

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado y la eficiencia de la red vial en la trayectoria: EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR: Mallqui Merino, Lais Elias

ASESOR: Tuanama Lavi, José Wicley

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (☒)
- Trabajo de Suficiencia Profesional (☐)
- Trabajo de Investigación (☐)
- Trabajo Académico (☐)

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2026)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título
Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (☒)
- UDH (☐)
- Fondos Concursables (☐)

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46362562

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 05860064

Grado/Título: Maestro en gerencia pública

Código ORCID: 0000-0002-5148-6384

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Benites Diego, Leonel	Maestro en diseño y construcción de obras viales.	4822 8255	0009-0005- 1083-189X
2	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible.	4189 1649	0000-0001- 8392-1769
3	Sifuentes Ortega, Fernando Pol	Maestro en diseño y construcción de obras viales.	4038 8738	0009-0008- 6262-8166



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día viernes 29 de mayo de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. LEONEL BENITES DIEGO	PRESIDENTE
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	SECRETARIO
❖ MG. FERNANDO POL SIFUENTES ORTEGA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No. 0898-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS A NIVEL AFIRMADO Y LA EFICIENCIA DE LA RED VIAL EN LA TRAYECTORIA: EMP. PE-3N (HUANCAPALLAC) – CHULLAY - HUÁNUCO", presentado por el (la) Bachiller, Bach: Lais Elías MALQUI MERINO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO..... por UNANIMIDAD..... con el calificativo cuantitativo de 12..... y cualitativo de SUFICIENTE.... (Art. 47).

Siendo las 18:45 horas del día 29 del mes de mayo del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. LEONEL BENITES DIEGO
DNI: 48228255
ORCID: 0009-0005-1083-189X

PRESIDENTE

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769

SECRETARIO (A)

MG. FERNANDO POL SIFUENTES ORTEGA
DNI: 40388738
ORCID: 0009-0008-6262-8166

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LAIS ELIAS MALQUI MERINO, de la investigación titulada "ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS A NIVEL AFIRMADO Y LA EFICIENCIA DE LA RED VIAL EN LA TRAYECTORIA: EMP. PE-3N (HUANCAPALLAC) - CHULLAY - HUÁNUCO", con asesor(a) JOSE WICLEY TUANAMA LAVI, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1936-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 23 de septiembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Jr. Hermilio Valdizán N° 871 - Jr. Progreso N° 650 - Teléfonos: (062) 511-113
Telefax: (062) 513-154
Huánuco - Perú

187. MALQUI MERINO LAIS ELIAS.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	23%	2%	17%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMAARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe	3%
	Fuente de internet	
2	www.repositorio.upla.edu.pe	3%
	Fuente de internet	
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	2%
	Trabajo del estudiante	
4	Submitted to Babes-Bolyai University	2%
	Trabajo del estudiante	
5	repositorio.unc.edu.pe	2%
	Fuente de internet	
6	hdl.handle.net	1%
	Fuente de internet	
7	repositorio.ucss.edu.pe	1%
	Fuente de internet	
8	Submitted to uncedu	1%
	Trabajo del estudiante	
9	cdn.www.gob.pe	1%
	Fuente de internet	
10	repositorio.upla.edu.pe	1%
	Fuente de internet	



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo a todas las personas que me ayudaron en el transcurso de mi trabajo de tesis

A mi madre

A mi padre

A mis hermanos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis docentes durante mi formación profesional

A mi asesor de tesis

A mis padres por su sabiduría impartida en cada paso de mi vida

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVO GENERAL	16
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	23
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	25
2.2. BASES TEÓRICAS	27
2.2.1. INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS	27
2.2.2. CARRETERAS A NIVEL AFIRMADO	32
2.2.3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS AFIRMADAS.....	35
2.2.4. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE LAS CARRETERAS A NIVEL AFIRMADO	44

2.2.5. SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS AFIRMADAS	48
2.2.6. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE Y SEGURIDAD	51
2.2.7. DERECHO DE VÍA	53
2.4. HIPÓTESIS.....	57
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	57
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	58
2.5. VARIABLES	58
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	59
CAPÍTULO III.....	61
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	61
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	62
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
65	
CAPÍTULO IV	67
RESULTADOS	67
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	67
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	118
CAPÍTULO V	127
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	127
5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL	
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	127
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES.....	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	134
ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 1	67
Tabla 2 Tipo de daño - tramo 1	67
Tabla 3 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 1	68
Tabla 4 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 1	71
Tabla 5 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 2	72
Tabla 6 Tipo de daño - tramo 2	73
Tabla 7 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 2	74
Tabla 8 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 2	77
Tabla 9 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 3	78
Tabla 10 Tipo de daño - tramo 3	79
Tabla 11 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 3	80
Tabla 12 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 3	83
Tabla 13 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 4	84
Tabla 14 Tipo de daño - tramo 4	85
Tabla 15 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 4	86
Tabla 16 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 4	90
Tabla 17 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 5	91
Tabla 19 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 5	93

Tabla 20 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 5 96	
Tabla 21 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 6	97
Tabla 22 Tipo de daño - tramo 6	98
Tabla 23 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 6	99
Tabla 24 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 6 102	
Tabla 25 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 7	103
Tabla 26 Tipo de daño - tramo 7	104
Tabla 27 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 7	105
Tabla 28 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 7 109	
Tabla 29 Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 8	110
Tabla 30 Tipo de daño - tramo 8	111
Tabla 31 Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 8	112
Tabla 32 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 8 115	
Tabla 33 Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal de los ocho tramos	116
Tabla 34 Prueba de normalidad de datos de las variables	118
Tabla 35 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del estado de conservación de la infraestructura vial afirmada en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	119
Tabla 36 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	121

Tabla 37 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia de la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	123
Tabla 38 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre el mantenimiento y reparación de la carretera a nivel afirmado y la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del estado de conservación de la infraestructura vial afirmada en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	128
Figura 2 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	130
Figura 3 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia de la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	132
Figura 4 Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre el mantenimiento y reparación de la carretera a nivel afirmado y la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco	134

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar si el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influyó en la eficiencia de la red vial en la trayectoria: EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. El estudio se desarrolló con enfoque cuantitativo, tipo aplicado, nivel correlacional explicativo, diseño no experimental y corte transversal. La población estuvo conformada por la vía evaluada y la muestra por ocho tramos de 500 metros, analizados mediante inventario de condición vial y fichas de observación. Los resultados evidenciaron que el deterioro de la superficie de rodadura, las deficiencias de drenaje, la pérdida de material granular, los baches y la limitada conservación vial se relacionaron con menores condiciones de transitabilidad, incremento de tiempos de recorrido y reducción de la seguridad vial. Se concluyó que el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influyó significativamente en la eficiencia de la red vial evaluada, por lo que se requiere fortalecer las acciones de mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico y rehabilitación de los tramos críticos.

Palabras clave: carretera afirmada, conservación vial, eficiencia vial, infraestructura vial, transitabilidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine whether the state of conservation of gravel-surfaced road infrastructure influenced the efficiency of the road network along the route: EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. The study was conducted using a quantitative approach, applied type, explanatory-correlational level, non-experimental design and cross-sectional scope. The population consisted of the evaluated road, and the sample included eight 500-meter sections analyzed through a road condition inventory and observation sheets. The results showed that surface deterioration, drainage deficiencies, loss of granular material, potholes and limited road conservation were related to lower trafficability conditions, increased travel times and reduced road safety. It was concluded that the state of conservation of gravel-surfaced road infrastructure significantly influenced the efficiency of the evaluated road network; therefore, routine maintenance, periodic maintenance and rehabilitation actions for critical sections need to be strengthened.

