



Esta obra está bajo una
[Licencia Creative Commons
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Edward Leandro Chujandama García
<https://orcid.org/0000-0003-0807-4680>

Wagner Valera Ríos
<https://orcid.org/0000-0003-0236-3932>

Asesor:

ING. M.Sc. Jorge Isaacs Rioja Díaz
<https://orcid.org/0000-0001-7667-9716>

Tarapoto, Perú

2025



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Edward Leandro Chujandama García
Wagner Valera Ríos

Sustentado y aprobado el 30 de mayo del 2025, por los siguientes jurados:

 _____ Presidente del Jurado: Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro	 _____ Secretario del Jurado: Ing. M.Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón
 _____ Vocal del Jurado: Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip	 _____ Asesor: Ing. M.Sc. Jorge Isaacs Rioja Diaz

Tarapoto, Perú

2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARTÍN**

**FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**



Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana

Acta de Sustentación de Trabajo de Investigación Para Título de Ingeniero Civil Nº 032-2

**Jurado reconocido con Resolución N° 590-2023-UNSM/FICA-CF-NLU
Facultad: Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela profesional de Ingeniería Civil**



A las 17:00 pm horas del viernes 30 de Mayo de 2025, inició al acto público de sustentación del trabajo de investigación "Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución", para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por Edward Leandro Chujandama García y Wagner Valera Ríos, con la asesoría del Ing. M.Sc. Jorge Isaacs Rioja Díaz.

Instalada la Mesa Directiva conformada por Ing. Dr. Rubén del Águila Panduro (Presidente del jurado), Ing. M.Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón (secretario), Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip (vocal), y acompañados por Ing. M.Sc. Jorge Isaacs Rioja Díaz (asesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular N° 021-2025-UNSM/FICA.

Seguidamente los autores expusieron el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor. Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz pero sin voto, sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público. Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG – CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue Dieciséis (...16...); tal como se deja constar en la siguiente descripción:



Acto de la Reintegración y Consolidación de la Economía Primaria

De acuerdo con el Artículo 40° del RG - CTI, la nota obtenida es Apretatoria y correspondiente a la calificación de Dieciséis (16) Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 02-2 De la escuela Magisterial de Ingeniería Civil

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 18:42 hora el mismo día de Viernes 20 de Mayo de 2022.



Secretario del Jurado



Presidente del Jurado



Vocal del Jurado



Autor



Autor



Aesor

Declaratoria de autenticidad





Edward Leandro Chujandama García con DNI N° 73068306 y **Wagner Valera Ríos** con DNI N° 72087278, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, autores de la tesis titulada: **Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 30 de mayo del 2025

			
Edward Leandro Chujandama García DNI N° 73068306		Wagner Valera Ríos DNI N° 72087278	

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución</p>	<p>Área de investigación: Transportes Línea de investigación: Estrategias de tecnologías de información y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales y no convencionales para el desarrollo sostenible Sublínea de investigación: Infraestructura vial con fines socio productivos. Grupo de Investigación: Resolución N° 384-2024-UNSM/FICA-CF-NLU Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Edward Leandro Chujandama García Wagner Valera Ríos</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0003-0807-4680 https://orcid.org/0000-0003-0236-3932</p>
<p>Asesor: ING. M. Sc. Jorge Isaacs Rioja Diaz</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil Unidad o Laboratorio Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0001-7667-9716</p>

Dedicatoria

A mis amados padres, Edward Chujandama Vázquez y Olga García Chuquival, por ser el faro que ha iluminado mi camino, por su amor incansable, su paciencia infinita y su confianza en mí, incluso en los momentos más difíciles. Su apoyo incondicional ha sido mi mayor fuente de fortaleza y motivación. Cada sacrificio que han hecho, cada palabra de aliento, cada gesto de cariño me ha impulsado a seguir adelante y a nunca rendirme. Este logro es, en gran parte, gracias a ustedes. Siempre serán mi mayor inspiración y la razón más grande para seguir creciendo. A mis hermanos, André, Elías y Sofía, por estar a mi lado en cada paso de este viaje, por su constante apoyo, risas y consejos. Agradezco profundamente el amor que siempre me han brindado y por ser mi red de apoyo más fuerte. Espero que, a través de este logro, puedan ver la importancia de la perseverancia, esfuerzo y la dedicación. Me gustaría que me tomaran como ejemplo de que los sueños se hacen realidad con trabajo, sacrificio y amor. A ustedes, mi familia, les debo todo lo que soy y les entrego con gratitud este esfuerzo.

Edward Leandro Chujandama García

A mi madre querida, Sofía Ríos Trigoso, quien ha sido mi guía constante y mi mayor apoyo en cada paso de este viaje. Gracias por tu amor incondicional, por tu sacrificio, por tu paciencia y por siempre creer en mí, incluso cuando yo dudaba de mí mismo. Te dedico cada palabra, porque sin ti, este logro no sería posible.

A mi papá, Wagner Valera Tuesta, mi mayor ejemplo de esfuerzo y trabajo. Gracias por siempre estar a mi lado, por tus consejos sabios y por enseñarme a nunca rendirme. Este logro es el reflejo de todo lo que me has brindado: tu amor, tu apoyo y tu fe en mí. No solo me has dado herramientas para crecer como persona, sino también la inspiración para seguir adelante siempre.

A mi hermano, Kemsper Valera Ríos, por ser siempre mi mayor apoyo. Gracias por estar a mi lado en cada paso, por tu confianza y por hacer que todo sea más fácil con tu ánimo y tu paciencia. Tu apoyo ha sido fundamental para llegar hasta aquí, cuya fuerza, dedicación y pasión siempre me han inspirado. Gracias por tu apoyo incondicional, por ser mi ejemplo a seguir y por motivarme a dar lo mejor de mí en cada momento.

Dedico esta tesis a cada una de las personas que de alguna u otra forma contribuyeron en mi crecimiento profesional, este logro es por y para todos muchísimas gracias.

Wagner Valera Ríos

Agradecimiento

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Martín, por ser el lugar donde mis sueños tomaron forma y donde recibí una formación esencial para mi desarrollo profesional y personal.

Al Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz, por su paciencia, guía y confianza, fundamentales en este proceso y en mi crecimiento como profesional.

A mi compañero y amigo, Wagner Valera Ríos, por su dedicación, apoyo y por demostrarme el valor del trabajo en equipo y la amistad.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro es el reflejo de un esfuerzo conjunto y del apoyo invaluable que me permitió alcanzar mis metas.

Edward Leandro Chujandama García

A la Universidad Nacional de San Martín, por ser la base de mi crecimiento académico y personal, y a sus catedráticos, cuya dedicación y conocimiento han dejado una huella en mi formación.

Al Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz, por su guía invaluable y sus enseñanzas fundamentales en mi desarrollo profesional y en esta tesis.

A mi compañero de tesis, Edward Leandro Chujandama García, por su apoyo, esfuerzo y compromiso, que hicieron de este proyecto una experiencia enriquecedora.

A Jimena Elvira Barrantes Ruíz, mi enamorada, por su amor, paciencia y apoyo incondicional, siendo siempre una fuente de motivación.

Finalmente, a todos quienes creyeron en mí y me acompañaron en este camino. Este logro es también suyo. ¡Gracias de corazón!

Wagner Valera Ríos

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Marco general del problema	15
1.2. Formulación del problema de investigación.....	16
1.3. Hipótesis de investigación	16
1.4. Objetivos	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.2. Fundamentos teóricos	20
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Ámbito de la investigación	27
3.1.1. Ubicación Política.....	27
3.1.2. Ubicación Geográfica.....	27
3.1.3. Periodo de ejecución.....	28
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	28
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales.....	29
3.2. Sistema de variables	29
3.3. Procedimientos de la investigación.....	32
3.3.1. Objetivo específico 1	32
3.3.2. Objetivo específico 2.....	52
3.3.3. Objetivo específico 3.....	53

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION	54
4.1. Resultados del objetivo específico 1	54
4.2. Resultados del objetivo específico 2.....	55
4.3. Resultados del Objetivo específico 3.....	60
4.4. Contrastación de hipótesis	62
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67
ANEXOS	70

Índice de tablas

Tabla 1 Clase de extensión de los deterioros/fallas de las carreteras no pavimentadas	21
Tabla 2 Clase de densidad de baches de pavimentos flexibles	21
Tabla 3 Calificación de condición.....	22
Tabla 4 Tipos de Condición según la calificación de condición.....	22
Tabla 5 Descripción de variable por objetivo específico.....	30
Tabla 6 Resumen de las fallas encontradas por cada progresiva intervenida	57
Tabla 7 Fallas predominantes en el tramo Lamas – Shanao	58

Índice de figuras

Figura 1 Tipos de conservación según la calificación de condición.....	22
Figura 2 Mapa político de la Región San Martín	27
Figura 3 Mapa referencial de la provincia de Lamas.....	28
Figura 4 Carretera Lamas – Shanao.....	28
Figura 5 Inicio de carretera Lamas – Shanao.	32
Figura 6 Peladura y desprendimiento del concreto asfáltico	33
Figura 7 Peladura y desprendimiento del concreto asfáltico.	34
Figura 8 Baches, Fisuras y Hundimiento	35
Figura 9 Baches	36
Figura 10 Piel de cocodrilo	37
Figura 11 Piel de cocodrilo	38
Figura 12 Fisuras.....	39
Figura 13 Fisuras.....	40
Figura 14 Baches	40
Figura 15 Disgregación en los bordes de vía (1) además de presencia de baches (2) en la calzada.	41
Figura 16 Fisura Longitudinal Gruesa.....	42
Figura 17 Piel de cocodrilo	43
Figura 18 Fisura Longitudinal Gruesa.....	44
Figura 19 Piel de cocodrilo	45
Figura 20 Piel de cocodrilo	46
Figura 21 Baches.	47
Figura 22 Bache (2), Piel de cocodrilo	48
Figura 23 Baches (3), piel de cocodrilo.....	49
Figura 24 Ahuellamiento.....	50
Figura 25 Baches (6) y Piel de cocodrilo.....	51
Figura 26 Baches (Huecos).	52
Figura 27 Resumen de las fallas encontradas en el tramo de ejecución.....	58

RESUMEN

"Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución"

La presente investigación tiene como objetivo evaluar las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y proponer soluciones para su mejora. Para ello, se realizó una inspección in situ a lo largo del tramo, identificando y describiendo los principales tipos de deterioro presentes en la vía.

Los daños más frecuentes observados incluyen baches, fisuración en bloque, desprendimiento de agregados y deformaciones superficiales, los cuales están relacionados con factores como el envejecimiento del pavimento, la falta de mantenimiento y problemas de drenaje. Con base en estos hallazgos, se planteó una propuesta de solución que contempla el bacheo en zonas críticas, la rehabilitación de la capa de rodadura con materiales adecuados y la mejora del drenaje para evitar la acumulación de agua.

