16	18	36	3	27	45	0


Ing. Raúl Desamparado Barona
CIP: 259821
INGENIERO GEÓLOGO


Ing. Edwin E. Ortiz Justo
ING. CIVIL - OP N° 02372
Esp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS




Ing. Eddy A. Sando Rojas
CIP: 438274

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 37+300KM. AI 37+700KM. L/I

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

N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia
1	19	2	10	28	13	19	37	5
2	20	6	11	29	10	20	38	9
3	21	7	12	30	7	21	39	9
4	22	7	13	31	14	22	40	5
5	23	9	14	32	16	23	41	0
6	24	7	15	33	13	24	42	0
7	25	11	16	34	13	25	43	0
8	26	8	17	35	11	26	44	0
9	27	9	18	36	9	27	45	0



 Víctor Raúl Choquecota Serrano
 CIP: 256821
 INGENIERO GEOLOGO



 Ing. Edwin E. Ortiz Justo
 Ing. CIVIL - CIP N° 63372
 Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS





 Ing. Freddy A. Sardon Rosas
 CIP: 136425
 INGENIERO CIVIL

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 37+700KM. AI 38+100KM. L/D

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

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

[Signature]

 Ing. Harold Choqueza Serrano
 CIP: 250821
 INGENIERO GEOLOGO

[Signature]

 Ing. Edwin E. Ortiz Justo
 ING. CIVIL - CIP N° 02572
 Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



[Signature]
 Ing. Wendy A. Sandoval Rojas
 CIP: 130624

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 37+700KM. AL 38+100KM. L/I

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

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


Ing. Raúl Chocoma Serrano
CIP: 258821
INGENIERO GEÓLOGO


Ing. Edwin E. Ortiz Justo
CIP: 136425
Exp. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 38+100KM. AI 38+500KM. L/D

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

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

[Signature]

 Lic. Raúl Diego Salazar
 CIP: 259821
 INGENIERO GEOLOGO

[Signature]

 Lic. Edwin H. Ortiz Justo
 Lic. CIVIL - CIP N° 2372
 Esp. EN SUELOS Y FUNDAMENTOS



[Signature]

 Lic. Fredy A. Castro Rojas
 CIP: 130425
 INGENIERO CIVIL

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS 38+100KM. AI 38+500KM. L/I

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

N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia	N°	Intervalo de Desviación	frecuencia
1	19	6	10	28	14	19	37	5
2	20	8	11	29	9	20	38	9
3	21	8	12	30	9	21	39	4
4	22	10	13	31	7	22	40	2
5	23	14	14	32	11	23	41	6
6	24	11	15	33	9	24	42	0
7	25	11	16	34	6	25	43	0
8	26	8	17	35	9	26	44	0
9	27	14	18	36	10	27	45	0



 Víctor Raúl Chaves
 CIP: 260821
 INGENIERO GEOLOGO



 Ing. Edwin E. Ortiz Justo
 Ing. Civil - CIP N° 92372
 Exp. en SUELOS Y PAVIMENTOS



SECCIÓ N	PROGRESIVA		LONG. INTERVA LO (m)	IRI (m/km)			
	INICIO	FINAL		CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO	
				HUELLA DER.	HUELLA IZQ.	HUELLA DER.	HUELLA IZQ.
TRAMO Km. 36+500	36+50 0	36+90 0	400	5.2	-	-	4.96
AL Km. 38+500	36+90 0	37+30 0	400	5.31	-	-	4.37
	37+30 0	37+70 0	400	4.93	-	-	4.67
	37+70 0	38+10 0	400	4.64	-	-	4.48
	38+10 0	38+50 0	400	4.62	-	-	4.86
PROMEDIO				4.94	-	-	4.67



 Ing. Víctor Raúl Chiquero Soriano
 CIP: 250021
 INGENIERO GEOLOGO



 Ing. Edwin E. Ortiz Justo
 ING. CIVIL - CIP N° 92172
 Exp. ENCARGO Y PAGOS



 Ing. Freddy A. Saldán Tapas
 CIP: 130425
 INGENIERO CIVIL

ANEXO 6: PANEL FOTOGRAFICO

IMAGEN 1: Reconocimiento de la carretera puno - mañazo



IMAGEN 2: Identificando el tipo de falla en la carretera puno - mañazo



IMAGEN 3: ENSAYO DE ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN LOS TRAMOS MÁS CRÍTICOS DE LA CARRETERA PUNO – MAÑAZO.



IMAGEN 4: TABLA DE VALORES DEL RUGOSÍMETRO MERLIN.



IMAGEN 5: REALIZANDO EN ENSAYO DE RUGOSIMETRO MERLIN, PARA EL CALCULO DE FACTOR DE CORRECCIÓN.



IMAGEN 6: CARGUÍO DEL CAMIÓN, CON GRAVA PARA ALCANZAR LOS 8.2TN EN EL EJE POSTERIOR.



IMAGEN 7: PESAJE DEL CAMIÓN EN EL GRIFO BRONCO – PUNO.



IMAGEN 8: REGISTRO DEL PESAJE DEL EJE TRASERO DEL CAMION.



IMAGEN 9: COLOCACIÓN DE LA VIGA BENKELMAN ENTRE LAS LLANTAS DEL EJE POSTERIOR DEL CAMIÓN.



IMAGEN 10: AJUSTES DEL DIAL Y ENCENDIDO DEL VIBRADOR.



IMAGEN 11: DEFLEXIÓN A 25 CM DEL PUNTO DE ENSAYO.