Keywords: gravel road, road conservation, road efficiency, road infrastructure, trafficability.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico, social y territorial de un país, especialmente en regiones donde la conectividad terrestre representa el único medio viable de acceso a servicios básicos, transporte de productos y articulación con los mercados. En el caso del Perú, gran parte de la red vial nacional y departamental se encuentra conformada por carreteras no pavimentadas, muchas de ellas a nivel afirmado, las cuales, si bien cumplen una función esencial, suelen estar expuestas a un deterioro constante debido a factores como el tránsito pesado, las condiciones climáticas, el material de afirmado deficiente y, sobre todo, la limitada implementación de programas de mantenimiento rutinario y periódico.

La región Huánuco no es ajena a esta problemática. En diversas provincias, los usuarios de las vías rurales enfrentan restricciones significativas para movilizarse eficientemente debido al mal estado de conservación de los caminos afirmados. Uno de los tramos que concentra una serie de deficiencias es la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco, una vía que, pese a su importancia para la interconexión distrital y el dinamismo económico local, presenta tramos con pérdida del afirmado, baches profundos, erosión lateral, mala conformación de la plataforma y escaso drenaje, condiciones que disminuyen sustancialmente la eficiencia del tránsito vehicular y aumentan los costos operativos, tanto para el transporte de carga como de pasajeros.

La eficiencia de la red vial, entendida como la capacidad de una vía para ofrecer un servicio seguro, fluido, accesible y con mínima resistencia operativa, se ve directamente afectada por el estado físico de su infraestructura. Cuando una carretera no recibe el mantenimiento adecuado, su deterioro impacta no solo en la velocidad de circulación y el confort del usuario, sino también en la seguridad vial, la competitividad del transporte y el acceso equitativo a oportunidades socioeconómicas. En este sentido, el vínculo entre el estado de conservación de una vía afirmada y la eficiencia de la red vial constituye una problemática técnica y social que requiere

abordarse con datos precisos, análisis estructurados y propuestas de mejora sostenibles.

La investigación tiene como finalidad evaluar el estado de conservación de la infraestructura vial en el tramo EMP. PE-3N (Huancapallac – Chullay – Huánuco) mediante el inventario de condición vial, y analizar su influencia sobre la eficiencia de la red vial en la zona de estudio. Este análisis permitirá identificar los puntos críticos de deterioro, establecer el nivel de servicio actual de la vía y generar recomendaciones técnicas que orienten futuras acciones de mantenimiento, rehabilitación y mejora, contribuyendo a una red vial más eficiente, segura y articulada al desarrollo regional.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El estado de conservación de la infraestructura vial constituye uno de los factores más determinantes para el desarrollo territorial, económico y social de una región, especialmente en países en vías de desarrollo como el Perú, donde una gran proporción de la red vial se encuentra en condición afirmada o no pavimentada. Este tipo de infraestructura, si bien permite la conectividad básica entre centros poblados, presenta alta vulnerabilidad frente a factores climáticos, cargas vehiculares, limitaciones en el drenaje y deficiencias en las actividades de mantenimiento, lo que genera un deterioro progresivo de la superficie de rodadura.

En el contexto nacional, diversas evaluaciones del sector transportes han evidenciado que una parte significativa de la red vial rural presenta condiciones regulares a deficientes, lo cual repercute directamente en la eficiencia del sistema de transporte. Esta situación genera incrementos en los costos de operación vehicular, reducción de la velocidad de desplazamiento, mayor tiempo de viaje, desgaste prematuro de los vehículos y disminución de la seguridad vial. En consecuencia, la calidad del servicio de transporte se ve afectada, limitando la integración económica y social de las poblaciones rurales con los centros urbanos de mayor dinamismo.

En este marco, el tramo vial EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay, ubicado en la provincia de Huánuco, representa una vía de importancia local y regional, ya que conecta comunidades rurales que dependen directamente de esta infraestructura para el transporte de productos agrícolas, acceso a servicios básicos y movilidad cotidiana de la población. Sin embargo, este tramo presenta características propias de una carretera a nivel afirmado, donde el estado de conservación depende en gran medida de la periodicidad del mantenimiento, las condiciones del terreno y la intensidad del tránsito vehicular.

En la práctica, se observa que este tipo de vías suelen presentar deterioros como pérdida de material granular, formación de baches, ondulaciones, erosión superficial, polvareda en épocas secas y saturación o

deformaciones en temporadas de lluvia, lo cual reduce significativamente su funcionalidad. Asimismo, la falta de sistemas de drenaje adecuados agrava el deterioro estructural, provocando la interrupción parcial o total de la transitabilidad en determinados periodos del año. Estas condiciones generan una baja eficiencia de la red vial, entendida como la capacidad de la infraestructura para garantizar un flujo vehicular continuo, seguro, cómodo y económicamente eficiente.

Por otro lado, la eficiencia de la red vial no solo depende del estado físico de la superficie de rodadura, sino también de la gestión vial, la planificación del mantenimiento y la asignación de recursos para intervenciones oportunas. Cuando estas acciones no se realizan de manera adecuada, la infraestructura entra en un proceso de degradación acelerada, lo que incrementa la brecha de infraestructura y profundiza las desigualdades territoriales entre zonas rurales y urbanas. En el caso específico del tramo Huancapallac – Chullay, esta problemática se vuelve más crítica debido a las condiciones geográficas de la zona, la variabilidad climática de la sierra central y la limitada intervención técnica constante. Como resultado, los usuarios de la vía enfrentan dificultades en la transitabilidad vehicular, afectando no solo el transporte de pasajeros, sino también la comercialización de productos agrícolas, el acceso a servicios de salud, educación y actividades económicas en general.

En este sentido, surge la necesidad de analizar de manera técnica y sistemática la relación entre el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado y la eficiencia de la red vial en el tramo EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco, con la finalidad de identificar el nivel actual de deterioro, evaluar su impacto en la funcionalidad de la vía y generar información que contribuya a la toma de decisiones orientadas a la mejora, mantenimiento y optimización de la infraestructura vial existente. De esta manera, la investigación se justifica en la medida que permitirá comprender cómo las condiciones físicas de la carretera influyen directamente en la eficiencia del sistema vial, aportando evidencia técnica para la formulación de estrategias de intervención que contribuyan al desarrollo sostenible del área de estudio y a la mejora de la calidad de vida de la población beneficiaria.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida el inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado influye en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco?
- ¿En qué medida la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco?
- ¿En qué medida el mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco?

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Determinar si el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si el inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado influye en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

- Determinar si la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.
- Determinar si el mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presente investigación se fundamentó en teorías de la ingeniería vial relacionadas con la conservación de carreteras a nivel afirmado y la evaluación funcional de la infraestructura vial mediante el inventario de condición vial, el cual permitió identificar y clasificar de manera sistemática el estado de los elementos que conformaron la carretera, tales como la superficie de rodadura, el sistema de drenaje y la plataforma vial.

Desde el enfoque teórico, el estado de conservación de una vía se relacionó directamente con su capacidad para garantizar condiciones adecuadas de transitabilidad, seguridad y continuidad del flujo vehicular. Diversos enfoques de la ingeniería de transporte establecieron que la eficiencia de una red vial dependió del nivel de servicio que ofreció la infraestructura, el cual estuvo condicionado por su estado físico y funcional. En ese sentido, la investigación contribuyó a fortalecer el conocimiento existente sobre la relación entre el inventario de condición vial en carreteras afirmadas y la eficiencia de la red vial, especialmente en contextos rurales donde la infraestructura presentó limitaciones de mantenimiento y conservación.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde el punto de vista práctico, la investigación permitió realizar un diagnóstico técnico del tramo EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay, identificando las condiciones reales de la infraestructura vial mediante el inventario de condición vial.