La implementación de estas medidas contribuirá a prolongar la vida útil del pavimento, mejorar la transitabilidad y garantizar una mayor seguridad para los usuarios de la vía. Se concluye que un mantenimiento oportuno y la aplicación de soluciones adecuadas son esenciales para preservar la infraestructura vial y optimizar su funcionalidad.

Palabras clave: Fallas del pavimento, Carretera Lamas – Shanao, Inspección in situ, Bacheo y rehabilitación, Drenaje vial, Mantenimiento vial.

ABSTRACT

"Evaluation of pavement failures on the Lamas – Shanao highway and proposed solution"

The present investigation aims to evaluate the pavement failures on the Lamas – Shanao highway and propose solutions for its improvement. For this purpose, an on-site inspection was carried out along the section, identifying and describing the main types of deterioration present on the road.

The most frequent damages observed include potholes, block cracking, aggregate detachment and surface deformations, which are related to factors such as pavement aging, lack of maintenance and drainage problems. Based on these findings, a solution proposal was put forward that includes patching in critical areas, rehabilitation of the tread layer with appropriate materials and improved drainage to prevent water accumulation.

The implementation of these measures will help to extend the pavement's service life, improving trafficability and ensuring greater safety for road users. It is concluded that timely maintenance and the application of appropriate solutions are essential to preserve road infrastructure and optimize its functionality.

Keywords: Pavement failures, Lamas – Shanao Highway, On-site inspection, Patching and rehabilitation, Road drainage, Road maintenance.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

1.1. Marco general del problema

El estado de las carreteras es un factor clave para garantizar la seguridad y eficiencia del transporte. Sin embargo, muchas vías presentan un deterioro progresivo debido a factores como el tráfico constante, condiciones climáticas adversas y la falta de mantenimiento adecuado. La carretera Lamas – Shanao no es la excepción, ya que a lo largo de su recorrido se han identificado diversas fallas en el pavimento que afectan la transitabilidad y ponen en riesgo la integridad de los usuarios.

Las principales deficiencias observadas incluyen baches, fisuración en bloque, desprendimiento de agregados y deformaciones superficiales. Estas fallas no solo reducen la comodidad y seguridad en la circulación vehicular, sino que también incrementan los costos de operación y mantenimiento de los vehículos, afectando negativamente a la población y a la actividad económica de la zona.

Ante esta problemática, se hace necesario un estudio que permita identificar y describir las fallas presentes en la vía, así como proponer soluciones adecuadas para su rehabilitación. La presente investigación tiene como objetivo analizar el estado actual del pavimento de la carretera Lamas – Shanao a través de una inspección in situ y plantear alternativas de intervención que contribuyan a mejorar su condición, optimizando así la infraestructura vial y beneficiando a la comunidad.

Además, el deterioro del pavimento en esta vía no solo afecta la comodidad del tránsito, sino que también representa un peligro potencial para los conductores y peatones. La presencia de baches y deformaciones puede provocar accidentes, especialmente en condiciones climáticas adversas, donde el agua acumulada en las depresiones del pavimento reduce la adherencia de los neumáticos y aumenta el riesgo de deslizamientos. Asimismo, la falta de señalización y mantenimiento adecuado agrava la problemática, dificultando la identificación de las zonas más afectadas por los usuarios.

Otro aspecto a considerar es el impacto económico que generan las fallas en la carretera. La reducción en la velocidad de desplazamiento y el aumento en los tiempos de viaje afectan el comercio y la productividad en la región, ya que esta vía es utilizada por transportistas y productores locales para movilizar bienes y servicios. Además, el deterioro del pavimento incrementa los costos de mantenimiento vehicular, debido al

desgaste acelerado de neumáticos y suspensiones, lo que representa un gasto adicional para los conductores que utilizan frecuentemente esta ruta.

Frente a esta situación, es fundamental la aplicación de soluciones técnicas que permitan mitigar el deterioro del pavimento y garantizar una infraestructura más segura y eficiente. La rehabilitación de la vía mediante un mantenimiento correctivo y preventivo adecuado puede extender su vida útil y reducir costos a largo plazo. Por ello, este estudio busca generar información relevante que facilite la toma de decisiones y permita implementar medidas que contribuyan a la conservación de la carretera Lamas – Shanao, promoviendo su funcionalidad y sostenibilidad en el tiempo.

1.2. Formulación del problema de investigación

De acuerdo a los problemas mencionados que existen en la región de San Martín, siendo la carretera Lamas - Shanao una de las vías donde también existe esta problemática ¿De qué manera se determinará las fallas del asfalto de la carretera Lamas – Shanao?

1.3. Hipótesis de investigación

Hipótesis General:

- Si se realiza una evaluación in situ de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao, entonces será posible identificar las principales deficiencias de la vía y proponer soluciones adecuadas que contribuyan a su rehabilitación, mejorando la transitabilidad, la seguridad vial y la durabilidad del pavimento.

Hipótesis Secundarias:

- Si se identifican y clasifican correctamente las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao, entonces se podrá determinar las causas principales de su deterioro y su impacto en la transitabilidad.
- Si se propone un plan de rehabilitación basado en las condiciones actuales de la vía, entonces se podrá mejorar la calidad del pavimento y reducir el riesgo de accidentes.
- Si se implementan medidas de mantenimiento preventivo adecuadas, entonces se podrá prolongar la vida útil del pavimento y minimizar los costos de reparación a largo plazo.

1.4. Objetivos

Objetivo general

- Identificar y evaluar el estado situacional y las fallas en el asfalto de la carretera Lamas - Shanao.

Objetivos específicos

OE 1. Identificar las fallas del asfaltado de la carretera Lamas - Shanao.

OE 2. Determinar los problemas relacionados con la transitabilidad de la carretera Lamas - Shanao.

OE 3. Plantear propuestas de alternativas para mejorar la transitabilidad de la carretera Lamas – Shanao.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Internacionales

Redrovan (2021), Universidad de Cuenca, Quito, en su tesis "EVALUACIÓN VIAL Y ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN PARA LA VÍA AZOGUES – SAN MIGUEL DE POROTOS – JATUMPAMBA", se concluyó que "la opción más adecuada para abordar estas deficiencias es el proceso de reciclaje y estabilización con cemento".

Garcés Velecela (2017), Universidad de Cuenca, Quito, en su tesis "EVALUACIÓN VIAL Y PLAN DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RUTA AZOGUES – COJITAMBO – DELEG – LA RAYA", el estudio concluyó que, "para realizar el diagnóstico del área de estudio, se llevaron a cabo visitas en terreno, se realizaron levantamientos topográficos y conteos de tráfico volumétricos. Estos métodos proporcionaron los parámetros necesarios para evaluar el pavimento y realizar los respectivos diseños".

Nacionales

Valdivia (2018), Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, desarrolló la tesis de ingeniería sobre "ANÁLISIS DE LAS DEFICIENCIAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA BRASIL, DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROPUESTAS DE SOLUCIÓN – ANCASH 2017", Se determinó, a través de los ensayos granulométricos y conforme a lo establecido por la Norma Técnica Peruana NTP 339.129, que el tipo de suelo predominante en el sector de la Avenida Brasil en un tramo comprendido entre la Avenida Pelícanos y la Avenida Universitaria, con una longitud aproximada de 2,186 km corresponde a una arena limosa en las capas de base y sub-base. Las características observadas en el material, como su textura no plástica y la visibilidad de sus partículas, fueron confirmadas mediante los procedimientos de laboratorio realizados.

En el pavimento flexible de esta vía se identificaron diversos tipos de deterioro en la capa asfáltica, entre los cuales destacan las fisuras transversales, la presencia de corrugaciones, zonas con depresiones y manifestaciones de hinchamiento. La severidad de estos daños varía entre niveles moderados y altos, según las evaluaciones efectuadas en campo.

Saravia Quispe (2021), Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, desarrolló la tesis denominada "ANÁLISIS DE DEFECTOS SUPERFICIALES EN EL PAVIMENTO

FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO PCI Y TECNOLOGÍA DE DRONES CARRETERA COVADONGA – MOLLEPATA, AYACUCHO 2021"; concluyo que: El análisis de las fallas superficiales del pavimento flexible a través del Pavement Condition Index (PCI) y la utilización de drones reveló que el estado del pavimento es satisfactorio. Se identificó que las fallas en la textura superficial de la carretera, a través de la inspección visual y el uso de drones, están directamente relacionadas con la altura de vuelo del dron. Se determinó que a una altura de 30 metros con el uso de drones se puede identificar la textura superficial. Se logró verificar la presencia de grietas en la carretera mediante el uso de drones a una altura de 30 metros, lo cual quedó demostrado.

Locales

Rodríguez Soplín & Herrera More (2022), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, en su tesis de pregrado "DETERMINACIÓN DE LAS FALLAS DEL ASFALTO Y MEJORAR LA TRANSITABILIDAD DEL TRAMO SAN PEDRO A SAN ROQUE DE CUMBAZA, LAMAS 2020", se derivaron las siguientes conclusiones:

Se identificaron varios tipos de fallas en el asfalto a lo largo del tramo de San Pedro a San Roque de Cumbaza, incluyendo desintegración por baches (2), fisuras longitudinales (4), fisuras por desprendimiento (9), descubrimiento de agregados (9), ahuellamiento (5), hinchamiento (1), hundimiento (1), erosión (4) y fisuras tipo piel de cocodrilo (3). Se determinó que el estado del tramo, considerando las fallas identificadas, se sitúa en un 60% de deterioro, lo que indica la necesidad urgente de una intervención para preservar y mejorar su transitabilidad.

Se identificaron varios factores que inciden negativamente, comenzando por deficiencias en el control de calidad durante el proceso constructivo. Otros elementos involucrados fueron el uso de maquinaria inadecuada, la calidad de los materiales empleados, la temperatura durante la construcción de la vía y la calidad del diseño del paquete estructural.

Mendiola & Martín (2013), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, en su tesis de pregrado "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUE – ESTERO; PROVINCIA DE LAMAS, REGIÓN SAN MARTÍN". Las conclusiones más destacadas fueron las siguientes:

Se llevó a cabo un análisis técnico cualitativo y cuantitativo de pavimentos rígidos y flexibles, considerando la resistencia del suelo, el flujo vehicular y las propiedades de los materiales a emplear.

Se observó que el pavimento rígido mostró un mejor rendimiento en ambas áreas, tanto en términos técnicos como económicos, en la carretera estudiada.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Suelos

Rodríguez-Achung et al. (1991). El suelo, en el contexto de la geología y la ingeniería geotécnica, es una capa superficial de la corteza terrestre formada por minerales, materia orgánica, agua y aire. Los suelos son un recurso natural vital que sustenta la vida en la Tierra, ya que son la base sobre la cual crecen las plantas y se desarrolla la vegetación, y proporcionan un soporte esencial para la construcción de infraestructuras y viviendas (Gutiérrez Rodríguez, 2023).

