

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023

Presentado por:

Betzabe Huanca Quispe

Para optar el Título de: Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023


Presentado por la bachiller **Betzabe Huanca Quispe**, para optar el Título de:
Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 26 de junio del 2024 ante el jurado evaluador:

Presidente:


Mg. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Primer miembro:


Mg. James Velazque Rojas

Segundo miembro:


Mg. Calixto Cañari Otero

Asesor:


Ph.D. Lucy Marisol Guanuchi Orellana



Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



Dedicatoria

A Dios por ser el pilar fundamental en mi vida. Así también a mis padres Tito y Eva por ser el manantial que aplaca mi sed, mis ganas de nunca rendirme y por todo el amor y sacrificio que cuando no tenía me ayudaron de manera verbal y económica, de igual manera a mi hermano William por creer y confiar en mi capacidad y enseñarme hacer fuerte en los momentos difíciles y cómplice de varias aventuras y fomentar en mi formación como persona tanto moral y profesional. A papá Romer por sus consejos y estar para mí en los momentos buenos y malos, y no me olvido de mis amigos y de las personas que se presentaron en mi vida. A todos ellos le dedico esta tesis porque me ayudaron hacer realidad mi sueño de ser Ingeniero Civil para aportar en el desarrollo de la sociedad.

Betzabe.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme concretizar esta etapa de mi vida, brindándome sabiduría, inteligencia, capacidad, fuerza de voluntad, humildad y buena salud, a mi familia por ser los mejores ejemplos de lucha y mi apoyo incondicional, a mi alma mater Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por su formación académica durante los estudios de pregrado que fueron de mucho aprendizaje, así mismo esta tesis fue ganadora y financiada parcialmente, a través del Vicerrectorado de Investigación de la UNAMBA, mediante el V Concurso de Investigación Científica y Tecnológica de Proyectos de Tesis de Pregrado, financiado con Fondos de Canon, Sobre canon y Regalías Mineras 2023, a mi asesora Ph.D, Ing Lucy Marisol Guanuchi Orellana por su apoyo y orientación hasta lograr obtener esta meta muy importante, como es el título de Ingeniero Civil.

Betzabe.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	VII
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.3 Justificación de la investigación.....	6
CAPÍTULO II.....	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.1.1 Objetivo general.....	8
2.1.2 Objetivos específicos.....	8
2.2 Hipótesis de la Investigación	8
2.2.1 Hipótesis general	8
2.2.2 Hipótesis específicas.....	8
2.3 Operacionalización de variables	9
2.3.1 Variable independiente	9
2.3.2 Variable dependiente	9
CAPÍTULO III	11
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	11
3.1 Antecedentes	11
3.2 Marco teórico	16
3.2.1 Análisis funcional – Variable independiente.....	16
3.2.1.1 Rugosidad.....	16
3.2.1.1.1 Calculo de la rugosidad	17
3.2.1.1.2 Correlaciones de D versus IRI.....	18
3.2.1.1.3 Nivel de rugosidad	18
3.2.1.1.4 Factores que afecta a la rugosidad de los pavimentos	19
3.2.1.1.5 Características del IRI.....	20
3.2.1.1.6 Normas IRI.....	20

3.2.1.1.7	Método de medición	20
3.2.1.1.8	Rugosímetro de merlín.....	21
3.2.1.1.9	Modo de uso de Rugosímetro de merlín.....	23
3.2.1.2	Índice de resistencia del pavimento PSI.....	24
3.2.1.2.1	Conexión entre PSI - IRI.....	24
3.2.1.2.2	Fallas de pavimento flexible	25
3.2.1.3	Carpeta estructural.....	26
3.2.1.3.1	Capa de rodadura.....	27
3.2.1.3.2	Base.....	27
3.2.1.3.3	Subbase.....	27
3.2.1.3.4	Subrasante.....	27
3.2.2	Transitabilidad vehicular – Variable Dependiente.....	29
3.2.2.1	IMDA	29
3.2.2.1.1	Eje simple - tandem.....	30
3.2.2.2	Tipos de vehículos.....	30
3.2.2.2.1	Tasa de crecimiento y proyección.....	31
3.2.2.2.2	Cálculo del factor equivalente de eje de carga	32
3.2.2.2.3	Cálculo del Esal.....	33
3.2.2.3	Categoría de subrasante	33
3.2.2.3.1	Confiabledad (% R)	34
3.2.2.3.2	Desviación estándar SO	34
3.2.2.3.3	Modulo resiliente MR	34
3.2.2.3.4	Ecuación básica del diseño de la estructura pavimento flexible.....	35
3.3	Marco conceptual.....	35
	CAPÍTULO IV.....	37
	METODOLOGÍA.....	37
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	37
4.1.1	Tipo de investigación.....	37
4.1.2	Nivel de investigación	37
4.2	Diseño de investigación	39
4.3	Descripción ética de la investigación	39
4.4	Población y muestra.....	40
4.4.1	Población.....	40
4.4.2	Muestra.....	41
4.4.2.1	Muestreo.....	41
4.5	Procedimiento.....	42
4.6	Técnica e instrumentos.....	43
4.6.1	Técnica.....	43

4.6.2	Instrumento.....	43
4.7	Análisis estadístico.....	45
	CAPÍTULO V	48
	RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
5.1	Análisis de resultados descriptivos.....	48
5.1.1	Análisis de resultados del objetivo general.....	48
5.1.2	Análisis de resultados del objetivo específico 1	51
5.1.2.1	Elevaciones y depresiones en el tramo 1, carril izquierdo	51
5.1.2.2	Calculo de la rugosidad en el tramo 1, carril izquierdo	53
5.1.2.3	Elevaciones y depresiones en el tramo 2, carril izquierdo	55
5.1.2.4	Calculo de la rugosidad en el tramo 2, carril izquierdo	56
5.1.2.5	Elevaciones y depresiones en el tramo 1, carril derecho	58
5.1.2.6	Calculo de la rugosidad en el tramo 1, carril derecho	59
5.1.2.7	Elevaciones y depresiones en el tramo 2, carril derecho	61
5.1.2.8	Calculo de la rugosidad en el tramo 2, carril derecho	62
5.1.3	Análisis de resultados del objetivo específico 2	64
5.1.3.1	Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 1, carril izquierdo.....	64
5.1.3.2	Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 2, carril izquierdo.....	64
5.1.3.3	Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 1, carril derecho.....	64
5.1.3.4	Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 2, carril derecho.....	64
5.1.4	Análisis de resultados del objetivo específico 3	65
5.1.4.1	Calculo del estudio de tráfico	65
5.1.4.2	Factores de distribución direccional y de carril	65
5.1.4.2.1	Tasa de crecimiento y proyección.....	66
5.1.4.3	Calculo de ejes equivalentes.....	67
5.1.4.4	Calculo de numero de repeticiones ejes equivalentes	68
5.1.4.5	Diseño de pavimento flexible.....	68
5.1.4.5.1	Variables de diseño	68
5.1.4.5.2	Criterios de comportamiento	71
5.1.4.5.3	Propiedades de los materiales.....	73
5.1.4.5.4	Coefficientes estructurales.....	74
5.2	Contrastación de hipótesis.....	78
5.3	Discusión de resultados	81
	CAPÍTULO VI.....	85
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
6.1	Conclusiones.....	85
6.2	Recomendaciones.....	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

ANEXOS	91
Anexo a. Matriz de consistencia.....	91
Anexo b. Protocolos o instrumento de recolección de datos.....	92
Anexo c. Certificado de validación de instrumentos – juicio de expertos	105
Anexo d. Fotografías, certificados.....	115
Anexo e. Declaración de originalidad del autor.....	121
Anexo f. Autorización de consentimiento para realizar la investigación	122
Anexo g. Factor de ejes equivalentes.....	126
Anexo h. Informe de liquidación de obra de la avenida las Malvinas	128
Anexo i. Constancia de originalidad	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Operacionalización de variables independiente y dependiente.	10
Tabla 2 – Rugosidad IRI (m/km) según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente. ...	18
Tabla 3 – Nivel de Índice de resistencia del pavimento.	24
Tabla 4 – Tipos de carretera con carpeta asfáltica en caliente según IMDA.	29
Tabla 5 – Períodos típicos de diseño.	32
Tabla 6 – Relación de cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE).	33
Tabla 7 – Categorías de sub rasante.	33
Tabla 8 – Juicio de expertos	44
Tabla 9 – Resumen de resultados de la rugosidad en términos de IRI.	48
Tabla 10 – Resumen, resultados de transitabilidad vehicular (PSI) en función al IRI.	49
Tabla 11 – Factores de Distribución Direccional y de carril.	66
Tabla 12 – Tipo de tráfico expresado en ejes equivalentes.	69
Tabla 13 – Desviación estándar para pavimento flexible.	70
Tabla 14 – Nivel de confiabilidad para etapa de 20 años según rango de tráfico.	70
Tabla 15 – Desviación estándar normal ZR para una etapa de 20 años.	71
Tabla 16 – Índice de serviciabilidad inicial Pi según rango de tráfico.	72
Tabla 17 – Índice de serviciabilidad final Pt según rango de tráfico.	73
Tabla 18 – Numero estructural requerido según el tráfico actual.	74
Tabla 19 – Coeficiente estructural de la capa del pavimento (a1).	74
Tabla 20 – Coeficiente estructural de la capa del pavimento (a2).	75
Tabla 21 – Coeficiente estructural de la capa del pavimento (a3).	76
Tabla 22 – Coeficiente de drenaje (mi) para la base y subbase granular no tratada.	76
Tabla 23 – Espesores del diseño de pavimento flexible.	77
Tabla 24 – Espesores de diseño del pavimento flexible avenida las Malvinas.	77
Tabla 25 – Análisis funcional y transitabilidad vehicular.	79
Tabla 26 – Rugosidad del pavimento flexible y la transitabilidad vehicular.	79
Tabla 27 – Resistencia del pavimento PSI y la categorización de la transitabilidad.	80
Tabla 28 – Diseño de pavimento flexible y la transitabilidad vehicular	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Histograma de distribución de frecuencias en muestra de 200 desviaciones.	17
Figura 2 – Nivel de Rugosidad IRI (m / km).....	19
Figura 3 – Partes fundamentales del Merlín.	22
Figura 4 – Vista transversal del Rugosímetro de Merlin.	22
Figura 5 – Fallas de pavimento flexible, según PSI.	26
Figura 6 – Estructura básica de pavimento flexible.....	28
Figura 7 – Curva de deterioro del pavimento.	28
Figura 8 – Tipos de vehículos según pesos y medidas máximas permitidas.....	31
Figura 9 – Esquema de diseño de investigación.....	39
Figura 10 – Flujograma del procedimiento de ejecución de la investigación.	43
Figura 11 – Resultados de PSI – IRI en el tramo 1 y 2 del carril izquierdo y derecho.	50
Figura 12 – Resultado de la Avenida las Malvinas PSI – IRI.	50
Figura 13 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 1 – carril izquierdo.	52
Figura 14 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 1 – carril izquierdo. ..	52
Figura 15 – Vista de carril izquierdo – tramo 1 en la Avenida las Malvinas.	52
Figura 16 – Resultado de la rugosidad en términos de IRI tramo 1 – carril izquierdo.....	54
Figura 17 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 2 – carril izquierdo.	55
Figura 18 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 2 – carril izquierdo. ..	55
Figura 19 – Resultado de la rugosidad en términos de IRI tramo 2 – carril izquierdo.....	57
Figura 20 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 1 – carril derecho.....	58
Figura 21 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 1 – carril derecho.....	58
Figura 22 – Vista de carril derecho – tramo 1 en la Avenida las Malvinas.....	59
Figura 23 – Resultado de la rugosidad en términos de IRI tramo 1 – carril derecho.	60
Figura 24 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 2 – carril derecho.....	61
Figura 25 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 2 – carril derecho.....	61
Figura 26 – Resultado de la rugosidad en términos de IRI tramo 2 – carril derecho.	63
Figura 27 – Índice medio diario semanal (IMDs).	65
Figura 28 – Calculo de Esal.....	68
Figura 29 – Nuevo diseño de la carpeta estructural.....	77
Figura 30 – Diseño de la carpeta estructural con el cual fue construido.	78
Figura 31 – Escala para evaluar la variabilidad de las desviaciones.	92
Figura 32 – Studio de tráfico.	104
Figura 33 – Configuración de Ejes y peso máximo.	126
Figura 34 – Factor de ejes equivalentes para eje simple, tandem y tridem.	127

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

IRI – Índice de Rugosidad Internacional

PSI – Índice de Resistencia del Pavimento

MTC – Ministerio de Transportes y Comunicaciones

ASTM – American Society for Testing and Materials

IRI – International Roughness Index

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

INVE – Instituto Nacional de Caminos Especiales

CE – Comisión Europea

PP – Práctica estándar

RD – Resolución Directoral

SN – Numero estructural

CBR – Relación de rodamiento de California

ESAL – Carga equivalente por eje único

RESUMEN

La investigación titulada “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida Las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin” aborda la problemática de los deterioros en la superficie de rodadura en dicha avenida, con el propósito de demostrar cómo el análisis funcional impacta en la transitabilidad vehicular al utilizar el Rugosímetro de Merlin en el año 2023. Se emplea una metodología aplicativa, con un enfoque de investigación descriptivo y un diseño no experimental de corte transversal. La población es igual a la muestra de estudio la Avenida las Malvinas con una longitud de 470.00 m y un ancho de calzada de 7.20 m. Los resultados revelan una alta rugosidad en toda la vía, un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 4,52 m/km, una alta rugosidad que afecta directamente a la transitabilidad. Se calcula el Índice de Resistencia del Pavimento (PSI) obteniendo un valor de 1,55, calificando al pavimento flexible como transitabilidad deficiente. En base a estos hallazgos, se propone el diseño de pavimento flexible con un número estructural (SN) de 3.17 para mejorar la transitabilidad, garantizar la durabilidad, rugosidad y resistencia de la vía.

Palabras clave: *Análisis funcional, transitabilidad vehicular, pavimento flexible.*

ABSTRACT

The research entitled “Improvement of the vehicular trafficability of flexible pavement in Las Malvinas Avenue by means of functional analysis applying the Merlin Roughness Meter” addresses the problem of deterioration of the road surface in this avenue, with the purpose of demonstrating how functional analysis impacts on vehicular trafficability by using the Merlin Roughness Meter in the year 2023. An applicative methodology is used, with a descriptive research approach and a non-experimental cross-sectional design. The population is the same as the study sample, Las Malvinas Avenue with a length of 470.00 m and a roadway width of 7.20 m. The results reveal a high roughness in the entire road, an International Roughness Index (IRI) of 4.52 m/km, a high roughness that directly affects the trafficability. The Pavement Strength Index (PSI) is calculated, obtaining a value of 1.55, qualifying the flexible pavement as poor trafficability. Based on these findings, the design of flexible pavement with a structural number (SN) of 3.17 is proposed to improve trafficability, guarantee durability, roughness and resistance of the road.

Key words: *Functional analysis, vehicular trafficability, flexible pavement.*

INTRODUCCIÓN

La Avenida Las Malvinas, situada en la ciudad de Abancay, muestra un deterioro considerable a lo largo de sus 470 metros lineales. Esta vía presenta daños visibles, fisuras tipo “piel de cocodrilo” causadas por fatiga y envejecimiento de los ligantes, fisuras en bloque, fisuras longitudinales que indican el inicio de fatiga estructural, así como reflexiones de juntas. La desintegración del pavimento se manifiesta en forma de baches, parches que muestran un desempeño inferior al pavimento original y pérdida de finos en toda su longitud. Estos problemas se reflejan en una alta rugosidad y una transitabilidad deficiente, lo que clasifica esta vía como una de las más deterioradas de la ciudad en tipo de pavimento flexible.

La Avenida, conecta instituciones clave como Essalud, centros educativos, el mercado Las Américas y el centro de la ciudad, es crucial abordar su deterioro. La insuficiencia de la carpeta estructural, agravada por el tráfico pesado constante, ha sido identificada como una de las principales causas del deterioro. Esto se evidencia al comparar el número estructural actual con el originalmente diseñado, lo que demuestra la necesidad de una intervención urgente.

El objetivo de esta investigación es determinar el impacto del análisis funcional en la transitabilidad vehicular de la Avenida las Malvinas utilizando el Rugosímetro de Merlin, que mide la rugosidad y evalúa la transitabilidad para proponer mejoras en el pavimento. Se emplea una metodología aplicada, descriptiva, no experimental y de corte transversal, basada en teorías de rugosidad, tráfico, PSI y pavimento flexible. Esta investigación busca desarrollar un diseño de pavimento adecuado que mejore la condición de la vía.

La investigación está estructurada en cinco capítulos: en el capítulo I se plantea el problema a investigar; el capítulo II define los objetivos, hipótesis y la operacionalización de variables; el capítulo III aborda el marco teórico referencial, incluyendo los antecedentes, el marco teórico y el marco conceptual; el capítulo IV describe la metodología de investigación, especificando el tipo y nivel de investigación, el diseño, la población y muestra, el procedimiento, las técnicas e instrumentos, y el análisis estadístico; el capítulo V presenta los resultados, la prueba de hipótesis y las discusiones; y el capítulo VI ofrece las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el contexto **internacional** específicamente en México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Conservación de Carreteras, ha identificado que los principales desafíos para los ingenieros de carreteras han evolucionado con el tiempo. Actualmente, el desgaste debido a cargas repetidas en los pavimentos es la principal causa de deterioro, provocando fallas por fatiga y deformación acumulativa. Según el inventario anual de deterioros basado en el Índice de Regularidad Internacional (IRI), México cuenta con 178,217 km de carreteras pavimentadas, 527,744 km de caminos no pavimentados y 130,642 km de vialidades urbanas e infraestructura de enlace, sumando un total de 836,603 km en la Red Nacional de Caminos. De septiembre de 2022 a junio de 2023, se evaluaron 9,201.7 km de la Red Carretera Federal de Peaje, encontrándose el 90% (8,260.7 km) en estado aceptable o bueno. En comparación, a finales de 2014, el 82% de la carretera estaba en bueno y aceptable estado y el 18% en estado insatisfactorio; Mientras que, a finales de 2015, el 78% estaba en condiciones buenas o aceptables y el 22% en no satisfactorio (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2023).

En el contexto nacional, en el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, identifica múltiples causas de fallas en el pavimento, tales como la falta de mantenimiento, diseño inadecuado, tráfico pesado y condiciones climáticas adversarios. Estas fallas se dividen en estructurales y superficiales, y se miden según el manual de carreteras de mantenimiento o conservación vial, incluyendo problemas como piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, deformaciones, ahuellamiento, baches y fisuras transversales. PROVIAS Nacional, una entidad adscrita al MTC, se encarga de planificar, desarrollar, ejecutar y supervisar proyectos de infraestructura vial a nivel nacional. En 2022, PROVIAS reportó que la red vial nacional oficial tiene 27,114 km entre vías pavimentadas y no pavimentadas, de los cuales 17,008 km (63%) están en buen estado, 8,545 km (31%) en estado regular, y 1,560 km (6%) en estado malo. En cuanto a vías

pavimentadas, 16,363 km (72%) están en buen estado, 6,026 km (27%) en estado regular, y 286 km (1%) en estado malo (Provias Nacioanl, 2022).

En **Abancay**, las vías pavimentadas con pavimento flexible, como la Avenida Martinelli, Avenida las malvinas y la Avenida Pachacutec, están a responsabilidad de la Municipalidad Provincial de Abancay. La Avenida Las Malvinas, de 470.00 m de largo y 7.20 m de ancho, muestra un nivel significativo de degradación de la calidad de la superficie de rodadura en comparación con las otras avenidas mencionadas especialmente notable en las zonas curvas y se debe a una serie de factores. Evidencia en la carpeta de rodadura la presencia de grietas de piel de cocodrilo con un área de 91.24 m², grietas en bloque con un área de 96.52 m², grietas longitudinales con una longitud de 32.00 m y parches de reparación con un área de 96.52 m² metros cuadrados. Baches tiene una superficie de 485.36 m², reflexión de juntas 52.00 m y desprendimiento de agregado en toda la longitud de 470.00 m metros. Estos problemas son causados por fatiga de las capas asfálticas por cargas repetitivas, falta de cohesión en áreas de concreto hidráulico, falta de adherencia y mantenimiento adecuado y deterioro de la estructura del pavimento por agrietamiento longitudinal, desgaste o daño de la capa de desgaste en baches, y delaminación del árido por defectos de adherencia o dosificación del asfalto. Estos problemas reducen la resistencia y durabilidad de las carreteras con el tiempo, provocando fallas prematuras en las mismas y aumentando el riesgo de accidentes de tránsito.

Las consecuencias de este deterioro son graves, disminuyendo la seguridad vial, así como la comodidad de conductores y peatones que transitan por la Avenida las Malvinas. Además, con el paso de los años, el aumento del tráfico rodado, la falta de mantenimiento adecuado del tráfico y las condiciones climáticas desfavorables, como las fuertes lluvias de diciembre a marzo, contribuyeron a agravar los problemas existentes en la superficie de rodadura. Esto puede llevar al deterioro gradual de la infraestructura vial, impactando negativamente la economía local debido a los costos continuos de reparación y mantenimiento, así como la calidad de vida de los residentes de la ciudad afectados por una infraestructura vial deficiente. Las superficies desgastadas provocan pérdida de control, tracción y frenado, aumentando el riesgo de colisión y daños al vehículo. Además, la congestión del tráfico y los cierres parciales de carreteras tienen un impacto económico negativo en las reparaciones de vehículos y el consumo de combustible. Se desalentó el

turismo y los negocios locales sufrieron, limitando el acceso a diferentes puntos de la ciudad.

Para abordar este problema, es importante realizar un análisis funcional del pavimento flexible de la Avenida las Malvinas utilizando el Rugosímetro de Merlín para determinar la rugosidad y el nivel de transitabilidad vehicular. Con base en estos resultados, se deben realizar las adecuaciones necesarias, como un nuevo diseño de la carpeta estructural del pavimento, para cumplir con las exigencias del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y así cumpliendo con el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y la integración con la ciudad de Abancay.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el impacto del análisis funcional en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el impacto de la rugosidad en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023?
- ¿Cuál es el impacto del índice de resistencia del pavimento PSI en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023?
- ¿Cuál es el diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular actual en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023?

1.3 Justificación de la investigación

Justificación teórica: El aporte científico y técnico se centra en una identificación detallada y especializada de los problemas de transitabilidad vehicular en la Avenida Las Malvinas, específicamente en el pavimento flexible, mediante el uso del Rugosímetro de Merlín, del cual se logra evidenciar de manera objetiva el estado deteriorado del pavimento y su impacto negativo en la transitabilidad de la vía, así como proponer

soluciones efectivas para mejorarla. Estos resultados tienen el potencial de ser extrapolados a otras áreas urbanas que enfrentan desafíos similares, proporcionando nuevas ideas y recomendaciones para futuras investigaciones en ingeniería vial y gestión de infraestructura.

Justificación práctica: La investigación mostro a detalle que el Rugosímetro de Merlin es necesario para determinar la rugosidad y conocer el efecto en la transitabilidad vehicular. Así mismo es necesario conocer el suelo, tipos de fallas en los pavimentos, drenaje, tráfico que contiene la vía y en base a ello mejorar la situación existente proponiendo un diseño de pavimento flexible.

Justificación metodológica: La originalidad de esta tesis radica en su enfoque único de análisis funcional utilizando el Rugosímetro de Merlin para evaluar la transitabilidad vehicular en la Avenida Las Malvinas y a partir de este análisis, el desarrollo de una solución que incluye el dimensionamiento de la capa estructural del pavimento. A diferencia de los estudios disponibles a nivel nacional e internacional, que se centran únicamente en la rugosidad.

Justificación social: Es de suma importancia investigar el grave deterioro de la Avenida las Malvinas en Abancay, ya que la mayoría de la vía presenta diferentes tipos de daños como grietas, fisuras, desintegración y baches. Estos problemas han sido causados por el desgaste de la estructura, el envejecimiento de los materiales y el intenso tráfico de vehículos, lo que ha provocado una superficie muy irregular y dificultades para transitar por ella. Debido a que esta avenida es una vía principal que conecta importantes instituciones, su mal estado afecta considerablemente a la comunidad y es vital para mejorar la competitividad industrial, aumentar la productividad y facilitar el flujo de bienes y personas. Mejorar la infraestructura vial y la seguridad del tránsito en la Avenida las Malvinas es esencial para el bienestar de la población y para combatir la desigualdad social.

Justificación personal: Se justifica por la falta de estudios previos que hayan abordado de manera integral el deterioro y la deficiencia de la Avenida las Malvinas. Este enfoque innovador permitirá obtener resultados más precisos que podrán servir de base para el diseño de soluciones efectivas y sostenibles en el mejoramiento de la vía. El rugosímetro de Merlin tiene una contribución significativa en el campo de la ingeniería vial.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar el impacto del análisis funcional en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el impacto de la rugosidad en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.
- Determinar el impacto del índice de resistencia del pavimento PSI en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.
- Establecer el diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular actual en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

2.2 Hipótesis de la Investigación

2.2.1 Hipótesis general

El análisis funcional tiene un impacto en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

2.2.2 Hipótesis específicas

- La rugosidad tiene un impacto en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.
- El índice de resistencia del pavimento PSI tiene un impacto en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

- El diseño de pavimento flexible mejorará la transitabilidad vehicular actual en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

2.3 Operacionalización de variables

2.3.1 Variable independiente

Es un fenómeno que se manipula u observa para probar su efecto sobre una variable dependiente. Esto es de interés para el investigador porque se considera una de las posibles causas del efecto esperado. Para probar esta relación de causa y efecto, el investigador manipula la variable independiente y observa si la variable dependiente cambia (Hernández y Mendoza, 2018, p. 154).

2.3.2 Variable dependiente

Es un factor que se ve influenciado por la manipulación de la variable independiente y se mide para evaluar su efectividad. No se manipula directamente, pero sus resultados se observan después de cambiar la variable independiente (Hernández y Mendoza, 2018, p. 153).

Tabla 1 – Operacionalización de variables independiente y dependiente.

Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ITEM/UNIDAD	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Análisis funcional	El análisis funcional es un método utilizado para la evaluación de la capacidad de soporte de un pavimento flexible para resistir la deformación, durabilidad, comodidad de conducción con el paso del tiempo y el tráfico vehicular y experimentar la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y el grado de dificultad para controlar el vehículo. Para evaluar la transitabilidad se emplea el parámetro PSI el cual establece si puede soportar mejor el tráfico y mantenerse en buenas condiciones por más tiempo (Porras, 2020, p.8).	El análisis funcional de los pavimentos flexibles se analizará en función de sus dimensiones, índice de rugosidad, Índice de resistencia del pavimento (PSI) y la capa estructural del pavimento que a su vez cada uno de estos se dividirán en indicadores.	Rugosidad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Características del IRI ❖ Método de medición ❖ Equipos para evaluar la rugosidad 	m/km	Rugosímetro de Merlin
			Índice de resistencia del pavimento (PSI)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Nivel de resistencia Vehicular de Pavimento Flexible (escala nominal: Muy Malo, malo, regular, bueno y muy bueno) ❖ Conexión entre PSI – IRI: $PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times IRI)}$ ❖ Fallas de pavimento flexible 	Valor y razón	
			Diseño de la Carpeta estructural	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Capa de rodadura ❖ Base ❖ Sub base ❖ Subrasante 	cm	
Variable Dependiente: Transitabilidad vehicular	Es la evaluación de la capacidad que tiene la superficie del pavimento flexible para soportar las cargas del tráfico vehicular sin sufrir daños significativos y sin afectar la comodidad y seguridad de los usuarios que habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza fluido e irregularmente (Alvarado y Laura, 2022, p. 53).	La transitabilidad vehicular se analizará en función de sus dimensiones, IMDA, tipos de vehículos y la categoría de subrasante que a su vez cada uno de estos se dividirán en indicadores.	IMDA	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Menores a 400 Veh/día ❖ 400 a 2000 Veh/día ❖ 2001 a 4000 Veh/día ❖ 4001 a 6000 Veh/día ❖ Mayores a 6000 Veh/día 	Valor y razón	Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos
			Tipos de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Automóviles ❖ Station wagon ❖ Camionetas (Pick Up, Panel, Rural) ❖ Micro ❖ Bus (B2, B3-1, B4-1, BA-1) ❖ Camión (C2, C3, C4, 8x4) ❖ Semitrailer (T2S1/T2S2, T2Se2, T2Se3, T3S1, T3S2) ❖ Traylor (T3S3, T3Se3, C2R2, C2R3) 	Valor y razón	
			Categoría de subrasante	<ul style="list-style-type: none"> ❖ S0 ❖ S1 ❖ S2 ❖ S3 ❖ S4 ❖ S5 	Valor y razón	

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

Antecedentes Internacionales

- a) Para Reyes (2020), en la investigación titulada: “Determinación del Índice de Rugosidad Internacional en la Avenida la Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de Merlin”, se realizó un estudio detallado de la regularidad del firme de la Avenida la Prensa en Jipihapa, Manabí, Ecuador. El objetivo principal es calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) utilizando diferentes métodos para determinar cuál es el más adecuado. El estudio utilizó TotalPave, una calculadora IRI y un medidor de rugosidad Merlin para calcular el IRI. Se dice que el método de medición de rugosidad Merlin proporciona resultados precisos y confiables, lo que lo convierte en la opción óptima para medir la rugosidad de la superficie de la carretera. Después de un análisis cuidadoso de todos los métodos, se encontró que el valor IRI de la Avenida la Prensa era de 2 m/km. A pesar de la carga diaria a la que está sometido el pavimento, se concluye que su estructura aún es buena debido a que los valores IRI y funcionales obtenidos se encuentran dentro de límites aceptables.