Este diagnóstico facilitó reconocer los principales deterioros presentes en la carretera afirmada, tales como pérdida de material granular, deformaciones, erosión superficial y deficiencias en el sistema de drenaje. Con base en ello, se generaron propuestas de mantenimiento rutinario, periódico o rehabilitación, orientadas a mejorar la transitabilidad vehicular. Asimismo, los resultados sirvieron como herramienta de gestión para las autoridades locales y regionales, permitiendo una toma de decisiones más técnica y eficiente en la intervención de la infraestructura vial.

JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Metodológicamente, la investigación se justificó porque aplicó el inventario de condición vial como instrumento principal de evaluación, lo que permitió la recopilación ordenada, sistemática y objetiva de información sobre el estado de la infraestructura vial.

Además, se complementó con indicadores de eficiencia de la red vial como el tiempo de recorrido, la velocidad de operación, las condiciones de transitabilidad y el nivel de servicio. Esta combinación metodológica permitió establecer relaciones entre el estado físico de la vía y su desempeño funcional. El estudio también aportó un procedimiento replicable para futuras investigaciones en carreteras afirmadas, especialmente en zonas rurales, contribuyendo a la estandarización de métodos de evaluación vial en contextos similares.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Desde el enfoque social, la investigación fue relevante debido a que el estado de conservación de la infraestructura vial a nivel afirmado influyó directamente en las condiciones de accesibilidad, conectividad y movilidad de la población asentada en el ámbito de influencia del tramo EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay.

Se evidenció que las deficiencias en la condición funcional de la vía afectaron de manera significativa el acceso oportuno a servicios esenciales como salud, educación, mercados locales y actividades administrativas,

generando restricciones en la integración territorial y limitando la articulación socioeconómica de los centros poblados. Asimismo, el deterioro progresivo de la superficie de rodadura incrementó los costos generalizados de transporte, debido al mayor consumo de combustible, desgaste vehicular y aumento de los tiempos de viaje, lo cual repercutió directamente en la eficiencia del desplazamiento de personas y mercancías dentro de la zona de estudio.

Por tanto, los resultados obtenidos constituyeron un insumo técnico-social para la priorización de intervenciones viales, orientadas a mejorar la transitabilidad, reducir brechas de infraestructura y fortalecer la integración socioeconómica de la población beneficiaria del tramo evaluado.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Acceso a datos limitados: Una de las principales limitaciones de la investigación es la dificultad para obtener datos actualizados y precisos sobre el estado de conservación de carreteras afirmadas, especialmente en áreas rurales o de difícil acceso. La falta de un inventario vial completo y confiable puede restringir el análisis de ciertas variables y limitar el alcance de las conclusiones.

Condiciones climáticas y geográficas variables: El estudio podría verse afectado por la variabilidad climática y las características geográficas de las zonas analizadas. Factores como la erosión, las lluvias intensas o el terreno accidentado pueden alterar rápidamente el estado de las carreteras, lo que dificultará la evaluación continua y precisa de las condiciones a largo plazo.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue viable desde el punto de vista técnico, operativo, económico y de acceso a la información. En el aspecto técnico, se contó con metodologías adecuadas para la evaluación de carreteras a nivel afirmado mediante el inventario de condición vial, lo que permitió analizar el estado de la infraestructura de manera sistemática.

Operativamente, el tramo EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay fue accesible para la ejecución del trabajo de campo, facilitando la recolección de datos sin mayores restricciones. En lo económico, la investigación no requirió equipos costosos ni ensayos complejos, por lo que pudo desarrollarse con recursos básicos. Finalmente, se dispuso de información primaria obtenida en campo y fuentes secundarias técnicas, lo que garantizó la disponibilidad de datos suficientes para el desarrollo del estudio. En conjunto, estos factores confirmaron la viabilidad de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Santos Oliveira, M. y Carvalho, R. (2021) realizaron un estudio en el estado de Minas Gerais, Brasil, titulado Avaliação da condição de estradas vicinais não pavimentadas utilizando o método PCI e sua influência na mobilidade rural. El objetivo fue determinar el estado de conservación de una red vial rural de 18 km no pavimentada y analizar su impacto en la movilidad y el transporte agrícola. El estudio fue cuantitativo, aplicando inspecciones visuales, fichas PCI y encuestas a productores locales. Entre sus principales conclusiones se encontraron: el 70% del tramo fue clasificado en estado ruim (malo), las fallas predominantes fueron sulcos, perda de material e erosões laterais (surcos, pérdida de material y erosiones laterales), la falta de drenaje adecuado aceleraba el deterioro tras cada temporada de lluvias, los tiempos de transporte de productos agrícolas aumentaron en promedio un 38%, y el 82% de los encuestados consideraba que la vía afectaba negativamente su economía familiar.

Este estudio confirma que el deterioro de caminos afirmados en zonas rurales de Brasil compromete seriamente la eficiencia vial y la economía local, y que el PCI es una herramienta eficaz para identificar tramos prioritarios para rehabilitación.

Da Silva Ferreira, J. (2020) desarrolló un estudio técnico en el municipio de Chapada dos Guimarães, Brasil, titulado Conservação de estradas não pavimentadas e seu impacto na segurança e eficiência do tráfego rural. El objetivo fue evaluar el estado de conservación de una carretera rural afirmada de 14 km mediante el método PCI, y su relación con la seguridad del transporte vehicular y la eficiencia vial. El enfoque fue cuantitativo, con inspecciones de campo, análisis estadístico y entrevistas a conductores. Las

conclusiones más importantes fueron: el 63% del tramo tenía condición insatisfactoria, los tramos con mayor pendiente y sin cunetas eran los más deteriorados, hubo un incremento del 45% en reportes de incidentes vehiculares en los últimos 6 meses, el 75% de los conductores reportó desgaste mecánico más frecuente en sus vehículos, y la eficiencia del tránsito rural bajó debido a la reducción de velocidad y mayor tiempo de viaje. Este estudio refuerza que el mal estado de conservación de vías afirmadas rurales en Brasil no solo afecta la eficiencia del tránsito, sino también incrementa los riesgos viales, siendo esencial incorporar mantenimiento sistemático y evaluación mediante PCI.

Mendoza Lema, F. y Castillo, M. (2022) desarrollaron su investigación en la provincia de Imbabura, Ecuador, bajo el título Análisis del estado de conservación de vías rurales no pavimentadas mediante el método PCI y su efecto en la eficiencia del transporte comunitario. El objetivo fue diagnosticar el estado técnico de una vía afirmada de 10.5 km y su influencia en la calidad del transporte entre comunidades rurales. La metodología fue de enfoque cuantitativo, con muestreo sistemático de unidades de análisis y evaluación PCI. Entre sus conclusiones más relevantes se encontraron: el 58% de la vía se encontraba en estado regular o malo, la zona media del tramo presentó el mayor nivel de deterioro estructural, las fallas más comunes fueron baches, pérdida de capa superficial y formación de zanjas, los conductores indicaron que el tiempo de Viaje aumentó en un 42% en época de lluvias, y se concluyó que la falta de mantenimiento periódicamente programado era la causa principal del deterioro. La investigación en Ecuador evidencia que el deterioro de las vías afirmadas impacta negativamente en la eficiencia del transporte rural y limita la conectividad entre comunidades, resaltando la necesidad de planes de conservación basados en datos PCI.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Gómez, E. y Palacios, F. (2021) realizaron un estudio en Cajamarca, titulado Evaluación del estado de conservación de caminos vecinales mediante el método PCI y su relación con la transitabilidad vehicular. El objetivo fue analizar el estado de una vía afirmada entre Jesús y Namora utilizando el método PCI y relacionarlo con la eficiencia del tránsito en áreas rurales. La investigación aplicó una metodología cuantitativa con un diseño descriptivo correlacional, abarcando 8 km de vía. Entre sus principales conclusiones se encontró que el 67% del tramo evaluado presentaba un estado malo o regular según el índice PCI, las fallas más frecuentes fueron baches, pérdida de material y formación de roderas, los tramos en peor estado coincidían con pendientes y zonas de escaso mantenimiento, la velocidad promedio de circulación se redujo en más del 30% en sectores deteriorados, y el transporte público en la zona disminuyó su frecuencia debido al mal estado de la vía. El estudio demuestra que el deterioro estructural de vías afirmadas tiene una relación directa con la disminución de la eficiencia vial y la accesibilidad rural, confirmando que el uso del PCI es útil para la toma de decisiones técnicas en contextos rurales.