Para David Jazmín-Marín (2019), la interacción de las partículas del suelo con materia orgánica contribuye significativamente al aporte de nutrientes clave para el desarrollo vegetal y optimización de la estructura edáfica. Asimismo, los poros entre las partículas alojan tanto agua como aire, elementos esenciales para facilitar el intercambio gaseoso en la rizosfera y el movimiento de nutrientes hacia las raíces (Arriaga-Vázquez et al., 2020).

2.2.2. Materiales

El Manual de Carreteras (2015), señala que:

- En las construcciones de pavimentos viales, se utilizarán materiales granulares naturales provenientes de las excavaciones, canteras o residuos de escorias metálicas, especificados en el expediente técnico y aprobados por el supervisor; Asimismo, puede proceder de piedra triturada, grava o elaborarse a partir de una mezcla de productos de diversos orígenes.

2.2.3. Compactación

Cuando el material tenga la humedad apropiada, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. En áreas inaccesibles a los rodillos, se usarán apisonadores mecánicos hasta lograr la densidad requerida (Gallo-Corredor & Sarria-Villa, 2019).

La compactación se realizará en dirección longitudinal, iniciando desde los bordes exteriores hacia el centro, asegurando un traslape de al menos un tercio del ancho del rodillo en cada pasada. En las áreas con peralte, se compactará desde la parte baja hacia la parte alta (Alvarez et al., 2019).

2.2.4. Tipos de deterioro

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), señala lo siguiente:

La calidad de las carreteras sin pavimentar (nivel de afirmado) se puede calificar según el estado de los daños, la velocidad en el tiempo estimado y la forma sinuosa de la vía debido a diversos daños en la carretera, la cual se muestran en la Tabla N° 1.

2.2.5. Fallas y Niveles de Gravedad

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), señala lo siguiente:

El objetivo es poder evaluar el estado de la superficie de la capa, en este caso rodando un camino de tierra en tramos de 500 m de longitud.

Es necesario identificar con precisión tanto el inicio como el final de cada tramo afectado por los deterioros visibles. Una vez recopilada toda esta información, los datos serán procesados de acuerdo a lo establecido en la tabla N°1, donde se determina el tipo de extensión según la longitud de la sección de 500 metros que presente las fallas. Para casos específicos como son los baches, se hace uso de la tabla N°2. Además, se emplean otras tablas pertinentes que permiten calificar el estado superficial de la capa de rodadura en vías sin pavimentar o afirmadas, considerando la tipología del deterioro presente.

Tabla 1

Clase de extensión de los deterioros/fallas de las carreteras no pavimentadas

Clase	Descripción	Criterio (% del área selección evaluada)
1	Leve	<10%
2	Moderado	Entre 10 y 30%
3	Severo	>30%

Fuente: MTC (2018)

Para evaluar la densidad de baches en la zona afectada, se requiere información adicional, como la cantidad de baches por área o por tramo de 500 metros. La calificación debe realizarse utilizando la escala indicada en la Tabla 2.

Tabla 2

Clase de densidad de baches de pavimentos flexibles

Clase	Descripción	Criterio (% del área selección evaluada)
1	Leve	Menor a 10
2	Moderado	Entre 10 y 20
3	Severo	Mayor a 20

Fuente: MTC (2018)

La longitud total evaluado no debe exceder de los 500 metros, por lo que la calificación del estado se obtiene restando el valor máximo (500) el puntaje correspondiente al nivel de la condición. Este procedimiento se detalla en la tabla 3.

Tabla 3

Calificación de condición

CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN	500 – SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN
---------------------------	---------------------------------

La evaluación del estado superficial de la capa de rodadura en caminos afirmados o sin pavimentar se resume mediante una calificación de condición. La cual se detalla a continuación en las siguientes categorías:

- ✓ Bueno
- ✓ Malo
- ✓ Regular

Los rangos definidos para asignar cada una de estas categorías permiten caracterizar objetivamente el estado funcional de la superficie de rodadura, facilitando la toma de decisiones en cuanto a los mantenimientos que pueden ser dos tanto periódicos como rutinarios en cuanto al mantenimiento o rehabilitación se trata:

Tabla 4

Tipos de Condición según la calificación de condición

Descripción	Criterio (% del área selección evaluada)
Bueno	>400
Regular	>150 y ≥400
Malo	≥150

Según la calificación del estado de la capa de rodadura, se podrá determinar el tipo de mantenimiento que debe aplicarse en cada tramo de 500 metros de longitud.

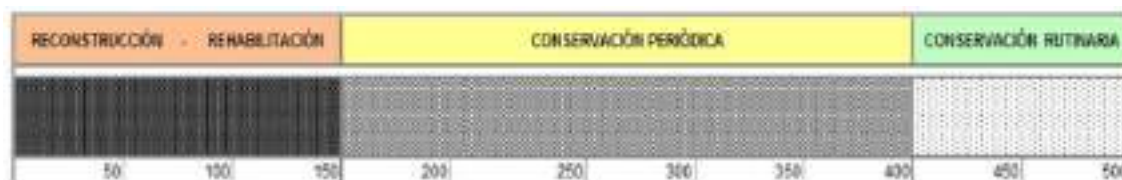


Figura 1

Tipos de conservación según la calificación de condición

Instructivo para la Supervisión y la Ejecución

Las actividades previstas para la conservación de carreteras son los tipos de trabajos que deben realizarse para restaurarlas; reparar, mantener, realizar mejoras en sectores críticos y puntos viales.

Estas se clasifican en:

a) Conservación Rutinaria

Corresponden a intervenciones programadas dentro del marco anual, orientadas a la conservación del estado de la infraestructura vial y prevenir la aparición o progresión de deterioros. Estas acciones abarcan trabajos de calzadas, túneles, estructuras de puentes, sistemas de señalización y seguridad vial, drenaje, estabilización de taludes, limpieza general y mantenimiento del derecho de vía, entre otros elementos funcionales (Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), 2013).

El objetivo es poder prevenir y, en su caso, reparar diversos tipos de daños que causan molestias o afectan a la fluidez del tráfico, provocando accidentes y daños importantes en las carreteras pavimentadas o infraestructuras.

b) Conservación Periódica

Este tipo de intervención corresponde una amplia gama de acciones orientadas a la recuperación de las condiciones funcionales o niveles de servicio en los componentes viales tales como bermas y calzadas. Asimismo, incluye correcciones localizadas frente a afectaciones derivadas de inestabilidades del terreno especialmente en los terraplenes que pueden generar asentamientos menores. Dichas situaciones exigen trabajos puntuales y oportunos de recuperación de la estructura de la vía, la capa de rodadura y otros elementos que son complementarios.

c) Deterioro / Falla N° 1: la Deformación

El ahuellamiento se produce por deformaciones o cambios evidentes en la capa de grava, así como en la subrasante del carril de circulación. Provocado por un desgaste muy superficial por el tráfico (Facundo Román & Flores Calderon, 2023).

Niveles de Gravedad:

1. Huellas/hundimientos < 5 cm.
2. Huellas/hundimientos que están entre 5 y 10 cm.
3. Huellas/hundimientos > = 10cm.

d) Deterioro / Falla 2: La Erosión

Habitualmente los surcos erosivos se producen por posibles escorrentías de agua paralelas al eje de la carretera; y su severidad se debe a la posible intensidad del escurrimiento y la tipología del suelo, que incluye tanto el índice de plasticidad como la granulometría (Coila & Ticona, 2021).

Niveles de Gravedad:

1. Sensible para el usuario, pero con profundidad < 5 cm.
2. Profundidad generada entre 5 cm y 10 cm.
3. Profundidad \geq 10 cm.

e) Deterioro / Falla 3: Baches

Suelen suponer un obstáculo para los coches si la perturbación es superior a 0,20 m. Su estado de calificación depende del tipo de acción correctiva requerida (mantenimiento de rutina, recaptación o regrabado en lugar de reconstrucción) (Baque, 2020).

Niveles o Estatus de Gravedad:

1. Pueden repararse por un mantenimiento rutinario.
2. Necesita de capa de un material adicional afirmado o materiales ligante.
3. Necesita de reconstrucción completa.

f) Deterioro/Falla 4: Encalaminado

Como consecuencia del posible impacto de las vibraciones transmitidas desde los vehículos a los áridos fabricados con materiales granulométricos o granulares.

Niveles de Condición de Gravedad:

1. Sensible o visual, con profundidad menor (<) a 5 cm
2. Profundidad que esta entre 5 cm y 10 cm
3. Profundidad \geq 10 cm.

g) Falla / Deterioro 5 y 6: Cruce de Agua y Lodazal

Se trata de aquella zona de suelo de grano fino que se caracteriza por una baja permeabilidad o impracticabilidad durante la época de lluvias.

Niveles de Gravedad:

No existe descripción en los niveles de gravedad.

2.2.6. Pavimentos

Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), (2013). El pavimento constituye una estructura con varias capas dispuesta sobre la subrasante de la vía, cuya función principal es absorber y dispersar las cargas vehiculares inducidas por el tránsito, además de garantizar condiciones adecuadas de seguridad y confort en la circulación. Generalmente la estructura está conformada por tres capas fundamentales: Subbase, base y superficie de rodadura (Amaral & de Oliveira, 2021).

Capa de rodadura: Representa la parte superior de la superficie del sistema de la estructura del pavimento (Díaz & Hacar, 2018). Esta puede estar compuesta por diferentes materiales en Perú existen 6 tipos de pavimentos pavimento, flexible, rígidos, compuestos, semirrígidos, afirmados y vías no pavimentadas. Su función principal es recibir directamente las cargas de tránsito vehicular y transmitir las de manera eficiente a las capas inferiores hasta llegar al suelo (Balbo et al., 2025).

Base: Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito.

Subbase: Se trata de una capa con características definidas en cuanto a material y espesor, diseñada para brindar soporte estructural tanto a la base como a la capa de rodadura. Adicionalmente, cumple funciones hidráulicas importantes ya que facilita el drenaje y actúa como barrera frente al ascenso capilar del agua subterránea (Abrahão et al., 2024).

2.2.7. Tipos de pavimentos

Pavimentos Flexibles:

Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) (2013). Conformados por estratos de material granular (sub-base y base con capacidad de drenaje) y una capa superior de rodadura de asfalto frío, tales como: tratamiento superficial de dos capas, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, asfalto tipo macadam, capas de mezcla asfáltica en frío, entre otros (Rosero Vega & Rodríguez Moreno, 2024).

Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) (2013). Hechos de estratos granulares (sub-base y base para drenaje) y una capa superior de asfalto caliente de mezcla asfáltica, cuyo grosor varía de acuerdo a las necesidades específicas.