- b) Para Menéndez (2023), su investigación con el título “Análisis del índice internacional de rugosidad de la superficie del pavimento flexible en la carretera Kolimes-Pahan utilizando dispositivos inteligentes” analiza la regularidad de la superficie de la carretera Kolimes-Pahan. utilizando índice de rugosidad y aplicación móvil. La tarea principal es comprobar la similitud de los resultados obtenidos en diferentes tramos de carretera. Para medir la regularidad de la superficie se utilizaron métodos de investigación y aplicaciones móviles IRI Calculator y Totalpave. Los resultados muestran que la rugosidad del camino oscila entre 1,87 m/km y 7,11 m/km para la aplicación Totalpave y entre 2,26 m/km y 5,11 m/km para la aplicación IRI. Además, a través de la correlación entre los valores del IRI se determinó un valor de rendimiento de 3,51. En conclusión, cabe señalar que los valores de rugosidad en diferentes tramos de la carretera son diferentes, pero los indicadores de

- usabilidad de la superficie de la carretera están todos dentro de los parámetros de una buena permeabilidad.
- c) Para Psalmen (2019), en su artículo de investigación científica “Estudio de la relación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en Pavimentos Flexibles”. El propósito de este trabajo es obtener un modelo que combine el índice de condición del pavimento (PCI) con el índice de rugosidad internacional (IRI) en la vía arterial de Medan, Indonesia. Para lograr este objetivo, se utilizó un método para realizar pruebas funcionales subjetivas mediante mediciones en carretera, utilizando PCI e IRI como parámetros de evaluación. Los resultados de este análisis muestran que existe una relación entre PCI e IRI y se deriva una ecuación de regresión exponencial para representar esta relación. La ecuación resultante es: $IRI = 16.07 \exp^{-0.26PCI}$ con R^2 de 59% y valor de coeficiente de correlación (r) de -0.768. Esto muestra que el PCI tiene una fuerte influencia en el valor del IRI. En resumen, este estudio demuestra la necesidad de complementar las pruebas IRI con pruebas funcionales subjetivas como PCI para obtener una evaluación más precisa del estado de la carretera.
- d) Para Muataz (2020), en el artículo científico titulado “Desarrollar modelos de regresión para predecir los indicadores en las condiciones de la superficie del camino desde el índice de aspereza internacional”. El propósito de este estudio es desarrollar modelos de regresión que puedan predecir el índice de superficie de la carretera (PCI) del índice de crecimiento internacional (IRI). La gente camina por una pasarela flexible en Al Diwanayah, Irak. La muestra incluye 83 superficies flexibles seleccionadas para desarrollar el modelo de regresión. Método de prueba: La condición del pavimento se prueba en una muestra para determinar el número y la gravedad de los defectos encontrados. El software Micro Paver se utiliza para calcular PCI a partir de datos de encuestas. Se utilizó el perfilador de pavimento Dynatest RSP para recopilar datos IRI. Se utilizan métodos de regresión lineal y no lineal para desarrollar modelos de pronóstico utilizando el software SPSS. Los resultados del estudio mostraron que se desarrollaron modelos de regresión lineal y cuadrada para recibir coeficientes definidos, respectivamente R^2 de 0,715 y 0,722. Esto indica que ambos modelos pueden predecir PCI directamente con IRI. En resumen, es posible desarrollar modelos de regresión para predecir PCI a partir de IRI, por ejemplo: $PCI = -6.647 IRI + 80.878$ y $PCI = -9.031 IRI + 0.283 IRI^2 + 85.119$.

- e) Para Saltos (2023), en su investigación titulada “Determinación del Índice de Rugosidad Internacional de la vía los Angeles – Andil”, El objetivo principal fue determinar el índice de rugosidad internacional de la carretera Los Ángeles-Andile en Jipihapa. Este trabajo fue no experimental y transversal. Para ello se utilizaron dos herramientas de medición: un rugosímetro Merlin que permite lecturas directas de la superficie de la carretera, y la aplicación móvil Roadroid que utiliza el acelerómetro en el teléfono inteligente. Los datos recopilados fueron analizados y comparados mediante estadística descriptiva, arrojando un índice de rugosidad de 1,90 m/km utilizando el rugosímetro Merlin y de 1,60 m/km cuando se utiliza Roadroid. El índice de condición de la superficie de la carretera medido con un rugosímetro Merlin es de 3,38, lo que significa que el estado de la superficie de la carretera es bueno. Los resultados muestran la presencia de sutiles irregularidades en la carretera con composición asfáltica de alta calidad. Se encontró que la carretera Los Ángeles-Andile era transitable y fácil de usar y el rugosímetro Merlin fue la herramienta más adecuada para medir el Índice Internacional de Rugosidad en este contexto.

Antecedentes Nacionales

- a) Para Jinchuña (2020), en su tesis “Evaluación por deflectometría y la rugosidad del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la Avenida Billinghamurst, tramo: Avenida Bolognesi – Avenida Tarapacá – Tacna”. El objetivo fue analizar los problemas del pavimento asfáltico en la avenida Billinghamurst, especialmente en la avenida Bolognesi a la avenida Tarapacá en Tacna. El objetivo es mejorar el flujo de vehículos en esta vía evaluando la estructura mediante deflexión y midiendo la rugosidad de la superficie flexible. La población de estudio incluyó todo el tramo de la Avenida Billinghamurst con una longitud aproximada de 1,500.00 m y un ancho de calle de 6.60 m. La muestra seleccionada para la medición y evaluación se toma al azar y es representativa e incluye muchos tramos de carretera diferentes. Además, las mediciones de rugosidad utilizando el Merlin, IRI = 6.0645 m/km, validándolo de “Malo” y para definir la transitabilidad se calcula el PSI = 1.66 en base al IRI promedio, calificación; “Transitabilidad Mala”. De acuerdo a la evaluación estructural con la viga Benkelman, se determina que las deflexiones en el pavimento son deficientes debido a que la $D_c > D_{adm}$, $133.50 \times 10^{-2} \text{ mm} > 72.30 \times 10^{-2} \text{ mm}$, por lo que la estructura del pavimento tiene problemas o deficiencias en el diseño estructural.
- b) Para Flores (2020), en su tesis “Análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de merlin en la Av. Gustavo Pinto,

- Tacna”. El objetivo principal fue determinar el análisis funcional de pavimentos flexibles para mejorar el flujo vehicular en la Avenida Gustavo Pinto de Tacna. Para las mediciones se utilizó el probador de rugosidad merlin. Esta investigación se basa en un enfoque cuantitativo y aplicado, a nivel descriptivo y exploratorio. Para realizar el estudio se utilizó un diseño de investigación descriptivo. Se encontró que el desnivel del carril derecho tenía un valor de IRI de 4,38 m/km, lo que calificó el estado del firme como “normal”. En el carril izquierdo, el IRI fue de 5,71 m/km, lo que indica “malas” condiciones del firme. Para toda la Avenida Gustavo Pinto, el IRI promedio alcanzado fue de 5.05 m/km, lo que indica un estado “malo” del pavimento. Para determinar la transitabilidad se calculó un Índice de Idoneidad del Pavimento (PSI), arrojando un puntaje de 1.987, clasificando la transitabilidad como “mala”. En resumen, se encontró que la rugosidad medida con un rugosímetro merlin era útil para determinar la condición “mala” del pavimento. Además, se identificaron problemas de tránsito en la Avenida Gustavo Pinto, por lo que tanto el estado del firme como la transitabilidad eran “malos”.
- c) Para Varas y Cárdenas (2021), la tesis doctoral “Evaluación de pavimento flexible en calle Pablo Rossell manzanas 5, 6 y 7 mediante rugosímetro Merlin, Iquitos”. El objetivo del estudio fue evaluar la superficie del pavimento flexible de la calle Pablo Rossell, manzanas 5, 6 y 7, utilizando un rugosímetro Merlin para determinar su estado. El objeto de estudio comprende la superficie flexible de la calle Pablo Rossell, manzanas 5, 6 y 7. La muestra elegida es una calle de cierta longitud y el método utilizado es descriptivo y aplicado de forma secuencial cuasi cualitativa. En el marco teórico se utilizarán índices (IRI) para determinar el estado de la superficie. Se encontró que todos los valores de IRI en las cuadras evaluadas excedieron el límite permitido para pavimento viejo. Además, el método PCI determinó que la condición del bloque 5 se consideró muy mala, la del bloque 6 se consideró mala y la condición del bloque 7 se consideró normal. Los resultados concluyeron que el pavimento flexible en esta área necesitaba mejoras e identificaron defectos comunes como grietas en los bordes, manchas, huecos y piel de cocodrilo.
- d) Para Tingal (2021), su estudio “Análisis del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del pavimento flexible de la vía Cajamarca – Baños del Inca utilizando un medidor de Rugosímetro Merlin”. El objetivo fue analizar la rugosidad superficial del pavimento flexible de la vía Cajamarca - Baños del Inca mediante un rugosímetro Merlin. La población cubre la superficie flexible de la vía Cajamarca-Baños del Inca. Se tomaron muestras en un tramo de 400 metros de ambas rutas. Los métodos utilizados incluyeron

inspección visual in situ, mediciones del tráfico rodado y estudios de rugosidad del terreno y de la superficie de la carretera utilizando un rugosímetro Merlin. La base teórica del estudio es el análisis del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) como indicador de capacidad todoterreno, facilidad de uso y confort de la superficie de la carretera. Los resultados muestran que el valor del IRI para la ruta de ida es de 1,07 m/km y para la ruta de regreso es de 1,10 m/km. Estos valores indican niveles aceptables de rugosidad superficial. En resumen, el rugosímetro Merlin es una herramienta eficaz y económica para evaluar el estado del pavimento.

- e) Para Castro y Medrano (2021), el estudio “Diseño de estructuras de pavimento flexible utilizando el método AASHTO 93 y permeabilidad de la vía San Pedro, en la zona de Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad”. El propósito fue determinar las características de diseño de superficies flexibles mediante el método AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro en Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad. Se realizó un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental y estudio transversal. La población de estudio incluyó todas las vías pavimentadas del área de Jequetepeque, así como una muestra representativa de la vía flexible en la calle San Pedro. Para recopilar datos, se realizaron observaciones de tráfico, pruebas mecánicas del suelo y pruebas de laboratorio para determinar las propiedades de la superficie. Los principales resultados muestran que el espesor final de la capa asfáltica es de 7 cm, la capa base granular es de 20 cm y la capa subbase granular es de 16 cm. El suelo se encontró que es arenoso, sedimentario y fino según el sistema AASHTO y arcilloso según el sistema SUCS con un CBR de 9.00%. Adicionalmente se identificó un IMD semanal de 114 vehículos por día y un ESAL de 641565.699.

Antecedentes Locales

- a) Hurtado (2020), en su tesis “Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de curva carretera Tamburco -Taraccasa, Abancay-Apurímac, 2020”. El objetivo principal es contribuir a la evaluación de estructuras de pavimentos flexibles en zonas curvas. El método utilizado es de carácter científico, aplicado a nivel explicativo y de carácter cuasiexperimental mediante deflectometría de la Benkelman. Los resultados obtenidos muestran un cambio en la deflexión promedio del pavimento asfáltico con valores desde 66.92×10^{-2} mm hasta 72.31×10^{-2} mm y la deflexión típica va desde 75.03×10^{-2} mm hasta 80.65×10^{-2} mm. Se encontró que el 96% del sustrato se encontraba en buen estado y el 4% en mal estado. En cuanto al firme, el 72% se encuentra en buen estado y el 28% en mal

estado. En cuanto a la calidad de la construcción, el 72% se encuentra en buen estado, el 15% en regular estado y el 13% en mal estado.

- b) Guzman (2021), en la tesis “Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay – Apurímac”. El propósito fue analizar los cambios en las propiedades estructurales de los pavimentos asfálticos en zonas en pendiente en el estudio David Samanez Ocampo Jr. El estudio fue diseñado utilizando el método científico aplicado, con un diseño cuasi-experimental y un nivel de interpretación, utilizando deflectometría de la viga Benkelman. Los resultados muestran que la deflexión promedio varía de $82,42 \times 10^{-2}$ mm a $101,44 \times 10^{-2}$ mm y la deflexión típica varía de $130,48 \times 10^{-2}$ mm a $137,14 \times 10^{-2}$ mm. Se encontró que el 87% del sustrato se encontraba en buen estado y el 13% en mal estado. En cuanto al firme, el 41% se encuentra en buen estado y el 59% en mal estado. En cuanto a la calidad de la construcción, el 41% se encuentra en buen estado, el 1% en regular, el 46% en regular o malo y el 12% en mal estado.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Análisis funcional – Variable independiente

El análisis funcional es un método utilizado para evaluar la capacidad de carga de superficies fácilmente deformables, la durabilidad, el confort de conducción en términos de tiempo y movimiento del vehículo, así como la sensación de seguridad o no estoy seguro dependiendo de esto y de su dificultad conducir. Para evaluar la transitabilidad se utiliza el parámetro PSI para determinar si soporta mejor el tráfico y se mantiene en buenas condiciones por más tiempo (Porras, 2020, p. 8).

Estos aspectos son fundamentales en la planificación vial: la resistencia estructural del pavimento frente a las cargas y condiciones climáticas locales, la importancia crucial de una fricción adecuada para la seguridad del tránsito, y la necesidad de diseñar curvas con elevación y radio adecuados para garantizar una conducción segura y eficiente. Además, la detección y reparación oportuna de grietas son esenciales para evitar daños mayores y prolongar la vida útil del pavimento.

3.2.1.1 Rugosidad

La rugosidad en un pavimento flexible se trata de las imperfecciones o asperezas que se encuentran en la superficie de una carretera construida con materiales flexibles

como el asfalto. Estas imperfecciones pueden surgir debido al desgaste, la falta de mantenimiento o las condiciones climáticas, y afectan directamente la comodidad de los usuarios y la durabilidad del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 158).

3.2.1.1.1 Cálculo de la rugosidad

Una escala arbitraria de 50 unidades se utiliza en el rugosímetro para registrar las 200 posiciones que el puntero adopta en el brazo móvil, lo cual permite determinar un valor de rugosidad. La división N° 25 representa la posición central del puntero cuando el terreno coincide con la línea promedio. Si la medida del puntero coincide con la división 25 o cerca de ella, se demuestra que el pavimento tiene un perfil recto y poca rugosidad. Por el contrario, si el puntero se aleja repetidamente de la división N° 25, se evidencia una alta rugosidad en el pavimento. El rango estadístico “D” es un parámetro que indica la dispersión de los datos obtenidos con el rugosímetro Merlín. Se calcula a través de un histograma que muestra la distribución de frecuencias de las lecturas del puntero. El rango D se obtiene agrupando los valores en intervalos de frecuencia, excluyendo el 5% inferior denotado D_2 y superior de los datos D_3 . Esto corresponde a 10 datos en cada extremo, dejando una parte central denotada como D_1 . El valor D representa la rugosidad del pavimento en “unidades Merlín” (Jinchuña, 2020, p. 50).

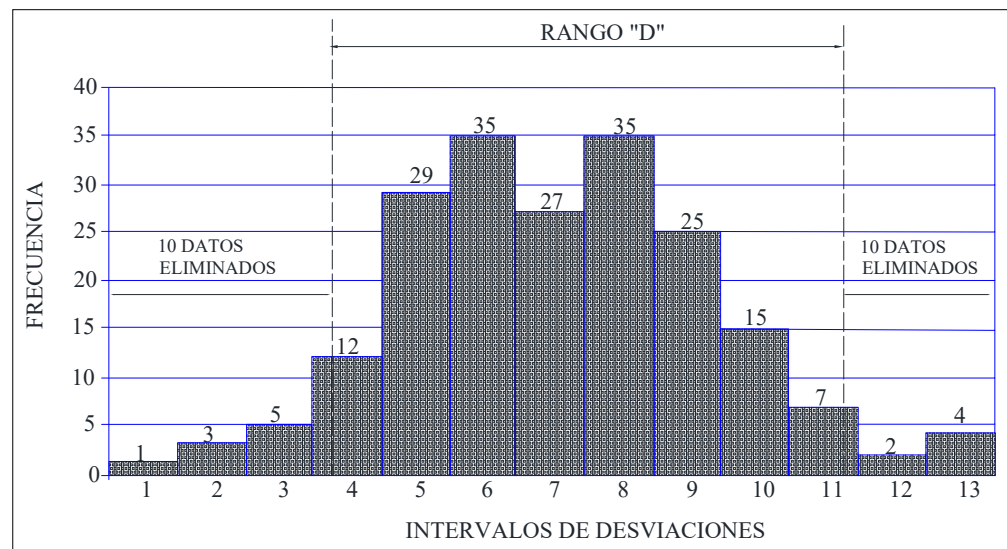


Figura 1 – Histograma de distribución de frecuencias en muestra de 200 desviaciones. Fuente: Jinchuña, 2020, p. 50.

Ecuación para el cálculo del rango D (mm):

$$D = (D_1 + D_2 + D_3) \times (5 \text{ mm}) \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

D_1 = Parte central sobrante

D_2 = 10 datos eliminados a lado izquierdo

D_3 = 10 datos eliminados a lado derecho

3.2.1.1.2 Correlaciones de D versus IRI

La adecuación entre la rugosidad determinada con el Merlín y el Índice de Rugosidad Internacional, es el parámetro empleado para uniformizar los resultados de rugosidad que procede de la gran variedad de equipos que existen en la actualidad, se emplea las siguientes ecuaciones (Choque y Pilco, 2023, p. 59).

- $2.4 < IRI > 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$, entonces
 $IRI = 0.593 + 0.0471 D \dots\dots\dots (2)$

- $IRI < 2.4$ o $D \leq 42$, entonces
 $IRI = 0.0485 D \dots\dots\dots (3)$

3.2.1.1.3 Nivel de rugosidad

El nivel de rugosidad se refiere al grado de aspereza o irregularidad de una superficie. Es una medida cuantitativa que describe las variaciones en la topografía de una superficie (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 159).

Tabla 2 – Rugosidad IRI (m/km) según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente.

Tipo de Carretera	Rugosidad pavimento nuevo IRI (m/km)	Rugosidad pavimento reforzado IRI (m/km)	Rugosidad durante el periodo de servicio IRI (m/km)	Observación
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.5	3.0	4.0	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 159.

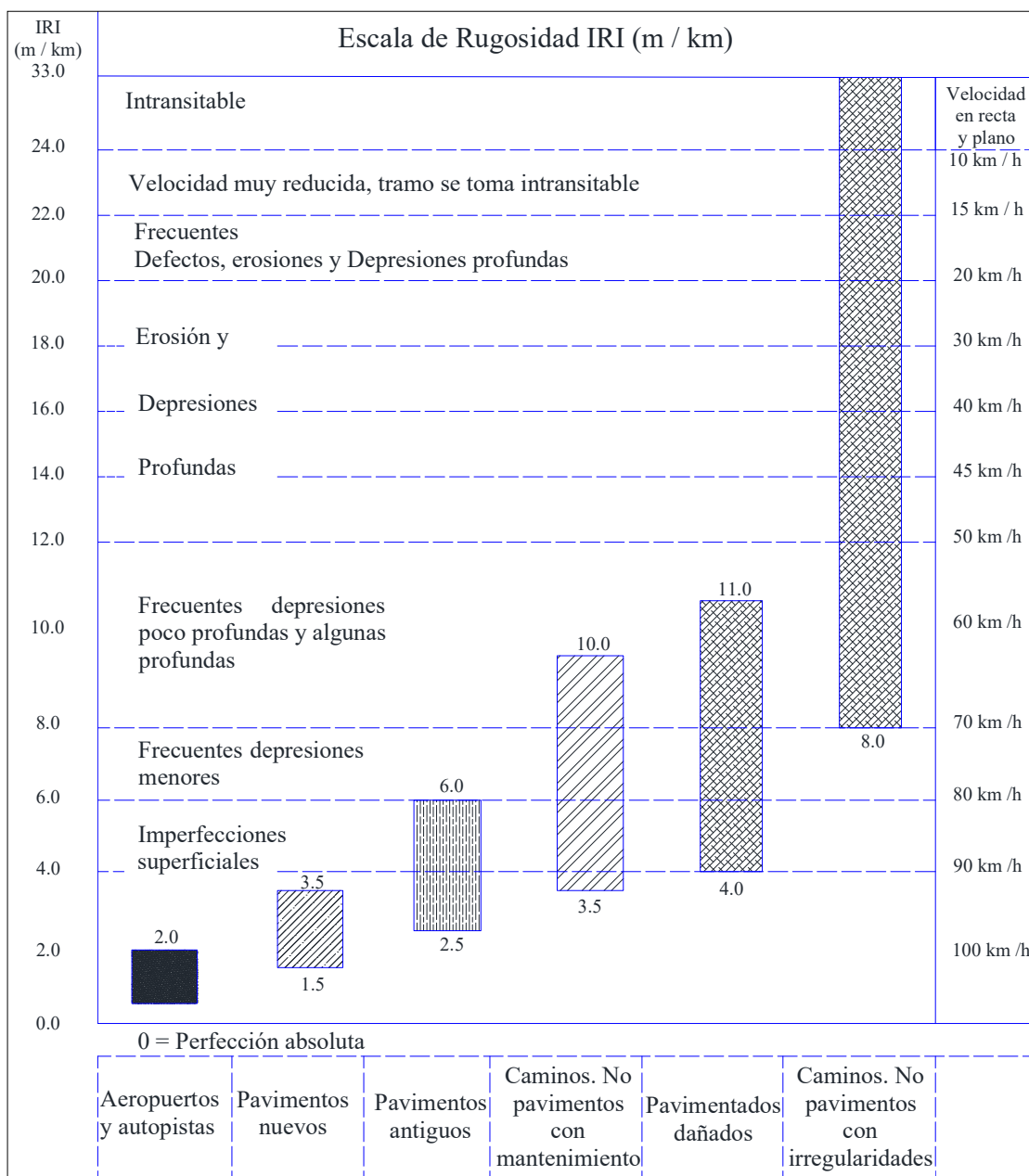


Figura 2 – Nivel de Rugosidad IRI (m / km).
 Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 158.

3.2.1.1.4 Factores que afecta a la rugosidad de los pavimentos

Existen muchos factores que afectan la rugosidad superficial del pavimento; los más relevantes (Zeballos y Vizcarra, 2021, p. 34).

Como edad del pavimento, niveles de tráfico vehicular, espesores del pavimento, el número estructural, las propiedades del concreto asfáltico utilizado: vacíos con aire, gravedad específica y el contenido de asfalto.

Así como también las características del medio ambiente: Temperatura promedio, precipitaciones pluviales, índice de congelamiento y temperaturas superiores a 32° C, propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200. Propiedades de la sub rasante como el índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas, y porcentaje de material que pasa la malla 200 y por último la extensión y severidad de las fallas en el pavimento.

3.2.1.1.5 Características del IRI

Según la norma E-867 de ASTM, la rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento en comparación con una superficie plana, lo cual afecta la forma en que los vehículos se desplazan, la calidad de los viajes, las cargas dinámicas y el drenaje. Estas irregularidades causan movimientos verticales no deseados que contribuyen a la incomodidad durante el viaje. El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es una medida de la uniformidad de la superficie de una carretera, establecida por el Banco Mundial como un estándar estadístico de la rugosidad que impacta en la calidad del desplazamiento, y se expresa en metros por kilómetro (Zeballos y Vizcarra, 2021, p. 35).

3.2.1.1.6 Normas IRI

- AASHTO PP 37-04 Práctica estándar para la determinación del índice de rugosidad internacional para cuantificar la rugosidad de los pavimentos (Hernández, 2018).
- INVE-790-13 determinación del Índice Internacional de Rugosidad (Hernández, 2018).
- Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14.
- Norma técnica de edificaciones CE. 010 de pavimentos urbanos habilitaciones urbanas. Componentes estructurales.
- MTC E – 1004, determinación del coeficiente al deslizamiento.
- ASTM D 5: “Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials

3.2.1.1.7 Método de medición

Para determinar el valor de rugosidad es necesario observar las irregularidades del revestimiento, para lo cual el rugómetro Merlin utiliza una escala de 1 a 50. Se detecta

mediante el movimiento deslizante del rugosímetro “Merlin” e indica la posición de la aguja en la escala de la mesa, produciendo así una lectura entre arriba y abajo. La operación se repitió secuencialmente hasta tomar 200 lecturas. A continuación, se muestra el formato de la escala graduada de picos y valles (Del águila, 1999, p. 6).

Depresión

Se trata de una dispersión de datos que ocupan posiciones alejadas de la sección transversal N° 25 al N° 50 obtenidos con Merlin, que representa una sección transversal alejada de la línea recta, es decir, se caracteriza por una gran dispersión con daño profundo, lo que indica que la superficie de la carretera tiene un perfil con muchas curvas y mucho desnivel (Del águila, 1999, p. 14).

Elevación

Los datos de dispersión similares a 25 divisiones, obtenidos utilizando el método de medición Merlin, indican que la superficie tiene poca variación en la sección transversal, lo que resulta en un desgaste mínimo y una rugosidad reducida. Las tierras altas son zonas donde la superficie es más rugosa o sobresale respecto del área circundante debido a irregularidades como crestas o descamaciones. En la tabla, estos signos se expresarán como un valor pico (P) o un valor de altura máxima (Rz), que representa la altura máxima de estas anomalías (Del águila, 1999, p. 14).

División

Se trata de una escala gráfica compuesta por 50 divisiones, cada una con un espesor de 5 mm, que se coloca en el borde del tablero sobre el cual se desplaza el puntero (Del águila, 1999, p. 14).

La medición se realiza utilizando el rugosímetro de Merlin, el cual proporciona información sobre las elevaciones y depresiones en la superficie del pavimento. Estos datos se analizan a través de una escala para evaluar la variabilidad de las desviaciones con respecto al nivel de referencia o cuerda promedio, anexo b, figura 31.

3.2.1.1.8 Rugosímetro de merlin

El Merlín, un dispositivo versátil y económico, se implementó en Perú en 1993 con más de 15 unidades en todo el país para junio de 1999. Su método de medición, de

Clase 1, se caracteriza por su precisión y diseño similar a un perfilómetro estático. Aunque los datos obtenidos con el Merlín muestran un alto coeficiente de determinación de 0,98 en relación con el IRI, su precisión es superada por el método de mira y nivel (Del águila, 1999, p. 6).

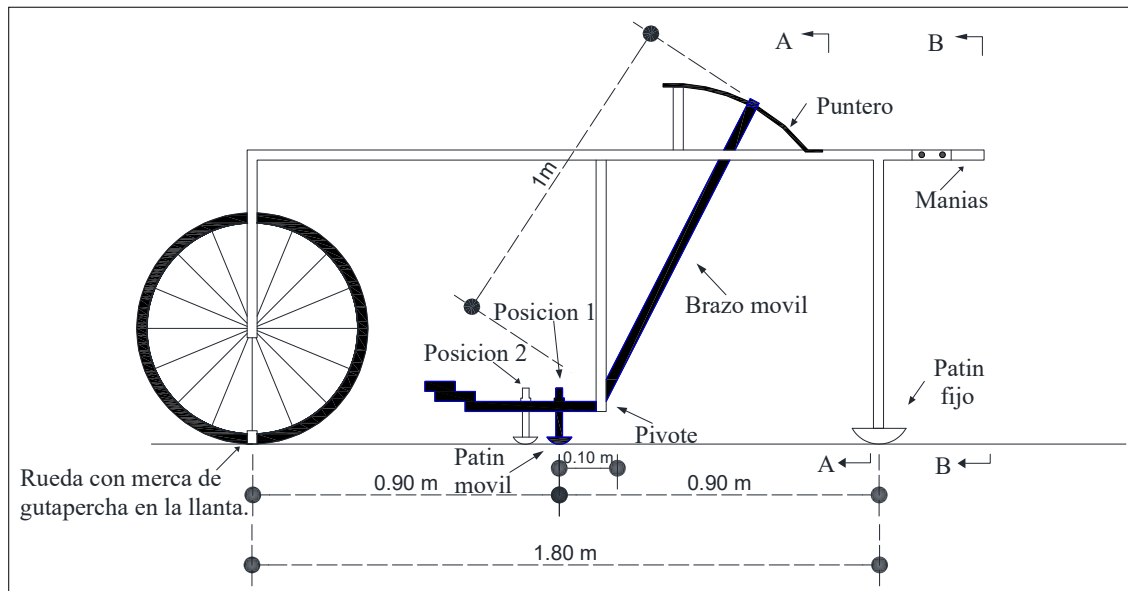


Figura 3 – Partes fundamentales del Merlín.
Fuente: Del águila, 1999, p. 13.

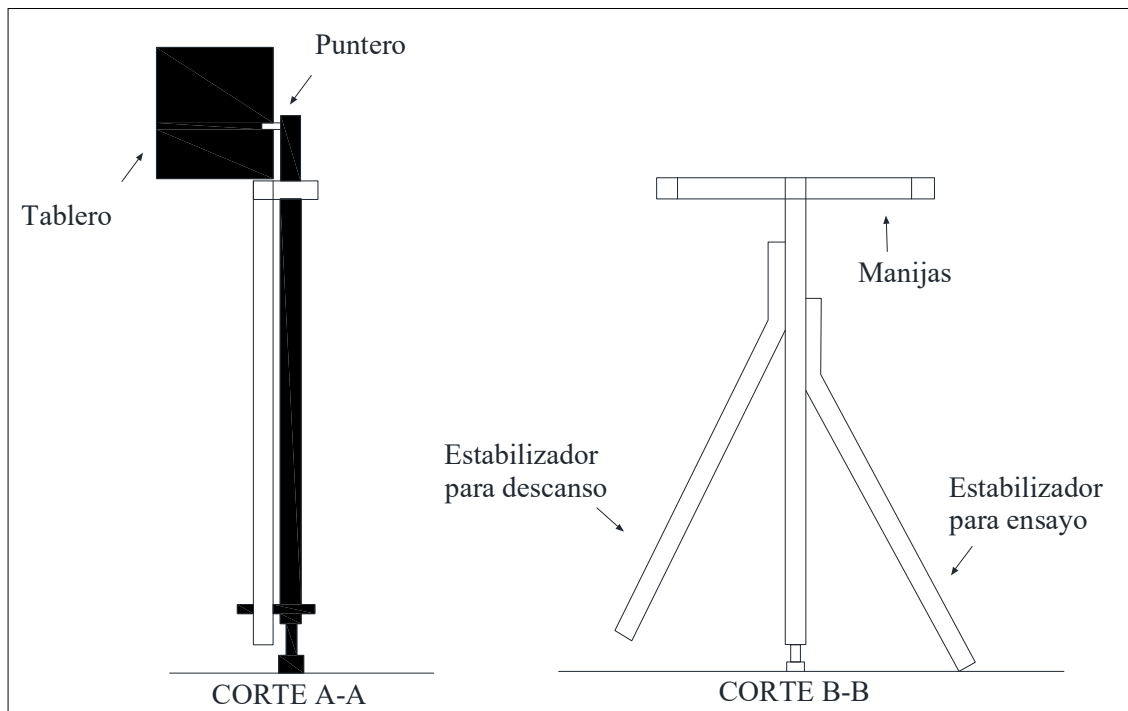


Figura 4 – Vista transversal del Rugosímetro de Merlín.
Fuente: Del águila, 1999, p. 13.