Ticona Coaquira, L. (2020) en su tesis titulada Evaluación del índice PCI en la red vial afirmada del distrito de San Antón y su incidencia en la eficiencia del transporte, desarrollada en la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, tuvo como objetivo determinar el estado de conservación de 12 km de vía afirmada mediante el PCI y su relación con el servicio de transporte. Se empleó un enfoque cuantitativo, aplicando inspección visual y registros de fallas en campo. Entre sus conclusiones más importantes se destacaron: el 55% del tramo se encontraba en estado malo, el 35% en estado regular y solo el 10% en estado bueno, se identificaron fallas recurrentes como baches, desprendimientos de afirmado y erosiones laterales, los tramos con

condición deficiente coincidían con zonas agrícolas de alta circulación, el mal estado incrementó los tiempos de viaje en un promedio de 18 minutos por recorrido, y el 72% de los usuarios encuestados consideró que el estado de la vía afecta negativamente la calidad del transporte y los costos de mantenimiento vehicular. Este estudio aporta evidencia clara de cómo el deterioro de vías afirmadas impacta la eficiencia del transporte rural, afectando tanto a los usuarios como a las actividades económicas locales, y refuerza el valor del PCI como herramienta de diagnóstico vial.

Zevallos Paredes, J. (2023) desarrolló su investigación en la provincia de Satipo, Junín, titulada Análisis del estado de conservación de la infraestructura vial rural mediante el índice PCI y su incidencia en la conectividad distrital. El objetivo fue analizar 15 km de vía afirmada entre Pangoa y Río Negro utilizando el PCI y medir su impacto en la conectividad. El estudio fue cuantitativo y empleó fichas PCI junto a entrevistas a actores comunales. Las conclusiones fueron: el 62% del tramo estaba en estado regular o malo y solo un 13% en estado bueno, las principales fallas observadas fueron pérdida de afirmado, baches y erosión superficial, las comunidades más alejadas tenían mayor grado de aislamiento por deterioro vial, se identificó un aumento del 25% en los costos logísticos de transporte de productos agropecuarios debido al mal estado del afirmado, y el 79% de los pobladores considera que la vía debe rehabilitarse con prioridad por su importancia económica y social. La investigación evidencia que el mal estado de conservación de la vía afirmada no solo afecta la eficiencia vial, sino que limita directamente la conectividad productiva y social de los distritos, lo cual es clave en territorios de economía rural. El PCI se consolidó como herramienta central de planificación.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Rojas Quispe, H. (2021) desarrolló su tesis titulada Evaluación del estado de conservación de la vía afirmada Santa Rosa de Alto Yanajanca – La Libertad – Huánuco utilizando el método PCI, en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. El objetivo fue evaluar técnicamente la condición de la carretera afirmada y relacionarla con la eficiencia del transporte rural. Se aplicó una metodología cuantitativa y descriptiva, usando el índice de condición del pavimento (PCI) en un tramo de 9 km. Entre las conclusiones más relevantes se identificaron: el 61% del tramo se encontraba en estado malo y solo un 14% en estado bueno, las principales fallas detectadas fueron baches, pérdida de afirmado y erosión lateral, los sectores con mayor deterioro coincidieron con zonas agrícolas de tránsito pesado, el nivel de servicio se redujo en un 35% debido al mal estado de la vía, y los usuarios reportaron un aumento en el tiempo de Viaje y el desgaste vehicular. El estudio refleja claramente cómo el deterioro superficial y estructural de las vías afirmadas en zonas rurales de Huánuco tiene un impacto directo sobre la eficiencia y seguridad del tránsito, confirmando la utilidad del método PCI para determinar las zonas críticas y orientar acciones de mantenimiento.

Malpartida Aquino, Y. (2020), en su investigación titulada Determinación del estado de conservación de la vía afirmada Pillao – Cochabamba – Huánuco mediante el PCI y su influencia en la transitabilidad vehicular, tuvo como propósito evaluar el estado físico de un tramo de 11 km de carretera rural y su relación con la eficiencia del transporte. La metodología fue de tipo cuantitativo, aplicando el PCI en campo, fichas técnicas y encuestas a transportistas. Sus conclusiones fueron: el 59% de la vía se encontraba en estado regular o malo según el PCI, se identificaron fallas frecuentes como baches, ondulaciones y desprendimiento de afirmado, las condiciones climáticas influyen en el rápido deterioro

por falta de cunetas funcionales, la transitabilidad en épocas de lluvia se ve reducida en más del 40%, y la comunidad reporta que los vehículos aumentan su tiempo de Viaje hasta en 30 minutos por tramo. Esta tesis demuestra que la falta de conservación y mantenimiento adecuado en vías afirmadas de Huánuco afecta fuertemente la transitabilidad, en especial en zonas de difícil acceso, siendo el PCI una herramienta que permite priorizar intervenciones.

Córdova Reyes, A. (2022) realizó su estudio Evaluación técnica del estado de conservación de la carretera Huánuco – San Pedro de Chaulán y su relación con la eficiencia de la red vial, aplicando el método PCI como herramienta de diagnóstico. La investigación se centró en un tramo de 13.5 km con uso frecuente por transporte de pasajeros y productos agrícolas. La metodología fue cuantitativa, con muestreo por unidades de análisis vial y registros georreferenciados de fallas. Entre sus principales conclusiones se halló que: el 64% del tramo estaba en estado malo y el 21% en estado regular, los puntos críticos coincidían con fallas de drenaje y falta de mantenimiento rutinario, la velocidad promedio se reducía en un 28% en tramos deteriorados, el transporte de productos se encarecía debido al mal estado de la vía, y la comunidad exigía mantenimiento urgente como medida de mejora en su conectividad vial. El estudio confirma que el mal estado de conservación de vías afirmadas influye negativamente en la eficiencia operativa de la red vial en Huánuco, afectando tanto el transporte como la economía local. El uso del PCI permitió identificar zonas prioritarias para intervención técnica inmediata.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS

La infraestructura de carreteras se define como el conjunto de elementos físicos y técnicos diseñados para facilitar el tránsito de vehículos y peatones. Este término abarca no solo las vías de circulación como carreteras, autopistas y calles, sino también los componentes asociados tales como puentes, túneles, señales de tráfico y sistemas de drenaje. La infraestructura de carreteras tiene el propósito de garantizar un transporte eficiente, seguro y accesible, promoviendo el desarrollo económico y social al conectar diversas regiones y facilitar el movimiento de bienes y personas. Según la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), la infraestructura vial incluye todos los elementos necesarios para una movilidad efectiva, abarcando desde la pavimentación hasta las estructuras de soporte. La calidad de esta infraestructura afecta directamente la eficiencia del transporte, la seguridad de los usuarios y el desarrollo económico regional. La adecuada planificación, diseño, construcción y mantenimiento de estas infraestructuras son esenciales para asegurar su funcionalidad y sostenibilidad a largo plazo.