Pavimentos Semirrígidos:

Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) (2013). Este tipo de estructuras se compone principalmente de capas asfálticas, como la base asfáltica y la carpeta asfáltica en caliente. Asimismo, se clasifican como pavimento semirrígido a aquellas soluciones que incorporan una carpeta asfáltica en caliente colocada sobre una subbase estabilizada de cemento o una base tratada con cal. Dentro de esta categoría también se incluyen los pavimentos conformados por adoquines, debido a su comportamiento estructural intermedio entre los pavimentos flexibles y rígidos (Montes de Oca Hidalgo et al., 2021).

Pavimentos Rígidos:

Conformado por losa de concreto de cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa (Ronald et al., 2020).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito de la investigación**

3.1.1. **Ubicación Política**

El proyecto se encuentra ubicado:

- Localidad : Lamas - Shanao
- Distrito : Lamas - Shanao
- Provincia : Lamas
- Departamento : San Martín

3.1.2. **Ubicación Geográfica**

	LAMAS		SHANAO
Latitud	06°25'19"	Latitud	06° 24' 42"
Longitud	76° 30' 58"	Longitud	76° 35' 38"

El punto inicial de nuestro proyecto de investigación se ubica en una sección del distrito de Lamas en el kilómetro 0 + 000 y se extiende hasta la intersección con la PE-5N (Puente Bolivia) en el distrito de Shanao, en el kilómetro 14 + 180, bajo la designación de ruta SM-104.

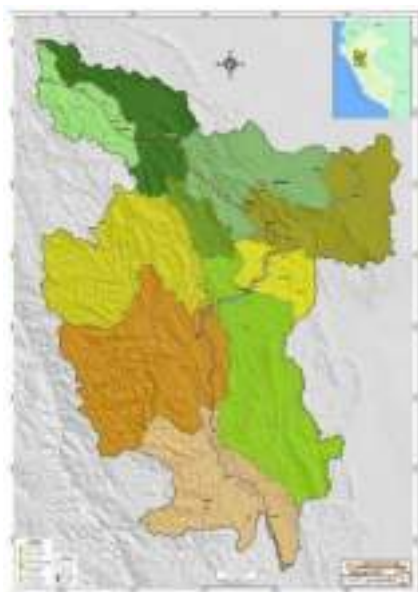


Figura 2

Mapa político de la Región San Martín

Fuente: Geo portal del Gobierno Regional de San Martín



Figura 3

Mapa referencial de la provincia de Lamas



Figura 4

Carretera Lamas – Shanao

Fuente: Google Earth

3.1.3. Periodo de ejecución

La presente investigación se desarrolló en un lapso de siete (7) meses.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Manejo de residuos: Clasificación y disposición adecuada de desechos sólidos y peligrosos generados durante los ensayos.

Conservación del suelo: Definición de zonas de trabajo y recuperación del área tras la finalización del estudio.

Protección del agua: Instalación de barreras de contención para prevenir la contaminación de fuentes hídricas.

Calidad del aire: Control del polvo mediante sistemas de riego y mantenimiento de equipos para reducir emisiones.

Equipos de protección personal (EPP): Uso obligatorio de cascos, guantes, botas, gafas.

Atención de emergencias: Implementación de un plan de respuesta ante accidentes y disponibilidad de botiquines.

Inspecciones: Revisión periódica para garantizar el cumplimiento de normativas ambientales y de bioseguridad.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Respeto por las personas: Se garantizó un trato digno y respetuoso a todo el personal, incluyendo profesionales, técnicos y trabajadores calificados y no calificados en todo momento.

Beneficencia: Se priorizó el bienestar físico y psicológico de los trabajadores mediante la aplicación de medidas de seguridad, protocolos de bioseguridad y la creación de un ambiente laboral seguro e íntegro durante las actividades de campo.

Honestidad: El estudio se desarrolló con total transparencia académica, empleando herramientas para asegurar la originalidad del contenido y prevenir el plagio. Asimismo, se promovió la honestidad en las labores de campo y laboratorio, garantizando la veracidad de los datos recopilados y su correcta interpretación.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

Fallas superficiales en los pavimentos flexibles.

3.2.2. Variables secundarias

Propuesta de solución a las fallas que se encuentran en el tramo Lamas - Shanao.

Operacionalización de la variable dependiente

Tabla 5

Descripción de variable por objetivo específico.

Objetivo específico 1: Identificar las fallas del asfaltado de la carretera Lamas - Shanao.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de Medida
Características del tipo de fallas	Piel de cocodrilo Baches Hinchamiento Hundimiento Fisuras en bloque Fisuras en borde Depresiones Desplazamientos	GPS Wincha Regla y cinta métrica	Pulg, cm, m
Evaluación del pavimento	Excelente Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo Fallado	Visual	Nominal
Objetivo específico 2: Determinar los problemas relacionados con la transitabilidad de la carretera Lamas – Shanao			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de Medida
Evaluación de severidad de las fallas	Intervalos de muestreo	Wincha Regla Cinta métrica	Pulg, cm, m
Determinar los problemas causados por las fallas	División del tamaño y gravedad de los tipos de lesiones	Manual de daños del PCI	Pulg, cm, m
Objetivo específico 3: Plantear propuestas de alternativas para mejorar la transitabilidad de la carretera Lamas – Shanao.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de Medida
Mejoramiento de la transitabilidad vial	Propuestas de mejora en la transitabilidad	Registros fotográficos o videos	Nominal

Modalidad de la investigación

Diseño analítico, muestral y experimental

Diseño Analítico

El estudio se llevó a cabo mediante un enfoque cuantitativo y cualitativo, con un diseño descriptivo y explicativo. Se realizó una evaluación detallada de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao, identificando sus causas y planteando soluciones eficientes.

Para ello, se analizaron factores como las condiciones estructurales y funcionales del

pavimento, el impacto del tráfico vehicular y las condiciones geotécnicas y climáticas. La investigación permitió clasificar las fallas encontradas y determinar las alternativas más viables para su rehabilitación.

Diseño Muestral

Población y Muestra

La investigación abarcó la totalidad de la carretera Lamas – Shanao. Para la evaluación de fallas, se seleccionaron tramos representativos de la vía mediante un muestreo no probabilístico por juicio de expertos. Se tomaron en cuenta:

Secciones con distintas tipologías de fallas (grietas, baches, desprendimientos, ahuellamiento).

Zonas con variaciones en tránsito, drenaje y condiciones del suelo.

Tramos de 50 a 100 metros en distintos puntos críticos, asegurando una cobertura representativa de la vía.

La muestra permitió obtener un panorama completo del estado del pavimento y determinar las zonas con mayor necesidad de intervención.

Diseño Experimental

Inspección Visual y Clasificación de Fallas

Se realizó una inspección visual sistemática en toda la vía, siguiendo los lineamientos del Manual de Evaluación de Fallas en Pavimentos Flexibles. Cada tramo analizado fue registrado fotográficamente y georreferenciado, permitiendo una caracterización precisa de los daños.

Propuesta de Solución

Con base en los resultados obtenidos, se diseñó una propuesta de rehabilitación que incluyó:

Reparación de baches y grietas en los tramos más afectados.

Reforzamiento estructural con recarpeteo en zonas con deterioro avanzado.

Mejoramiento del sistema de drenaje para reducir la acumulación de agua y prevenir futuras fallas.

Implementación de un plan de mantenimiento periódico, optimizando la vida útil de la carretera.

3.3. Procedimientos de la investigación

3.3.1. Objetivo específico 1

Identificar las fallas del asfaltado de la carretera Lamas - Shanao

La carretera Lamas - Shanao es una vía de importancia para la conectividad y el desarrollo de la región. Sin embargo, con el paso del tiempo y el tránsito vehicular, el asfaltado puede presentar diversas fallas que afectan la seguridad y comodidad de los usuarios. Identificar estas fallas es fundamental para determinar su origen y plantear soluciones adecuadas.

Para ello, se desarrollan las siguientes actividades:

Actividad N° 1: Inspección visual del asfaltado

Para evaluar el estado del pavimento, se realizó un recorrido exhaustivo a lo largo de toda la carretera Lamas - Shanao. Durante la inspección, se detectaron diversas anomalías, tales como fisuras, baches, desprendimientos de material y deformaciones superficiales.



Figura 5

Inicio de carretera Lamas – Shanao.



Figura 6

Peladura y desprendimiento del concreto asfáltico

Dimensiones: Ancho 0.39 m, largo: 0.54 m. Área de 0.210 m².

Nivel de severidad: El nivel de esta falla superficial es alto.

Descripción: Se nota un tipo de deterioro superficial, donde es evidente la pérdida total de la capa de asfalto en la carretera. La textura superficial aparece áspera y profundamente afectada por el desgaste gradual, que se acentúa con el tránsito de vehículos y las lluvias.



Figura 7

Peladura y desprendimiento del concreto asfáltico.

Dimensiones: Ancho 0.60 m, largo: 0.54 m. Área de 0.210 m².

Nivel de severidad: El nivel de esta falla superficial es alto, gravedad de n3: Continuo con aparición de base granular.

Descripción: Se nota un tipo de deterioro superficial, donde es evidente la pérdida total de la capa de asfalto en la carretera. La textura superficial aparece áspera y profundamente afectada por el desgaste gradual, que se acentúa con el tránsito de vehículos y las lluvias.



Figura 8

Baches, Fisuras y Hundimiento

Dimensiones: Baches (1) ancho: 2.03m, largo: 4.05m, profundidad 4.55cm. Baches (3) ancho 0.90m, largo 2.60m, profundidad 5cm. Fisuras (1) largo 0.90 m. Fisuras (2) largo 1.30 m. Hundimiento (4) profundidad 5cm.

Nivel de severidad: Baches, Gravedad 3: Diámetro > 0.5 m. Fisuras (2.1) y (2.2) Medio, Gravedad 2: Fisuras abiertas y ramificadas (ancho > 1mm y < 3mm). Hundimiento (4) Alto, Gravedad 3: Profundidad > 4cm.

Descripción: Se aprecia un hundimiento en el pavimento, el cual provoca que los vehículos experimenten saltos al cambiar de nivel. Este movimiento genera fatiga en la capa asfáltica, causando tensiones que resultan en fisuras (2). Con el tiempo, y debido a la exposición a los elementos y a las lluvias, estas fisuras se transforman en baches (1 y 3), acompañados por la desintegración y desprendimiento del material circundante.



Figura 9
Baches

Dimensiones: Ancho 0.45m, largo 0.53m, profundidad 2.5cm.

Nivel de severidad: Alto, Gravedad 3: Diámetro > 0.5 m. Con aparición de base granular.