3.2.1.1.9 Modo de uso de Rugosímetro de merlín

Para realizar el estudio de la regularidad superficial del pavimento con el Rugosímetro de Merlín, es imprescindible disponer de ciertos materiales esenciales. Estos incluyen una cinta métrica o wincha para medir distancias con precisión, cinta adhesiva para marcar puntos de referencia, y tiza o spray para delinear áreas específicas en el pavimento. También son necesarios fichas de recolección de datos, junto con lápiz, lapicero y plumón para registrar y resaltar información importante. Una pizarra acrílica y un borrador facilitan anotar y corregir observaciones en el lugar. Para asegurar la seguridad y eficiencia del equipo, se requiere una bombilla inflador de llanta, conos para señalizar áreas de trabajo, y equipo de seguridad personal como casco y chaleco.

Se requiere personal técnico compuesto por dos asistentes técnicos de laboratorio y un ingeniero civil.

- El proceso para emplear el Rugosímetro Merlín inicia con la calibración del equipo en una superficie plana, un paso crucial para garantizar la exactitud de las lecturas durante la prueba.
- El uso del Rugosímetro requiere un equipo de dos personas: un operador que maneja el dispositivo y toma las lecturas, y un asistente que anota los datos recopilados. Este trabajo en conjunto es vital para asegurar una correcta recolección y registro de la información.
- A continuación, se establece el punto de inicio del ensayo. Desde este punto inicial, se marcan los puntos de las muestras restantes a intervalos de 2 metros, lo que facilita la organización y sistematización del proceso de medición a lo largo del tramo de pavimento evaluado.
- Una vez marcados los puntos, el operador pasa el Rugosímetro Merlín comenzando desde el punto inicial y avanzando a través de los puntos marcados. Este método garantiza que todas las áreas designadas del pavimento sean evaluadas.
- Para obtener un valor preciso de la rugosidad, se deben realizar 200 observaciones de las irregularidades del pavimento. Estas observaciones se distribuyen en una cuadrícula de 20 filas y 10 columnas. El proceso de recolección de datos comienza en el casillero (1,1) y progresa de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, llenando sistemáticamente todos los casilleros de

la cuadrícula. Este enfoque estructurado de observación y registro permite una evaluación detallada y precisa de la rugosidad del pavimento.

3.2.1.2 Índice de resistencia del pavimento PSI

El índice de resistencia del pavimento (PSI) y el índice de rendimiento del pavimento flexible son métricas que se utilizan para evaluar la resistencia y la calidad del pavimento, respectivamente. Estos índices se calculan en función de diferentes parámetros de la superficie de la carretera y son necesarios para garantizar la durabilidad, la capacidad de carga, la seguridad y la eficiencia de la carretera. Se utiliza en la planificación, diseño y gestión de pavimentos para identificar áreas que requieren atención y evaluar estrategias de mantenimiento. En conjunto, estos indicadores son una herramienta importante para garantizar servicios seguros y adecuados para los usuarios de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.157).

Tabla 3 – Nivel de Índice de resistencia del pavimento.

Índice de resistencia	Calidad
5	Excelente
4.0 – 4.9	Muy bueno
3.0 – 3.9	Bueno
2.0 – 2.9	Regular
1.0 – 1.9	Malo
0.1 – 0.9	Muy malo
0	Intransitable

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 157.

3.2.1.2.1 Conexión entre PSI - IRI

Al determinar el Índice de Regularidad Superficial del Pavimento, los investigadores adecuaron el valor de IRI con el PSI. El modelo empleado por Omari y Darter en 1994, fue tomado de resultados en Estados Unidos como Louisiana, Michigan, New Jersey, New México, Ohio e Indiana y se logró la siguiente ecuación (Lopez, 2018).

El PSI se obtiene midiendo la rugosidad y daño (agrietamiento, parchado y deformación permanente). La rugosidad es el factor dominante para estimar el PSI del pavimento.

$$PSI = 5 X e^{(-0.26 X IRI)} \dots\dots\dots (4)$$

Ecuación de Paterson:

$$PSI = 5.03 - [1.91 \log (1 + 2.47 \times IRI^2)] \dots\dots\dots (5)$$

3.2.1.2.2 Fallas de pavimento flexible

Existe dos tipos de falla:

Fallas superficiales

Son defectos en la superficie de rodadura son causados por problemas en la capa asfáltica superficial y no afectan la estructura del pavimento. Estos defectos superficiales se solucionan mejorando la impermeabilidad y la rugosidad, especialmente en capas delgadas de asfalto que tienen poco impacto estructural (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.156).

Fallas estructurales

Estos son problemas que surgen en la superficie de la carretera debido a fallos en la estructura del pavimento, afectando una o más capas que soportan la carga del tráfico y las condiciones climáticas. Para abordar fallas estructurales, se requiere fortalecer la capa existente con reparaciones, fresados y capas nivelantes, o incluso reconstruir el pavimento para que pueda hacer frente a las demandas actuales y futuras del tráfico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.156).

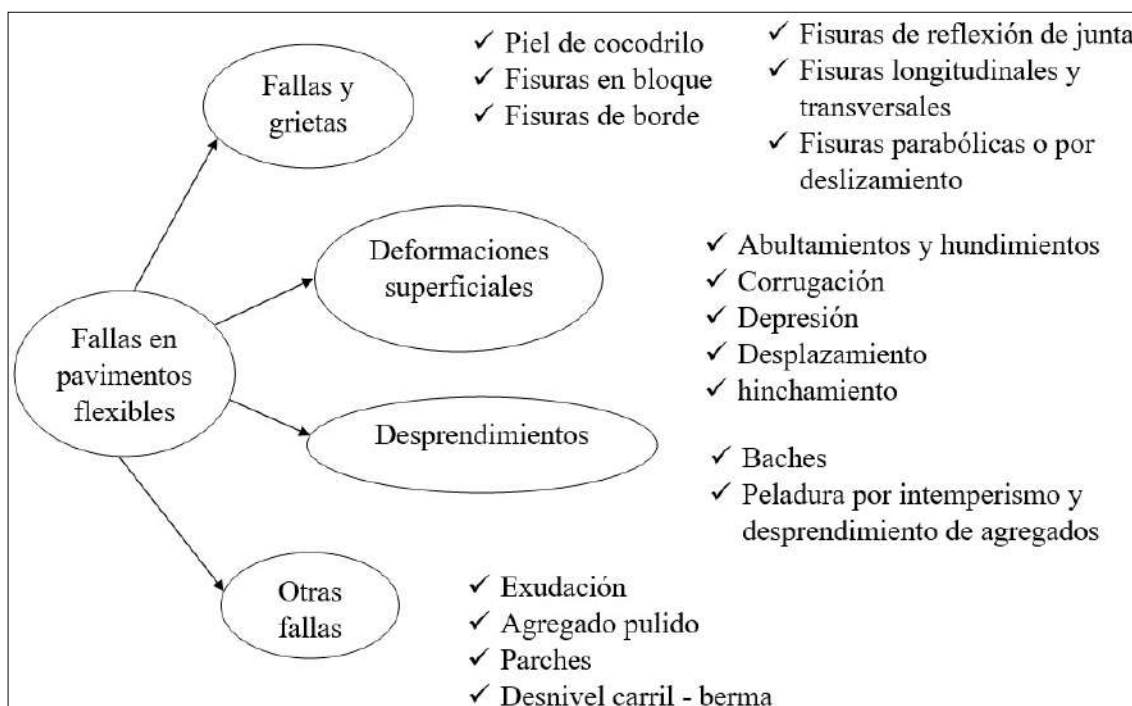


Figura 5 – Fallas de pavimento flexible, según PSI.
Fuente: Jinchuña, 2020, p. 23.

3.2.1.3 Carpeta estructural

La carpeta estructural se refiere a la capa de material que se coloca sobre la subrasante de una carretera y que está diseñada para soportar las cargas del tráfico y distribuir las de manera uniforme a lo largo de la estructura del pavimento. Esta capa es fundamental para garantizar la resistencia y durabilidad de la carretera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Existen varios tipos de pavimentos, cada uno con características y aplicaciones específicas. Estos incluyen pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos, pavimentos rígidos, pavimentos articulados y pavimentos compuestos.

Pavimento flexible

El pavimento flexible es una estructura vial compuesta por múltiples capas de materiales flexibles como asfalto, grava y arena, adaptándose a las cargas y movimientos de los vehículos. Su uso generalizado se debe a su capacidad para absorber y distribuir cargas de manera uniforme, lo que aumenta la resistencia y durabilidad a largo plazo. Además, una construcción y un mantenimiento más sencillos y rápidos ayudan a ahorrar costes respecto a otro tipo de pavimentos, garantizando una

mayor seguridad y comodidad a los usuarios de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 250).

La avenida las malvinas es una via urbana conformada de pavimento flexible que para su conservación del pavimento requiere una intervención inmediata de una reconstrucción.

3.2.1.3.1 Capa de rodadura

Esta es la capa superior de una superficie asfáltica de mezcla en caliente, diseñada para brindar soporte directo al tráfico rodado y al mismo tiempo proporcionar una superficie antideslizante, incluso en condiciones húmedas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 17).

3.2.1.3.2 Base

Es la capa situada debajo de la capa de rodadura, cuya función es resistir, distribuir y transferir las cargas generadas por el tráfico a la subbase adecuada, que facilita el drenaje del agua que se filtra en el pavimento a través de drenajes laterales longitudinales. Se emplea material granular drenante con un índice de soporte CBR $\geq 80\%$, que también puede ser tratado con asfalto, cal o cemento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 129).

3.2.1.3.3 Subbase

Su función principal es soportar, transferir y distribuir uniformemente las cargas aplicadas sobre la capa de desgaste para que la calzada pueda soportarlas, controlando al mismo tiempo los cambios de volumen que podrían dañar la superficie de la carretera. También actúa como capa de drenaje mediante el uso de material granular con un factor de soporte CBR de $\geq 40\%$ y controlando el ascenso capilar en los poros (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 129).

3.2.1.3.4 Subrasante

Es la superficie de fundación con un CBR $\geq 6\%$ que soporta la carpeta estructural del pavimento o afirmado y que extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120).

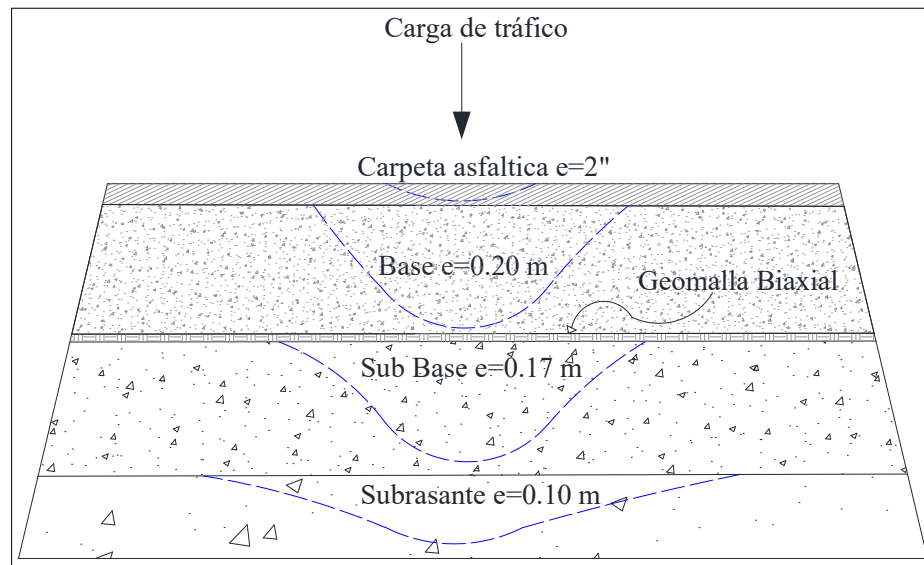


Figura 6 – Estructura básica de pavimento flexible.
Fuente: Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2014, p. 152.

Carga viva

Estas fuerzas son generadas por el tráfico, afectando el pavimento a través de la carga transmitida por peatones, vehículos pesados y ligeros que contribuye al deterioro de la capa estructural (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Ciclo de vida de los pavimentos

El ciclo de vida de un pavimento incluye fases como construcción, mantenimiento y operación de vehículos. El mantenimiento regular es importante para garantizar su buen estado y longevidad (Yvala, 2019, p. 38).

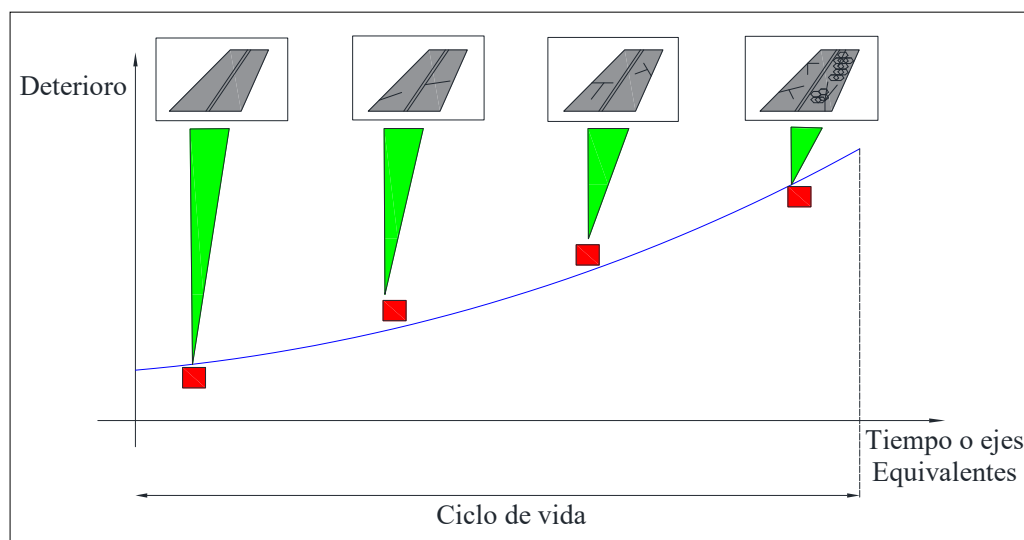


Figura 7 – Curva de deterioro del pavimento.
Fuente: Jinchuña, 2020, p. 28.

3.2.2 Transitabilidad vehicular – Variable Dependiente

Es la evaluación de la capacidad que tiene la superficie del pavimento flexible para soportar las cargas del tráfico vehicular sin sufrir daños significativos y sin afectar la comodidad y seguridad de los usuarios que habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza fluido e irregularmente (Alvarado y Laura, 2022, p. 53).

3.2.2.1 IMDA

IMDA es el volumen de tráfico anual promedio en un segmento de carretera determinado y es la clave para evaluar su importancia y viabilidad económica. Estos valores determinan el diseño, clasificación y mantenimiento de las carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 92).

Tabla 4 – Tipos de carretera con carpeta asfáltica en caliente según IMDA.

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

- 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.				Confiabilidad de 90%.
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.160.

3.2.2.1.1 Eje simple - tamden

Eje simple

Por qué presenta un solo eje sea con un solo neumático o con neumáticos dobles en la parte delantera, media y posterior (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 65).

Eje tamden

Por qué presentan ejes dobles con neumáticos dobles al cual se conocen como eje tamden y porque carga mayor peso (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 65).

3.2.2.2 Tipos de vehículos

Para clasificar los tipos de vehículos según cada dirección de conducción, primero se estima la carga por eje y la presión requerida de los neumáticos de los vehículos pesados (camiones y autobuses), que están directamente relacionados con el desgaste de la superficie de la carretera. El objetivo principal es cuantificar y clasificar diferentes tipos de vehículos según sus características como peso y tamaño en un tiempo determinado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 61).

Los tipos de vehiculos que transitan en la via según la clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Reglamento Nacional de Vehículos – DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC son:




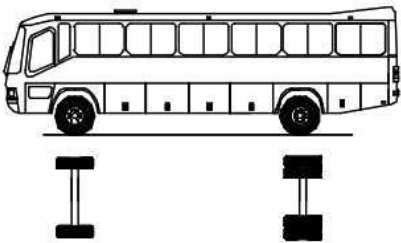
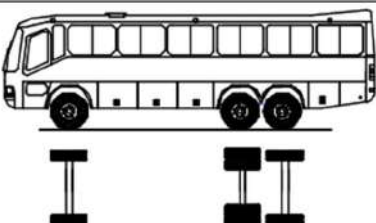
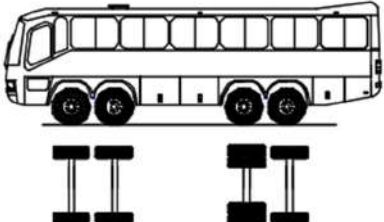
FIGURA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)		
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores					
				1º	2º	3º		4º	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18	
C3		13,20	7	18	---	---	---	25	
C4		13,20	7	23 ⁽¹⁾	---	---	---	30	
B2		13,20	7	11	---	---	---	18	
B3-1		14,00	7	16	---	---	---	23	
B4-1		15,00	7+7 ⁽⁵⁾	16	---	---	---	30	

Figura 8 – Tipos de vehículos según pesos y medidas máximas permitidas.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003, p. 78.

3.2.2.2.1 Tasa de crecimiento y proyección

El crecimiento del tráfico se puede determinar utilizando la fórmula de progresión exponencial, aplicando esta fórmula de forma independiente al crecimiento del tráfico de pasajeros y mercancías (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 63)

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \dots\dots\dots(6)$$

Fca = Factor de crecimiento anual

r = Tasa de crecimiento

n = Periodo de diseño

Tabla 5 – Periodos típicos de diseño.

Clasificación de la vía	Periodo de análisis
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, 1993, p. 18

El paso de diseño utilizado en esta guía de diseño es que la vida útil del pavimento flexible será de hasta 10 años para caminos de baja capacidad. El plazo del proyecto incluye dos periodos: 10 años y 20 años. Esto puede ser corregido por el ingeniero responsable del diseño del pavimento. El tiempo de diseño depende de las condiciones y requisitos específicos del proyecto (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 121).

3.2.2.2 Cálculo del factor equivalente de eje de carga

El impacto del tráfico se evalúa en ejes equivalentes (EE) acumulados durante el período de diseño según AASHTO. Un EE representa el daño causado por un eje simple de dos ruedas convencionales con 8.2 Ton de peso y neumáticos a 80lbs/pulg2. Estos EE son factores de equivalencia que reflejan la degradación de las cargas de diferentes tipos de ejes de vehículos pesados en la estructura del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120).

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4.79 \times \log(18 + 1) - 4.79 \times \log(L_x + L_2) + 4.33 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}} \dots(7)$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \dots\dots\dots(8)$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \times (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \times L_2^{3.23}} \dots\dots\dots(9)$$

Donde:

$FEE =$ factor de ejes equivalentes

$L_x =$ peso del eje en kips (kilo Libras)

$L_2 =$ código del eje: (simple = 1, tandem = 2, Tridem = 3)

$\beta_x =$ Factor que depende del tipo y código de eje y del número estructural

$P_t =$ Índice de serviciabilidad final

$S_N =$ Número estructural en pulgadas $D =$ Espesor de la losa en pulgadas

Tabla 6 – Relación de cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE).

Tipo de eje	Eje equivalente
Eje Simple de ruedas simples	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles)	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles)	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 67.

3.2.2.2.3 Cálculo del Esal

Este es el impacto en el tráfico rodado del uso del concepto de eje equivalente, que implica convertir la carga por eje de diferentes vehículos en una unidad simple de peso equivalente de 8,2 toneladas, conocida como ESAL (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120).

$$ESAL = (N^{\circ} \text{VEHICULOS}) \times (F. E. E) \times (F. D) \times (F. C) \times (365) \times (Fca) \dots \dots \dots (10)$$

3.2.2.3 Categoría de subrasante

Las características de la base de la vía se determinan según seis (06) tipos de base de la vía, dependiendo de la capacidad de carga del CBR. Se considerará subsuelo o capa base con un CBR igual o superior al 6% (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120).

Tabla 7 – Categorías de sub rasante.

CBR de la subrasante	Categoría de la subrasante	Descripción de la subrasante
CBR < 3%	S ₀	Sub rasante Inadecuada
De CBR ≥ 3% A CBR < 6%	S ₁	Sub rasante insuficiente
De CBR ≥ 6% A CBR < 10%	S ₂	Sub rasante Regular

De CBR \geq 10% A CBR $<$ 20%	S ₃	Sub rasante Regular
De CBR \geq 20% A CBR $<$ 30%	S ₄	Sub rasante Muy Buena
CBR \geq 30%	S ₅	Sub rasante excelente

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120.

3.2.2.3.1 Confiabilidad (% R)

La confiabilidad del recubrimiento significa su capacidad para mantener la funcionalidad y durabilidad durante todo el período de uso, garantizando la seguridad y comodidad del usuario. Se evalúa su comportamiento estructural y funcional para prevenir posibles daños y asegurar su correcto funcionamiento durante la fase de diseño planificado. Esta probabilidad se basa en la variación de una serie de factores que afectan a la estructura y estado de la superficie debido a diferentes requisitos. sobre lo que se esperaba en el momento del diseño, por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas inusuales, aumentos excepcionales del tráfico pesado por encima de lo esperado, vida útil reducida del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 122).

3.2.2.3.2 Desviación estándar S₀

La desviación estándar es la variabilidad del valor AASHTO, que refleja la variación natural de los materiales, el tráfico, el medio ambiente y los procesos de construcción. Las pautas de la AASTHO recomiendan valores entre 0,40 y 0,50 para pavimentos flexibles, y las pautas recomiendan 0,45 para estructuras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 126).

3.2.2.3.3 Modulo resiliente M_R

El módulo de elasticidad es una medida de la rigidez del subsuelo, determinada por la prueba AASHTO T274, que puede ser difícil de realizar en algunas ubicaciones debido a la falta de equipo especializado, por lo que para estimar se utiliza el coeficiente de cálculo en CBR, tomado de las pruebas AASHTO. este valor y ASTM (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 123).

$$M_R = 2555 \times CBR^{0.64} \dots\dots\dots(11)$$

3.2.2.3.4 Ecuación básica del diseño de la estructura pavimento flexible

El diseño de pavimentos flexibles requiere la consideración de factores como el tráfico, el drenaje, el clima, las propiedades del suelo, la capacidad de carga, el mantenimiento y la confiabilidad. Estos aspectos son esenciales para asegurar el desempeño confiable del pavimento y evitar un desgaste severo a lo largo de su vida útil (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 121).

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07. (12)$$

Coefficiente estructural

$$SN = D_1 \times a_1 + D_2 \times a_2 \times m_2 + D_3 \times a_3 \times m_3 \dots \dots \dots (13)$$

- D_i = Espesor de la capa en pulgadas
- a_i = Coeficiente estructural de la capa
- m_i = Coeficiente de drenaje de la capa

3.3 Marco conceptual

Rugosidad. Se trata de irregularidades superficiales que repercuten directamente en su desgaste por parte del usuario (Zeballos y Vizcarra, 2021, p. 31).

IRI. Se trata de una escala que mide la uniformidad de la superficie de la carretera y que determina la calidad de rodadura (Zeballos y Vizcarra, 2021, p. 34).

SN. El Número Estructural, que indica el grosor total del pavimento a instalar, debe ser convertido al grosor efectivo de cada una de las capas que lo componen, como la capa de rodadura, base y subbase, utilizando los coeficientes estructurales correspondientes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 122).

Transitabilidad. Nivel de servicio de la infraestructura vial que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo (Zeballos y Vizcarra, 2021, p. 31).

Trafico. El tamaño de la cobertura se calcula para el numero equivalente de operaciones (N), el eje se adopta como estándar durante la fase de implementación del proyecto seleccionado (Manual Completo Diseño de Pavimentos, p. 197).

Textura. Es el acabado final de pavimento quien garantiza la rugosidad para la adherencia, el drenaje, la baja sonoridad y reduce la reflectancia del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Confort. Sensación de comodidad y bienestar que experimentamos al caminar, correr o estar de pie sobre una superficie. Para lograr un pavimento confortable es importante considerar varios factores: Absorción de impactos, Amortiguación, Resistencia al deslizamiento, Uniformidad, Durabilidad, Mantenimiento adecuado (Manual Completo Diseño de Pavimentos, p. 21).

Esal. La carga del vehículo sobre la superficie de la carretera se mide mediante la carga por eje único equivalente a ESAL de 18 kip o 80 kN o 8,2 toneladas, denominada en esta Guía carga por eje equivalente (EE). El monto de ESAL durante el período de liquidación se denomina (W18) EE 8,2 t (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120).

Carril. Es una franja longitudinal que forma parte de la calzada, si son de dos carriles se delimita por marcas viales con una anchura suficiente para el paso de vehículos que van desde motocicletas hasta automóviles de gran tamaño (Manual Completo Diseño de Pavimentos, p. 368).

IMDA. Es el Índice Medio Diario Anual de Transito (IMDA) que representa el promedio aritmético de los volúmenes de tránsitos diarios para todos los días del año previsible o existente en una sección dada de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 62).

PSI. Es el Índice de resistencia actual que brinda a los usuarios. Su valor oscila entre 0 y 5. El valor 5 significa mejor comodidad teórica (difícil de lograr) y viceversa valor cero refleja lo peor. Cuando las condiciones de la carretera empeoran debido al deterioro, PSI también disminuyó (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 127).

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicado, como menciona Hernández y Mendoza (2018), es un enfoque práctico o utilitario que busca resolver problemas prácticos utilizando conocimientos teóricos que puedan ser utilizados para mejorar procesos, tomar decisiones informadas y desarrollar soluciones prácticas en situaciones reales (p. 151).

La investigación examina de manera funcional el pavimento flexible mediante el uso del rugosímetro de Merlin para evaluar la rugosidad y el estudio de PSI. Con base en estos resultados, se llevó a cabo el diseño de la estructura de la carpeta del pavimento como una propuesta para mejorar la circulación de vehículos en la Avenida Las Malvinas. Además, este estudio se adhiere a un enfoque cuantitativo lo que implica la medición y análisis de datos.

4.1.2 Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo, de acuerdo según Hernández y Mendoza (2018), este estudio mide o recopila datos que se somete a un análisis y reporta información sobre diversos conceptos, variables, aspectos o componentes del fenómeno o problema que se está estudiando. En la investigación descriptiva, el investigador selecciona una serie de preguntas y luego recopila información sobre cada pregunta para expresar (describir o caracterizar) lo que se está estudiando (p. 108).

Borja (2016, p.13), en su libro Metodología de la investigación científica para ingenieros, la metodología para demostrar hipótesis en investigaciones no experimentales no permite establecer ni probar relaciones causales directas entre variables o elementos. El tipo de investigación no experimental más común es la

descriptiva, que se enfoca en investigar y determinar las propiedades y características representativas de los objetos de estudio, como personas, viviendas, concreto armado o probetas. Una característica clave de la investigación de nivel descriptivo es su capacidad para seleccionar y describir detalladamente las partes, categorías o clases del objeto de estudio. La estrategia para demostrar hipótesis varía según el enfoque de la investigación, siendo distinta en investigaciones experimentales y descriptivas (no experimentales).

Para Vásquez, Guanuchi, Cahuana, Vera y Holgado (2023, p. 27), la investigación de nivel descriptivo implica detallar minuciosamente un fenómeno o situación. Su principal objetivo es recoger y analizar datos para ofrecer una descripción precisa y exhaustiva del fenómeno o situación bajo estudio.

Para Bernal (2010, p. 113), la investigación descriptiva se destaca por su habilidad para identificar las características esenciales del objeto de estudio y proporcionar una descripción minuciosa de sus componentes, categorías o tipos. En este tipo de investigación, el investigador se orienta por las preguntas de investigación que formula, y cuando se plantean hipótesis en estudios descriptivos, estas son formuladas y probadas a nivel descriptivo.

Para Pinto (2006, p. 111), se refiere a analizar las propiedades o atributos del objeto o fenómeno bajo estudio mediante observación. Los estudios descriptivos se centran en obtener una descripción detallada del estado actual de los fenómenos de interés. Respecto a si todas las investigaciones deben plantear hipótesis, la respuesta es negativa. Esta regla generalmente se aplica a las investigaciones cuantitativas que utilizan el método deductivo, el cual implica la realización de estudios relacionales o explicativos.

Los objetivos específicos se centran en investigar cómo la rugosidad y el índice de resistencia del pavimento incidente en la transitabilidad vehicular, además de diseñar un pavimento flexible que mejore el flujo de tráfico en esa zona en particular. Este enfoque tiene como objetivo brindar una comprensión más detallada de los factores que afectan la circulación de vehículos en la ubicación mencionada.

4.2 Diseño de investigación

La investigación sigue un diseño no experimental, de acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), menciona que no se manipulan intencionalmente las variables independientes para observar su impacto en otras variables. En este tipo de investigación, se observan los fenómenos tal como ocurren en su entorno natural, porque ya sucedieron al igual que sus efectos y luego se analizan. Este enfoque se clasifica como investigación transeccional o transversal (p. 174).

En nuestra investigación, utilizamos un rugosímetro de Merlin para medir las elevaciones y depresiones en la superficie del pavimento y calcular la rugosidad y PSI. Con esta información, proponemos mejorar el diseño de la carpeta estructural, considerando los tipos de vehículos que circulan por la vía. Luego, analizamos estos datos para diseñar la carpeta estructural del pavimento de manera adecuada.