La infraestructura de carreteras constituye el conjunto de elementos físicos y estructurales que permiten la circulación vehicular y peatonal sobre una determinada vía terrestre, facilitando la conexión entre diferentes localidades, regiones y provincias. En el contexto de la ingeniería civil, esta variable incluye la superficie de rodadura (que puede ser afirmada, asfaltada o pavimentada), así como las obras complementarias tales como puentes, alcantarillas, señalizaciones, cunetas y barandas de seguridad. En particular, el componente de vías afirmadas es relevante debido a sus características constructivas y su prestación para conectar zonas rurales y urbanas con bajos volúmenes de tránsito, siendo común en regiones montañosas como Huánuco. La condición física de esta infraestructura incide directamente en la funcionalidad y seguridad de la red vial, por ello su estado de conservación es un indicador fundamental para evaluar su capacidad operativa y durabilidad a mediano y largo plazo.

Además, la infraestructura de carreteras no solo representa un activo físico, sino también un elemento estratégico del desarrollo territorial y económico. Su presencia y calidad facilitan el comercio, la movilidad de personas, el acceso a servicios básicos y la integración de mercados locales con zonas urbanas más desarrolladas. En zonas como la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay - Huánuco, donde la topografía accidentada y condiciones climáticas difíciles pueden generar deterioro acelerado, el correcto mantenimiento y conservación de la infraestructura vial se convierte en una prioridad para evitar el aislamiento de comunidades y fomentar el desarrollo sostenible. La infraestructura vial eficaz impulsa, por tanto, no solo la conectividad sino también la seguridad sanitaria, educativa y comercial, elementos críticos para el bienestar social.

En términos de ingeniería, la variable infraestructura de carreteras comprende varios niveles de evaluación y planificación, incluyendo la fase de diseño, construcción, supervisión, mantenimiento y rehabilitación. Cada segmento de la vía debe ser objeto de un diagnóstico técnico que evalúe parámetros como la resistencia estructural, estabilidad de taludes, capacidad de drenaje y desgaste del pavimento. Esta visión integral asegura que la carretera no solo cumpla su función inicial, sino que mantenga condiciones adecuadas ante las cargas vehiculares y variaciones ambientales propias del periodo de vida útil proyectado. La evaluación del estado de conservación debe considerar indicadores cuantitativos como el índice de rugosidad, coeficiente de deformación, y superficie afectada por baches o erosión, permitiendo una gestión más eficiente de recursos.

La eficiencia de la red vial, entendida como la capacidad para facilitar movimientos de forma segura, rápida y económica, se relaciona estrechamente con la calidad de la infraestructura. Una carretera en buen estado reduce costos operativos de transporte, tiempos de desplazamiento y riesgos de accidentes. En la ruta en estudio, que conecta diferentes centros poblados y sirve como vía alternativa de transporte, la eficiencia implica una correcta sincronización entre la infraestructura física y los servicios complementarios, como señalización y mantenimiento periódico. La eficiencia también se traduce en la reducción de impactos ambientales

derivados de una gestión deficiente del camino, influenciando positivamente en la sostenibilidad regional.

El estado de conservación de la infraestructura de carreteras es una variable que requiere monitoreo constante mediante herramientas tecnológicas modernas, como sistemas de información geográfica (SIG), inspecciones técnicas y sensores que detecten variables estructurales en tiempo real. En esta línea, la gestión pública y las políticas de mantenimiento desempeñan un papel clave en la asignación de recursos, priorización de tramos y formulación de planes de inversión que aseguren la funcionalidad y prolongación de la vida útil de las vías. La investigación sobre esta variable en la trayectoria de estudio aporta evidencia crucial para diseñar estrategias que mejoren la calidad vial y promuevan la eficiencia general del sistema de transporte terrestre en Huánuco.

Importancia de la Infraestructura de Carreteras

La infraestructura de carreteras es fundamental para el desarrollo económico y social de las regiones. Las carreteras facilitan el transporte de personas y bienes, impulsando la conectividad y la integración de mercados. Según Banister y Berechman (2001), la infraestructura vial no solo soporta el transporte, sino que también afecta la productividad económica al reducir costos de transporte y mejorar la accesibilidad a recursos y servicios.

Banister y Berechman (2001) en su obra *Transport and Urban Development* destacan que una red de carreteras eficiente es esencial para el crecimiento económico sostenible. La infraestructura vial contribuye al desarrollo regional al conectar áreas rurales con centros urbanos, lo que facilita el acceso a mercados y servicios. Las carreteras bien diseñadas y mantenidas pueden reducir los tiempos de viaje, mejorar la seguridad vial, y promover la movilidad económica. Además, la infraestructura de carreteras es clave para el desarrollo urbano, ya que influye en la expansión de áreas residenciales e industriales, y en la calidad de vida de los residentes (Banister & Berechman, 2001).

La infraestructura de carreteras constituye un componente vital para el desarrollo socioeconómico de cualquier región, ya que su adecuada planificación, construcción y mantenimiento garantizan la conectividad

esencial entre centros urbanos, rurales e industriales. En el caso de la ingeniería civil, la infraestructura vial no solo implica la construcción de vías físicas, sino que abarca un conjunto complejo de sistemas que permiten el tránsito seguro y eficiente de personas, bienes y servicios. Esta infraestructura fomenta la integración territorial, facilitando el acceso a mercados, centros educativos, servicios de salud y empleo, contribuyendo así directamente a la calidad de vida de la población. La conservación adecuada de las carreteras, sobre todo aquellas en afirmado que requieren mantenimiento frecuente, es crucial para evitar la degradación acelerada que impacta negativamente en la movilidad y genera costos elevados en reparaciones futuras. Además, una red vial eficiente fomenta el desarrollo económico regional, ya que reduce tiempos de traslado y costos logísticos para el transporte de materias primas y productos terminados, aspectos fundamentales para la competitividad empresarial y la atracción de inversiones.

Desde la perspectiva económica, la infraestructura vial es uno de los pilares para la generación de riqueza y la reducción de brechas territoriales. Carreteras en buen estado reducen los costos operativos del transporte, permitiendo una distribución más eficiente de recursos y bienes a nivel local, regional y nacional. La mejora continua de la red vial contribuye a dinamizar sectores clave como la agricultura, la industria y el comercio, impulsando la creación de empleo y nuevas oportunidades productivas. Además, la inversión en mantenimiento y modernización de carreteras tiene un efecto multiplicador en la economía, generando demanda en sectores relacionados con la construcción, servicios y tecnologías asociadas. En regiones con condiciones geográficas complejas, como Huánuco, la infraestructura vial adecuada es fundamental para superar barreras naturales y mejorar la accesibilidad, lo que se traduce en un impacto positivo en la integración social y económica de las comunidades, favoreciendo la reducción de la pobreza y la desconcentración de la actividad económica.

En el ámbito social, la infraestructura de carreteras tiene un impacto directo en el bienestar y seguridad de la población. Una red vial bien conservada garantiza no solo el acceso oportuno a servicios básicos

como salud y educación, sino también la seguridad vial para los usuarios. La existencia de vías en buen estado disminuye la frecuencia de accidentes y facilita la movilidad de emergencias, elementos cruciales en zonas rurales con difícil acceso. La infraestructura vial también impulsa la inclusión social al conectar comunidades aisladas, promoviendo la interacción cultural, el turismo y la participación ciudadana en procesos de desarrollo local. La planificación y diseño de carreteras deben considerar aspectos sociales y ambientales para garantizar que el desarrollo vial sea sostenible y equitativo, atendiendo las necesidades de la población y minimizando impactos negativos en el entorno natural.