Descripción: Se observa un bache en la superficie de la vía, posiblemente causado por el deterioro de la capa asfáltica. Estas fallas suelen iniciarse de manera pequeña, pero factores externos como el tráfico vehicular y la acumulación de agua dentro del bache contribuyen a su crecimiento, alcanzando dimensiones similares al tamaño de las ruedas de los vehículos. En esta área, la acumulación de agua ha acelerado su expansión y el desprendimiento del material que lo rodea.



Figura 10

Piel de cocodrilo

Dimensiones: Ancho 1.05m, largo 2.07m, profundidad 5cm.

Nivel de severidad: Piel de cocodrilo, Alta, Gravedad 3: malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin material suelto.

Descripción: Se observan fisuras dispuestas de forma paralela, con escasas interconexiones entre ellas. Estas grietas se presentan exclusivamente en áreas expuestas a esfuerzos provocados por el tránsito vehicular, lo que indica que su origen está relacionado con cargas repetitivas o fatiga, especialmente en las zonas correspondientes a los carriles de circulación.



Figura 11

Piel de cocodrilo

Dimensiones: Piel de cocodrilo, ancho 1.45m, largo 4.00m

Nivel de severidad: Piel de cocodrilo, Alta, Gravedad 3: malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin material suelto.

Descripción: Se pueden ver fisuras que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a tensiones por el tráfico, lo que sugiere que este fenómeno está vinculado a la carga repetitiva o fatiga, principalmente en las zonas de los canales de circulación.



Figura 12

Fisuras

Dimensiones: Ancho 0.77 m, largo 2.15m

Nivel de severidad: Fisuras con nivel de severidad moderada.

Descripción: Se pueden ver fisuras que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a tensiones por el tráfico, lo que sugiere que este fenómeno está vinculado a la carga repetitiva o fatiga, principalmente en las zonas de los canales de circulación.



Figura 13

Fisuras

Dimensiones: Ancho 1.75m, largo 4.00m

Nivel de Severidad: Fisuras con nivel de severidad moderada.

Descripción: Se pueden ver fisuras que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a tensiones por el tráfico, lo que sugiere que este fenómeno está vinculado a la carga repetitiva o fatiga, principalmente en las zonas de los canales de circulación.



Figura 14

Baches

Dimensiones: Ancho 0.49 m, largo 0.35 m, profundidad 5 cm.

Nivel de severidad: Alto, Gravedad 3: Diámetro < 0.5 m.

Descripción: Se aprecia un bache en la carretera, posiblemente debido al desgaste del asfalto. Estas fisuras generalmente comienzan pequeñas, pero el tráfico continuo y la acumulación de agua en el bache contribuyen a su expansión, llegando a tamaños similares al de las ruedas de los vehículos. En este caso, el agua acumulada ha acelerado su desarrollo y ha causado el desprendimiento del material que lo rodea.



Figura 15

Disgregación en los bordes de vía (1) además de presencia de baches (2) en la calzada.

Dimensiones: Bordes, ancho 1.40m, largo 4.30m, profundidad 5cm. Baches (2), ancho 0.75m, largo 0.80m, profundidad 5cm.

Nivel de severidad: Bordes, Alto, Gravedad 3. Baches, Alto, Gravedad 3: Diámetro > 0.5 m.

Descripción: Las fallas visibles en las imágenes evidencian un notable deterioro de la capa asfáltica. Las grietas en el borde y la desintegración del material han aumentado, principalmente debido a las condiciones climáticas o a la erosión causada por la arena suelta en los bordes, lo que provoca desprendimiento y desintegración continua de la capa asfáltica. Además, los baches en la calzada presentan un alto nivel de severidad,

generando una superficie de rodadura rugosa e inestable por el desprendimiento del material.



Figura 16

Fisura Longitudinal Gruesa

Dimensiones: Fisura Longitudinal Gruesa, largo 1.95 m, ancho > 3 mm.

Nivel de severidad: Fisura gruesa, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas. También se denominan grietas.

Descripción: Se aprecia una fisura longitudinal gruesa en el pavimento, el cual provoca que los vehículos experimenten saltos al cambiar de nivel. Este movimiento genera fatiga en la capa asfáltica, causando tensiones que resultan en fisuras. Con el tiempo, y debido a la exposición a los elementos y a las lluvias, estas fisuras se transforman en baches, acompañados por la desintegración y desprendimiento del material circundante.



Figura 17

Piel de cocodrilo

Dimensiones: Ancho 2.10 m, largo 4.21 m

Piel de cocodrilo, Alta, Gravedad 3: malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin material suelto.

Descripción: Se pueden ver fisuras que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a tensiones por el tráfico, lo que sugiere que este fenómeno está vinculado a la carga repetitiva o fatiga, principalmente en las zonas de los canales de circulación.



Figura 18

Fisura Longitudinal Gruesa.

Dimensiones: Fisuras Longitudinal Gruesa, largo 2.10 m, ancho > 3 mm.

Nivel de severidad: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas. También se denominan grietas.

Descripción: Se aprecia una fisura longitudinal gruesa en el pavimento, el cual provoca que los vehículos experimenten saltos al cambiar de nivel. Este movimiento genera fatiga en la capa asfáltica, causando tensiones que resultan en fisuras. Con el tiempo, y debido a la exposición a los elementos y a las lluvias, estas fisuras se transforman en baches, acompañados por la desintegración y desprendimiento del material circundante.



Figura 19

Piel de cocodrilo

Dimensiones: Piel de cocodrilo, ancho 1.34 m, largo 4.00 m

Nivel de severidad: Alta, Gravedad 3: malla pequeña (entre 0.3 y 0.5m) sin o con material suelto.

Descripción: Se pueden ver fisuras que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a desgaste superficial por el tráfico, lo que sugiere que esté vinculado a la carga repetitiva o fatiga, como consecuencia de repeticiones constantes de cargas superior a lo permisible en el diseño estructural del pavimento.



Figura 20

Piel de cocodrilo

Dimensiones: Ancho 1.66m, largo 3.50m

Nivel de severidad: Alta, Gravedad 3: malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin material suelto.

Descripción: Se observan fisuras dispuestas paralelamente, con escasa conexión entre sí. Estas grietas se manifiestan únicamente en zonas afectadas por el desgaste superficial debido al tráfico, lo que indica una posible relación con la fatiga provocada por la repetición constante de cargas que superan los límites establecidos en el diseño estructural del pavimento.



Figura 21

Baches.

Dimensiones: Ancho 0.90 m, largo 0.75 m, profundidad 5 cm.

Nivel de severidad: Alto, Gravedad 6: Diámetro > 0.5 m.

Descripción: Se aprecia un bache en la carretera, posiblemente debido al desgaste del asfalto. Estas fisuras generalmente comienzan pequeñas, pero el tráfico continuo y la acumulación de agua en el bache contribuyen a su expansión, llegando a tamaños similares al de las ruedas de los vehículos. En este caso, el agua acumulada ha acelerado su desarrollo y ha causado el desprendimiento del material que lo rodea.



Figura 22

Bache (2), Piel de cocodrilo

Dimensiones: Bache (1) ancho: 0.15 m, largo: 0.20 m. Bache (2) ancho: 0.17m, alto: 0.13 m. Piel de cocodrilo, ancho 1.35m, largo 3.00m

Nivel de severidad: Baches (1y2) nivel de gravedad 2 diámetro entre 0.2 y 0.5 m. Piel de cocodrilo, Alta, Gravedad 3: malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin material suelto.

Descripción: Se aprecia un bache en la carretera, posiblemente debido al desgaste del asfalto. Estas fisuras generalmente comienzan pequeñas, pero el tráfico continuo y la acumulación de agua en el bache contribuyen a su expansión, llegando a tamaños similares al de las ruedas de los vehículos. También se observan fisuras que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a tensiones por el tráfico, lo que sugiere que este fenómeno está vinculado a la carga repetitiva o fatiga, principalmente en las zonas de los canales de circulación.



Figura 23

Baches (3), piel de cocodrilo.

Dimensiones: Bache (1) ancho 0.21m, largo 0.17m, profundidad 5 cm. Baches (2) ancho 0.15m, largo 0.18m, profundidad 5 cm, Baches (3) ancho 0.27 m, largo 0.18 m, profundidad 5 cm. Piel de cocodrilo ancho: 1.54 largo 2.10 m.

Nivel de severidad: Baches (1y2) nivel de gravedad 2 diámetro entre 0.2 y 0.5 m. Piel de cocodrilo, Alta, Gravedad 3: malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin material suelto.

Descripción: Se aprecia tres baches en la carretera, posiblemente debido al desgaste del asfalto. Estas fisuras generalmente comienzan pequeñas, pero el tráfico continuo y la acumulación de agua en el bache contribuyen a su expansión, llegando a tamaños similares al de las ruedas de los vehículos. También se observan fisuras que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a tensiones por el tráfico, lo que sugiere que este fenómeno está vinculado a la carga repetitiva o fatiga, principalmente en las zonas de los canales de circulación.



Figura 24
Ahuellamiento.

Dimensiones: Ancho 1.07m, largo 1.85m

Nivel de severidad: Alto, con profundidad mayor de 25 mm.

Descripción: Se observa una depresión longitudinal continua a lo largo de las huellas dejadas por el tránsito vehicular. Este tipo de deterioro es producto de la repetición de cargas, las deformaciones se concentran en las capas superficiales y suelen ir acompañadas de deslizamiento y levantamientos laterales en la superficie.



Figura 25

Baches (6) y Piel de cocodrilo

Dimensiones: Baches (1,2,3 y 4) ancho: 0.10 m, largo:12 m. Baches (5 y 6) ancho: 0.33 m, largo: 0.28. Piel de cocodrilo, ancho 1.13m, largo 2.28m.

Nivel de Severidad: Baches (1,2,3,4,5 y 6) nivel de gravedad 2, diámetro entre (0.2 y 0.5m). Piel de cocodrilo, Alta, Gravedad 3: malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin material suelto.

Descripción: Se aprecia seis baches en la carretera, posiblemente debido al desgaste del asfalto. Estas fisuras generalmente comienzan pequeñas, pero el tráfico continuo y la acumulación de agua en el bache contribuyen a su expansión, llegando a tamaños similares al de las ruedas de los vehículos. También se pueden ver fallas piel de cocodrilo que se desarrollan de manera paralela, con pocas conexiones entre ellas. Estas grietas solo aparecen en áreas sometidas a tensiones por el tráfico, lo que sugiere que este fenómeno está vinculado a la carga repetitiva o fatiga, principalmente en las zonas de los canales de circulación



Figura 26

Baches (Huecos).

Dimensiones: Ancho 0.10 m, largo 0.11 m, profundidad 1 cm.