M = Zona de investigación (Avenida las Malvinas).

X = Análisis funcional en el pavimento flexible aplicando el Rugosímetro de Merlin.

R = Resultados del análisis funcional.

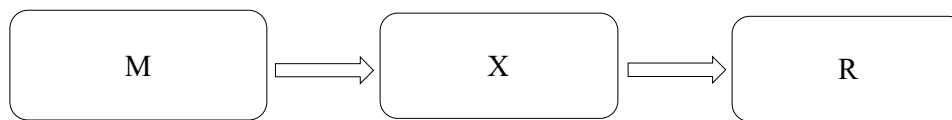


Figura 9 – Esquema de diseño de investigación.
Fuente: Alvarado y Laura, 2022, p. 72.

4.3 Descripción ética de la investigación

La ética en la investigación educativa es fundamental para proteger los derechos de las personas involucradas en los estudios. A pesar de los desafíos éticos, es crucial que los educadores realicen sus investigaciones de manera responsable y sin causar daño. La ética proporciona los fundamentos necesarios para llevar a cabo estudios de manera coherente y moralmente correcta. Este trabajo destaca la importancia de la ética en la investigación educativa (La ética en la investigación educativa, 2018).

Los autores analizan críticamente la ética en la investigación, desde su experiencia como profesores universitarios y miembros de Comités de Ética en Investigación. Invitan a debatir sobre temas como las Normas Éticas Internacionales, los Comités de Ética y la postura de bioeticistas sudamericanos. Cuestionan el impacto negativo de las patentes en

pacientes vulnerables y la falta de interés en medicamentos para enfermedades raras, así como la extensión de los Consentimientos Informados y la distribución de ensayos clínicos (Ética de la Investigación, 2011).

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, se ha desarrollado un código de ética de investigación que considera las particularidades culturales, sociales y económicas de la región. Este código incluye requisitos específicos para adaptarse a la realidad local, plasmado a través de la RESOLUCIÓN N°010-2018-VRINV-UNAMBA. En mi investigación no experimental, mi principal objetivo es asegurar la integridad y el bienestar del investigador, protegiendo sus derechos como autor del estudio y evitando comprometerlos (Unamba, 2018, p. 3).

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

En este caso, la población consiste en 470 metros de infraestructura vial en la Avenida las Malvinas de Abancay. La muestra será igual a la población, dado que se estudia la totalidad de la vía. Con un muestreo no probabilístico por conveniencia, determinado por el investigador, centrándose en el análisis del pavimento flexible de la Avenida las Malvinas.

Muestras no probalísticas

Según Hernández y Mendoza (2018, p. 200), una muestra no probabilística es aquella en la que la elección de las unidades no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características, el contexto de la investigación y del juicio y las decisiones del investigador y no todos los miembros de la población tienen la misma oportunidad de ser seleccionado.

Criterios de inclusión: Se tomaron la Avenida Martinelli, Avenida las malvinas y la Avenida Pachacutec, vías con significativo nivel de deterioro del pavimento flexible Como presencia de grietas, baches, etc. Alta densidad de tráfico vehicular, condiciones climáticas similares y características similares en términos de diseño y construcción, que están a responsabilidad de la Municipalidad Provincial de Abancay.

Criterios de exclusión: Se excluyeron las 2 avenidas mencionadas que no presenta un estado crítico y se seleccionó un tercio de la población que corresponde a la Avenida las

Malvinas porque presenta un mayor deterioro con evidentes fallas estructurales y superficiales, alta densidad de tráfico pesado constante que contribuye al deterioro del pavimento en comparación con el resto de las avenidas que presenta bajo volumen de tráfico, pavimentos en buen estado que presenta deterioro moderado y que recientemente mantenidas mediante sellado de balles. Que es esencial de prioridad y primer orden el cual beneficiara a los habitantes del sector.

4.4.2 Muestra

Para Servando (2012), el metodo del merlin requiere la determinación de 200 muestras de desviaciones con respecto a la cuerda promedio, con cada muestra separada a intervalos constantes de 2 metros a lo largo de un tramo de 400 metros de la vía.

La muestra de estudio es la avenida las malvinas comprendida de 470 m. Se tomaran 4 muestras, cada una con 400 metros de la via, con 200 desviaciones medidas a intervalos de 2 metros, como detalla Servando (2012). El estudio de tráfico se realizo en ambos carriles. En nuestra investigación, la selección de la muestra no es aleatoria debido a que la vía estudiada es una ruta principal que conecta instituciones clave como el Essalud, instituciones educativas, el mercado Las Américas y el centro de la ciudad. Además, la disponibilidad de información sobre la construcción y el estado actual de la vía influyen en esta decisión.

4.4.2.1 Muestreo

- **Para el carril izquierdo – rugosidad y PSI**

Rugosidad en términos de (IRI)

0 + 000 a 0 + 400: 1 experimento en campo de 200 datos

0 + 070 a 0 + 470: 1 experimento en campo de 200 datos

Transitabilidad vehicular (PSI)

0 + 000 a 0 + 400: 1 IRI: 1 PSI

0 + 070 a 0 + 470: 1 IRI: 1 PSI

TOTAL 2 experimentos en campo

- **Para el carril derecho – rugosidad y PSI**

Rugosidad en términos de (IRI)

0 + 000 a 0 + 400: 1 experimento en campo de 200 datos

0 + 070 a 0 + 470: 1 experimento en campo de 200 datos

Transitabilidad vehicular (PSI)

0 + 000 a 0 + 400: 1 IRI: 1 PSI

0 + 070 a 0 + 470: 1 IRI: 1 PSI

TOTAL 2 experimentos en campo

Nota. Tomando un total, de muestreo por conveniencia de 4 muestras de experimento en campo en la avenida las Malvinas.

- **Para el carril derecho e izquierdo – estudio de tráfico**

0 + 000 a 0 + 470: 7 estudios de trafico de ida y vuelta

4.5 Procedimiento

Existe varios esquemas que se pueden utilizar para desarrollar una tesis, dependiendo del campo de estudio, el tipo de investigación y los objetivos específicos, para la investigación se creó un diagrama de flujo con el objetivo de visualizar de manera gráfica y en orden cronológico las actividades propuestas en la tesis de investigación.

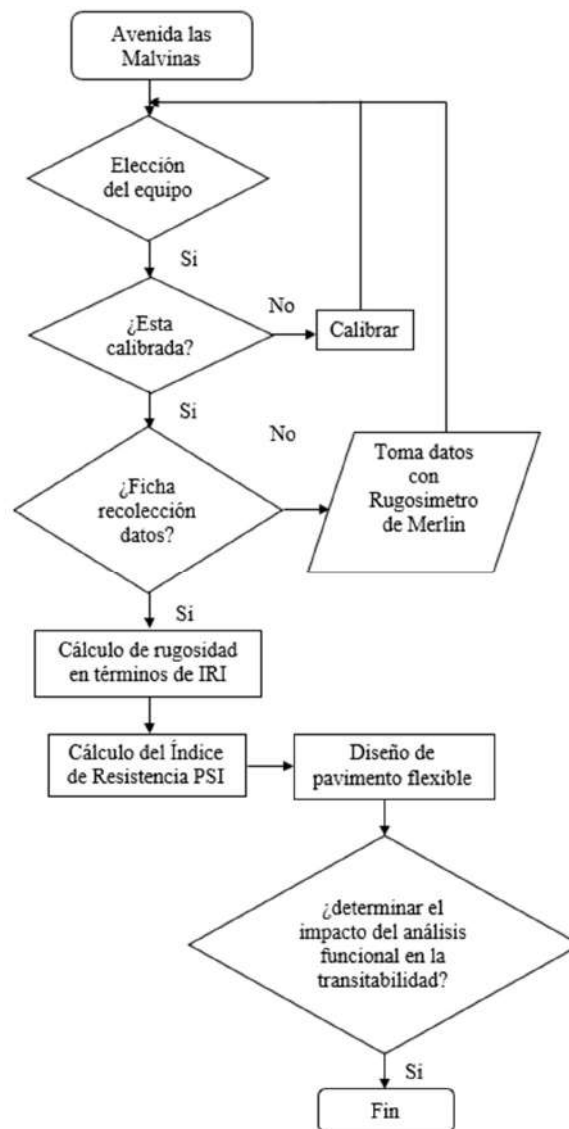


Figura 10 – Flujograma del procedimiento de ejecución de la investigación.

4.6 Técnica e instrumentos

4.6.1 Técnica

La presente investigación actual ha empleado la técnica de la observación, según Hernández y Mendoza (2018) La **observación** como técnica nos facilita una visión más organizada de lo que percibimos, incluyendo estructuras físicas, comportamientos y acciones en el área de estudio (p. 290).

4.6.2 Instrumento

En la investigación se utilizó el instrumento de ficha de recolección de datos, establecidas por el manual del Merlin y el MTC para el estudio de tráfico promedio diario. Según, Hernández, Fernández, Batista (2014) sostiene que los instrumentos son

a aquellos que te permiten registrar los datos o valores aplicando (cuestionarios, escalas de actitudes, pruebas de laboratorio o equivalente) sobre las variables que tiene en mente el investigador. El instrumento corresponde al objetivo específico 1, objetivo específico 2 y el objetivo específico 3 (p. 199).

Validación

La validez, en terminos generales, según Hernández et al. (2014) se refiere al grado en que un instrumento mide con exactitud la variable que verdaderamente pretende medir. Es decir, si refleja el concepto abstracto a través de sus indicadores empiricos (p. 200).

La exactitud del instrumento puede ser validada por expertos la biabilidad y la efectividad, respaldada por el responsable del laboratorio de Ingeniería Geotecnia y Materiales mediante el certificado de calibración. A continuación se detalla a los expertos, se incluye en el anexo c. La evaluación de juicio de expertos para validar el instrumento a detalle.

Tabla 8 – Juicio de expertos

Nombre y Apellidos	Categoría	Especialidad	Índice de validación
Edwar Ilasaca Cahuata	Doctor	Estadístico	4
Cirilo Huaman Albites	Doctor	Metodólogo	5
Abbon Alex Vasquez Ramirez	Ph.D	Mención Ingeniería Civil	5
Danilo Saavedra Oré	Magister	Estructuras	4
Rómulo Gómez Noblega	Magister	Gestión Pública	3

Se aplicó la sumatoria de las calificaciones según la escala de valoración de Likert con cinco categorías de respuesta (1, 2, 3, 4, 5), siendo “1 como deficiente”, “2 como regular”, “3 como buena”, “4 muy buena” y “5 como excelente”, el índice de validez de contenido (I – CVI) se usa para evaluar la validez de contenido de instrumentos o cuestionarios mediante una evaluación de expertos, para lo cual se utilizó el modelo propuesto por Lawshe (1975), modificado por Tristan (2008), donde el índice de validez de contenido CVI > 0.58 debe ser para ser considerado como aceptable, el cual debe estar conformado de 8 ítems a más preguntas (Puerta y Marin, 2015, p. 5).

$$\text{Índice de juicio de expertos} = \frac{\text{Suma de los valores asignados por los expertos}}{\text{Número total de expertos}} \dots(14)$$

$$\text{Indice de juicio de expertos} = \frac{4 + 5 + 5 + 4 + 3}{5}$$

$$\text{Indice de juicio de expertos} = 4$$

La validacion tiene calificacion 1. Deficiente, 2. Regular, 3. Buena, 4. Muy buena, 5. Excelente. Se evidencia que el indice de juicio de expertos califica que es muy buena.

La calificacion de 3 a 5 son relevante, se puede ver que los 5 expertos han calificado el instrumento como relevante debido a que se tiene la calificacion 3. Buena, 4. Muy buena, 5. Excelente donde:

$$I - CVI = \frac{\text{Numero de expertos que califican de 3 a 5}}{\text{Numero total de expertos}} \dots\dots\dots(15)$$

$$I - CVI = \frac{5}{5}$$

$$I - CVI = 1.0$$

Un I – CVI de 1.0 indica que todos los expertos consideran que el instrumento es valido por que mide con exactitud la variable que verdaderamente pretende medir y es superior al valor permitido o aceptable.

Confiabilidad

La confiabilidad o fiabilidad de un instrumento de medicion según Hernández et al. (2014) se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo, caso o muestra produce resultados iguales, consistentes y coherentes (p. 200).

En esta investigacion no se ha aplicado la confiabilidad por que no le corresponde.

4.7 Análisis estadístico

Según Hernández y Mendoza (2018, p. 298), la codificación consiste en introducir los datos obtenidos de diversos instrumentos (como cuestionarios, escalas de actitudes, pruebas de laboratorio y pruebas de campo), las cuales son representadas en tablas, gráficos, histogramas, que son analisis descriptivos de acuerdo al nivel o alcance de la investigacion.

El procesamiento de datos fue en base a los datos obtenidos en las observaciones diarias, a este conjunto de datos se le aplicará operaciones de la estadística descriptiva (tablas,

gráficos, Histograma, media, mediana, etc. Para dar las conclusiones generales se hará uso de procesamientos estadísticos inferenciales siguiendo los pasos pertinentes para sus resultados y de acuerdo a los objetivos que persigue la investigación.

Secuencia de la prueba estadística seleccionada:

1. Formulación de la hipótesis general:

Hipótesis nula:

H_0 : El análisis funcional no tiene un impacto en la transitabilidad vehicular aplicando el rugosímetro de merlín en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

Hipótesis alterna:

H_1 : El análisis funcional tiene un impacto en la transitabilidad vehicular aplicando el rugosímetro de merlín en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

2. Formulación de las hipótesis específicas:

Primera hipótesis específica:

Hipótesis nula:

H_0 : La rugosidad no tiene un impacto en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

Hipótesis alterna:

H_1 : La rugosidad tiene un impacto en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

Segunda hipótesis específica:

Hipótesis nula:

H_0 : El índice de resistencia del pavimento PSI no tiene un impacto en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida Las Malvinas – Abancay, 2023.

Hipótesis alterna:

H_1 : El índice de resistencia del pavimento PSI tiene un impacto en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida Las Malvinas – Abancay, 2023.

Tercera hipótesis específica:

Hipótesis nula:

H_0 : El diseño de pavimento flexible no mejorará la transitabilidad vehicular actual en la avenida Las Malvinas – Abancay, 2023.

Hipótesis alterna:

H_1 : El diseño de pavimento flexible si mejorará la transitabilidad vehicular actual en la avenida Las Malvinas – Abancay, 2023.

3. Para calcular y comprobar las hipótesis se tomó en cuenta la tabla 3 y la figura 2.
4. Determinar los niveles de rugosidad IRI, índice de resistencia del pavimento PSI.
5. Realizar la prueba de significancia para la transitabilidad vehicular basándose en los resultados del IRI – PSI de la avenida Las Malvinas. Comparar el valor obtenido con el valor admisible; si el valor obtenido es mayor, se rechaza la hipótesis nula y se confirma el impacto.
6. Interpretar los resultados estadísticos de la rugosidad para los tramos de los carriles izquierdo y derecho utilizando el valor promedio. De igual manera, se considerará el PSI para los tramos de ambos carriles. Además, se empleará esta información en el diseño de la carpeta estructural, tomando en cuenta el SN requerido y el SN calculado.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados descriptivos

En la avenida Las Malvinas se llevó a cabo la evaluación de los carriles derecho e izquierdo, considerando dos secciones por carril. Durante esta evaluación, se registraron los puntos y resultados obtenidos del levantamiento de datos en campo utilizando el rugosímetro de Merlín. Cabe destacar que esta evaluación tuvo lugar durante la estación de verano, dado que nos encontramos en el hemisferio sur.

5.1.1 Análisis de resultados del objetivo general

Tabla 9 – Resumen de resultados de la rugosidad en términos de IRI.

Tramo	Carril	D (mm)	IRI Adm (m/km)	IRI calculado (m/km)	IRI Promedio Carril (m/km)	¿Cumple?	Estado del Pavimento
0+000 a 0+400	Izquierdo	86.25	2.50	4.66	4.57	No	Malo
0+070 a 0+470	Izquierdo	82.50	2.50	4.48		No	Regular
0+000 a 0+400	Derecho	87.50	2.50	4.71	4.48	No	Malo
0+070 a 0+470	Derecho	77.50	2.50	4.24		No	Regular
Promedio =				4.52	4.52	No	Malo

Nota. El análisis funcional del pavimento flexible realizado con el rugosímetro de merlín en la avenida las Malvinas en una longitud de 470. 00 m lineales, donde analizamos los resultados de cada tramo para determinar los tramos con mayor deterioro. En el primer tramo con una longitud de 400 metros, tanto en el carril derecho como en el izquierdo, se determinó que el estado del pavimento es malo debido a que presenta una alta rugosidad. En el segundo tramo, con una longitud de 400 metros, el estado del pavimento en ambos carriles se califica como regular.

La rugosidad se determina mediante el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en los carriles izquierdo y derecho del tramo 1,2, donde se obtuvieron valores de IRI de 4.57 m/km

y 4.48 m/km respectivamente, el valor ponderado de IRI de toda la vía presenta una rugosidad de 4.52 m/km. Este valor supera el valor admisible de IRI igual a 2.5 m/km establecido en el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos y el manual de pavimentos urbanos.

Los resultados del estudio indican que el pavimento flexible en la Avenida Las Malvinas está en mal estado general, con áreas específicas de deterioro severo y excesiva rugosidad, lo que impacta negativamente en la transitabilidad vehicular. Los vehículos experimentan vibraciones y sacudidas intensas, causando incomodidad y posibles daños a largo plazo. Además, esta situación incrementa el riesgo de accidentes, especialmente en condiciones de lluvia o frenado repentino, afectando la seguridad vial.

Usamos la figura 2 – Nivel de Rugosidad (IRI m / km) para determinar el estado de pavimento en función a la rugosidad del pavimento

Tabla 10 – Resumen, resultados de transitabilidad vehicular (PSI) en función al IRI.

Tramo	Carril	IRI calculado (m/km)	PSI	PSI Promedio carril	Clasificación del (PSI)
0+000 a 0+400	Izquierdo	4.66	1.49	1.53	Malo
0+070 a 0+470	Izquierdo	4.48	1.56		Malo
0+000 a 0+400	Derecho	4.71	1.47	1.57	Malo
0+070 a 0+470	Derecho	4.24	1.66		Malo
Promedio =		4.52	1.55	1.55	Transitabilidad mala

Nota. Luego de todo el análisis de resultados del IRI ponderado de la rugosidad se obtiene la calificación de la transitabilidad que brinda la Avenida las Malvinas en el momento de la investigación, para ello se toma el valor determinado del PSI en base al IRI. Donde se puede observar que en el tramo 1,2 del carril izquierdo y derecho se puede detallar que el valor de PSI se encuentra en el rango de 1 a 2 y al obtener un ponderado de toda la vía nos brinda un valor de PSI = 1.55 lo que significa que la vía nos ofrece una mala transitabilidad. Esto significa que la superficie del pavimento presenta irregularidades que pueden afectar la capacidad de los vehículos para circular de manera fluida y segura. Los usuarios podrían experimentar molestias debido a las vibraciones y a los posibles daños en los vehículos.

Utilizamos la Tabla 3 – Nivel de Índice de Resistencia, para evaluar la transitabilidad vehicular según el valor del PSI en la avenida Las Malvinas

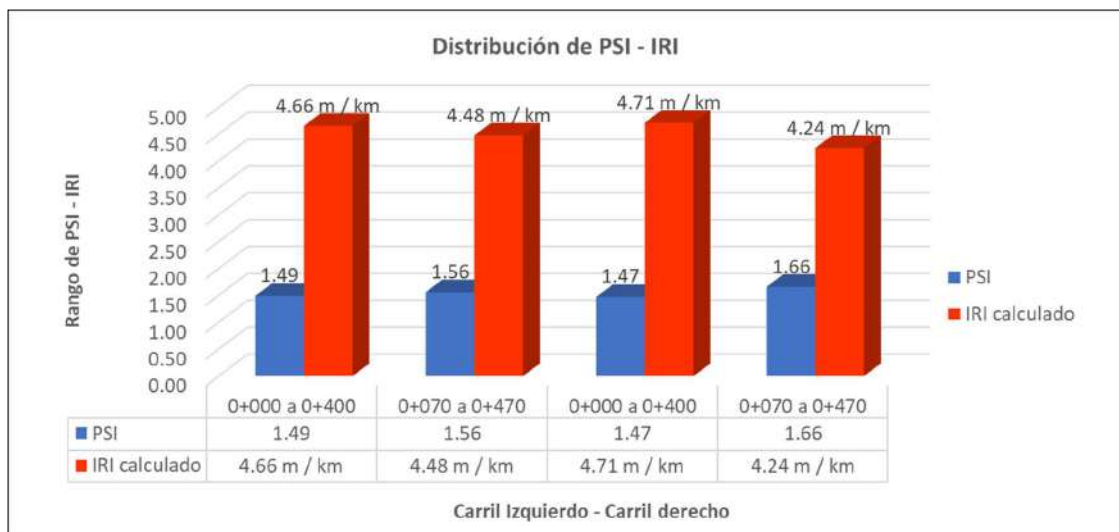


Figura 11 – Resultados de PSI – IRI en el tramo 1 y 2 del carril izquierdo y derecho.

Nota. En síntesis, se puede evidenciar en la figura, que a medida que la rugosidad del pavimento aumenta, el valor de PSI disminuye y la calidad del pavimento se deteriora. Esto afecta directamente la transitabilidad vehicular, ya que una mayor rugosidad dificulta la conducción, lo que puede perjudicar la eficiencia y la seguridad en la Avenida Las Malvinas.

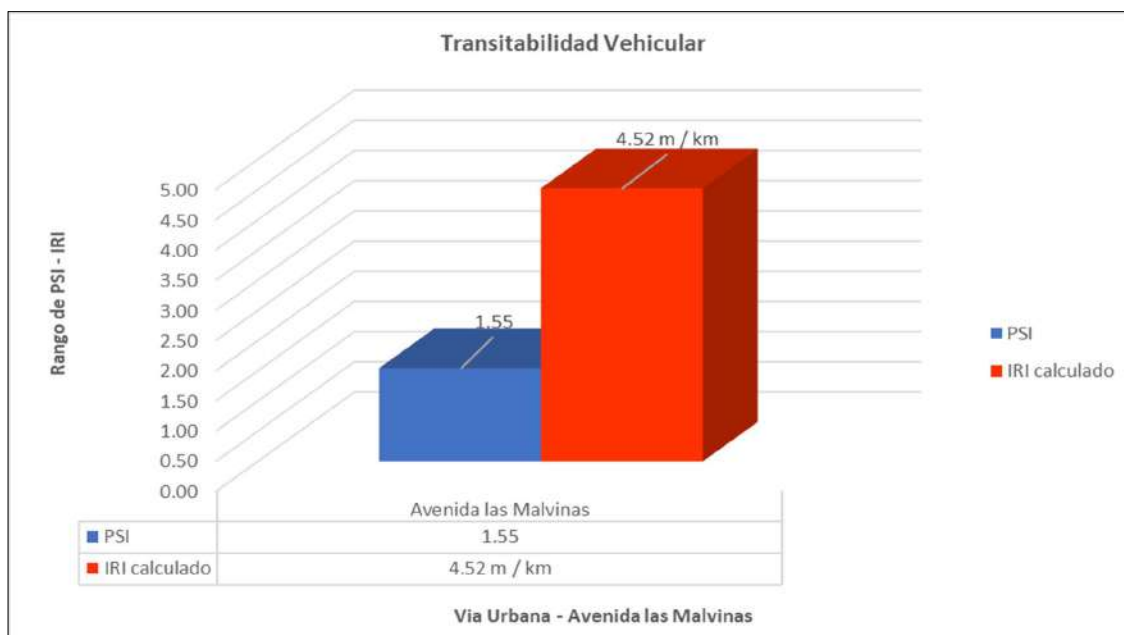


Figura 12 – Resultado de la Avenida las Malvinas PSI – IRI.

Nota. Como Como se muestra en la figura, la aplicación del rugosímetro de Merlín permite identificar y cuantificar la rugosidad del pavimento, lo que influye directamente en la transitabilidad vehicular. Es evidente que la evaluación de la rugosidad mediante el análisis funcional es crucial, ya que proporciona datos esenciales para mejorar las condiciones del pavimento y, por ende, la transitabilidad vehicular. Las intervenciones basadas en los resultados del análisis funcional realizado con el rugosímetro de Merlín mejoran significativamente la transitabilidad. Además, los datos obtenidos con este método demuestran una correlación directa entre la rugosidad y las dificultades en la transitabilidad vehicular. Se observa que la avenida Las Malvinas tiene un PSI bajo, lo cual representa mayores problemas en la transitabilidad vehicular, calificándola como mala. Un nuevo diseño de pavimento flexible, basado en los datos de rugosidad y PSI, resulta en una mejor transitabilidad vehicular, ya que está adaptado a las condiciones actuales de la avenida Las Malvinas, incrementando la seguridad y comodidad del tránsito vehicular y conduciendo a una reducción de los costos de mantenimiento a largo plazo.

5.1.2 Análisis de resultados del objetivo específico 1

5.1.2.1 Elevaciones y depresiones en el tramo 1, carril izquierdo

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)													
PROYECTO:		Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlín – Abancay, 2023											
SECTOR :	Avenida las Malvinas				OPERADOR :	Ing.Hugo Cuba Benavente							
TRAMO :	1				RESPONSABLE:	Bach. Betzabe Huanca Quispe							
CARRIL :	Izquierdo				FECHA :	4/02/2023							
ENSAYO N°: 01		KM :			0+000 al 0+400			HORA :			11:00 a. m.		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO:	
1	24	25	27	28	15	25	21	25	24	20		AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	24	24	28	22	22	25	27	22	31	24		BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	17	24	29	23	15	19	22	27	23	25		BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	23	23	23	23	24	12	31	22	18	24		TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	24	22	18	11	17	22	20	21	23	22		CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	20	20	21	22	23	24	26	20	22	25		CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>
7	24	21	22	21	20	22	22	22	21	26		RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	25	22	22	20	20	22	24	21	26	19		SELLO	<input type="checkbox"/>
9	26	19	19	32	18	25	12	24	43	19		OTROS	<input type="checkbox"/>
10	27	28	18	18	18	21	23	23	22	20			
11	25	24	21	22	31	19	15	31	26	26			
12	17	12	31	13	24	22	24	20	21	25			
13	18	22	25	22	26	26	20	27	31	19			
14	30	24	29	31	36	20	23	22	22	18			
15	25	17	29	29	28	30	25	26	25	31			
16	30	23	12	20	27	22	24	19	23	21			
17	28	24	22	23	26	18	23	22	23	26			
18	20	17	15	25	16	41	18	21	13	11			
19	29	27	20	24	22	22	21	21	23	21			
20	12	14	24	16	19	16	13	25	20	17			

Figura 13 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 1 – carril izquierdo.

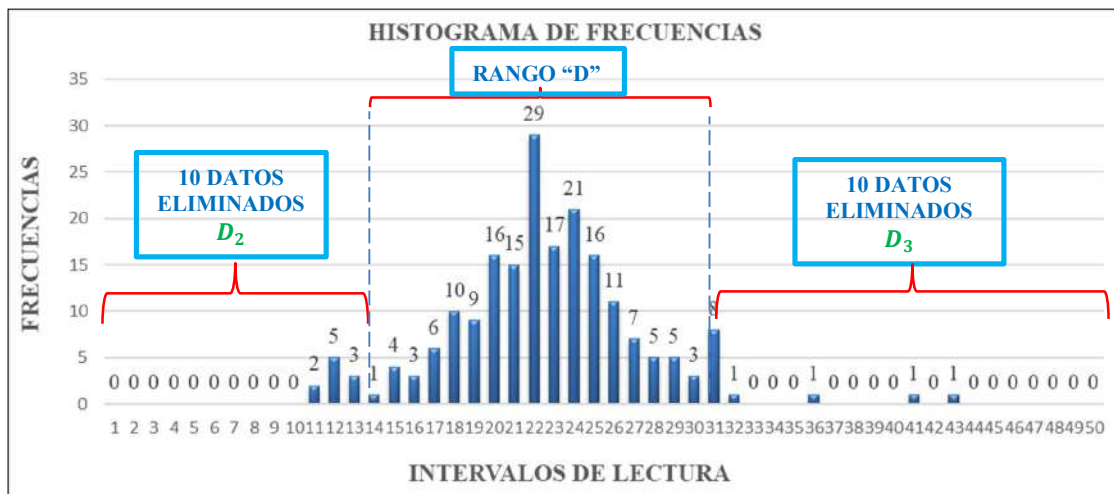


Figura 14 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 1 – carril izquierdo.

Nota. En la Figura 15 se presenta los resultados del histograma de frecuencias a base de elevaciones y depresiones medidas en campo en una longitud de 400 m lineales en el tramo 1 – carril izquierdo de la progresiva 0 + 000 a 0 + 400 de la avenida las Malvinas.



Figura 15 – Vista de carril izquierdo – tramo 1 en la Avenida las Malvinas.

Nota. Se puede evidenciar la aplicación del rugosímetro de Merlin, proporciona datos esenciales para mejorar la condición del pavimento. Los datos revelan problemas significativos de transitabilidad debido a fallas como piel de cocodrilo, parches y baches.

5.1.2.2 Cálculo de la rugosidad en el tramo 1, carril izquierdo

Para calcular la rugosidad en el tramo 1, entre las progresiva 0+000 a 0+400, se debe tener en cuenta el eje “X” intervalos de lecturas de desviaciones y el eje “Y” nos indica la cantidad de frecuencia, donde se eliminará 10 datos al extremo derecho e izquierdo, para nuestro caso la eliminación será del intervalo 1 al 13 en el extremo izquierdo representado por D_2 y a lado derecho será a partir del intervalo 31 al 50 representado por D_3 el cual queda en una fracción de $\frac{2}{8}$ y las barras libres corresponden a D_1 , donde el rango “D” será la suma de los tres.