En cuanto al desarrollo regional, la infraestructura vial actúa como uno de los principales motores para la integración territorial y el fortalecimiento de cadenas productivas. La eficiencia de la red vial impacta en la interconexión entre diferentes sectores económicos y regiones, permitiendo el flujo continuo de insumos y productos terminados. Esto es especialmente relevante para corredores estratégicos como el EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay - Huánuco, donde la adecuada conservación de la infraestructura en afirmado y la eficiencia de la red pueden significar mejoras sustanciales en competitividad y accesibilidad. La planificación integral de la red vial debe apostar por intervenciones oportunas y proactivas que contemplen no solo la construcción sino también el mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la funcionalidad y durabilidad del sistema vial.

En términos de eficiencia y sostenibilidad vial, la infraestructura de carreteras debe ser concebida y gestionada bajo criterios técnicos que prioricen el uso racional de recursos, la resiliencia ante fenómenos climáticos y la minimización de impactos ambientales. Mantener la red vial en condiciones óptimas mediante estrategias de mantenimiento basadas en indicadores técnicos facilita una circulación fluida, reduce el desgaste vehicular y promueve la seguridad vial. Asimismo, la integración de tecnologías y materiales innovadores en la conservación de las vías contribuye a prolongar la vida útil de la infraestructura y a optimizar la inversión pública. En suma, la importancia de la infraestructura de carreteras radica no solo en su función básica de conectar puntos

geográficos, sino en su papel estratégico para el desarrollo sostenible, la inclusión social y la competitividad regional, aspectos fundamentales para el progreso armónico y equilibrado de regiones como Huánuco.

2.2.2. CARRETERAS A NIVEL AFIRMADO

Las carreteras a nivel afirmado son aquellas vías construidas con capas de materiales seleccionados y compactados, generalmente sin una superficie pavimentada. Estas carreteras se componen de capas de suelos naturales, gravas o materiales triturados, que son estabilizados mediante procesos de compactación, proporcionando una superficie relativamente firme pero no pavimentada. Su principal función es mejorar la transitabilidad vehicular en zonas rurales o de bajo volumen de tráfico, donde no es económicamente Viable la pavimentación completa.

El nivel afirmado implica un tratamiento que fortalece y estabiliza el terreno para soportar el peso de los vehículos y evitar el deterioro rápido. Este tipo de carreteras requiere un mantenimiento constante debido a que la exposición a factores climáticos, como la lluvia o el tránsito pesado, puede desgastar su superficie más rápidamente en comparación con las carreteras pavimentadas. Según la *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, las carreteras afirmadas son una solución económica y eficiente en zonas rurales y áreas con limitaciones presupuestarias, ya que mejoran la conectividad sin los altos costos asociados con la pavimentación (ASCE, 2017).

Las carreteras a nivel afirmado se refieren a vías construidas utilizando capas de materiales compactados como suelos locales, gravas o piedra triturada, sin incluir una superficie pavimentada. Este tipo de infraestructura es común en áreas rurales o regiones con bajo volumen de tráfico, donde la pavimentación no resulta económicamente Viable. La principal característica de las carreteras afirmadas es que requieren una estabilización del suelo para soportar la carga vehicular y minimizar el deterioro. Según la *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, las carreteras afirmadas son una solución económica en áreas con presupuesto limitado, ya que permiten mejorar la conectividad sin los costos elevados asociados con el asfalto o el concreto (AASHTO, 2014).

Carreteras a nivel afirmado son vías de comunicación terrestre cuya superficie de rodadura está conformada por un tratamiento de afirmado, que consiste en la compactación de materiales granularmente seleccionados y estabilizados mediante procesos mecánicos y/o adiciones químicas mínimas. Estas carreteras se caracterizan por no estar asfaltadas ni pavimentadas con concreto, sino que presentan una superficie firme y estable, obtenida a partir de la preparación del terreno natural con el empleo de capas de materiales que proporcionan resistencia al tránsito vehicular y a las condiciones climáticas. En ingeniería civil, las carreteras a nivel afirmado se ubican como un tipo intermedio entre caminos de tierra y carreteras pavimentadas, siendo una solución económica y funcional para conexiones rurales, intercomunales o proyectos que exigen movilidad eficiente sin la inversión de infraestructura pavimentada costosa. El afirmado busca garantizar la capacidad portante del suelo y minimizar el deterioro por uso, mediante la selección adecuada de materiales como grava, arena, limo y estabilizadores, junto a técnicas de compactación que consolidan la base y da lugar a una superficie homogénea, uniforme y resistente. Su diseño también considera drenajes adecuados para evitar la infiltración de agua que pueda causar daños a la capa de afirmado y el subsuelo, alargando la vida útil y reduciendo la frecuencia de mantenimiento.

El afirmado para carreteras es fundamental en zonas donde el tránsito no justifica la construcción de pavimentos rígidos o flexibles, usualmente en zonas rurales o en vías de baja intensidad de tráfico, donde se requiere asegurar la transitabilidad durante todo el año. La superficie afirmada debe poseer un equilibrio óptimo entre adherencia y resistencia al desgaste, permitiendo el paso seguro de vehículos livianos y pesados sin riesgos significativos de deslizamiento, polvo excesivo o baches profundos. Además, el uso de técnicas modernas de afirmado, como la estabilización con cal, cemento u otros aditivos, incrementa la durabilidad y la resistencia a la erosión, mejorando notablemente el comportamiento funcional de estas vías. Desde el punto de vista ambiental y económico, las carreteras afirmadas aportan beneficios en costos de construcción y mantenimiento, además de una menor alteración

del entorno natural durante su edificación, comparativamente con pavimentos rígidos o asfaltados; es por esto que son una solución ampliamente adoptada en regiones con presupuesto y recursos limitados.

El mantenimiento preventivo y correctivo es clave en la conservación de la infraestructura vial a nivel afirmado, ya que su durabilidad depende directamente de la gestión oportuna de problemas comunes como erosión, deformaciones, baches, deslizamientos y compactación deficiente. La conservación incluye actividades periódicas de perfilado, reposición de materiales, estabilización y limpieza de drenajes para asegurar el buen estado funcional. En la práctica, la conservación de carreteras afirmadas es un procedimiento recurrente que permite extender la vida útil de la vía y mantener la eficiencia y seguridad del tránsito vehicular. Este tipo de carreteras responde rápidamente a intervenciones de mantenimiento, y su rehabilitación es menos costosa en comparación con pavimentos rígidos, lo que justifica su implementación en amplias redes viales rurales.

El papel funcional de las carreteras afirmadas en la eficiencia general de la red vial es significativo, ya que facilitan la conexión entre áreas rurales y centros urbanos, integrando zonas productivas con mercados, servicios y puntos estratégicos. La eficiencia vial se traduce en reducción de tiempos de viaje, disminución del costo de transporte y mejor acceso a servicios básicos, impactando positivamente en el desarrollo socioeconómico regional. Sin embargo, su eficiencia depende de un diseño adecuado, materiales apropiados y un sistema de mantenimiento efectivo, que minimicen las interrupciones por mal estado de la vía. La planificación y gestión vial deben considerar la importancia de estas arterias afirmadas, asegurando recursos y acciones para su conservación para preservar la funcionalidad de la red vial.