Nivel de severidad: Moderado, Gravedad 1: Diámetro < 0.2 m

Descripción: Se aprecia un bache en la carretera, posiblemente debido al desgaste del asfalto. Estas fisuras generalmente comienzan pequeñas, pero el tráfico continuo y la acumulación de agua en el bache contribuyen a su expansión, llegando a tamaños similares al de las ruedas de los vehículos. En este caso, el agua acumulada ha acelerado su desarrollo y ha causado el desprendimiento del material que lo rodea.

3.3.2. Objetivo específico 2

Determinar los problemas relacionados con la transitabilidad de la carretera Lamas – Shanao

Con base en lo anterior, se elaboraron tablas y gráficos que permiten visualizar la cantidad de incidencias y las fallas más frecuentes en el tramo analizado.

Trabajo de campo: Se realizaron inspecciones directas y mediciones del tráfico durante los períodos de mayor y menor afluencia. Además, se aplicaron encuestas a conductores y peatones, las cuales evidenciaron que los principales inconvenientes son la congestión vehicular y la insuficiencia de señalización.

Identificación de problemas:

Puntos críticos: Áreas con alta congestión, especialmente en intersecciones y pasos peatonales.

Deficiencias en la infraestructura: Pavimento deteriorado, señalización inadecuada y presencia de paraderos informales.

Factores externos: Presencia de comercio informal, estacionamiento indebido y obras en curso.

Análisis de datos: Los resultados indican que el volumen vehicular excede la capacidad de la vía en horas punta, lo que provoca tiempos de espera prolongados. A través de mapas y gráficos, se identifican los tramos más afectados.

Documentación: Se elaboró un informe final que describe los problemas detectados, sus causas y su impacto en la movilidad, proporcionando información clave para la planificación de soluciones.

3.3.3. Objetivo específico 3

Plantear propuestas de alternativas para mejorar la transitabilidad de la carretera Lamas – Shanao

Se llevó a cabo un análisis detallado de los problemas detectados en la carretera Lamas - Shanao, priorizando aquellos relacionados con la congestión vehicular, el deterioro del pavimento y las deficiencias en la señalización.

Alternativas de solución:

- **Mejoras en la infraestructura vial:** Reparación del pavimento en las áreas más afectadas y optimización de cruces peatonales.
- **Fortalecimiento de la señalización:** Implementación y optimización de señalización horizontal y vertical, especialmente en intersecciones.
- **Gestión eficiente del tráfico:** Sincronización de semáforos en horarios de alta circulación para reducir tiempos de espera.
- **Ampliación y mantenimiento de ciclovías:** Garantizar la conectividad y seguridad de la infraestructura para ciclistas.
- **Optimización de espacios peatonales:** Diseño de cruces más seguros, mejorando accesibilidad y visibilidad.
- **Evaluación de viabilidad:** Se analizaron las alternativas desde una perspectiva técnica y económica, priorizando aquellas de rápida implementación y menor costo. Se constató que la optimización de la señalización y la sincronización de semáforos son medidas altamente efectivas para mejorar el flujo vehicular.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados del objetivo específico 1

Se llevó a cabo una inspección visual de los 14.18 km del tramo evaluado, identificando las fallas presentes en la infraestructura vial. Se clasificaron según el tipo (estructurales o superficiales), gravedad y dimensiones, conforme al Manual de Carreteras (MC-08-14).

Para lograr este objetivo, se realizaron diversas actividades, destacando la inspección visual del asfaltado en toda la carretera. A continuación, se presentan los hallazgos principales:

Inspección visual del asfaltado

Se realizó un recorrido exhaustivo para evaluar el estado del pavimento, detectándose diversas anomalías:

Fisuras: Grietas superficiales que, con el paso del tiempo y el tráfico, tienden a expandirse.

Baches: Hundimientos y cavidades formadas por la erosión del material asfáltico.

Desprendimientos de material: Pérdida de la capa de asfalto en algunas zonas, dejando expuesta la base granular.

Deformaciones superficiales: Ondulaciones y hundimientos que afectan la comodidad y seguridad del tránsito.

Ejemplos de deterioro detectado

Se identificaron distintos tipos de fallas en el pavimento con sus respectivas dimensiones y niveles de severidad:

Peladura y desprendimiento:

Ejemplo 1: Dimensiones de 0.39 m de ancho y 0.54 m de largo con una gravedad de nivel 3 (alta).

Ejemplo 2: Dimensiones de 0.60 m de ancho y 0.54 m de largo, también con gravedad alta.

En ambos casos, la superficie presenta una textura áspera y deteriorada debido al desgaste progresivo.

Baches y fisuras:

Se observaron baches de diferentes tamaños, algunos con una profundidad de hasta 6 cm.

Las fisuras se desarrollan en patrones paralelos, indicando un desgaste por fatiga del material.

Fenómeno de "piel de cocodrilo":

Grietas interconectadas formando una malla que debilita la estructura del pavimento.

Dimensiones registradas: 3.80 m de ancho y 4.00 m de largo.

Estos hallazgos evidencian un avanzado deterioro de la carretera, afectando la transitabilidad y seguridad de los usuarios.

Discusión:

La inspección detallada permitió clasificar y cuantificar los daños, proporcionando una base sólida para la priorización de reparaciones. La alta frecuencia de baches y piel de cocodrilo sugiere deficiencias en el diseño estructural del pavimento y en su mantenimiento. Las condiciones climáticas y el tráfico pesado parecen ser factores determinantes. Por lo tanto, es fundamental implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para evitar el progreso de las fallas.

4.2. Resultados del objetivo específico 2

Para evaluar la transitabilidad en la carretera Lamas – Shanao, se realizó un análisis detallado mediante inspección visual, mediciones de tráfico y evaluación de la infraestructura vial.

Trabajo de Campo

Se llevaron a cabo observaciones directas en distintos horarios, considerando periodos de mayor y menor afluencia vehicular. Durante estas inspecciones, se identificaron los principales problemas que afectan la circulación, la seguridad y el confort de los usuarios.

Identificación de Problemas**Puntos Críticos**

Se detectaron zonas con alta congestión vehicular, especialmente en intersecciones y cruces peatonales.

En las horas punta, el volumen de tráfico supera la capacidad de la vía, generando tiempos de espera prolongados.

Se observaron dificultades en la movilidad debido a la falta de espacios adecuados para maniobras y giros en ciertos sectores.

Deficiencias en la Infraestructura

Deterioro del pavimento: Se identificaron tramos con baches, fisuras y desprendimiento del material asfáltico, lo que afecta la seguridad y comodidad de los usuarios.

Señalización inadecuada: Se evidenció una carencia de señalización horizontal y vertical, dificultando la correcta circulación vehicular y peatonal.

Presencia de paraderos informales: La falta de paraderos adecuados genera detenciones irregulares, afectando el flujo vehicular.

Factores Externos

Comercio informal: La ocupación de las vías por vendedores ambulantes reduce el espacio disponible para la circulación.

Estacionamiento indebido: Vehículos mal estacionados limitan la movilidad en ciertos tramos críticos.

Obras en ejecución: Construcciones en proceso generan interrupciones y desvíos que afectan la transitabilidad.

Análisis de Datos

A partir de la información recopilada, se evidenció que el flujo vehicular es superior a la capacidad de la carretera en horarios de mayor afluencia, lo que ocasiona congestión y tiempos de espera elevados. Se elaboraron mapas y gráficos que destacan los sectores más afectados, proporcionando datos clave para el desarrollo de estrategias de mejora

Documentación

Se elaboró un informe técnico que detalla los problemas detectados, sus causas y su impacto en la movilidad. Este documento servirá como base para la planificación y ejecución de soluciones destinadas a optimizar la transitabilidad en la carretera Lamas – Shanao.

Análisis de transitabilidad: La acumulación de fallas a lo largo del tramo genera problemas significativos de transitabilidad, incluyendo:

Disminución de la seguridad vial: Baches y hundimientos aumentan el riesgo de accidentes debido a la inestabilidad del pavimento.

Incremento en los costos operativos de los vehículos: Los daños en la vía provocan mayor desgaste de los automóviles.

Deterioro progresivo: La falta de intervenciones adecuadas acelera el deterioro del tramo.

Resultados representados:

Tabla 6

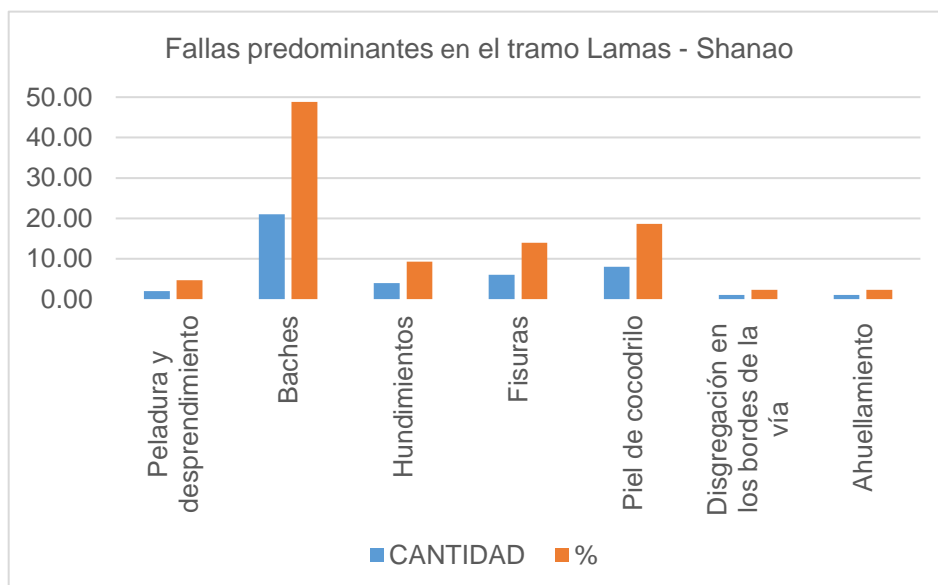
Resumen de las fallas encontradas por cada progresiva intervenida

Progresiva	Tipo de falla	Cantidad
Km. 0+050	Peladura y desprendimiento	1.00
Km. 0+130	Peladura y desprendimiento	1.00
Km. 0+370	Baches	4.00
	Fisuras	2.00
	Hundimiento	4.00
Km. 0+650	Baches	1.00
Km. 1+200	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 1+700	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 2+100	Fisuras	1.00
Km. 2+150	Fisuras	1.00
Km. 3+650	Baches	1.00
Km. 4+200	Desintegración en bordes	1.00
	Baches	2.00
Km. 4+700	Fisura Longitudinal	1.00
Km. 5+500	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 6+100	Fisura Longitudinal	1.00
Km. 6+500	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 7+000	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 8+500	Baches	1.00
Km. 10+450	Baches	2.00
	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 10+830	Baches	3.00
	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 11+150	Ahuellamiento	1.00
Km. 13+150	Baches	6.00
	Piel de cocodrilo	1.00
Km. 14+150	Baches	1.00
Número total de fallas		43.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7*Fallas predominantes en el tramo Lamas – Shanao*

N°	TIPO DE FALLAS	CANTIDAD	%
1	Peladura y desprendimiento	2.00	4.65
2	Baches	21.00	48.84
3	Hundimientos	4.00	9.30
4	Fisuras	6.00	13.95
5	Piel de cocodrilo	8.00	18.60
6	Disgregación en los bordes de la vía	1.00	2.33
7	Ahuellamiento	1.00	2.33

**Figura 27**

Resumen de las fallas encontradas en el tramo de ejecución

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron observaciones directas en diferentes horarios para analizar el flujo vehicular en momentos de mayor y menor afluencia. Durante estas inspecciones, se identificaron problemas que afectan la circulación, seguridad y comodidad de los usuarios.