- **Cálculo de la ecuación (1) del rango D (mm)**

$$D = (D_1 + D_2 + D_3) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (17 + 0 + 0.25) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (17.25) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = D_{\text{est}} = \mathbf{86.25 \text{ mm}}$$

Donde:

$$D_1 = 17$$

$$D_2 = \frac{0}{0} = 0$$

$$D_3 = \frac{2}{8} = 0.25$$

- **Cálculo de la ecuación (2) de la rugosidad en términos del Índice de Rugosidad Internacional “IRI”**

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9 \text{ o } 42 \leq D \leq 312$$

$$\text{entonces: } \text{IRI} = 0.593 + 0.0471(D)$$

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 \times (86.25)$$

$$\text{IRI} = \mathbf{4.66 \frac{m}{km}}$$

La ecuación (3) se aplica cuando el rango $D \leq 42$ y en este caso el resultado del rango $D \geq 42$ como se detalla en la ecuación (1).

Se muestra el programa Excel en el cual se programa para calcular la rugosidad de cada tramo.

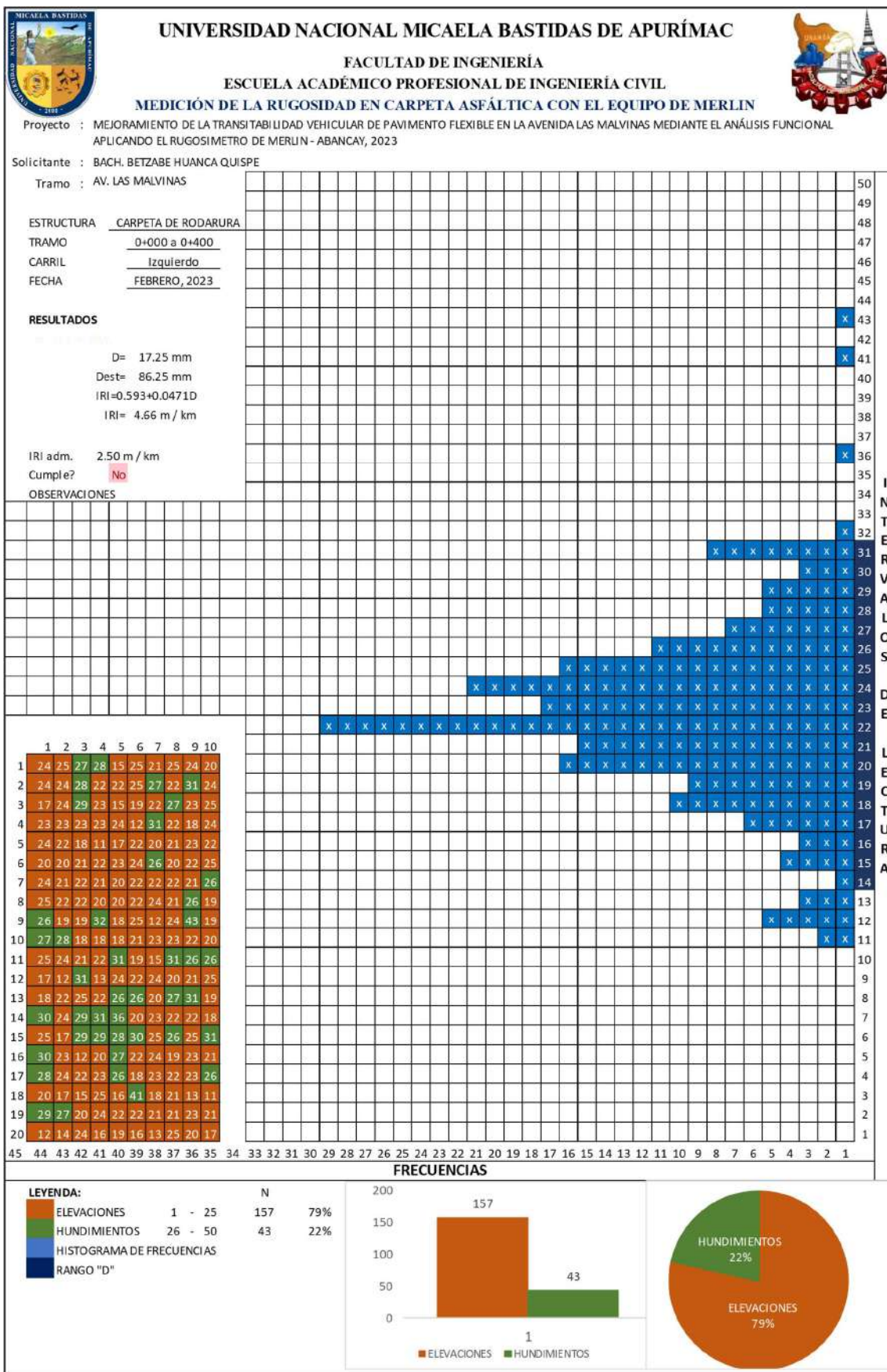


Figura 16 – Resultado de la rugosidad en términos de IRI tramo 1 – carril izquierdo.

5.1.2.3 Elevaciones y depresiones en el tramo 2, carril izquierdo

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)												
PROYECTO:		Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlín – Abancay, 2023										
SECTOR :	Avenida las Malvinas				OPERADOR :	Ing.Hugo Cuba Benavente						
TRAMO :	2				RESPONSABLE:	Bach. Betzabe Huanca Quispe						
CARRIL :	Izquierdo				FECHA :	4/02/2023						
ENSAYO N°:02		KM :			0+070 al 0+470			HORA :			15:00 p.m	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO:	
1	21	20	22	22	22	21	26	25	22	22	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	20	20	22	24	21	26	19	26	19	19	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	32	18	25	12	24	43	19	27	28	18	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	18	18	21	23	23	22	20	25	24	21	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	22	31	19	15	31	26	26	17	12	31	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	13	24	22	24	20	21	25	18	22	25	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>
7	22	26	26	20	27	31	19	30	24	29	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	31	36	20	23	22	22	18	25	17	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	29	28	30	25	26	25	31	30	23	12	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	20	27	22	24	19	23	21	28	24	22		
11	23	26	18	23	22	23	26	20	17	15		
12	25	16	41	18	21	13	11	29	27	20		
13	24	22	22	21	21	23	21	12	14	24		
14	16	19	16	13	25	20	17	28	11	23		
15	22	25	20	22	23	23	21	22	21	22		
16	21	22	28	21	22	23	23	21	24	24		
17	21	23	24	19	25	19	22	22	21	27		
18	32	26	19	23	22	25	22	21	25	27		
19	24	25	23	37	21	15	24	24	23	20		
20	24	25	19	18	22	20	37	24	24	22		

Figura 17 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 2 – carril izquierdo.

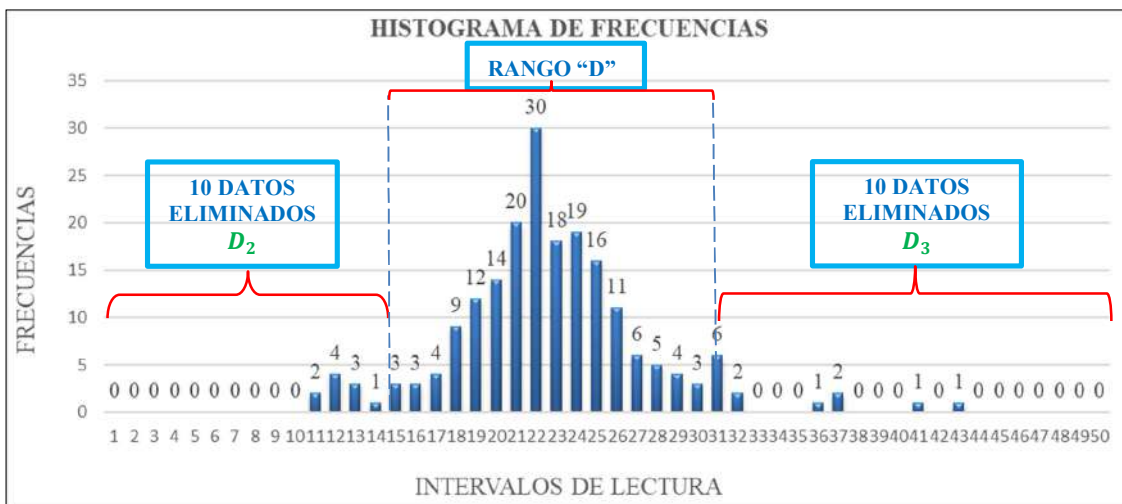


Figura 18 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 2 – carril izquierdo.

Nota. En la Figura 19 se presenta los resultados del histograma de frecuencias a base de elevaciones y depresiones medidas en campo en una longitud de 400 m lineales en el tramo 2 – carril izquierdo de la progresiva 0 + 070 a 0 + 470 de la avenida las Malvinas.

5.1.2.4 Cálculo de la rugosidad en el tramo 2, carril izquierdo

La eliminación será del intervalo 1 al 14 en el extremo izquierdo representado por D_2 y a lado derecho será a partir del intervalo 31 al 50 representado por D_3 el cual queda en una fracción de $\frac{3}{6}$ y las barras libres corresponden a D_1 , donde el rango “D” será la suma de los tres.

- **Cálculo de la ecuación (1) del rango D (mm)**

$$D = (D_1 + D_2 + D_3) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (16 + 0 + 0.5) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (16.5) \times 5 \text{ mm}$$

$$\mathbf{D = D_{est} = 82.5 \text{ mm}}$$

Donde:

$$D_1 = 16$$

$$D_2 = \frac{0}{0} = 0$$

$$D_3 = \frac{3}{6} = 0.5$$

- **Cálculo de la ecuación (2) de la rugosidad en términos del Índice de Rugosidad Internacional “IRI”**

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9 \text{ o } 42 \leq D \leq 312$$

$$\text{entonces: } \text{IRI} = 0.593 + 0.0471(D)$$

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 \times (82.5)$$

$$\mathbf{\text{IRI} = 4.48 \frac{\text{m}}{\text{km}}}$$

La ecuación (3) se aplica cuando el rango $D \leq 42$ y en este caso el resultado del rango $D \geq 42$ como se detalla en la ecuación (1).

Se muestra el programa Excel en el cual se programa para calcular la rugosidad de cada tramo.

5.1.2.5 Elevaciones y depresiones en el tramo 1, carril derecho

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)												
PROYECTO:	Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlín – Abancay, 2023											
SECTOR :	Avenida las Malvinas					OPERADOR :	Ing.Hugo Cuba Benavente					
TRAMO :	1					RESPONSABLE :	Bach. Betzabe Huanca Quispe					
CARRIL :	Derecho					FECHA :	5/02/2023					
ENSAYO N°: 01	KM : 0+000 al 0+400					HORA :	9:00 a. m.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO:	
1	34	27	29	32	24	34	30	14	24	24	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	32	34	37	34	20	44	44	33	37	29	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	32	11	32	16	34	20	36	16	18	24	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	28	29	34	30	28	28	31	33	28	28	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	28	29	31	29	34	29	27	28	27	31	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	32	30	29	29	30	25	31	29	31	35	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>
7	28	33	24	27	36	27	26	28	27	30	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	29	31	30	31	32	32	30	34	30	32	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	30	29	32	30	34	32	29	30	32	28	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	33	29	36	35	32	32	33	29	33	38		
11	27	26	34	36	27	14	30	26	40	50		
12	44	32	37	33	45	24	38	48	30	34		
13	39	30	30	33	35	38	28	35	42	29		
14	33	29	28	34	36	28	32	41	31	40		
15	35	34	33	40	27	34	37	32	31	31		
16	33	32	37	32	39	38	34	31	34	35		
17	32	31	46	41	46	40	22	32	39	34		
18	34	41	34	33	35	34	37	34	35	28		
19	35	30	32	34	32	31	33	25	36	26		
20	38	36	31	36	37	30	33	33	32	35		

Figura 20 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 1 – carril derecho.

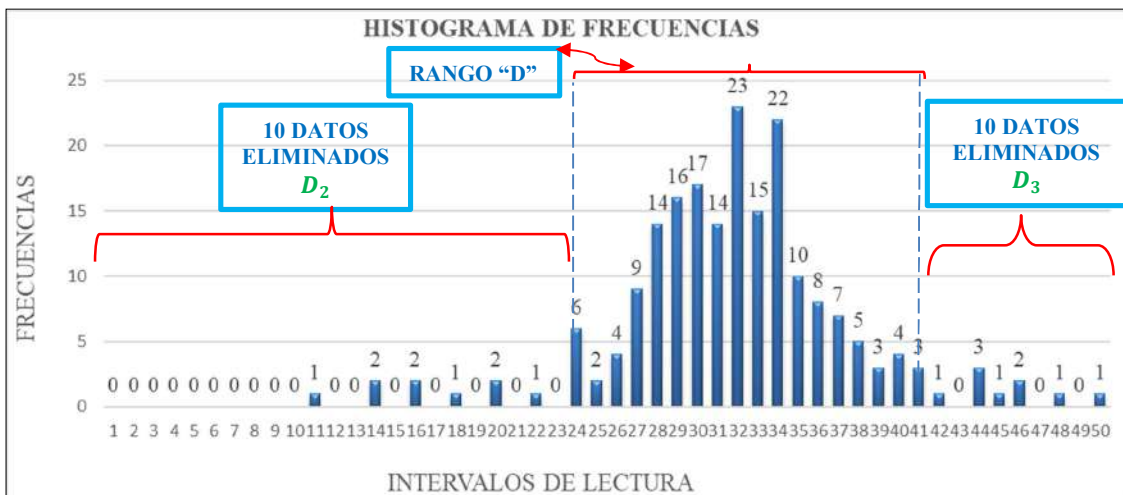


Figura 21 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 1 – carril derecho.

Nota. La Figura 21 presenta elevaciones y depresiones en el tramo 1 – carril derecho de la progresiva 0 + 000 a 0 + 400 de la avenida las Malvinas.



Figura 22 – Vista de carril derecho – tramo 1 en la Avenida las Malvinas.

Nota. Aplicación del rugosímetro de Merlin sobre la carpeta de rodadura con fallas como pérdida de agregados, parches y baches con elevada rugosidad.

5.1.2.6 Cálculo de la rugosidad en el tramo 1, carril derecho

Para calcular la rugosidad en el tramo 1, entre las progresiva 0+000 a 0+400, se elimina en el extremo izquierdo D_2 en una fracción de $5/6$ y a lado derecho por D_3 en una fracción de $2/3$ y las barras libres D_1 , donde el rango “D” será la suma de los tres.

- **Cálculo de la ecuación (1) del rango D (mm)**

$$D = (D_1 + D_2 + D_3) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (16 + 0.83 + 0.67) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (17.5) \times 5 \text{ mm}$$

$$\mathbf{D = D_{est} = 87.5 \text{ mm}}$$

Donde:

$$D_1 = 16$$

$$D_2 = \frac{5}{6} = 0.83$$

$$D_3 = \frac{2}{3} = 0.67$$

- **Cálculo de la ecuación (2) de la rugosidad en términos del Índice de Rugosidad Internacional “IRI”**

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9 \text{ o } 42 \leq D \leq 312 \text{ entonces: } \text{IRI} = 0.593 + 0.0471(D)$$

$$\mathbf{\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 \times (87.5)}$$

$$\mathbf{\text{IRI} = 4.71 \frac{\text{m}}{\text{km}}}$$

5.1.2.7 Elevaciones y depresiones en el tramo 2, carril derecho

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)												
PROYECTO: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023												
SECTOR : Avenida las Malvinas					OPERADOR : Ing.Hugo Cuba Benavente							
TRAMO : 2					RESPONSABLE: Bach. Betzabe Huanca Quispe							
CARRIL : Derecho					FECHA : 5/02/2023							
ENSAYO N°:02			KM : 0+070 al 0+470			HORA : 14:00 p.m						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO:	
1	24	27	36	27	26	28	27	30	29	31	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	30	31	32	32	30	34	30	32	30	29	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	32	30	34	32	29	30	32	28	33	29	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	36	35	32	32	33	29	33	38	27	26	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	34	36	27	14	30	26	40	50	44	32	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	37	33	45	24	38	48	30	34	39	30	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>
7	30	33	35	38	28	35	42	29	33	29	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	28	34	36	28	32	41	31	40	35	34	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	33	40	27	34	37	32	31	31	33	32	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	37	32	39	38	34	31	34	35	32	31		
11	46	41	46	40	22	32	39	34	34	41		
12	34	33	35	34	37	34	35	28	35	30		
13	32	34	32	31	33	25	36	26	38	36		
14	31	36	37	30	33	33	32	35	34	31		
15	34	33	34	34	29	32	34	31	39	33		
16	33	34	35	27	35	33	33	31	32	38		
17	33	31	33	35	34	36	33	35	32	35		
18	35	43	37	28	36	39	28	34	30	35		
19	31	33	31	37	37	37	30	42	36	33		
20	38	33	32	32	25	42	25	31	39	23		

Figura 24 – Datos de campo para el cálculo de la rugosidad tramo 2 – carril derecho.



Figura 25 – Elevaciones y depresiones medidas en campo en el tramo 2 – carril derecho.

Nota. La Figura 26 muestra las elevaciones y depresiones en el tramo 2 correspondiente a la progresiva 0+070 a 0+470.

5.1.2.8 Cálculo de la rugosidad en el tramo 2, carril derecho

La eliminación será del intervalo 1 al 26 en el extremo izquierdo representado por D_2 en el cual queda una fracción de 2/4 y a lado derecho será a partir del intervalo 42 al 50 representado por D_3 el cual queda en una fracción de 0/0 y las barras libres corresponden a D_1 , donde el rango “D” será la suma de los tres.

- **Cálculo de la ecuación (1) del rango D (mm)**

$$D = (D_1 + D_2 + D_3) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (15 + 0.5 + 0) \times 5 \text{ mm}$$

$$D = (15.5) \times 5 \text{ mm}$$

$$\mathbf{D = D_{est} = 77.5 \text{ mm}}$$

Donde:

$$D_1 = 15$$

$$D_2 = \frac{2}{4} = 0.5$$

$$D_3 = \frac{0}{0} = 0$$

- **Cálculo de la ecuación (2) de la rugosidad en términos del Índice de Rugosidad Internacional “IRI”**

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9 \text{ o } 42 \leq D \leq 312$$

$$\text{entonces: } \text{IRI} = 0.593 + 0.0471(D)$$

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 \times (77.5)$$

$$\mathbf{\text{IRI} = 4.24 \frac{\text{m}}{\text{km}}}$$

La ecuación (3) se aplica cuando el rango $D \leq 42$ y en este caso el resultado del rango $D \geq 42$ como se detalla en la ecuación (1).

Se muestra el programa Excel en el cual se programa para calcular la rugosidad de cada tramo.

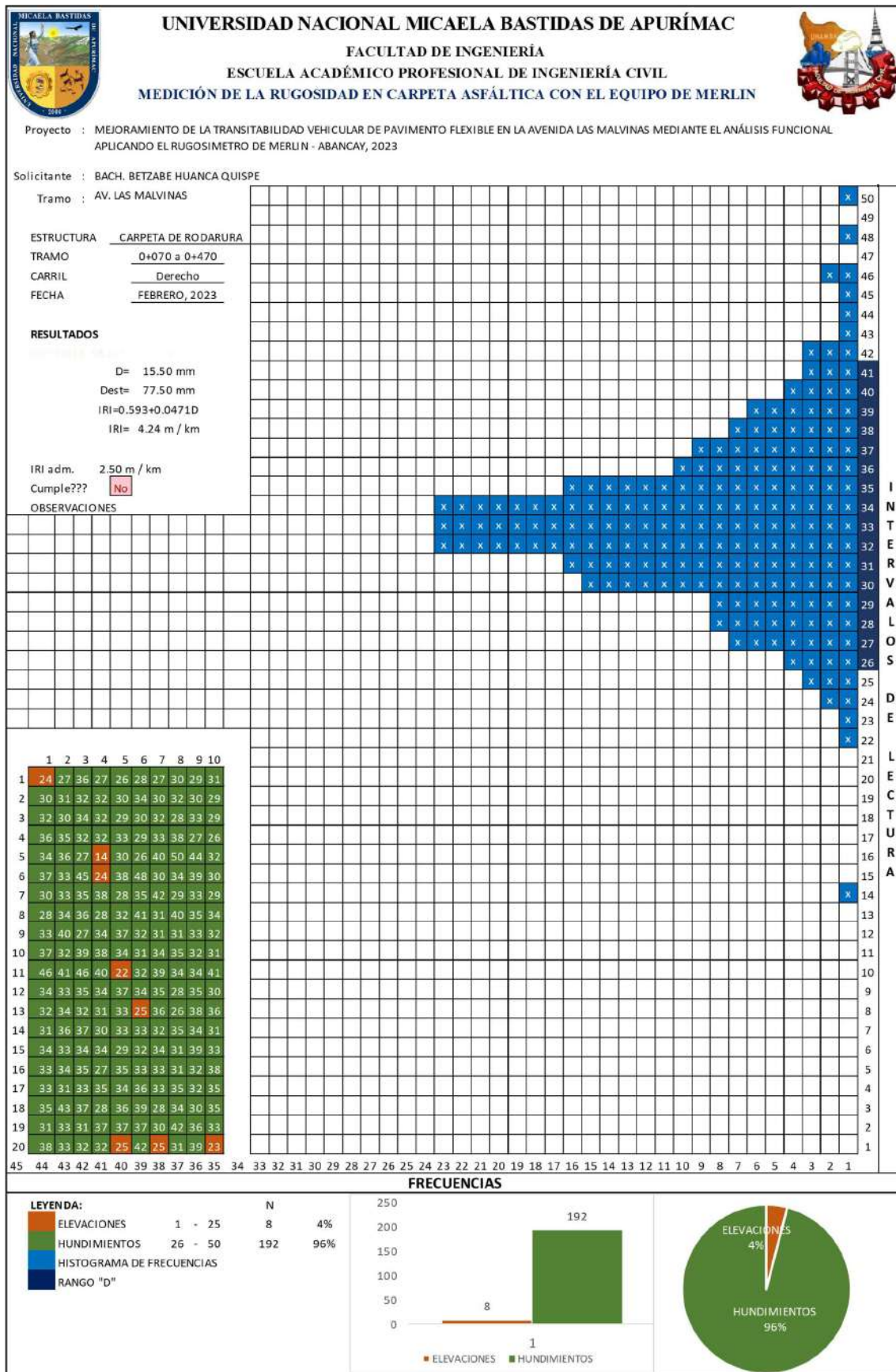


Figura 26 – Resultado de la rugosidad en términos de IRI tramo 2 – carril derecho.

5.1.3 Análisis de resultados del objetivo específico 2

5.1.3.1 Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 1, carril izquierdo

Fórmula propuesta de Omari y Darter para encontrar el PSI

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times IRI)}$$

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times 4.66)}$$

$$PSI = 1.49$$

Cabe precisar que la condición que presenta el pavimento flexible de la Avenida las Malvinas carril izquierdo tramo 1 entre la progresiva 0+000 a 0+400 es una transitabilidad **mala**.

5.1.3.2 Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 2, carril izquierdo

Fórmula propuesta de Omari y Darter para encontrar el PSI

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times IRI)}$$

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times 4.48)}$$

$$PSI = 1.56$$

Cabe precisar que la condición que presenta el pavimento flexible de la Avenida las Malvinas carril izquierdo tramo 2 progresiva 0+070 a 0+470 es una transitabilidad **mala**.

5.1.3.3 Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 1, carril derecho

Fórmula propuesta de Omari y Darter para encontrar el PSI

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times IRI)}$$

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times 4.71)}$$

$$PSI = 1.47$$

Cabe precisar que la condición que presenta el pavimento flexible de la Avenida las Malvinas carril derecho tramo 1 progresiva 0+000 a 0+400 es una transitabilidad **mala**.

5.1.3.4 Cálculo de PSI en la ecuación (4) del tramo 2, carril derecho

Fórmula propuesta de Omari y Darter para encontrar el PSI

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times IRI)}$$

$$PSI = 5 \times e^{(-0.26 \times 4.24)}$$

$$PSI = 1.66$$

Cabe precisar que la condición que presenta el pavimento flexible de la Avenida las Malvinas carril derecho tramo 2 progresiva 0+070 a 0+470 es una transitabilidad **mala**.

5.1.4 Análisis de resultados del objetivo específico 3

5.1.4.1 Cálculo del estudio de tráfico

Para el diseño de pavimento flexible se lleva a cabo el análisis del estudio de tráfico vehicular en la Avenida Las Malvinas en ambos sentidos durante las 24 horas del día en un lugar estratégico durante una semana. Los datos recopilados se encuentran detallados en el anexo b. específicamente en la figura 32, adjunto.

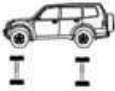
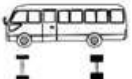
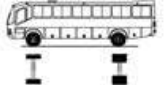
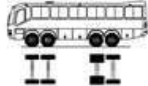


Conteo Vehicular												
Vehículo		Conteo								Total	IMDs	%
Cod	Gráfico	Dir	D	L	M	M	J	V	S			
VHL1_		Ida	565	640	606	589	549	647	574	4170	1496	39.84%
		Vue	844	1029	900	878	819	966	861	6297		60.16%
VHL2_		Ida	0	3	2	2	0	0	0	7	3	41.18%
		Vue	0	4	3	3	0	0	0	10		58.82%
B2_		Ida	2	2	5	2	1	2	2	16	5	51.61%
		Vue	1	2	7	1	1	1	2	15		48.39%
B4_1		Ida	18	75	61	75	104	125	78	536	191	40.21%
		Vue	26	111	90	112	155	187	116	797		59.79%
_C2		Ida	16	56	36	53	62	78	40	341	121	40.31%
		Vue	22	82	54	78	93	116	60	505		59.69%
_C3		Ida	8	8	8	8	8	8	7	55	18	44.35%
		Vue	10	10	10	10	10	10	9	69		55.65%

Figura 27 – Índice medio diario semanal (IMDs).

Nota. Se muestra el resumen del conteo vehicular semanal.

5.1.4.2 Factores de distribución direccional y de carril

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico normalmente corresponde a la mitad del total del tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunas

ocasiones puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo vehicular del tráfico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 63).

Tabla 11 – Factores de Distribución Direccional y de carril.

Numero de calzadas	Numero de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional FD	Factor de carril FC	Factor ponderado FD x FC
1 calzada	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	0.8	0.8
	1 sentido	3	1	0.6	0.6
	1 sentido	4	1	0.5	0.5
	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 calzadas	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 63.

Nota. De acuerdo a la Tabla 11 la avenida las Malvinas contiene los siguientes factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.

Número de calzadas: 1 Calzada

Número de sentidos: 2 Sentidos

Número de carriles: 1 Carril

Factor de Dirección (FD) = 0.50

Factor de Carril (FC) = 1.00

5.1.4.2.1 Tasa de crecimiento y proyección

Aplicando la ecuación (6) se calcula la tasa de crecimiento y proyección para un periodo de diseño de 20 años según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 122).

a) Factor de crecimiento poblacional

Tasa de crecimiento poblacional (r_1) = 0.59 % $Fca_1 = 21.162$

b) Factor de crecimiento económico

Tasa de crecimiento económico (r_2) = 6.65 % $Fca_2 = 39.462$

5.1.4.3 Cálculo de ejes equivalentes

Para el cálculo del factor equivalente se utiliza la ecuación (7, 8, 9), para pavimentos Flexibles.

$P_t = 2.5$

$SN = 4.0$ pulg

Para determinar los ejes equivalentes, se utilizará la información proporcionada en el Anexo g, específicamente en la figura 33. Esta figura muestra las diferentes configuraciones de ejes, junto con el peso máximo que cada eje puede cargar.

Una vez que se tenga la configuración de los ejes, se realizará el cálculo del factor de ejes equivalentes para todos los tipos de ejes, siguiendo las indicaciones presentadas en la figura 34 del Anexo g. Esto se logra aplicando la ecuación (7, 8, 9).

Un vehículo está compuesto por ejes simples, ejes tándem y ejes trídem. Esto significa que el factor de eje equivalente total de un vehículo será la suma de los ejes equivalentes que cada tipo de eje tiene. A continuación, se presenta un resumen del número de repeticiones de ejes equivalentes por tipo de vehículo.

Además, se utiliza la ecuación (10) para calcular el ESAL, que representa el número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

5.1.4.4 Cálculo de número de repeticiones ejes equivalentes

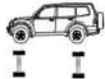
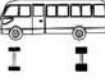

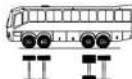



Cálculo de número de repeticiones de eje equivalente													
Vehículo			Factores de eje equivalente por eje				F.E.E. Total	Factor Direc. (FD)	Factor carril (FC)	Año	(Fca)	ESAL	
Tipo	Gráfico	IMDs	Delant.	Eje N° 01	Eje N° 02	Eje N° 03							Eje N° 04
VHL1_		1496	0.00031	0.00031				0.0006	60.16%	1	365	21.162	4284
VHL2_		3	0.00374	0.06062				0.0644	58.82%	1	365	21.162	877
B2_		5	0.55661	2.97443				3.5310	51.61%	1	365	21.162	70384
B4_1		191	0.42373	1.26150				1.6852	59.79%	1	365	21.162	1486501
_C2		121	0.55661	2.97443				3.5310	59.69%	1	365	39.462	3673537
_C3		18	0.55661	1.94719				2.5038	55.65%	1	365	39.462	361223
_C4													
											ESAL =	5.60E+06	

Figura 28 – Cálculo de Esal.

Nota. Una vez calculado el ESAL, se procederá a diseñar la estructura del pavimento flexible, considerando varios criterios que se aplicarán en la siguiente ecuación (12).

5.1.4.5 Diseño de pavimento flexible

Para el diseño de pavimento flexible se hará uso de la ecuación (12).

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Para lo cual se tendrá en cuenta las variables de diseño que a continuación se detallan.

5.1.4.5.1 Variables de diseño

a) Variables de tiempo

Urbana de alto volumen de tráfico

20 años

b) Tránsito

El tráfico se convierte en un número equivalente de cargas por eje simple de 18 kips (80 kN) o ESAL (Equivalent Single Axle Load), de modo que el impacto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número único de cargas por eje (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120)

El número de repeticiones ESAL = 5596806Figura 28

Tabla 12 – Tipo de tráfico expresado en ejes equivalentes.