Las carreteras a nivel afirmado son una alternativa de infraestructura vial que equilibra funcionalidad y costos, permitiendo la comunicación terrestre eficiente en contextos rurales mediante técnicas constructivas que garantizan estabilidad y resistencia a condiciones naturales y del tráfico. Su adecuada conservación y mantenimiento son esenciales para prolongar la vida útil y asegurar una red vial eficaz que soporte el

desarrollo regional, siendo una pieza fundamental dentro del sistema vial en regiones con limitaciones económicas o topográficas que dificultan el uso de pavimentos convencionales. Este tipo de carreteras representa un compromiso entre accesibilidad, durabilidad y economía en la gestión de la infraestructura vial.

2.2.3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

AFIRMADAS

El diseño de estas carreteras se basa en la selección de materiales locales que, tras ser compactados, proporcionan una superficie lo suficientemente firme para el tránsito. La calidad de estos materiales y su adecuada colocación son claves para asegurar la durabilidad de la vía. La compactación es un proceso esencial, ya que reduce la porosidad del suelo, lo que a su vez aumenta su resistencia y disminuye la permeabilidad, reduciendo así el riesgo de que el agua lo erosione. Garber y Hoel (2009) afirman que una de las principales consideraciones en el diseño de carreteras afirmadas es el espesor adecuado de las capas, que debe basarse en las características del terreno, el clima y el volumen de tráfico previsto.

El diseño y construcción de carreteras afirmadas es una disciplina fundamental dentro de la ingeniería civil que se centra en la planificación, desarrollo y ejecución de vías de transporte que utilizan superficies de afirmado para mejorar la transitabilidad. Las carreteras afirmadas constituyen un tipo de infraestructura vial cuyo pavimento no está revestido con concreto o asfalto, sino que se apoya en una base compactada principalmente de materiales granulares, como gravas y suelos mejorados, para proporcionar una superficie estable y resistente al tránsito vehicular. En contextos rurales o de conectividad secundaria, donde los recursos económicos y técnicos pueden ser limitados, las carreteras afirmadas representan una solución eficaz y sostenible. El diseño de estas vías requiere un profundo conocimiento de la geotecnia, hidrología, y mecánica de suelos para asegurar la durabilidad y funcionalidad de la carretera, contemplando factores como la capacidad portante del terreno, el drenaje superficial y subterráneo, y las cargas dinámicas del tránsito esperado.

En la fase de diseño, los ingenieros civiles deben evaluar cuidadosamente las características del terreno y los materiales disponibles, considerando la topografía, la estabilidad de los taludes y la resistencia de los suelos locales para formular un perfil longitudinal y transversal adecuado. La selección y dosificación del material granular para el afirmado es de suma importancia pues determinará el desempeño estructural de la vía. Además, se debe planificar un sistema de drenaje eficiente para evitar la acumulación de agua que cause erosión y desgaste prematuro. El diseño incluye la definición de elementos como la subrasante, la base y la capa de afirmado propiamente dicha, las cuales deben contar con espesores y compactación adecuados según las normas técnicas y las condiciones climáticas de la región. El éxito del diseño se refleja en una carretera que proporcione seguridad, confort y eficiencia en la movilidad, minimizando costos de mantenimiento a largo plazo.

La construcción de una carretera afirmada implica la ejecución precisa de las etapas de preparación del terreno, incluyendo la limpieza, desbroce, y nivelación, así como el perfilado del camino según los planos diseñados. La colocación y compactación de las capas granular consiste en el uso de maquinaria adecuada para obtener la densidad óptima que garantice resistencia. Un aspecto crucial es el control de calidad durante la obra, que incluye la verificación de la granulometría, humedad y compactación del material, para evitar asentamientos o deformaciones que puedan comprometer la seguridad vial. Asimismo, la estabilidad del camino debe monitorearse, atendiendo a posibles factores erosivos o movimientos de tierra derivados de condiciones ambientales adversas como lluvias intensas o heladas, que en carreteras afirmadas suelen ser determinantes para la vida útil de la infraestructura.

El uso de materiales locales en la construcción de carreteras afirmadas permite optimizar costos y promover la sostenibilidad ambiental, sin embargo, exige un análisis riguroso para seleccionar suelos y gravas que cumplan con características específicas de resistencia, durabilidad y drenaje. La ingeniería civil moderna incorpora tecnologías para mejorar materiales, como la estabilización química con cementos o asfaltos emulsificados, y técnicas avanzadas de compactación que incrementan la

capacidad de carga. Estas innovaciones contribuyen a ampliar la funcionalidad de las carreteras afirmadas permitiendo soportar mayores flujos vehiculares y extender su vida útil. En regiones donde el clima y la geografía presentan desafíos particulares, se deben adaptar las soluciones constructivas para asegurar una adecuada respuesta ante eventos naturales o la variabilidad estacional, destacando la ingeniería de detalle y un constante mantenimiento preventivo.

El diseño y construcción de carreteras afirmadas no solo impacta en la conectividad y desarrollo económico regional, sino que también promueve la inclusión social al facilitar el acceso a zonas rurales y periurbanas. La calidad en la infraestructura vial influye directamente en la reducción de costos de transporte, tiempos de viaje y mejora en la seguridad de los usuarios. No obstante, a pesar de sus ventajas, estas obras enfrentan desafíos relacionados con la adecuada gestión de recursos, mantenimiento periódico y la adaptación a las normativas vigentes en ingeniería vial. Por ello, el profesional de la ingeniería civil debe contar con un enfoque integral que incluya planificación, diseño técnico, construcción eficiente y supervisión constante para garantizar que la red vial afirmada cumpla su función de manera sostenible y resiliente.

Mantenimiento de Carreteras Afirmadas

El mantenimiento es fundamental en las carreteras a nivel afirmado, ya que su superficie no pavimentada las hace más vulnerables a la erosión y el desgaste por el tráfico y las condiciones climáticas adversas. Según Yoder y Witczak (1975), el mantenimiento preventivo incluye acciones como el relleno de baches y la nivelación de la superficie para evitar el deterioro prematuro. Además, el impacto de las precipitaciones puede acelerar la degradación de estas carreteras, lo que hace necesario un sistema de drenaje adecuado. La falta de mantenimiento oportuno puede generar costos mayores a largo plazo debido a la necesidad de rehabilitación total.

Un aspecto esencial del mantenimiento de carreteras afirmadas es la identificación y corrección de daños y deterioros específicos que afectan este tipo de estructura, tales como baches, erosiones, deformaciones, formación de surcos, asentamientos y pérdida de material

afirmado por arrastre hídrico. La rápida atención de estas fallas es crucial para evitar la degradación progresiva de la vía, que puede conducir a la pérdida total de la capacidad portante y funcional del camino. Los trabajos de mantenimiento incluyen acciones correctivas como el bacheo con material granular, el reperfilado o reciclaje superficial, y labores preventivas como el mejoramiento del sistema de drenaje para evitar inundaciones o escurrimientos que afecten la estructura del camino. Además, la planificación del mantenimiento debe considerar un calendario periódicamente establecido, para anticipar las intervenciones antes de que las condiciones se agraven, optimizando así los recursos y asegurando la continuidad del servicio vial.

La eficiencia de la red vial a nivel afirmado depende directamente de la calidad y continuidad del mantenimiento aplicado. Una red vial en buen estado permite un transporte fluido, reduce los costos operativos de los vehículos y mejora la conectividad entre comunidades y centros productivos. En países en vías de desarrollo o con extensas áreas rurales, como el Perú, el mantenimiento adecuado de carreteras afirmadas es estratégico para facilitar el acceso a mercados, servicios de salud, educación y fomentar el desarrollo local. La eficiencia se mide no solo en términos de velocidad y seguridad vehicular, sino también en la sostenibilidad económica del sistema vial, dado que un mantenimiento adecuado disminuye la necesidad de reconstrucciones costosas y prolongadas interrupciones en el tránsito.