Identificación de Problemas

Puntos Críticos

Zonas de alta congestión vehicular, especialmente en intersecciones y cruces peatonales.

En horas pico, el volumen de tráfico supera la capacidad de la vía, generando tiempos de espera prolongados.

Dificultades en la movilidad por falta de espacios adecuados para maniobras y giros.

Deficiencias en la Infraestructura

Deterioro del pavimento: Presencia de baches, fisuras y desprendimiento del material asfáltico.

Señalización inadecuada: Falta de señalización horizontal y vertical, afectando la correcta circulación.

Paraderos informales: Detenciones irregulares que interrumpen el flujo vehicular.

Factores Externos

Comercio informal: Reducción del espacio vial debido a vendedores ambulantes.

Estacionamiento indebido: Vehículos mal estacionados limitan la movilidad.

Obras en ejecución: Desvíos e interrupciones afectan la transitabilidad.

Análisis de Datos

El análisis reveló que, en los horarios de mayor afluencia, el flujo vehicular supera la capacidad de la carretera, causando congestión y largos tiempos de espera. Se elaboraron mapas y gráficos destacando los sectores más afectados para fundamentar estrategias de mejora.

Resultados

Disminución de la seguridad vial: Baches y hundimientos incrementan el riesgo de accidentes.

Incremento en los costos operativos: El mal estado de la vía genera un mayor desgaste vehicular.

Deterioro progresivo: La falta de intervenciones acelera el daño estructural de la carretera.

La presencia de baches y piel de cocodrilo indica un posible deterioro de la mezcla asfáltica debido a factores como el tráfico, las condiciones climáticas o la calidad de los materiales utilizados. Los hundimientos pueden estar relacionados con problemas en la subrasante o con la presencia de servicios subterráneos. La peladura y el desprendimiento son síntomas de un desgaste superficial del pavimento, mientras que las fisuras pueden indicar problemas estructurales más profundos.

Se identificaron 24 fallas distribuidas en todo el tramo, con predominancia de baches y piel de cocodrilo en las áreas más críticas.

La transitabilidad es afectada principalmente en sectores con alta severidad de deterioro.

Discusión:

La transitabilidad de la vía está comprometida principalmente por la prevalencia de fallas severas. Estas no solo dificultan el flujo vehicular, sino que también incrementan el desgaste en los automóviles y afectan la calidad del transporte. La concentración de fallas al final del tramo indica que el deterioro se agrava progresivamente, posiblemente debido a un mayor volumen de tráfico o una menor calidad constructiva en esas áreas. Esto refuerza la necesidad de priorizar intervenciones en los tramos más críticos.

4.3. Resultados del Objetivo específico 3

Las soluciones planteadas responden a la gravedad y tipo de falla identificadas en la carretera Lamas – Shanao, siguiendo metodologías de rehabilitación vial que buscan reducir costos de mantenimiento, prolongar la vida útil del pavimento y garantizar la seguridad de los usuarios. A continuación, se explica la justificación técnica de cada propuesta:

1. Baches: Parcheo profundo, rehabilitación o reconstrucción

Fundamentación: Los baches son depresiones en la superficie del pavimento causadas por fatiga estructural, tráfico pesado y filtración de agua. Si no se reparan a tiempo, se agrandan y comprometen la estabilidad de la vía.

Solución: Se propone un parcheo profundo para reparar las capas inferiores afectadas o rehabilitación completa en zonas con daños extensos. En casos severos, se recomienda la reconstrucción con nuevo material asfáltico.

Beneficio esperado: Mayor resistencia estructural, mejor transitabilidad y reducción del riesgo de accidentes.

2. Peladura y desprendimiento: Tratamientos superficiales, sobre carpetas y reconstrucción

Fundamentación: Esta falla ocurre por desgaste superficial, envejecimiento del asfalto y falta de mantenimiento preventivo, lo que reduce la adherencia y expone la base del pavimento a filtraciones de agua.

Solución: Aplicación de tratamientos superficiales, como sellado de lechada o micro aglomerado en frío, para restaurar la textura y adherencia. Para casos más avanzados, se recomienda una sobre carpeta asfáltica o reconstrucción del tramo afectado.

Beneficio esperado: Protección contra la intemperie, mejor drenaje y mayor vida útil del pavimento.

3. Hundimientos: Fresado en frío para corregir la subestructura afectada

Fundamentación: Los hundimientos indican problemas en la base o subbase del pavimento, generalmente por asentamientos diferenciales o fallas en la compactación del suelo.

Solución: Se propone un fresado en frío, que consiste en retirar la capa asfáltica deteriorada para corregir la subestructura con mejor compactación y drenaje.

Beneficio esperado: Eliminación de desniveles peligrosos, prevención de acumulación de agua y reducción del deterioro acelerado.

4. Fisuras: Sellado preventivo para evitar la propagación del daño

Fundamentación: Las fisuras permiten la entrada de agua y agentes externos que aceleran la degradación del pavimento, generando desprendimientos y baches.

Solución: Aplicación de sellado con materiales flexibles (asfalto modificado o polímeros) para impedir la filtración y frenar la expansión del daño.

Beneficio esperado: Extensión de la vida útil del pavimento, reducción de costos de mantenimiento y mayor seguridad vial.

5. Piel de cocodrilo: Parcheo parcial o completo, dependiendo de la profundidad de la afectación

Fundamentación: Este tipo de fisuración en malla indica una falla estructural avanzada debido a fatiga del material, deficiencias en la base o tráfico excesivo.

Solución: Parcheo parcial en casos superficiales o remoción y reconstrucción en daños profundos para restaurar la resistencia del pavimento.

Beneficio esperado: Eliminación de zonas críticas de deterioro, reducción del riesgo de colapso vial y optimización del mantenimiento a largo plazo.

Resultados Esperados

Las estrategias de intervención propuestas buscan alcanzar los siguientes beneficios:

Mejora inmediata de la transitabilidad: Reducción de obstáculos como baches y fisuras, optimizando el confort y seguridad de los usuarios.

Mayor vida útil del pavimento: Las soluciones correctivas y preventivas minimizan la recurrencia de fallas y extienden el período entre mantenimientos mayores.

Optimización de recursos: La priorización de tratamientos según la gravedad del daño permite una gestión eficiente del presupuesto disponible.

Contribución a la seguridad vial: Un pavimento en buen estado reduce la probabilidad de accidentes por pérdida de control vehicular o maniobras bruscas.

Con estas intervenciones, se busca transformar la carretera Lamas – Shanao en una vía más segura, eficiente y duradera, garantizando mejores condiciones para conductores y peatones.

4.4. Contrastación de hipótesis

Resultados obtenidos y su relación con la hipótesis

Confirmación del deterioro del pavimento:

Se identificaron fallas como baches, fisuras, hundimientos y piel de cocodrilo, lo que confirma que el pavimento presenta deficiencias estructurales que afectan su funcionalidad.

La tabla de fallas evidenció un alto número de daños a lo largo del tramo analizado, corroborando la hipótesis de que la infraestructura vial está comprometida.

Impacto en la transitabilidad:

La presencia de baches y hundimientos genera desaceleraciones y maniobras evasivas, afectando la fluidez del tránsito y reduciendo la capacidad operativa de la vía.

Las interrupciones por estacionamiento indebido y comercio informal agravan la situación, restringiendo la movilidad.

Riesgos en la seguridad vial:

Se constató que el mal estado del pavimento aumenta el riesgo de accidentes, principalmente por pérdida de control de vehículos al sortear baches o zonas deterioradas.

La falta de señalización y el deterioro de la superficie vial generan condiciones adversas para conductores y peatones, aumentando la posibilidad de siniestros.

Los hundimientos y fisuras facilitan la acumulación de agua, lo que incrementa el riesgo de hidropelano y deslizamientos.

Propuestas de solución y su efecto sobre la hipótesis:

Las estrategias de mantenimiento y rehabilitación propuestas buscan mitigar los problemas identificados, mejorando la transitabilidad y seguridad vial.

Si bien la hipótesis establece que el deterioro del pavimento es un factor determinante, las soluciones planteadas demuestran que una intervención adecuada puede **revertir los efectos negativos y optimizar la vía.

Conclusión

Los hallazgos del estudio confirman la hipótesis, ya que se evidenció que las fallas estructurales del pavimento **afectan significativamente la transitabilidad y seguridad en la carretera Lamas – Shanao. No obstante, las soluciones propuestas presentan un enfoque preventivo y correctivo, lo que sugiere que, con una gestión adecuada del mantenimiento, se puede mitigar el impacto negativo y mejorar las condiciones viales.

CONCLUSIONES

Estado del pavimento y su impacto en la transitabilidad:

Se confirmó que la carretera Lamas – Shanao presenta un alto grado de deterioro, con fallas como baches, fisuras, hundimientos y piel de cocodrilo, lo que afecta directamente la calidad de la transitabilidad. Estos defectos generan desaceleraciones, maniobras evasivas y congestión vehicular, especialmente en horarios de alta demanda.

Relación entre la infraestructura vial y la seguridad:

El mal estado del pavimento incrementa el riesgo de accidentes, ya que obliga a los conductores a realizar maniobras peligrosas para evitar los daños en la vía. Además, la presencia de hundimientos y fisuras favorece la acumulación de agua, aumentando el riesgo de deslizamientos y pérdida de control de los vehículos.

Deficiencias en el mantenimiento de la carretera:

Se identificó una falta de intervenciones preventivas y correctivas, lo que ha permitido que el deterioro avance progresivamente. La ausencia de un programa de mantenimiento rutinario ha contribuido al incremento de fallas estructurales, reduciendo la vida útil del pavimento y aumentando los costos de reparación.

Propuestas de solución y su efectividad:

Las alternativas de rehabilitación propuestas, como parcheo profundo, sellado de fisuras, fresado y reconstrucción de tramos críticos, permitirán mejorar la transitabilidad y prolongar la vida útil de la vía. Estas estrategias también contribuirán a la seguridad vial al reducir los riesgos asociados al mal estado del pavimento.