Categoría	Rango de tráfico pesado expresado en EE	Tipo de tráfico expresado en EE
Bajo volumen de tránsito de 150,001 a 1'000,000 EE	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE	T _{P1}
	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE	T _{P2}
	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE	T _{P3}
	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE	T _{P4}
Caminos que tienen un tráfico comprendido entre 1'000,000 y 30'000,000 EE	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE	T _{P5}
	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE	T _{P6}
	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE	T _{P7}
	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE	T _{P8}
	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE	T _{P9}
	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE	T _{P10}
	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE	T _{P11}
	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE	T _{P12}
> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE	T _{P13}	
> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE	T _{P14}	

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 120.

Nota. De acuerdo al número de repeticiones de eje equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño, corresponde el tipo de tráfico **T_{P8}**.

c) Subrasante

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos el CBR de la subrasante: **CBR = 27.00 %**

Corresponde la categoría de subrasante: **S₄**Tabla 7

d) Desviación estándar (S_o)

Tabla 13 – Desviación estándar para pavimento flexible.

Condición de diseño	Desviación estándar	
	Pavimento rígido	Pavimento flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35	0.40
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40	0.50

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 127.

$$(S_o) = 0.45$$

e) Factor de confiabilidad (%R)

Tabla 14 – Nivel de confiabilidad para etapa de 20 años según rango de tráfico.

Tipo de tráfico expresado en EE	Rango de tráfico pesado expresado en EE		Nivel de confiabilidad (R)
T _{P1}	150,001	300,000	70%
T _{P2}	300,001	500,000	75%
T _{P3}	500,001	750,000	80%
T _{P4}	750 001	1,000,000	80%
T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 124.

Nota. El factor de confiabilidad (%R) para el tipo de tráfico: T_{P8} = 90 %.

e) Probabilidad (Z_R)

Es el valor “Z” (Área bajo la curva de distribución normal correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad “R” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 125).

Tabla 15 – Desviación estándar normal (Z_R) para una etapa de 20 años.

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación estándar normal (Z_R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	T_{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T_{P4}	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T_{P15}	>30'000,000		-1.645

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 126.

Nota. La desviación estándar normal (Z_R) para el tipo de tráfico T_{P8} y una confiabilidad del 90 % corresponde.

$$Z_R = -1.282$$

5.1.4.5.2 Criterios de comportamiento

a) Serviciabilidad

La serviciabilidad del pavimento evalúa su comportamiento en términos de seguridad y comodidad para los usuarios, considerando tanto aspectos funcionales como estructurales, como grietas o fallas que puedan comprometer su capacidad de soporte (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 127).

Índice de serviciabilidad inicial (P_0)

El índice de serviciabilidad inicial (P_0) se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO estableció para pavimentos flexibles un valor inicial deseable de 4.2, si es que no se tiene información disponible para el diseño (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 127).

Tabla 16 – Índice de serviciabilidad inicial (P_i) según rango de tráfico.

Tipo de tráfico expresado en EE	Rango de tráfico pesado expresado en EE		Índice de serviciabilidad inicial (P_0)
T_{P1}	150,001	300,000	3.8
T_{P2}	300,001	500,000	3.8
T_{P3}	500,001	750,000	3.8
T_{P4}	750 001	1,000,000	3.8
T_{P5}	1,000,001	1,500,000	4.0
T_{P6}	1,500,001	3,000,000	4.0
T_{P7}	3,000,001	5,000,000	4.0
T_{P8}	5,000,001	7,500,000	4.0
T_{P9}	7,500,001	10'000,000	4.0
T_{P10}	10'000,001	12'500,000	4.0
T_{P11}	12'500,001	15'000,000	4.0
T_{P12}	15'000,001	20'000,000	4.2
T_{P13}	20'000,001	25'000,000	4.2
T_{P14}	25'000,001	30'000,000	4.2

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 127.

Nota. El Índice de Serviciabilidad Inicial para el tipo de tráfico T_{P8} es: $P_0 = 4.0$

Índice de serviciabilidad final (P_t)

El índice de serviciabilidad final (P_t), ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario. Dependiendo de la importancia de la vialidad, pueden considerarse los valores P_t indicados en la siguiente tabla (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 127).

Tabla 17 – Índice de serviciabilidad final (P_t) según rango de tráfico.

Tipo de tráfico expresado en EE	Rango de tráfico pesado expresado en EE		Índice de serviciabilidad final (P_t)
T_{P1}	150,001	300,000	2.0
T_{P2}	300,001	500,000	2.0
T_{P3}	500,001	750,000	2.0
T_{P4}	750 001	1,000,000	2.0
T_{P5}	1,000,001	1,500,000	2.5
T_{P6}	1,500,001	3,000,000	2.5
T_{P7}	3,000,001	5,000,000	2.5
T_{P8}	5,000,001	7,500,000	2.5
T_{P9}	7,500,001	10'000,000	2.5
T_{P10}	10'000,001	12'500,000	2.5
T_{P11}	12'500,001	15'000,000	2.5
T_{P12}	15'000,001	20'000,000	3.0
T_{P13}	20'000,001	25'000,000	3.0
T_{P14}	25'000,001	30'000,000	3.0

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 128.

Nota. El Índice de Serviciabilidad final para el tipo de tráfico T_{P8} es: $P_t = 2.5$

5.1.4.5.3 Propiedades de los materiales

a) Modulo resiliente (M_R)

Para el cálculo del módulo resiliente en PSI se hace uso de la ecuación (11), donde para un CBR de 27 % es:

$$M_R = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

$$M_R = 2555 \times 27^{0.64}$$

$$M_R = 21060 \text{ psi}$$

Una vez obtenido todas las variables de diseño se aplica la ecuación (12) del cual se obtiene el numero estructural que se detalla a continuación.

Tabla 18 – Numero estructural requerido según el tráfico actual.

SN Requerido	G_t	N18 Nominal	N18 Calculado
3.17	-0.255	6.748	6.748
		¡¡Correcto!!	

Nota. El numero estructural requerido es: SN = 3.17

5.1.4.5.4 Coeficientes estructurales

Para determinar los coeficientes estructurales y espesores de cada capa se hace uso de la ecuación (13).

$$SN = D_1 \times a_1 + D_2 \times a_2 \times m_2 + D_3 \times a_3 \times m_3$$

a) Coeficiente estructural de la capa (a_i)

Es la capacidad estructural del material para resistir las cargas actuantes. Estos coeficientes están basados en correlaciones obtenidas a partir de los ensayos AASHTO de 1958 - 60 y ensayos posteriores que se han extendido a otros materiales para generalizar la aplicación del método (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 129).

Tabla 19 – Coeficiente estructural de la capa del pavimento (a_1).

Coeficiente estructural de la capa superior del pavimento		
Componente del pavimento	Coeficiente estructural (a_1)	Observación
Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20 °C.	0.170	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico.
Capa asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	0.125	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 1'000,000 EE.
Micropavimento 25 mm	0.130	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 1'000,000 EE.
Tratamiento superficial Bicapa	0.250	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 500,000 EE, no aplicable en tramos

		con pendientes > 8%, con curvas pronunciadas.
Lechada Asfáltica (Slurry Seal) de 12 mm	0.150	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 500,000 EE, no aplicable en tramos con pendientes > 8%, y frenado de vehículos.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 130.

Nota. El componente de pavimento será de **Carpeta asfáltica en caliente modulo 2965 Mpa a 20°C**, por lo tanto, el coeficiente estructural será:

$$a_1 = 0.170$$

Tabla 20 – Coeficiente estructural de la capa del pavimento (a_2).

Coeficiente estructural de la base		
Componente de la base	Coeficiente estructural (a_2)	Observación
Base granular 80% CBR compactada al 100% de la MDS.	0.052	Capa de base recomendada para tráfico menor igual a 10'000,000 EE
Base granular 100% CBR compactada al 100% de la MDS.	0.054	Capa de base recomendada para tráfico mayor a 10'000,000 EE
Base granular tratada con asfalto (Estabilidad mrshall=1500Lb).	0.115	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráficos
Base granular tratada con cemento ($f_c= 35 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días).	0.070	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráficos
Base granular tratada con cal ($f_c= 12 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días).	0.080	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráficos

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 130.

Nota. El componente de la base es de **Base granular 80 % CBR compactada al 100 % de la MDS**, el coeficiente estructural es:

$$a_2 = 0.052$$

Tabla 21 – Coeficiente estructural de la capa del pavimento (a_3).

Coeficiente estructural de la Subbase		
Componente de la subbase	Coeficiente estructural (a_3)	Observación
Sub-Base granular 40% CBR compactada al 100% de la MDS.	0.047	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de tráfico.
Sub-Base granular 60% CBR compactada al 100% de la MDS.	0.05	Capa de base recomendada para tráfico mayor a 15'000,000 EE.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 130.

Nota. La componente de la Sub-Base **granular 40 % CBR compactada al 100 % de la MDS**, el coeficiente estructural es:

$$a_3 = 0.047$$

Por lo tanto: $a_1 = 0.170$ $a_2 = 0.052$ $a_3 = 0.047$

b) Coeficiente de drenaje de la capa (m_i)

Tabla 22 – Coeficiente de drenaje (m_i) para la base y subbase granular no tratada.

Tabla de valores recomendados para el coeficiente de drenaje					
C_d	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesto a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	2 horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	El agua no evacua	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 130.

Nota. El coeficiente de drenaje para la base y subbase granular no tratada en pavimento flexible es:

$$m_2 = 1.00$$

$$m_3 = 1.00$$

c) Calculo de los espesores de la capa

Tabla 23 – Espesores del diseño de pavimento flexible.

SN requerido	SN calculado	Espesores en cm		
		D ₁	D ₂	D ₃
3.17	3.20	5	18	30
¡¡Correcto!!				

$$D_1 = 5 \text{ cm}$$

$$D_2 = 18 \text{ cm}$$

$$D_3 = 30 \text{ cm}$$

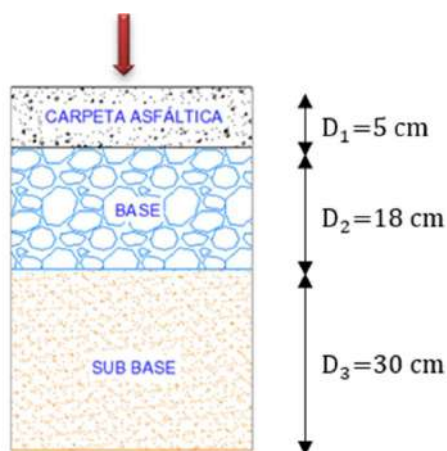


Figura 29 – Nuevo diseño de la carpeta estructural.

Nota. Se llega a la conclusión que el numero estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar en la actualidad es mucho mayor con respecto al diseño con el cual fue construido la avenida las Malvinas.

Tabla 24 – Espesores de diseño del pavimento flexible avenida las Malvinas.

SN requerido	SN calculado	Espesores en cm		
		D ₁	D ₂	D ₃
3.17	2.69	5	20	17
Aumentar espesores				



Figura 30 – Diseño de la carpeta estructural con el cual fue construido.

Nota. Se puede concluir que la capa estructural previa en la avenida Las Malvinas no es suficiente para el tráfico actual, ya que el número estructural requerido es de 3.17, mientras que el diseño con el cual fue construido tiene un número estructural de 2.69. Esto ha resultado en deterioro, alta rugosidad y mala transitabilidad en la vía.

5.2 Contrastación de hipótesis

El tipo de investigación es descriptivo, lo que significa que mi estudio se enfoca en la descripción detallada y la medición de características específicas del pavimento y su impacto en la transitabilidad.

Basándonos en los autores Hernández y Mendoza (2018, p. 108), Borja (2016, p.13), Vásquez, Guanuchi, Cahuana, Vera y Holgado (2023, p. 27), Berna (2010, p. 113) y Pinto (2006, p. 111) mencionados, se establece que en los estudios descriptivos el planteamiento de hipótesis depende del planteamiento del problema y si se formulan se prueban las hipótesis a nivel descriptivo, el cual se detalla a continuación la prueba de hipótesis – resultados inferenciales.

Prueba de hipótesis general

H_0 : El análisis funcional no tiene un impacto en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

H₁: El análisis funcional tiene un impacto en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

De los resultados se tienen:

Tabla 25 – Análisis funcional y transitabilidad vehicular.

		Transitabilidad vehicular
Resultados del PSI	PSI	1.55
	IRI calculado	4.52

Fuente: Procesamiento de datos en el SPSSV25.

Interpretación:

La Rugosidad mediante el análisis funcional proporciona una alta rugosidad lo que afecta directamente la transitabilidad vehicular, lo cual se interpreta que tiene un impacto en la transitabilidad vehicular, donde este dato es crucial para mejorar las condiciones del pavimento por ende la transitabilidad vehicular. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis H₀.

Prueba de hipótesis específica 1:

H₀: La rugosidad no tiene un impacto en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

H₁: La rugosidad tiene un impacto en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

De estos resultados se tiene:

Tabla 26 – Rugosidad del pavimento flexible y la transitabilidad vehicular.

		IRI calculado	IRI admisible
Resultados de la rugosidad	Izquierdo	4.66	2.5
	Izquierdo	4.48	2.5
	Derecho	4.71	2.5
	Derecho	4.24	2.5

Fuente: Procesamiento de datos en el SPSSV25.

Interpretación:

La rugosidad en los tramos del carril izquierdo y derecho presenta una alta rugosidad que no es un nivel adecuado de rugosidad en el pavimento con respecto al IRI Adm. Igual a

2.5 m/km, lo cual se interpreta que tiene un impacto en la transitabilidad vehicular y en el pavimento flexible, debido a que a mayor rugosidad del pavimento menor es la calidad de la transitabilidad vehicular con imperfecciones superficiales y frecuentes depresiones menores. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis H_0 .

Prueba de hipótesis específica 2:

H_0 : El índice de resistencia del pavimento PSI no tiene un impacto en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

H_1 : El índice de resistencia del pavimento PSI tiene un impacto en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

De estos resultados se tiene:

Tabla 27 – Resistencia del pavimento PSI y la categorización de la transitabilidad.

		Índice de resistencia del pavimento PSI	Índice de resistencia del pavimento PSI permitido
Resultados del PSI	Izquierdo	1.49	2 – 3
	Izquierdo	1.56	2 – 3
	Derecho	1.47	2 – 3
	Derecho	1.66	2 – 3

Fuente: Procesamiento de datos en el SPSSV25.

Interpretación:

El índice de resistencia del pavimento PSI en los tramos del carril izquierdo y derecho presenta un índice bajo de PSI que evidencia las áreas del pavimento con mayores problemas de transitabilidad vehicular, esta evaluación permite una categorización precisa de la trantitabilidad el cual permite la priorización de intervención, lo cual se interpreta tiene un impacto en la Categorización de la transitabilidad. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis H_0 .

Prueba de hipótesis específica 3:

H_0 : El diseño de pavimento flexible no mejorará la transitabilidad vehicular actual en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

H_1 : El diseño de pavimento flexible si mejorará la transitabilidad vehicular actual en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.

De estos resultados se tiene:

Tabla 28 – Diseño de pavimento flexible y la transitabilidad vehicular

		Diseño de la carpeta estructural
Espesores de la capa	SN Requerido	3.17
	SN Calculado	2.69

Interpretación:

Un diseño de pavimento flexible basado en los datos de rugosidad y PSI muestra que se requiere un número estructural de 3.17 para las condiciones actuales del tráfico. No obstante, el número estructural actual de la vía es 2.69, lo que evidencia que la estructura existente es insuficiente para las demandas del tráfico, resultando en una transitabilidad vehicular deficiente. Se concluye que un nuevo diseño de pavimento flexible mejorará la transitabilidad, seguridad y comodidad del tránsito vehicular, haciendo necesaria la intervención y el rediseño del pavimento para mejorar las condiciones del tránsito y la seguridad vial. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis H_0 .

5.3 Discusión de resultados

Del objetivo general

En base a los resultados obtenidos en mi investigación, se concluye que el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlín ha demostrado un impacto significativo en la transitabilidad vehicular en la Avenida las Malvinas – Abancay. Con un tamaño de muestra de cuatro segmentos, se utilizó una metodología de tipo aplicada respaldada por una sólida base teórica. Se encontró el valor de IRI = 4.52 m/km y PSI = 1.55, que se encuentra en el rango de 1-2, indicando una mala transitabilidad. Basándose en esto, se

obtuvo un $SN = 3.17$, que permite planificar el mejoramiento de la vía, confirmando la hipótesis general de la investigación y respaldando la validez de la muestra, la metodología y la base teórica utilizada.

Flores (2020), analizó en la ciudad de Tacna 16 ensayos del Rugosímetro de Merlin, con una metodología de nivel descriptivo – exploratorio, obteniendo un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 5.05 m/km y un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 1.987. Estos valores sugieren que el pavimento se encuentra en un estado de deterioro y no ofrece una buena transitabilidad vehicular. obteniendo un IRI de 5.05 m/km y un PSI de 1.987. En resumen, se confirma que, a menor rugosidad del pavimento, se obtendrá una mejor transitabilidad vehicular, esto nos da una idea clara que el pavimento investigado está en mejor estado comparado al de la ciudad de Tacna.

Del objetivo específico 1

El estudio descriptivo sobre la Avenida las Malvinas utilizando el rugosímetro de Merlín determinó que la rugosidad promedio del pavimento flexible es de $IRI = 4.52$ m/km, obtenida a partir de mediciones en dos tramos de 400 metros cada uno en ambos carriles, del cual se determina que la rugosidad impacta en la transitabilidad vehicular.

Varas y Cárdenas (2021), en su estudio evaluó el estado de pavimento flexible en la calle pablo Rossell cuadra 5,6 y 7 en el carril derecho e izquierdo utilizando el Rugosímetro de Merlin, Iquitos, con una metodología descriptivo - aplicativo. Se determino que las cuadras evaluadas tenían un valor alto de $IRI = 7.84$ m/km, indicando que el pavimento era antiguo. Además, se encontraron fallas comunes como grietas, parches y huecos. Se concluye que el pavimento en nuestro estudio está en mejor calidad que la de Iquitos en esta área necesita mejoras.

Tingal (2021), analizo la rugosidad del pavimento flexible en la vía Cajamarca - Baños del Inca utilizando el Rugosímetro de Merlin. La muestra consistió en tramos de 400 metros en ambas calzadas. Se realizó una inspección visual en campo, medición del tráfico y levantamiento topográfico. Los resultados mostraron un nivel aceptable de rugosidad $IRI = 1.09$ m/km en la superficie de la vía, demostrando la eficiencia y bajo costo del Rugosímetro de Merlin para evaluar las condiciones del pavimento. se concluye

que el pavimento en nuestro estudio está en malas condiciones que la de Cajamarca que se encuentra en perfectas condiciones.

Del objetivo específico 2

El análisis evaluó cómo el Índice de Resistencia del Pavimento (PSI) influye en la clasificación de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la Avenida las Malvinas, en 4 muestra. La metodología implicó medir la rugosidad del pavimento para determinar el PSI, que fue de 1.55, indicando una transitabilidad deficiente. Basándose en las teorías del PSI y la rugosidad del pavimento, se concluyó que el pavimento está en mal estado y necesita una intervención urgente, confirmando la hipótesis de que el PSI tiene un impacto en la categorización de la transitabilidad

Menéndez (2023), analizó el índice de rugosidad internacional de la superficie del pavimento flexible de la vía Colimes-Paján, utilizando equipos inteligentes se analizó la regularidad superficial de la vía Colimes-Paján a través del índice de rugosidad y aplicaciones móviles. El objetivo fue analizar la similitud de los resultados obtenidos en diferentes tramos de la vía. Aplicando IRI Calculator entre 2,26m/km y 5,11m/km y Totalpave, obteniendo una rugosidad que varían entre 1,87m/km y 7,11m/km. El valor de serviciabilidad de $PSI = 3,51$ mediante una correlación con el valor del IRI, concluyendo que, a pesar de las variaciones de rugosidad, la transitabilidad del pavimento es buena a comparación de la transitabilidad de la Avenida las Malvinas en la ciudad de Abancay.

Flores (2020), tuvo como objetivo determinar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto, Tacna, con una metodología descriptiva - exploratorio. Se utilizó el rugosímetro de MERLIN para medir la rugosidad del pavimento. Se concluye que el estado del pavimento en la avenida Gustavo Pinto es “malo”, tanto en el carril derecho como en el izquierdo. El (PSI) es de 1.987, lo que indica que la transitabilidad es también “mala”.

Del objetivo específico 3

El diseño del pavimento flexible para la estructura vial en un tramo de 470 metros lineales de la Avenida las Malvinas se determinó utilizando una metodología cuantitativa, descriptiva, con un diseño no experimental y de corte transversal. Los resultados del

estudio de tráfico indicaron un número estructural (SN) de 3.17. La estructura incluye una capa de rodadura de 5 cm, una base de 18 cm y una subbase de 30 cm, con un CBR del 27% para la subrasante y un ESAL de 5,596,806, mejorando así la transitabilidad vehicular. Comparado con estudios previos, esta vía maneja un flujo vehicular significativamente mayor.

Castro y Medrano (2021), tuvo como objetivo el diseño estructural de pavimento flexible según la metodología AASHTO 93 y la transitabilidad. Con una **muestra** representativa de la vía de pavimento flexible de la calle San Pedro, con una metodología de investigación de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental y corte transversal. Para la recolección de datos se realizó la observación del tráfico, estudios de mecánica de suelos y ensayos de laboratorio para determinar las características del pavimento. Los **resultados** principales mostraron que el espesor final de la carpeta asfáltica es de 7 cm, base granular 20 cm y subbase granular 16 cm. Se **concluye** que tiene un CBR de 9,00%. Además, se identificó un IMD semanal de 114 vehículos/día y un valor de ESAL de 641565.699.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El análisis funcional del pavimento flexible en la Avenida Las Malvinas, realizado con el rugosímetro de Merlin, revela una rugosidad alta de 4.52 m/km, que supera notablemente el valor admisible de 2.5 m/km, y un PSI de 1.55, lo que indica una mala transitabilidad vehicular. Se recomienda un nuevo diseño estructural de pavimento con un SN de 3.17, basada en estos resultados. Se concluye que el análisis funcional tiene impacto en la transitabilidad, como se detalla en la Tabla 25.

El pavimento flexible en la Avenida Las Malvinas muestra valores específicos de 4.66 m/km y 4.71 m/km en el carril izquierdo y derecho del tramo 1, y 4.48 m/km y 4.24 m/km en el tramo 2, en los respectivos carriles izquierdo y derecho. Estos resultados revelan un nivel alto de rugosidad, con imperfecciones superficiales que aceleran el desgaste y deterioro del pavimento debido al mayor estrés que soportan los materiales por las fuerzas del tráfico. En conclusión, la rugosidad impacta negativamente la transitabilidad a lo largo de toda la vía, como se detalla en la Tabla 26.

El índice de resistencia del pavimento flexible (PSI) en la Avenida Las Malvinas se refleja en los resultados: PSI de 1.49 y 1.47 en el tramo 1, y de 1.56 y 1.66 en el tramo 2, tanto en el carril izquierdo como en el derecho. Esta evaluación indica una mala categorización de la transitabilidad. Esto sugiere que la vía no está en condiciones óptimas para la circulación. En resumen, tiene impacto en la transitabilidad como se detalla en la Tabla 3, 27.

El diseño de pavimento flexible tiene un número estructural $SN=3.17$, con espesores específicos para la capa de rodadura ($e=5$ cm), base ($e=18$ cm) y subbase ($e=30$ cm). Basado en datos reales del estudio de tráfico, ESAL de 5596806 y un IMD actual de 1831 veh/día, en comparación el pavimento existe tiene un $SN=2.69$ el cual es insuficiente para soportar el tráfico actual. Se concluye que el diseño de pavimento flexible mejorará la transitabilidad como se detalla en la tabla Tabla 28.

6.2 Recomendaciones

Para el objetivo y resultado general, basándonos en los resultados del análisis funcional del pavimento flexible en la Avenida Las Malvinas, se identificó una alta rugosidad y un Índice de Resistencia del pavimento PSI bajo que califica como una transitabilidad mala, en base a estos resultados, se recomienda a la Municipalidad Provincial de Abancay implementar una nueva carpeta estructural con un SN=3.17 para mejorar la transitabilidad vehicular y brindar la seguridad, comodidad a los usuarios de la ciudad de Abancay.

Para el objetivo y resultado específico 1, se evidencia que tiene una alta rugosidad en todo el tramo de la Avenida las Malvinas, se recomienda continuar ampliando con la investigación para complementar el análisis funcional con el análisis estructural a través de un ensayo no destructivo implementando el uso de la Viga Benkelman, el cual nos permitirá determinar la calidad de los materiales de construcción y el diseño de la vía, así mismo la capacidad estructural del pavimento.

Para el objetivo y resultado específico 2, se recomienda implementar el estudio de Micropavimento debido a que tiene la capacidad de mejorar la resistencia al desgaste, restaurar la rugosidad superficial, y prolongar la vida útil del pavimento. Este tratamiento sella grietas menores, proporciona una superficie uniforme y antideslizante, el cual permite rehabilitar, mejorar y mantener la infraestructura vial en buenas condiciones operativas.

Para el objetivo y resultado específico 3, se recomienda complementar con la investigación de un estudio hidrológico exhaustivo que incluya cálculos de caudal y precipitación pluvial para proponer y diseñar un sistema de drenaje longitudinal a lo largo de toda la vía el cual permitirá prevenir la acumulación de agua sobre la superficie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÁRDENAS Claudia [et.al]. Herramientas tecnologicas de evaluación de fallas en la superficie de pavimento flexible, una revisión sistemática, (4): 22-05-2023.

CASTRO, Marialuisa y MEDRANO, Anthony A. Diseño estructural de pavimento flexible según la metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo. Tesis (Ingeniero Civil). La Libertad: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, 2021.

DEL ÁGUILA, Pablo. Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos. 1999. Manual del Usuario Merliner. Lima, 1999. pp.1-22

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial, Lima, Peru, 2018.

FLORES, Eric, MIRANDA, Maria G y VILLASIS, Miguel A. Revista alegría México [en línea]. Julio-septiembre 2017, n.º 3. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S244891902017000300364&script=sci_arttext
ISSN: 2448-9190

FLORES, Erick J y PILCO, Dikver G. Análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de Merlin en la Avenida Gustavo Pinto. Tesis (Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, 2021, 95 pp.

GUZMAN, Victor A. Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay. Tesis (Ingeniero Civil). Apurímac: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2021, 101 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BATISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6.^a ed. Mexico. 2014. 634 pp.
ISBN: 9781456223960

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian P. Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mexico. 2018. 753 pp.
ISBN: 9781456260965

HURTADO, William. Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de curva carretera Tamburco - Taraccasa. Abancay. Tesis (Ingeniero Civil). Apurimac: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingenieria, 2020, 107 pp.

Instito Mexicano del Transporte. Catalogo de deterioros en pavimento flexible de carreteras, mexico, 1991.

JINCHUÑA, Miguel S. Evaluacion por Deflectometria y la Rugosidad del pavimento flexible para Mejorar la Transitabilidad Vehicular. Tesis (Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingenieria, 2020, 92 pp.

PAZ, Eddy J. La etica en la investigación educativa Honduras. Revista Ciencias Pedagogicas e Innovación, (6): 1-7, 2018.

MARTÍNEZ, Carlos A. Analisis de Ciclo de Vida de los Pavimentos Asfálticos. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingenieria Civil, 2015, 17 pp.

MÉNDEZ, Juan P y WANG, Mario César J. Estudio y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la avenida los incas en la ciudad de Trujillo. Tesis (Ingeniero Civil). La Libertad: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingenieria, 2019, 194 pp.

MENÉNDEZ, Danny G. Análisis del índice de rugosidad internacional de la superficie del pavimento flexible de la vía colimes-paján, utilizando equipos inteligentes. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabi, Facultad de Ciencias Técnicas, 2022, 107 pp.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras Suelo Geologia Geotecnia y Pavimentos, Lima, Peru, 2014.

Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos.

RESOLUCIÓN N°010-2018-VRINV-UNAMBA. Código de Ética para la Investigación, Abancay, Apurimac, 2018.

REYES, Fredy A. Diseño de Pavimentos de Carreteras y Aeropuertos. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2022.

ISBN: 9789588726458

REYES, Bryan A. Determinación del Índice de Rugosidad Internacional en la AV. la prensa, usando aparatos inteligentes y el Rugosimetro de Merlin. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Tecnicas, 2020, 90 pp.

VARAS, Miguelina Estefani P y CÁRDENAS, Estefany N. 2021. Evaluacion Superficial del pavimento flexible en la calle Pablo Rossell cuadras 5,6 y 7 aplicando el rugosimetro de Merlín. Tesis (Ingeniero Civil). Peru: Universidad Cientifica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2021, 99 pp.

VILLAVICENCIO, George Z. Diseño de 1 km de pavimento de la nueva vía de evitamiento en la ciudad de Abancay (km 1+000 a 2+000).Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2020, 123 pp.

ZEBALLOS, Gonzalo G y VIZCARRA, Carlos A. Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugocimetro de Merlin para la determinacion de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, Tramo: Puente el peligro - Emp. PE - 40. Tacna. Tesis (Ingeniero Civil). Peru: Universidad Privada de Tacna , Facultad de Ingeniería, 2021, 105 pp.

GONZÁLES, Zael K y CONTRERAS, Gandhi A. Correlacion del IRI-PSI-PCI del pavimento flexible de la av. José María Arguedas del distrito de San Jerónimo - Andahuaylas. Tesis (Ingeniero Civil). Peru: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, 2022, 128 pp.

GÓMEZ, Edgar. Estudio de los suelos para diseño de pavimentos. 2.^a ed. Colombia, 2002. pp. 1-378.

ISBN: 9589603629

SERVANDO, Rafael R. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela [en línea]. marzo 2012, n.º 1. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2024].