Confirmación de la hipótesis:

Los resultados obtenidos validan la hipótesis planteada, ya que se demostró que el deterioro del pavimento influye significativamente en la transitabilidad y seguridad vial. Sin embargo, también se evidenció que, con una gestión eficiente del mantenimiento, es posible mitigar estos efectos negativos y garantizar una infraestructura vial más segura y operativa.

Importancia de la gestión vial y la planificación del mantenimiento:

Se concluye que es imprescindible implementar un plan de mantenimiento periódico para evitar que la carretera continúe deteriorándose. Además, se recomienda una mejor

regulación del tránsito y la eliminación de obstáculos que afectan la fluidez vehicular, como el estacionamiento indebido y el comercio informal.

RECOMENDACIONES

Implementación de un plan de mantenimiento periódico

Se recomienda establecer un programa de mantenimiento rutinario que contemple inspecciones periódicas para detectar fallas tempranas y aplicar tratamientos correctivos antes de que el deterioro avance. Esto permitirá prolongar la vida útil de la carretera y reducir costos de rehabilitación a largo plazo.

Intervención inmediata en los tramos críticos

Se sugiere la reparación urgente de los sectores más afectados mediante:

- Parcheo profundo para baches y piel de cocodrilo.
- Fresado y rehabilitación en zonas con hundimientos.
- Sellado de fisuras para prevenir filtraciones de agua.
- Tratamientos superficiales y sobre carpetas en áreas con desprendimiento del material asfáltico.
- Mejora en la señalización vial

Es fundamental reforzar la señalización horizontal y vertical en la carretera para guiar a los conductores y reducir riesgos de accidentes. Se recomienda incluir:

- Pintado de líneas divisorias y señales de tránsito.
- Colocación de reductores de velocidad en zonas críticas.
- Instalación de señales de advertencia en tramos con alto deterioro.
- Gestión del tránsito y control del estacionamiento indebido

Monitoreo del impacto de las intervenciones

Después de aplicar las soluciones, se recomienda realizar evaluaciones periódicas para verificar su efectividad y ajustar estrategias si es necesario. Para ello, se pueden emplear estudios de tráfico y encuestas de percepción ciudadana sobre la transitabilidad de la carretera.

Gestión de recursos para futuras mejoras viales

Se sugiere que las autoridades locales gestionen presupuesto y financiamiento para la rehabilitación integral de la vía, priorizando materiales de mayor durabilidad que reduzcan la necesidad de intervenciones frecuentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abrahão, K. C. de F. J., Souza, R. V. G., & Veloso, A. C. de O. (2024). Are light wells suitable for illuminating residential spaces? Normative discussions. *Ambiente Construído*, 24. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212024000100774>
- Alvarez, A. E., Espinosa, L. V., Ortiz, P. A., Hurtado, M. D., Cotes, L. E., & López, Y. M. (2019). Evaluación de la degradación por compactación de materiales granulares tipo subbase. *Revista EIA*, 16(31), 13–25. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.746>
- Amaral, P. O., & de Oliveira, R. F. (2021). Patologias em pavimentos flexíveis. *Revista GeTeC*, 10(30). <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2456>
- Arriaga-Vázquez, A. M., Martínez-Menez, M. R., Rubiños-Panta, J. E., Fernández-Reynoso, D. S., Delgadillo-Martínez, J., & Vázquez-Alarcón, A. (2020). Propiedades químicas y biológicas de los suelos en milpa intercalada con árboles frutales. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(3), 465–474. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.599>
- Balbo, J. T., Cargnin, A. P., Silva, E. R. da, Fonseca Junior, E. S. da, & Blank, L. de O. (2025). High strength self-compacting concrete as thin slabs: a car parking field study. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 18(2). <https://doi.org/10.1590/s1983-41952025000200015>
- Baque, B. (2020). Assessment of the state of flexible pavement using the pci method of the port-airport highway (Section II). *Dominio de Las Ciencias*, 6(Tramo II), 203–228. <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexhttps://orcid.org/0000-0003-0700-7136>
- Coila, O., & Ticona, W. (2021). Análisis comparativo de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de las fallas del pavimento flexible de la carretera Atuncolla - complejo arqueológico Sillustani - Puno, 2021. *Universidad Cesar Vallejo*, 1–85. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75007>
- David Jazmín-Marín, M. I. I. (2019). Impact of the Use of Biofertilizers Based on Organic Waste in Soils Nota de divulgación. *Conciencia Tecnológica*, 58, 47–50.
- Díaz, J., & Hacar, F. (2018). Estudio de los pavimentos de túneles carreteros: ventajas de los pavimentos de hormigón frente a los bituminosos. *Obras y Proyectos*, 23, 87–95. <https://doi.org/10.4067/s0718-28132018000100087>
- Facundo Román, H. H., & Flores Calderon, B. A. (2023). Influencia de Granulometría y

- Plasticidad en la Vida Útil de las Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: Enfoque en la Provincia de Jaén. *Revista Científica Pakamuros*, 11(3). <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.0htqqd73>
- Gallo-Corredor, J. A., & Sarria-Villa, R. A. (2019). Aprovechamiento integral de residuos lignocelulósicos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 11(1), 41° – 49. <https://doi.org/10.46571/JCI.2019.1.4>
- Garcés Velecela, D. P. (2017). *Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues- Cojitambodeleg- La raya*. 1–239. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28556>
- Gutiérrez Rodríguez, W. Á. (2023). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6908–6927. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5834
- Manual de Carreteras. (2015). Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción. *R.D. N° 22-2013-Mtc/14*, 1, 1–605. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC_NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10 EG 2013.pdf
- Mendiola, L., & Martín, R. (2013). *Comparación cuantitativa y cualitativa del pavimento flexible con el rígido en la carretera Cuñumbuqui–Estero, provincia de Lamas, región San Martín*. <http://hdl.handle.net/11458/342>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial 2018. 2018, 1–636. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC_NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9 MCV-2014_2016.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2013). Manuales de Carreteras. *Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos*, 0(0), 1440. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf
- Montes de Oca Hidalgo, M. P., Sequeira Rojas, W., Ávila Esquivel, T., & Aguiar Moya, J. P. (2021). Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. *Infraestructura Vial*, 23(42), 53–60. <https://doi.org/10.15517/iv.v23i42.46947>
- Redrovan, F. I. (2021). *Evaluación vial y alternativas de rehabilitación para la vía Azogues-San Miguel de Porotos-Jatumpamba*. 1–277. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36652>

- Rodríguez-Achung, F., Bendayán-Acosta, L., Rojas-Rodríguez, C., & Calle-Barco, C. (1991). Los suelos de la región del Amazonas según unidades fisiográficas. *Folia Amazónica*, 3(1–2), 7–20. <https://doi.org/10.24841/fa.v3i1-2.198>
- Rodríguez Soplín, J. E., & Herrera More, A. (2022). *Determinación de las fallas del asfaltado y mejorar la transitabilidad del tramo San Pedro a San Roque de Cumbaza, Lamas 2020*. <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4351>
- Ronald, P., Chayña, G., & Guerra Ramos, C. E. (2020). Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible. *Fides Et Ratio*, 20, 121–140.
- Rosero Vega, D., & Rodríguez Moreno, M. A. (2024). Development of a multicriteria matrix for decision making in the management of flexible pavements in an urban road network. Case study the city of Itagüí – Colombia. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(1), 1–16. <https://doi.org/10.7764/RIC.00095.21>
- Saravia Quispe, W. (2021). *Evaluación de fallas superficiales del Pavimento Flexible por el método PCI y empleo del Dron, Carretera Covadonga–Mollepata, Ayacucho 2021*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64812>
- Valdivia, S. (2018). Evaluación de las fallas del pavimento flexible en la Avenida Brasil del Distrito de Nuevo Chimbote - Propuesta de solución - Ancash 2017. *Universidad César Vallejo*, 1, 218.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
			VARIABLES Y SUBVARIABLES	INDICADORES	
¿De qué manera podemos hacer una evaluación de las fallas que se presentan en la carretera Lamas – Shanao y dar una propuesta de solución?	<p>Objetivo General Evaluar las fallas que se presentan en la carretera Lamas – Shanao y dar una propuesta de solución</p> <p>Objetivos Específicos Identificar las fallas que existen en el tramo correspondiente.</p> <p>Realizar un estudio de tráfico de la vía.</p> <p>Realizar estudios geotécnicos para dar posible solución a las fallas que existen en el tramo.</p> <p>Determinar el costo total de mantenimiento de la vía, realizando las actividades de conservación.</p>	Las fallas que se presentan en la carretera Lamas – Shanao se evaluarán realizando una inspección de manera visual a las fallas que existen para así poder dar una propuesta de solución de forma óptima realizando los estudios de tráfico y suelos correspondientes.	<p>Variable independiente: Fallas superficiales en los pavimentos flexibles.</p> <p>Variable dependiente: Propuesta de solución a las fallas que se encuentran en el tramo Lamas – Shanao</p>	<p>Para la variable independiente: Datos de las fallas en el pavimento que se presentan en la carretera Lamas - Shanao</p> <p>Para la variable dependiente: Datos para la solución y mejoramiento de las fallas que se presentan en la carretera Lamas – Shanao</p>	<p>Tipo y nivel de investigación: Tipo de Investigación Aplicada: Los resultados obtenidos servirán para dar solución a las fallas que se presentan en la carretera Lamas – Shanao</p> <p>Nivel de la investigación: Descriptivo: Porque vamos a describir las fallas que existen en el tramo Lamas – Shanao Explicativo: Porque vamos a explicar a que se deben dichas fallas y dar una propuesta de solución óptima.</p> <p>Método y diseño de la investigación: Método: El método de la investigación es observacional, analítico y descriptivo.</p> <p>Diseño: No experimentales se aplican ambos enfoques (cualitativo y cuantitativo)</p>

					<p>La población (N) y muestra (n):</p> <p>La población: La población seleccionada será Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia); Prog. KM 0+000 al KM 14 + 180, que tiene una longitud aproximada de 14.18 kilómetros.</p> <p>La muestra: La muestra seleccionada para el presente proyecto de investigación está representada en la Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia); Prog. KM 0+000 al KM 14 + 180, que tiene una longitud aproximada de 14.18 kilómetros.</p>
--	--	--	--	--	---

Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución

por Edward Leandro Chujandama García

Fecha de entrega: 26-jun-2025 09:47a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2706381845

Nombre del archivo: TESIS_LEANDRO_WAGNER_22.06.2025.docx (10.41M)

Total de palabras: 11795

Total de caracteres: 67774

Evaluación de las fallas del pavimento en la carretera Lamas – Shanao y propuesta de solución

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	10%
2	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	6%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
4	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	transparencia.mtc.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%