Disponible en https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100006.

ISBN: 0798-4065

Métodos de investigación científica por Vásquez Abbon A. [et al.]. Perú: Editorial Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2023. 118pp.
ISBN: 9786125069849

BORJA Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. 2016. 38 pp.
BERNAL César A. Metodología de la investigación. 3.^a ed. Fernández: Universidad de La Sabana, Colombia, 2010. 320 pp.
ISBN: 9789586991285

PINTO Raúl. Metodología de la investigación 2.^a ed. San Marcos, Lima, 2006. 516 pp.
ISBN: 9972346668

PUERTA Lizbeth M y MARÍN Enselmina. Analisis de validez de contenido de un instrumento de transferencia de tecnologia [en linea]. Mexico. 7,8 y 9 de octubre 2015.
Disponible en: <https://investigacion.fca.unam.mx/docs/memorias/2015/2.02.pdf>

PROVIAS. 06 de junio del 2022. Disponible en: <https://www.pvn.gob.pe/conservacion/estado-de-las-carreteras/>, <https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/rvnestado2022.pdf>

Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Informe de labores Comunicaciones, Mexico, 2023.

IMT. 15 de diciembre de 2023. Disponible en: <https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/red-nacional-de-caminos>

ANEXOS

Anexo a. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGIA	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEM/UNIDAD
<p>1. Problema general</p> <p>¿Cuál es el impacto del análisis funcional en la transitabilidad vehicular aplicando el rugosímetro de merlin en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023?</p>	<p>1. Objetivo general</p> <p>Determinar el impacto del análisis funcional en la transitabilidad vehicular aplicando el rugosímetro de merlin en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.</p>	<p>1. Hipótesis general</p> <p>El análisis funcional tiene un impacto en la transitabilidad vehicular aplicando el rugosímetro de merlin en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> <p>Población: La población es igual a la muestra, Avenida las Malvinas con tipo de pavimento flexible.</p> <p>Muestra: Avenida las Malvinas de L= 470m, con 2 muestras en cada carril.</p> <p>Se utilizó el muestreo no probabilístico o dirigido, Muestra por conveniencia.</p> <p>Técnicas de recolección de datos: observación</p> <p>Instrumento: Pruebas de campo es decir la ficha de recolección de datos del merlin y del estudio de tráfico del MTC.</p>	<p>Variable Independiente: Análisis funcional</p>	Rugosidad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Características del IRI ❖ Método de medición ❖ Equipos para evaluar la rugosidad 	m/km
					Índice de resistencia del pavimento (PSI)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Nivel de resistencia Vehicular de Pavimento Flexible (escala nominal: Muy Malo, malo, regular, bueno y muy bueno) ❖ Conexión entre PSI – IRI: $PSI = 5 X e^{(-0.26 X IRI)}$ ❖ Fallas de pavimento flexible 	Valor y razón
<p>2. Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es el impacto de la rugosidad en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida Las Malvinas – Abancay, 2023?</p> <p>¿Cuál es el impacto del índice de resistencia del pavimento PSI en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida Las Malvinas – Abancay, 2023?</p> <p>¿Cuál es el diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular actual en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023?</p>	<p>2. Objetivos específicos</p> <p>Determinar el impacto de la rugosidad en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.</p> <p>Determinar el impacto del índice de resistencia del pavimento PSI en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.</p> <p>Establecer el diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular actual en la Avenida las Malvinas – Abancay, 2023.</p>	<p>2. Hipótesis específicas</p> <p>La rugosidad tiene un impacto en la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida Las Malvinas – Abancay, 2023.</p> <p>El índice de resistencia del pavimento PSI tiene un impacto en la categorización de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.</p> <p>El diseño de pavimento flexible mejorará la transitabilidad vehicular actual en la avenida las Malvinas – Abancay, 2023.</p>	<p>Variable Dependiente: transitabilidad vehicular</p>	Diseño de la carpeta estructural	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Capa de rodadura ❖ Base ❖ Sub base ❖ Subrasante 	cm	
				IMDA	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Menores a 400 Veh/día ❖ 400 a 2000 Veh/día ❖ 2001 a 4000 Veh/día ❖ 4001 a 6000 Veh/día ❖ Mayores a 6000 Veh/día 	Valor y razón	
					Tipos de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Automóviles ❖ Station wagon ❖ Camionetas (Pick Up, Panel, Rural) ❖ Micro ❖ Bus (B2, B3-1, B4-1, BA-1) ❖ Camión (C2, C3, C4, 8x4) ❖ Semitrailer (T2S1/T2S2, T2Se2, T2Se3, T3S1, T3S2) ❖ Traylor (T3S3, T3Se3, C2R2, C2R3) 	Valor y razón
					Categoría de subrasante	<ul style="list-style-type: none"> ❖ S0 ❖ S1 ❖ S2 ❖ S3 ❖ S4 ❖ S5 	Valor y razón

Anexo b. Protocolos o instrumento de recolección de datos

<p>Rugosímetro TRL - Merlin Escala para determinar irregularidades superficiales del pavimento 1 División = 5 mm</p>	<p>Depresión</p>	50	
		49	
		48	
		47	
		46	
		45	
		44	
		43	
		42	
		41	
		40	
		39	
		38	
		37	
		36	
		35	
		34	
		33	
		32	
		31	
		30	
		29	
		28	
		27	
		26	
	<p>Elevación</p>	25	
		24	
		23	
		22	
		21	
		20	
		19	
		18	
		17	
		16	
		15	
		14	
		13	
		12	
		11	
		10	
		9	
		8	
		7	
		6	
		5	
		4	
		3	
		2	
		1	

Figura 31 – Escala para evaluar la variabilidad de las desviaciones.
 Fuente: Del águila, 1999, p. 14.

**ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023

SECTOR : Avenida las Malvinas OPERADOR : Ing.Hugo Cuba Benavente
 TRAMO : 1 RESPONSABLE: Bach. Betzabe Huanca Quispe
 CARRIL : Izquierdo FECHA : 4/02/2023

ENSAYO N°: 01 KM : 0+000 al 0+400 HORA : 11:00 a. m.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO:	
1	24	25	27	28	15	25	21	25	24	20	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	24	24	28	22	22	25	27	22	31	24	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	17	24	29	23	15	19	22	27	23	25	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	23	23	23	23	24	12	31	22	18	24	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	24	22	18	11	17	22	20	21	23	22	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	20	20	21	22	23	24	26	20	22	25	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>
7	24	21	22	21	20	22	22	22	21	26	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	25	22	22	20	20	22	24	21	26	19	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	26	19	19	32	18	25	12	24	43	19	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	27	28	18	18	18	21	23	23	22	20		
11	25	24	21	22	31	19	15	31	26	26		
12	17	12	31	13	24	22	24	20	21	25		
13	18	22	25	22	26	26	20	27	31	19		
14	30	24	29	31	36	20	23	22	22	18		
15	25	17	29	29	28	30	25	26	25	31		
16	30	23	12	20	27	22	24	19	23	21		
17	28	24	22	23	26	18	23	22	23	26		
18	20	17	15	25	16	41	18	21	13	11		
19	29	27	20	24	22	22	21	21	23	21		
20	12	14	24	16	19	16	13	25	20	17		


INGEOMA
 Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIP: 128589
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

**ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023

SECTOR : Avenida las Malvinas OPERADOR : Ing.Hugo Cuba Benavente
 TRAMO : 2 RESPONSABLE: Bach. Betzabe Huanca Quispe
 CARRIL : Izquierdo FECHA : 4/02/2023

ENSAYO N°:02 KM : 0+070 al 0+470 HORA : 15:00 p.m

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

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS


INGEOMA
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP. 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

**ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023

SECTOR : Avenida las Malvinas OPERADOR : Ing.Hugo Cuba Benavente
 TRAMO : 1 RESPONSABLE : Bach. Betzabe Huanca Quispe
 CARRIL : Derecho FECHA : 5/02/2023

ENSAYO N°: 01 KM : 0+000 al 0+400 HORA : 9:00 a. m.

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

TIPO DE PAVIMENTO:

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMADA
- TRAT. EN CAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS


INGEOMAT
Ing Hugo Cuba Benavente
CIP. 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

**ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023

SECTOR : Avenida las Malvinas OPERADOR : Ing.Hugo Cuba Benavente
 TRAMO : 2 RESPONSABLE: Bach. Betzabe Huanca Quispe
 CARRIL : Derecho FECHA : 5/02/2023

ENSAYO N°:02 KM : 0+070 al 0+470 HORA : 14:00 p.m

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO:	
1	24	27	36	27	26	28	27	30	29	31	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	30	31	32	32	30	34	30	32	30	29	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	32	30	34	32	29	30	32	28	33	29	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	36	35	32	32	33	29	33	38	27	26	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	34	36	27	14	30	26	40	50	44	32	CARPETA EN FRIO	<input type="checkbox"/>
6	37	33	45	24	38	48	30	34	39	30	CARPETA EN CALIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>
7	30	33	35	38	28	35	42	29	33	29	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	28	34	36	28	32	41	31	40	35	34	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	33	40	27	34	37	32	31	31	33	32	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	37	32	39	38	34	31	34	35	32	31		
11	46	41	46	40	22	32	39	34	34	41		
12	34	33	35	34	37	34	35	28	35	30		
13	32	34	32	31	33	25	36	26	38	36		
14	31	36	37	30	33	33	32	35	34	31		
15	34	33	34	34	29	32	34	31	39	33		
16	33	34	35	27	35	33	33	31	32	38		
17	33	31	33	35	34	36	33	35	32	35		
18	35	43	37	28	36	39	28	34	30	35		
19	31	33	31	37	37	37	30	42	36	33		
20	38	33	32	32	25	42	25	31	39	23		


INGEOMAT
Ing Hugo Cuba Benavente
CIP. 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL






















BACH. BETZABE HUANCA QUISPE




















VOLUMEN DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA LAS MALVINAS MEDIANTE EL ANÁLISIS FUNCIONAL APLICANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN - ABANCAY, 2023"




















TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS

TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS		UBICACIÓN																PROG. 0+000					
COD. ESTACION : E-01		SENTIDO																AV. MALVINAS	E	→			
ESTACION : INTERS. AV. MARTINELLI - AV. MALVINAS		DIA																DOMINGO	FECH	05/02/2023			
HORA	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	PORC. %	S	E	
				PANEL	RURAL		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
DIAGRAMA VEHICULAR																							
00-01	6 10	3 2	2 6						1 2											12 20	0.79% 1.32%	12	20
01-02	3 12	2 2	0 4						1 1											6 19	0.40% 1.28%	6	19
02-03	4 14	3 2	0 3						1 2											8 21	0.53% 1.39%	8	21
03-04	5 9	4 2	2 12		1 1				1 1											12 25	0.79% 1.85%	12	25
04-05	5 15	1 3	2 10	1	3			3												10 35	0.88% 2.31%	10	35
05-06	8 20	6 4	1 15		3 4			1 2	1 2											20 47	1.32% 3.11%	20	47
06-07	17 24	6 4	7 6	1	2			1 1	1 1											35 39	2.31% 2.58%	35	39
07-08	18 30	3 20	5 14	1	2 3			1 1	1 1	1										32 70	2.12% 4.63%	32	70
08-09	15 28	3 15	6 8	1	1 2		1	1 2	1 3	1										29 60	1.92% 3.97%	29	60
09-10	16 25	4 14	7 8		2 1			1 2	1 1	1										32 52	2.12% 3.44%	32	52
10-11	17 20	5 13	8 9	1	3			1 2	1 1	1										33 48	2.18% 3.17%	33	48
11-12	18 26	4 5	3 8	1				1 3	2	1										28 46	1.85% 3.04%	28	46
12-13	18 26	5 6	9 8		2 5		1	1 2	1 2	1										37 51	2.45% 3.37%	37	51
13-14	19 30	4 8	10 10		2 1			1 2	1 2	1										37 53	2.45% 3.51%	37	53
14-15	19 20	4 6	18 11	1	2 3		1	1 1	1 1	1										45 44	2.98% 2.91%	45	44
15-16	17 21	12 10	10 8	1	3 4			1 1	1 1											45 44	2.98% 2.91%	45	44
16-17	19 14	6 16	7 10	1	3			2 1	1	1										36 45	2.38% 2.98%	36	45
17-18	16 20	8 12	1 2		2 1			1 1	1	1										28 38	1.85% 2.51%	28	38
18-19	13 15	8 8	1 3		1			1 1	1	1										24 28	1.59% 1.85%	24	28
19-20	12 20	7 9	2 1					2 1												23 31	1.52% 2.05%	23	31
20-21	13 20	6 3	3 1					1	1	1										23 26	1.52% 1.72%	23	26
21-22	13 16	5 2	2 1					1	1											21 19	1.39% 1.26%	21	19
22-23	13 16	4 3	2 3					1	1											20 22	1.32% 1.48%	20	22
23-24	8 15	2 2	2 1					1 2	1											13 20	0.88% 1.32%	13	20
TOTAL	780	266	270	12	61	0	3	44	38	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1512	100%	809	903




















TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS		UBICACIÓN PROG. 0+000																				
COD. ESTACION : E-01		SENTIDO AV. MARTINELLI E → AV. MALVINAS S →																				
ESTACION : INTERS. AV. MARTINELLI - AV. MALVINAS		DIA LUNES																	FECH 06/02/2023			
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	PORC. %		
			PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3	
DIAGRAMA VEHICULAR																						
00-01	3	3	2						1										9	0.45%	9	
	4	1	3		2				1	1									12	0.59%	12	
01-02	4	2	2						1										9	0.45%	9	
	5	2	3		1				2										13	0.64%	13	
02-03	5	2							1										8	0.40%	8	
	4	4	3		3				3										17	0.84%	17	
03-04	6	3	4		1				1										15	0.74%	15	
	10	3	4		5				4										26	1.29%	26	
04-05	7	4	3						1	1									16	0.79%	16	
	10	4	2	1	8				2	1									28	1.38%	28	
05-06	8	7	5		3				1	1									25	1.24%	25	
	15	5	5	1	9			2	3	1									41	2.03%	41	
06-07	9	10	5	3	4				1	5	1								38	1.88%	38	
	20	6	6	1	10				1	2	1								47	2.32%	47	
07-08	16	19	3	2	5	1		1	4	6	1								58	2.87%	58	
	17	7	12	1	11	2			2	2	1								55	2.72%	55	
08-09	18	18	5	1	6				6	8	1								63	3.12%	63	
	18	14	8	1	12	1		1	3	3	1								62	3.07%	62	
09-10	15	12	2	2	2			1	6	9	1								50	2.47%	50	
	14	29	9	1	1				4	4									62	3.07%	62	
10-11	8	17	6	3	4	1			7	10									56	2.77%	56	
	14	11	10	5	13				5	5	1								64	3.17%	64	
11-12	13	7	8	3	1				8	2									42	2.08%	42	
	14	13	11	6	14				6	6	1								71	3.51%	71	
12-13	16	10	4	2	2				9	2									45	2.23%	45	
	18	12	12	7	15				7	7	1								79	3.91%	79	
13-14	13	10	2	2	3				7	1									38	1.88%	38	
	16	18	13	8	16				8	6									83	4.10%	83	
14-15	15	8	6	3	4	1			6	1	1								45	2.23%	45	
	14	14	13	6	9		1		9	5									71	3.51%	71	
15-16	10	7	7	2	2				5	1									34	1.68%	34	
	15	15	14	9	8				10	4									75	3.71%	75	
16-17	10	8	8	4					4	1									35	1.73%	35	
	18	8	13			1			11	3									54	2.67%	54	
17-18	9	11	9	3					3	1									36	1.78%	36	
	13	7	18		1				12	4	1								56	2.77%	56	
18-19	4	10	10	2					2	1									29	1.43%	29	
	16	16	8						13	6									59	2.92%	59	
19-20	10	13	11		2				4										40	1.98%	40	
	15	24	2						1	9									51	2.52%	51	
20-21	8	5	12		1				2	1									29	1.43%	29	
	19	22	9						9	1									60	2.97%	60	
21-22	5	6	13		3				1										28	1.38%	28	
	16	20	6						8										50	2.47%	50	
22-23	6	8	2							1	1								18	0.89%	18	
	12	29	7																48	2.37%	48	
23-24	7	6	5																18	0.89%	18	
	20	26	8																54	2.67%	54	
TOTAL	562	514	333	79	181	7	4	186	138	18	0	0	0	0	0	0	0	0	2022	100%	784	1238

TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS																	UBICACION		PROG. 0+000							
COD. ESTACION : E-01																	SENTIDO		AV. MARTINELLI		E →		AV. MALVINAS		S →	
ESTACION : INTERS. AV. MARTINELLI - AV. MALVINAS																	DIA		MARTES		FECH		07/02/2023			
HORA	CAMIONETAS						BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %				
	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3							
DIAGRAMA VEHICULAR																										
00-01	2	1	1		1				7	2										14	0.79%	14				
	3	1	6		1				3	1										15	0.84%	15				
01-02	2	1	2		1				1											7	0.39%	7				
	4	2	3		1				2	2										14	0.79%	14				
02-03	3	1	2		1				3											10	0.56%	10				
	5	2	3	1	1					1										13	0.73%	13				
03-04	4	1	2		1				5											13	0.73%	13				
	4	2	10	1	10				2	2										31	1.74%	31				
04-05	5	1	2		1															9	0.51%	9				
	7	1	8	1	9				6											32	1.80%	32				
05-06	6	1	6		1															14	0.79%	14				
	8	2	6	1	8				5											30	1.68%	30				
06-07	7	20	6	4	1				2	1										48	2.69%	48				
	9	1	6	3	9	1	1	7	10											40	2.24%	40				
07-08	15	18	23	5	1		1	10	3											76	4.26%	76				
	14	21	21	4	6			6	2											74	4.15%	74				
08-09	17	22	9	6	2		1	6	4	1										68	3.82%	68				
	15	24	10	6	5			8	5											73	4.10%	73				
09-10	11	2	7	7	2		1	5	1											36	2.02%	36				
	18	13	9	5	4		1	6	2											58	3.25%	58				
10-11	12	2	14	8	3			6	1											46	2.58%	46				
	14	10	8	7	6			4												49	2.75%	49				
11-12	9	1	8	9	5			4		1										37	2.08%	37				
	17	6	2	10	7			2	1											45	2.53%	45				
12-13	8	3	9	10	5	1	1	3												40	2.24%	40				
	18	10	8	11	3															50	2.81%	50				
13-14	13	4	2	8	6	1		2												36	2.02%	36				
	10	24	3	12	2	1	1													53	2.97%	53				
14-15	10	5	3	9	5		1	5	1	1										40	2.24%	40				
	11	13	2	13	4			6	1	2										52	2.92%	52				
15-16	11	6		10	5			4	4											40	2.24%	40				
	12	27	9	14	3		1	7	2											75	4.21%	75				
16-17	9	7	2	11	9			2	2											42	2.36%	42				
	13	28	6	15	8	1	1	8	1											81	4.55%	81				
17-18	8	7	2	2	4			3												26	1.46%	26				
	14	26	10	16	6			1	9	3										85	4.77%	85				
18-19	6	9	1	1	5			1												23	1.29%	23				
	14	2	9	7	1		1	10	4											48	2.69%	48				
19-20	3	8	3	1	3			1												19	1.07%	19				
	16	1	8	5	1			9	2	1										43	2.41%	43				
20-21	1	7	3	1	5			1												18	1.01%	18				
	11	1	1	4	2			5	4											28	1.57%	28				
21-22	2	12	4		2			1												21	1.18%	21				
	11	2	5		2				5	1										26	1.46%	26				
22-23	5	5	2		1															13	0.73%	13				
	8	3	9		3				3											26	1.46%	26				
23-24	6	6	4		2				2	2										22	1.23%	22				
	5	1	12		4				1											23	1.29%	23				
TOTAL	438	373	291	228	178	5	12	151	90	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1782	100%	718	1064			

TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS																		UBICACION		PROG. 0+000		
COD. ESTACION : E-01																		SENTIDO		AV. MALVINAS		
ESTACION : INTERS. AV. MARTINELLI - AV. MALVINAS																		DIA		FECH 08/02/2023		
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %	
			PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
00-01	11	4	7		3				1	1									27	1.49%	27	
	12		10		4				6	2									34	1.88%	34	
01-02	3		8		4				1										16	0.88%	16	
	14		3		3				7										27	1.49%	27	
02-03	3		4		5														12	0.66%	12	
	19		3		1				8										31	1.71%	31	
03-04	2		2		1				1	1									7	0.39%	7	
	18		9		4				6	1									38	2.10%	38	
04-05	2		5		6														13	0.72%	13	
	17		11		1				2	3									34	1.88%	34	
05-06	12		1		8														21	1.16%	21	
	13	5	14		1			1	6	2									42	2.32%	42	
06-07	16	10	3	1	9				1	1									41	2.26%	41	
	24	11	8	1	1				9	1									55	3.04%	55	
07-08	15	17	1		6	1	1	7	2										50	2.76%	50	
	25	10	9		8			6	6										64	3.53%	64	
08-09	16	10	2	1	6	1	1	6	5	2									50	2.76%	50	
	22	20	6		9			8	5										70	3.87%	70	
09-10	19	6	3		6			8	4										46	2.54%	46	
	19	7	4	1	1	1		9											42	2.32%	42	
10-11	19	4	1		4			4	5										37	2.04%	37	
	23	12	3		3			7	1										49	2.71%	49	
11-12	15	2	5	1	3			3	6										35	1.93%	35	
	21	6	3	1	2			6											39	2.15%	39	
12-13	18	4	2		1			9	7										41	2.26%	41	
	26	11	1		5	1		7											51	2.82%	51	
13-14	20	5	3		1			10	2										41	2.26%	41	
	28	8	3		6	1	1	8											55	3.04%	55	
14-15	16	3		1	1			4	3										28	1.55%	28	
	23	9	1	1	8			9	2										53	2.93%	53	
15-16	16	8	5		1			6	2										38	2.10%	38	
	20	10	2		9			10	1	1									53	2.93%	53	
16-17	17	1	1	1	1			7	3										31	1.71%	31	
	24	5	4	1	8			11											53	2.93%	53	
17-18	16	3	1		1			8	2	1									32	1.77%	32	
	20	5	1	1	9			4											40	2.21%	40	
18-19	18	4	5		1			2	3										33	1.82%	33	
	28	7	2	1	7			6	2										53	2.93%	53	
19-20	15	2	4		1			1	3										26	1.44%	26	
	23	2	3		8			5	7										48	2.65%	48	
20-21	18	3	5		1				2										29	1.60%	29	
	16	3	9		4			3	6										41	2.26%	41	
21-22	20	4	7		1														32	1.77%	32	
	16	4	8		4			2	5	1									40	2.21%	40	
22-23	11	1	6		1					1									20	1.10%	20	
	19	2	10					1	4										36	1.99%	36	
23-24	11	2	9							1									23	1.27%	23	
	22	1	8						3										34	1.91%	34	
TOTAL	821	231	225	12	178	5	3	187	131	18	0	0	0	0	0	0	0	0	1811	100%	729	1082

TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS																	UBICACIÓN		PROG. 0+000							
COD. ESTACION : E-01																	SENTIDO		AV. MARTINELLI		E →		AV. MALVINAS		S →	
ESTACION : INTERS. AV. MARTINELLI - AV. MALVINAS																	DIA		JUEVES		FECH		09/02/2023			
HORA	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL	PORC. %					
				PANEL	RURAL			2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3				
DIAGRAMA VEHICULAR																										
00-01	8	3	2		9				3	1										26	1.44%	26				
	13	1	9		5				6	2										36	2.00%	36				
01-02	4		1		4				2											11	0.61%	11				
	6	2	4		1				4											17	0.94%	17				
02-03	4		2		1				1											8	0.44%	8				
	7	3	1					5												16	0.89%	16				
03-04	3		2		1				2	1										9	0.50%	9				
	8	4	4					6		1										23	1.28%	23				
04-05	2	1	8		1				2											14	0.78%	14				
	9	2	7					1		3										22	1.22%	22				
05-06	12	9	7		1				2											31	1.72%	31				
	13	1	2	1	8			8	8	2										43	2.39%	43				
06-07	16	5	6	1	2			1	9	4	1									45	2.50%	45				
	17	18	6	1	9				16	13										80	4.44%	80				
07-08	19	12	5	1	1				6	3										47	2.61%	47				
	19	16	6		8				13	10										72	4.00%	72				
08-09	16	8	5		2				8	3	2									43	2.39%	43				
	19	9	7		7			1	14	9										66	3.66%	66				
09-10	13	5	3	1	3				5	2										32	1.78%	32				
	19	8	8		6				13	3										57	3.16%	57				
10-11	11	4	6		2				7	2										32	1.78%	32				
	19	7	8		2				8	3										47	2.61%	47				
11-12	12	3	8		1				4	3										31	1.72%	31				
	17	6	7	1	3				9	2										45	2.50%	45				
12-13	20	6	4		1				6	4										41	2.28%	41				
	22	12	3	1	3				10											51	2.83%	51				
13-14	21	8	2		1				8	1										41	2.28%	41				
	16	4	1		5				7											33	1.83%	33				
14-15	19	7		1	2				9	2										40	2.22%	40				
	17	3	4	1	6				11	6										48	2.66%	48				
15-16	10	11	4		6				10											41	2.28%	41				
	18	2	1		4				9	3	1									38	2.11%	38				
16-17	9	3	7	1	8				11	8										47	2.61%	47				
	21	1	9		7				8	5										51	2.83%	51				
17-18	12	2	6		9				4	9	1									43	2.39%	43				
	18	6	10	1	1				7	4										47	2.61%	47				
18-19	16	1	2		8				6	5										38	2.11%	38				
	17	7	8	1	8				5	3										49	2.72%	49				
19-20	18	1	3		2				5	4										33	1.83%	33				
	24	8	7		9				1	1										50	2.77%	50				
20-21	9	7	3		1				3											23	1.28%	23				
	21	9	5		3				2											40	2.22%	40				
21-22	8	7	2		3				2											22	1.22%	22				
	20	10	6		2				1	2	1									42	2.33%	42				
22-23	7	3	2		2				1		1									16	0.89%	16				
	26	11	6		8				1	3										55	3.05%	55				
23-24	6	2			1						1									10	0.55%	10				
	23	12	6		1				8											50	2.77%	50				
TOTAL	683	270	225	12	178	0	2	259	155	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1802	100%	724	1078			

TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS		UBICACIÓN														PROG. 0+000							
COD. ESTACION : E-01		SENTIDO AV. MARTINELLI E →														AV. MALVINAS S →							
ESTACION : INTERS. AV. MARTINELLI - AV. MALVINAS																DIA		VIERNES		FECH 10/02/2023			
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %		
	PICK UP	PANEL	RURAL	2 E	>=3 E		2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3						
00-01	13	6	8		9				8	1										45	2.10%	45	
	11	4	10		5				6	2										38	1.78%	38	
01-02	8	4	2		4				3											21	0.98%	21	
	14	1	3		1				4											23	1.07%	23	
02-03	6	3	1		1				4											15	0.70%	15	
	19	1	3		3			8	6											42	1.98%	42	
03-04	5	2	9		2			1	5	1										25	1.17%	25	
	17	1	4		2			14	9	1										48	2.24%	48	
04-05	14	1	3		3			2	6											29	1.36%	29	
	15	1	8					6	6	3										39	1.82%	39	
05-06	12	3	8		1			2	2											28	1.31%	28	
	19	8	9	1	8			15	8	2										70	3.27%	70	
06-07	16	4	5	1	2			4	4	1										37	1.73%	37	
	25	10	6	1	9		1	16	13											81	3.79%	81	
07-08	18	10	3	1	1			6	3											42	1.98%	42	
	35	18	7		8			13	10											91	4.25%	91	
08-09	11	4	5		2		1	8	3	2										36	1.68%	36	
	30	12	4		7			17	9											79	3.69%	79	
09-10	15	1	3	1	3		1	3	2											29	1.38%	29	
	18	16	7		6			10	3											60	2.80%	60	
10-11	15	3	6		2			7	2											35	1.64%	35	
	19	12	9		2			9	3											54	2.52%	54	
11-12	15	8	2		1			5	3											34	1.59%	34	
	26	13	6	1	3			11	2											62	2.90%	62	
12-13	16	9	4		1			2	4											36	1.68%	36	
	19	14	9	1	3			12												58	2.71%	58	
13-14	16	5	2		1			8	1											33	1.54%	33	
	29	15	8		5			6												63	2.94%	63	
14-15	12	6	8	1	2			9	2											40	1.87%	40	
	27	1	7	1	6			7	6											55	2.57%	55	
15-16	17	7	9		6			10												49	2.29%	49	
	24	11	5		4			11	3	1										59	2.76%	59	
16-17	17	8	2	1	8			3	8											47	2.20%	47	
	14	10	4		7			8	5											48	2.24%	48	
17-18	16	9	8		9			9	9	1										61	2.85%	61	
	28	12	11	1	1			10	4											67	3.13%	67	
18-19	11	6	4		8			8	5											42	1.98%	42	
	21	5	6	1	8			5	3											49	2.29%	49	
19-20	15	5	5		2			13	4											44	2.06%	44	
	20	4	5		9			4	1											43	2.01%	43	
20-21	18	4	3		1			8												34	1.59%	34	
	26	3	8		3			3												43	2.01%	43	
21-22	17	5	4		3			2												31	1.45%	31	
	19	2	7		2			1	2											34	1.59%	34	
22-23	18	4	2		2			7		1										34	1.59%	34	
	18	1	9		8			1	3											40	1.87%	40	
23-24	19	3	1		1			8		1										33	1.54%	33	
	17	3	5		1				8											34	1.59%	34	
TOTAL	850	298	267	12	186	0	3	312	194	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2140	100%	860	1280

TRAMO : AVENIDA LAS MALVINAS		UBICACIÓN														PROG. 0+000							
COD. ESTACION : E-01		SENTIDO AV. MARTINELLI E →														AV. MALVINAS S →							
ESTACION : INTERS. AV. MARTINELLI - AV. MALVINAS		DIA														SABADO		FECH 11/02/2023					
HORA	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				OTAI	PORC. %			
DIAGRAMA VEHICULAR																							
00-01	11	7	8		9				8	1										44	2.52%	44	
	12	4	10		4				6	2										38	2.17%	38	
01-02	2	4	3		4															13	0.74%	13	
	6	1	3		1				4											15	0.86%	15	
02-03	1	3	1																	5	0.29%	5	
	3	1	3		3				8											18	1.03%	18	
03-04	1	2	9																	12	0.69%	12	
	8	1	4		2				9	1										25	1.43%	25	
04-05	2	1	3		3															9	0.51%	9	
	17	1	8						6	3										35	2.00%	35	
05-06	3	3	8		1				2											17	0.97%	17	
	20	8	9	1	8			2	1	1										50	2.86%	50	
06-07	18	4	5	1				1	4	1										34	1.94%	34	
	21	10	8	1	9		1	9	2											61	3.49%	61	
07-08	17	10	3	1				7	3											41	2.34%	41	
	19	18	7		8			6	1											59	3.37%	59	
08-09	20	4	5		2		1	6	3	2										43	2.46%	43	
	22	15	4		1			8	2											52	2.97%	52	
09-10	24	1	3	1	2		1	8	1											41	2.34%	41	
	19	16	7		2		1	9	1											55	3.14%	55	
10-11	10	3	6		2			4	2											27	1.54%	27	
	17	12	9		2			7												47	2.69%	47	
11-12	9	8	2		1			3	3											26	1.49%	26	
	17	13	6	1	3			8												48	2.74%	48	
12-13	13	9	4		1			10	2											39	2.23%	39	
	23	14	9	1	3			8												58	3.32%	58	
13-14	32	5	2		1			11	1											52	2.97%	52	
	30	15	8		2			8												63	3.60%	63	
14-15	29	6	8	1	2			4	2											52	2.97%	52	
	30	1	7	1	3			9	1											52	2.97%	52	
15-16	20	7	9		3			6												45	2.57%	45	
	25	11	5		2			10	3	1										57	3.26%	57	
16-17	28	8	2	1	4			7	2											52	2.97%	52	
	17	10	4		1			11	1											44	2.52%	44	
17-18	12	9	8		3			8	3	1										44	2.52%	44	
	14	12	11	1	1			4	1											44	2.52%	44	
18-19	10	6	4		2			2												24	1.37%	24	
	18	5	6	1	3			6												39	2.23%	39	
19-20	9	5	5					1	4											24	1.37%	24	
	22	4	5		1			5	1											38	2.17%	38	
20-21	8	4	3																	15	0.86%	15	
	21	3	8		1			3												36	2.06%	36	
21-22	8	5	4																	17	0.97%	17	
	18	2	7					2	2	1										32	1.83%	32	
22-23	7	4	2							1										14	0.80%	14	
	25	1	9					1	3											39	2.23%	39	
23-24	6	3	1							1										11	0.63%	11	
	27	3	5						8											43	2.46%	43	
TOTAL	751	302	270	12	100	0	4	194	100	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1749	100%	701	1048

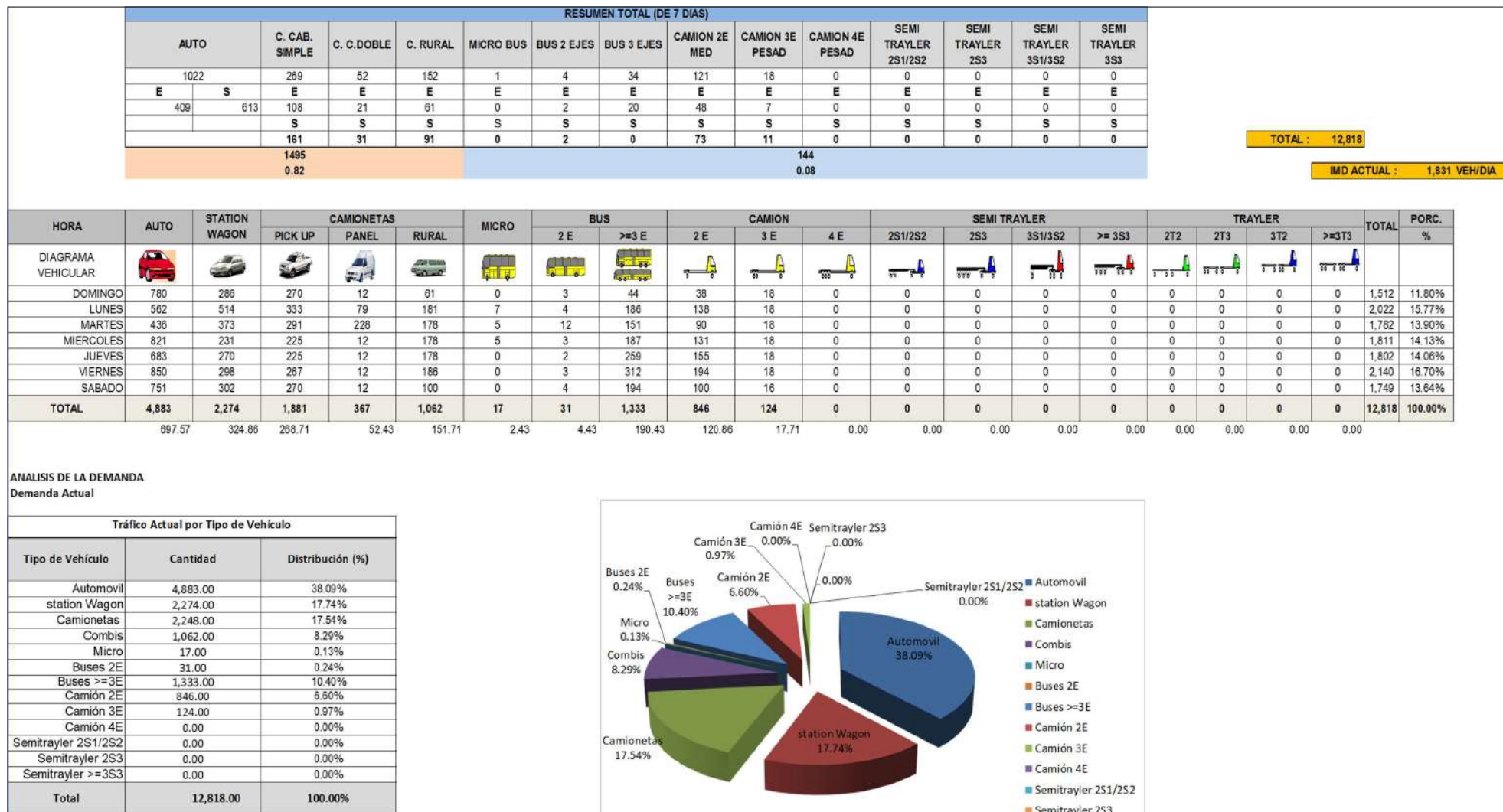


Figura 32 – Studio de tráfico.

Anexo c. Certificado de validación de instrumentos – juicio de expertos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación: "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023"

Investigador: Bach Betzabe Huanca Quispe

I. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: *Edwin Huanca Choqueta*

Especialidad: *Ing. Estadística*

Cargo e Institución donde Labora: *Docente*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con un aspa (x) dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario

1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Muy buena 5. Excelente

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Esta formulado con un lenguaje apropiado.					X
	3. Objetividad	Esta expresa en conducta observable.				X	
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad					X
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica				X	
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa					X
	9. Coherencia	Existe coherencia entre los variables, dimensiones e indicadores				X	
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

*El instrumento en cuestión, lo califico
como muy bueno*

IV. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicación

Debe corregirse ()

Abancay 22 de diciembre de 2023

 UNIVERSIDAD NACIONAL INCAELA BASTIDAS
DE APURÍMAC
[Firma]
Dr. Edwar Masaca Cahua
DOCENTE

Sello y Firma del Experto.

DNI: 01298290

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación: "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023"

Investigador: Bach Betzabe Huanca Quispe

I. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: Dr. Cirilo HUAMAN ALBITES

Especialidad: DOCENTE UNIVERSITARIO

Cargo e Institución donde Labora: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con un aspa (x) dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario

1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Muy buena 5. Excelente

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Esta formulado con un lenguaje apropiado.					X
	3. Objetividad	Esta expresa en conducta observable.					X
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio					X
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica					X
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa					X
	9. Coherencia	Existe coherencia entre los variables, dimensiones e indicadores				X	
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

PROCEDE SU APLICACIÓN
.....
.....
.....

IV. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicación

Debe corregirse ()

Abancay 22 de diciembre de 2023



Dr. Cirilo Huamán Albrte
DOCENTE DE INVESTIGACIÓN
DE 1º GRADO

Sello y Firma del Experto.

DNI: 25810286

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación: "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023"

Investigador: Bach Betzabe Huanca Quispe

I. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: ABBON ALEX VASQUEZ RAMIREZ

Especialidad: Ph.D MENCION INGENIERIA CIVIL

Cargo e Institución donde Labora: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con un aspa (x) dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario

1. Deficiente	2. Regular	3. Buena	4. Muy buena	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Esta formulado con un lenguaje apropiado.					X
	3. Objetividad	Esta expresa en conducta observable.					X
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad					X
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica					X
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa					X
	9. Coherencia	Existe coherencia entre los variables, dimensiones e indicadores					X
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

LA FICHA DE VALUACIÓN DE INSTRUMENTOS, LO CALIFICO QUE
TIENE LOS ESTANDARES MÍNIMOS PARA UNA EVALUACIÓN, Y A MI
OPINIÓN TIENE UNA VALORIZACION MUY BUENA, EXCELENTE.

IV. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicación

Debe corregirse ()

Abancay 22 de diciembre de 2023

 Universidad Tecnológica de los Andes
Departamento Académico de la Facultad de Ingeniería

Ph.D. Abdon A. Vásquez Ramírez
DIRECTOR

Sello y Firma del Experto.

DNI:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación: "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023"

Investigador: Bach Betzabe Huanca Quispe

I. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: *Daniela Soavecha Ore*

Especialidad: *Estructuras*

Cargo e Institución donde Labora: *Universidad Tecnológica de los Andes*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con un aspa (x) dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario

1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Muy buena 5. Excelente

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Esta formulado con un lenguaje apropiado.				X	
	3. Objetividad	Esta expresa en conducta observable.				X	
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica				X	
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa				X	
	9. Coherencia	Existe coherencia entre los variables, dimensiones e indicadores				X	
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Es aplicable para la especialidad de la Tesis

IV. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicación

Debe corregirse ()

Abancay 22 de diciembre de 2023




Danilo Saavedra Ore
ING. CIVIL
CIP. 208622

Sello y Firma del Experto.

DNI: 72846839

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación: "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023"

Investigador: Bach Betzabe Huanca Quispe

I. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: Ine. M^g. Dómulo Gómez Doblepa

Especialidad: GESTIÓN PÚBLICA

Cargo e Institución donde Labora: ESPECIALISTA EN INVERSIÓN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con un aspa (x) dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario

1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Muy buena 5. Excelente

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.			X		
	2. Claridad	Esta formulado con un lenguaje apropiado.			X		
	3. Objetividad	Esta expresa en conducta observable.			X		
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad			X		
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio			X		
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica			X		
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa			X		
	9. Coherencia	Existe coherencia entre los variables, dimensiones e indicadores			X		
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.			X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

*Que si es adecuado la aplicacion del
metodo para este trabajo.*

IV. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicacion

Debe corregirse ()

Abancay 22 de diciembre de 2023

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
DE APURÍMAC
Rómulo Gómez Noblega
Mag. Rómulo Gómez Noblega
DOCENTE
Sello y Firma del Experto.
DNI: 31009566

Anexo d. Fotografías, certificados



Fotografía 1 – Medición con el Rugosímetro de Merlín de las desviaciones o depresiones en el tramo 1 carril izquierdo y verificación de bacheo, piel de coco drilo y presencia de parches en la progresiva 0+000 a 0+400.



Fotografía 2 – Medición con el Rugosímetro de Merlín de las desviaciones o depresiones en el tramo 2 carril izquierdo en la progresiva 0+070 a 0+470.



Fotografía 3 – Medición con el Rugosímetro de Merlín de las desviaciones o depresiones en el tramo 1 carril derecho en la progresiva 0+000 a 0+150.



Fotografía 4 – Medición con el Rugosímetro de Merlín de las desviaciones o depresiones en el tramo 2 carril derecho en la progresiva 0+070 a 0+470.



Grietas Longitudinales



Perdida de Finos

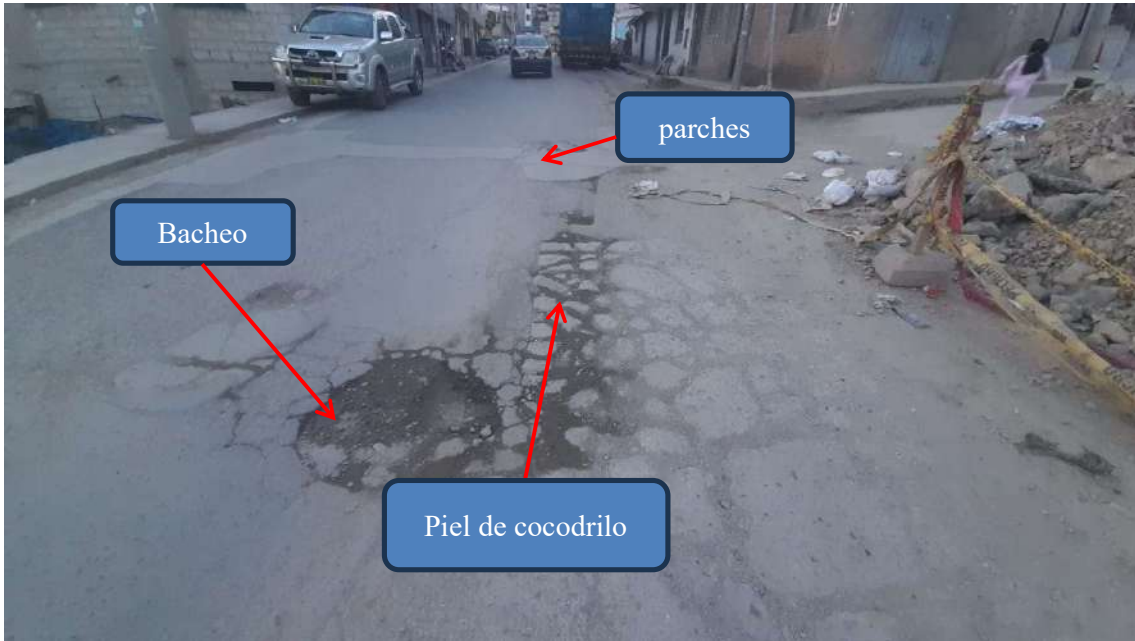


Fisuras en bloque

Perdida de finos



Fisuras por mal funcionamiento de juntas





Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LD-0327-2022

O.T. : 0324-0526

Fecha de emisión : 2022-12-19

Página : 1 de 2

SOLICITANTE: INGENIERIA, GEOTECNIA Y MATERIALES EIRL.

Dirección : URB. EL EDEL C-3, SAN SEBASTIAN - CUSCO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : RUGOSIMETRO MERLIN
 Marca : PINZUAR
 Modelo : NO INDICA
 N° de Serie : NO INDICA
 Identificación : NO INDICA
 Procedencia : COLOMBIA
 Ubicación : Laboratorio de Suelos Concreto y Asfalto
 Fecha de Calibración : 2022-12-19

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de INGEOMAT E.I.R.L.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	26,0 °C	26,4 °C
HUMEDAD RELATIVA	57,6%	55,3%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.


INGEOMAT
 Ing Hugo Cuba Benavente
 CIP. 128889
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA


 Lic. Nicolas Ramos Paucar
 Gerente Técnico.
 CFP :0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

Certificado : LD-0327- 2022

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Cinta Métrica Clase I METROIL	Cinta Métrica Power Force 0m a 5m	L-0469-2022
Microscopio por medición de Coordenadas Óptico Táctil	Bloques Patrón Angulares 1/4° a 30°	LLA-399-2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

ÁNGULO NOMINAL (°)	ÁNGULO HALLADO (°)	DESVIACIÓN (°)	INCERTIDUMBRE (°)
0	0	0,0	0,3
10	9,7	-0,3	0,3
20	19,7	-0,3	0,3
30	29,7	-0,3	0,3

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP. 128568
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

Anexo e. Declaración de originalidad del autor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MICAELA BASTIDAS DE
APURIMAC
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES

Yo, Bach. Betzabe Huanca Quispe de la Escuela Académica profesional de Ingeniería civil de la universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (Sede Abancay), declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado:

“Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023”

Es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Lugar y fecha, Abancay 09 de enero del 2024

Apellidos y Nombres del Autor Huanca Quispe Betzabe	
DNI: 73478151	Firma

Anexo f. Autorización de consentimiento para realizar la investigación

SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN

Solicito permiso para realizar trabajo de investigación con fines Académicos para concluir el informe final de tesis



SEÑOR NÉSTOR RAÚL PEÑA SÁNCHEZ
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY - APURÍMAC.

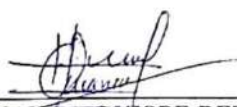
Yo, **BETZABE HUANCA QUISPE**, identificada con DNI N° 73478151, con domicilio en Altipuerto asociación quinta Isabel del distrito de Abancay. Bachiller en Ingeniería Civil, ante Ud. respetuosamente me presento y expongo:

Que, Siendo Bachiller de la carrera profesional de **INGENIERIA CIVIL** de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, solicito a Usted la autorización de permiso para realizar trabajo de Investigación con fines de concluir y cumplir académicamente con el informe final de mi tesis titulada **“MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA LAS MALVINAS MEDIANTE EL ANÁLISIS FUNCIONAL APLICANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN – ABANCAY, 2023”**, para optar el título Profesional de Ingeniero Civil. Posterior a la sustentación y defensa, me comprometo entregar una copia de mi tesis, con la finalidad de aportar al desarrollo social de la Provincia de Abancay.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Abancay, 02 de febrero del 2023



HUANCA QUISPE BETZABE
DNI N° 73478151



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY



SUB GERENCIA DE SUPERVISIÓN DE INVERSIONES
"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

A los 15 días del mes de mayo del año 2023, Yo ING. CHRISTIAN J. CHAVEZ UGARTE, identificado con DNI: 42416018, en mi calidad de Sub Gerente de la Sub Gerencia de Supervisión de Inversiones de la Gerencia de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano de la Municipalidad Provincial de Abancay con R.U.C N° 20148182788, ubicada en la ciudad de Abancay.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor(a) BACH. BETZABE HUANCA QUISPE, identificado con DNI N° 73478151, egresado de la (X) Carrera profesional o () Programa de Postgrado de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC para:

que utilice la vía AV. LAS MALVINAS, por ser competencia de la Entidad:

Para realizar los ensayos de la tesis titulada: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA LAS MALVINAS MEDIANTE EL ANÁLISIS FUNCIONAL APLICANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN - ABANCAY, 2023"

con la finalidad de que pueda desarrollar su () Trabajo de Investigación, (X) Tesis o () Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de () Bachiller, () Maestro, () Doctor o (X) Título Profesional.

Recuerda que para el trámite deberás adjuntar también, el siguiente requisito según tipo de empresa:

- Vigencia de Poder, (para el caso de empresas privadas).
- ROF / MOF / Resolución de designación, u otro documento que evidencie que el firmante está facultado para autorizar el uso de la información de la organización, (para el caso de empresas públicas)

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

- () Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, o
(X) Mencionar el nombre de la empresa.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ABANCAY

Ing. Christian J. Chavez Ugarte
SUB GERENTE DE SUPERVISIÓN DE INVERSIONES

Firma y sello del Representante Legal o
Representante del área
DNI: 42416018

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Firma del Egresado
DNI: 73478151



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY



RESOLUCIÓN DE GERENCIA MUNICIPAL N° 147-2023-MPA-GM

Abancay, 08 de mayo de 2023

VISTO:

El Informe N° 416-2023-ORH-OGAF-MPA, de fecha 08 de mayo de 2023, remite informe de evaluación de perfil para el Sub Gerente de Supervisión de Inversiones, y;

CONSIDERANDO:



Que, el Artículo 194° de la Constitución Política del Estado, modificado por la Ley 30305-Ley de reforma Constitucional del capítulo XIV del título IV, sobre descentralización; señala que, las municipalidades son órganos de gobierno local que emanan de la voluntad popular, tiene personería jurídica de derecho público interno y gozan de autonomía política, Económica y Administrativa en asuntos de su competencia, consiguientemente están facultados a ejercer actos de gobierno y actos administrativos con sujeción al ordenamiento jurídico vigente (...) y;



Que, el artículo 4° de la Ley N° 28175 - Ley Marco del Empleo Público señala que la categoría de empleado de confianza en la administración pública es definido como "El que desempeña cargo de confianza técnico o político, distinto al del funcionario público. Se encuentra en el entorno de quien lo designa o remueve libremente y en ningún caso será mayor al 5% de los servidores públicos existentes en cada Entidad;



Que, el artículo 3° de la Ley N° 30057 - Ley del Servicio Civil señala que el servidor de confianza es un servidor civil que forma parte del entorno directo e inmediato de los funcionarios públicos o directivos públicos y cuya permanencia en el servicio civil está determinada y supeditada a la confianza por parte de la persona que lo designo;



Que, de acuerdo a lo establecido en el Art. 77° del Decreto Supremo N° 005-90-PCM Reglamento de la Ley de Carrera Administrativa, la designación consiste en el desempeño de un cargo de responsabilidad directiva o de confianza por decisión de la autoridad competente en la misma o diferente entidad (...). Si el designado es un servidor de carrera, al término de la designación reanuda funciones del grupo ocupacional y nivel de carrera que le corresponda en la entidad de origen. En caso de no pertenecer a la carrera, concluye su relación con el Estado;

Que, con Resolución de Alcaldía N° 012-2023-MPA-A, de fecha 02 de enero del año en curso, el alcalde de la municipalidad Provincial de Abancay, delega al Gerente Municipal de la esta comuna provincial, durante el Ejercicio Presupuestal del Año 2023 las facultades en materia de recursos humanos, el designar y dar por concluido, la confianza a los Sub Gerentes, cargos de confianza que serán evaluados por Alta Dirección; así mismo, la emisión de resoluciones con la finalidad de otorgar derechos y beneficios laborales que establece las normas del Régimen Laboral del Sector Público, Régimen de Pensiones, y las acciones de carácter previsional que corresponda;

Que, mediante Ordenanza Municipal N° 013-2022-CM-MPA, de fecha 16 de junio del 2022, se aprueba el Cuadro de Asignación de Personal Provisional (CAP-P) de la Municipalidad Provincial de Abancay; detallándose en el Anexo la denominación del órgano o unidad orgánica, verificándose como unidad de organización prevista en el CAP Provisional como Sub Gerente de Supervisión de Inversiones de la Municipalidad Provincial de Abancay, en mérito a ello es pertinente designar a los funcionarios que ocuparan cargos de confianza en la presente gestión, amparándose en el contenido de la Ordenanza Municipal N° 013-2022-CM-MPA;

Ir. Iijma N° 206 - Abancay - Apurímac
Central Telefónica: 083 - 321195

www.muniabancay.gob.pe
Email: alcaldia@muniabancay.gob.pe



ABANCAY
CIUDAD ALEGRE Y HERMOSA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY



Que, mediante Informe N° 416-2023-ORH-OGAF-MPA, de fecha 08 de mayo del 2023, la Oficina de Recursos Humanos, remite informe sobre la evaluación de perfil del ING. CHRISTIAN JOSSELO CHAVEZ UGARTE, para la Sub Gerente de Supervisión de inversiones, donde concluye que el profesional si cumple los requisitos mínimo a la experiencia laboral general y específica, así como la formación profesional para el cargo de Sub Gerente de Supervisión de inversiones, de la Municipalidad Provincial de Abancay;

Que, con el fin de continuar con la política implementada por el titular, y estando esta Sub Gerente de Supervisión de inversiones de la Municipalidad Provincial de Abancay, vacante, esta debe ser cubierta mediante designación por un profesional, que deberá cumplir con el perfil profesional, además deberá cumplir con eficiencia y eficacia en las labores que se le encomienda;

Estando a lo expuesto de conformidad por el Artículo 20°, numeral 6), 17) de la Ley N° 27972 Ley Orgánica de Municipalidades, y en mérito a lo dispuesto en la Resolución de Alcaldía N° 003-2023-MPA-A y la Resolución de Alcaldía N° 012-2023-MPA-A;

SE RESUELVE:



ARTÍCULO PRIMERO.- DESIGNAR, al ING. CHRISTIAN JOSSELO CHAVEZ UGARTE, en el cargo y funciones de Sub Gerente de Supervisión de inversiones, de la Municipalidad Provincial de Abancay, a partir del 09 de mayo de 2023, bajo los alcances del régimen laboral especial del Decreto Legislativo N° 1057, CAS, confianza y con las atribuciones y competencias propias al cargo y de conformidad a los instrumentos de gestión institucional.



ARTICULO SEGUNDO.- TRANSCRÍBASE, la presente Resolución a los sistemas administrativos de la Municipalidad Provincial de Abancay y a los interesados, para su conocimiento y fines pertinentes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, CÚPLASE Y AARCHÍVESE.



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY
Erick Alarcón Camacho
Ing. Erick Alarcón Camacho
GERENTE MUNICIPAL



Anexo g. Factor de ejes equivalentes

Nomenclatura	Ejes	Simbologia	Nº de neumáticos	Gráfico	Peso
_1VL	Simple		2		1
_2VL	Simple		2		2
_4VL	Simple		4		4
_1RS	Simple		2		7
_1RD	Simple		4		11
_1RS_1RD	Tandem		6		16
_2RS	Tandem		4		12
_2RD	Tandem		8		18
_3RS	Tridem		6		16
_1RS_2RD	Tridem		10		23
Nomenclatura	Ejes	Simbologia	Nº de neumáticos	Gráfico	Peso
_3RD	Tridem		12		25
_1RD_1RD	Simple		8		22

Figura 33 – Configuración de Ejes y peso máximo.







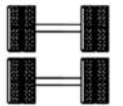
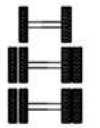
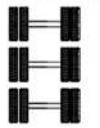
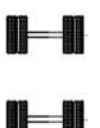
Cálculo de factor de ejes equivalentes									
Nomenclatura	Gráfico	Peso (ton)	Lx kips	L2	β_x	β_{18}	G_t	$\log\left(\frac{1}{FEE}\right)$	FEE
_1VL		1	2.2	1	0.401	0.6546	-0.2009	3.5112	0.0003
_2VL		2	4.4	1	0.404	0.6546	-0.2009	2.4272	0.0037
_4VL		4	8.8	1	0.430	0.6546	-0.2009	1.2174	0.0606
_1RS		7	15.4	1	0.560	0.6546	-0.2009	0.2544	0.5566
_1RD		11	24.2	1	1.042	0.6546	-0.2009	-0.4734	2.9744
_1RS_1RD		16	35.2	2	0.641	0.6546	-0.2009	-0.1009	1.2615
_2RD		18	39.6	2	0.745	0.6546	-0.2009	-0.2894	1.9472
_1RS_2RD		23	50.6	3	0.611	0.6546	-0.2009	-0.1133	1.2979
_3RD		25	55	3	0.673	0.6546	-0.2009	-0.2474	1.7677
_1RD_1RD		22	48.4	2	1.042	0.655	-0.201	-0.473	5.949

Figura 34 – Factor de ejes equivalentes para eje simple, tándem y trídem.

Anexo h. Informe de liquidación de obra de la avenida las Malvinas

Proyecto denominado “Mejoramiento Integral de Barrios en el Asentamiento Humano San Martín I y II, las Américas, IPSS y Justo Juez del Distrito y Provincia de Abancay – Apurímac”.

Beneficiarios directos	: 1,309 habitantes
CUI	: 2114966
SNIP	: 79446
Modalidad de contratación	: Suma alzada
Monto de contrato	: s/. 2'196, 515.65
Plazo de ejecución contractual	: 150 días calendarios
Inicio contractual	: 02 diciembre 2010
Ampliación de plazo	: 226 días calendarios (1°=87; 2°=45; 3°=30; 4°=51; 5°=13)
Plazo vigente (plazo original + ampliaciones):	376 días calendarios
Termino de obra	: 12 diciembre 2011
Acta de recepción de obra	: 20 enero 2012

La Avenida las Malvinas se encuentra dentro del ámbito de influencia de los barrios San Martín I y II, las Américas.

Constituye la ejecución de obras de viabilidad de pavimentación y veredas, construcción del sistema de agua potable y sus respectivas conexiones domiciliarias y la construcción del sistema de alcantarillado con sus conexiones domiciliarias, la avenida las Malvinas con juntamente con la avenida Martinelli son los más amplios con 9.99 m \approx 10.00 m de ancho, que tienen un pavimento a nivel de asfalto y/o pavimento flexible de 7.20 m, donde la carpeta estructural del pavimento está conformado por la subrasante de E=10.00 cm, Sub base E=17.00 cm, Base E=20.00 cm, Carpeta asfáltica E= 5.00 cm, la capacidad de soporte de la subrasante arroja resultados de CBR valores comprendidos entre 10.00 y 11.07 % (CBR al 95 %) donde para el diseño de pavimento se utiliza el valor mínimo de resistencia que es el 10 % donde la capacidad de soporte es baja, por el cual se recomendó realizar el mejoramiento de la subrasante con el mismo material de insitu, para la sub base y base se utilizó material de préstamo de la cantera de Quitasol, que tiene valores de CBR obtenido al 95% de nivel de confianza, subbase un CBR de 63%, base de un CBR de 65% y subrasante mejorado alcanza un CBR de 27 %.

Anexo i. Constancia de originalidad



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 091-2024

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada **“Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de Merlin – Abancay, 2023”**, presentado por el **Bach. Betzabe HUANCA QUISPE**, para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (23%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 10 de junio del 2024



C. c.
Archivo
REG. N° 364