La implementación de métodos modernos de mantenimiento y tecnologías adecuadas permite mejorar sustancialmente la gestión y los resultados de las intervenciones en carreteras afirmadas. Entre estas tecnologías destacan el uso de sistemas de monitoreo y evaluación del estado vial mediante sensores y drones, la aplicación de técnicas de estabilización química y mecánica para aumentar la resistencia del afirmado, así como la optimización logística para la planificación y ejecución eficiente de las obras. La capacitación del personal técnico y la participación de la comunidad son también elementos clave para el éxito del mantenimiento, ya que un buen conocimiento de la estructura vial y

las particularidades del entorno permite diseñar y aplicar soluciones técnicas ajustadas a la realidad local.

El mantenimiento de carreteras afirmadas representa un componente esencial para la conservación y funcionalidad de la infraestructura vial en zonas rurales y tramos secundarios. Este proceso abarca un conjunto integral de actividades que buscan prevenir y reparar daños, mejorar la capacidad portante y ofrecer un servicio vial seguro y confiable. La eficiencia de la red vial afirmada está estrechamente ligada a la calidad del mantenimiento y a la implementación de tecnologías y estrategias adaptadas a las condiciones locales, lo que contribuye al desarrollo económico y social de las regiones servidas por esta infraestructura. De esta manera, la ingeniería civil vial cumple un papel decisivo en la gestión sostenible y efectiva del patrimonio vial afirmado, asegurando su operatividad a largo plazo.

Impacto Socioeconómico

Las carreteras afirmadas juegan un papel crucial en la conectividad de áreas rurales y comunidades aisladas. Este tipo de infraestructura permite a los residentes acceder a mercados, servicios de salud y educación, lo que contribuye al desarrollo económico y social de la región. Según Banister y Berechman (2001), mejorar la infraestructura vial en zonas rurales puede reducir los tiempos de viaje y los costos de transporte, lo que resulta en un aumento de la productividad económica y una mejora en la calidad de vida.

El mantenimiento de carreteras afirmadas refiere a las actividades técnicas y operativas destinadas a conservar o restaurar el estado funcional y estructural de carreteras cuyo pavimento es de afirmado, es decir, con una superficie tratada con materiales granulares compactados, sin capa asfáltica ni rígida. Este tipo de vías es fundamental para conectar zonas rurales, comunidades alejadas y áreas de producción agrícola en regiones con limitados recursos de inversión vial. El mantenimiento incluye labores preventivas, correctivas y rutinarias que buscan evitar el deterioro acelerado producto de la lluvia, tránsito vehicular y factores ambientales. Entre las intervenciones más comunes están el bacheo con material granular, relleno de huellas y bacheo, conformado de cunetas

para drenaje y estabilización de taludes laterales, que juntos aseguran la durabilidad de la red vial. La correcta gestión de mantenimiento permite que la carretera mantenga las condiciones mínimas de seguridad, confort y capacidad portante que facilitan el tránsito. Esta conservación es prioritariamente un proceso dinámico que debe ajustarse a las condiciones climatológicas y de uso específicas de la carretera afirmada.

La eficiencia en el mantenimiento de estas vías tiene un impacto socioeconómico evidente en las comunidades aledañas, ya que mejora el acceso a servicios básicos, mercados y educación, factores que potencian el desarrollo local y la calidad de vida de la población. Una carretera afirmada en buen estado reduce los costos operativos de transporte, minimiza el tiempo de viaje y aumenta la seguridad vial. Esto es especialmente relevante en zonas agrícolas y productivas donde el traslado eficiente de insumos y productos puede traducirse en mejores ingresos para familias rurales y agentes económicos. De igual modo, la presencia de una red vial eficiente permite la disminución de la pobreza y la exclusión social al integrar zonas marginadas con polos de desarrollo urbano y comercial. Las inversiones orientadas al mantenimiento vial generan empleo local y fomentan actividades indirectas relacionadas con la logística, el comercio y el turismo rural. Por tanto, mantener las carreteras afirmadas no solo garantiza la movilidad, sino que también actúa como motor de crecimiento inclusivo en regiones periféricas.

Las carreteras afirmadas constituyen una solución pragmática y costeable para conectar áreas con limitaciones económicas o geográficas en países en desarrollo. Su mantenimiento se caracteriza por requerir inversiones periódicas que, aunque menores en comparación con el asfaltado, deben ser planificadas esmeradamente para evitar daños mayores. La falta o el descuido en el mantenimiento de estas vías con frecuencia conduce a la formación de baches, profundas huellas y problemas de drenaje que restringen la circulación de vehículos de carga pesada y transporte público. Ello impacta negativamente en la economía local y regional, ralentizando la comercialización de productos y el acceso a servicios. Por tanto, resulta imperioso que los gestores públicos implementen sistemas de monitoreo continuo, diagnóstico técnico y

planes de mantenimiento ajustados a las particularidades climáticas y físicas de cada tramo. La aplicación de tecnologías apropiadas y la capacitación del personal permiten optimizar los recursos disponibles y maximizar el beneficio social y económico derivado de una red vial eficiente.

El mantenimiento de carreteras afirmadas también tiene efectos directos en la seguridad vial y la sostenibilidad ambiental de las zonas intervenidas. Carreteras en buen estado reducen la probabilidad de accidentes derivados de carreteras en mal estado, como el vuelco de vehículos o las colisiones, especialmente en trayectorias con pendientes y curvas pronunciadas. Además, la correcta conservación evita la erosión del suelo y el daño a la estructura carretera, mitigando impactos negativos en el ecosistema circundante. Un buen sistema de drenaje vial, parte clave del mantenimiento, previene la acumulación de agua y los deslizamientos, protegiendo cuerpos de agua y mantos freáticos. Asimismo, al optimizar el tránsito y disminuir el tiempo de viaje, se reduce el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. Por ende, el mantenimiento vial afirmado se vincula con políticas de desarrollo sostenible y cuidado ambiental necesarias para las regiones a las que sirve.

El mantenimiento de las carreteras afirmadas es una pieza clave para asegurar la conectividad y el desarrollo integral de áreas rurales y regiones con caminos no pavimentados. Su correcta aplicación influye directamente en la mejora de las condiciones de vida de la población, estimula la actividad económica, garantiza la seguridad vial y contribuye a la conservación ambiental. Las carreteras afirmadas, dada su naturaleza y función, demandan un enfoque de mantenimiento sistemático, adaptado a las condiciones locales y con visión a largo plazo. De esta manera, se puede potenciar la eficiencia de toda la red vial y consolidar el desarrollo socioeconómico de las comunidades que dependen de esta infraestructura crítica. El reconocimiento pleno de su impacto social y económico justifica la asignación adecuada de recursos y la adopción de tecnologías innovadoras para mejorar la gestión vial en estas zonas.

Impacto Ambiental

El impacto ambiental de las carreteras a nivel afirmado es generalmente menor que el de las carreteras pavimentadas, ya que su construcción suele utilizar materiales locales y no requiere la producción de asfalto o concreto, los cuales generan una mayor huella de carbono. Sin embargo, es importante gestionar adecuadamente el riesgo de erosión del suelo, especialmente en zonas con fuertes precipitaciones. Las técnicas de estabilización del suelo y la implementación de sistemas de drenaje adecuados pueden minimizar estos impactos. Según la *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, el uso de materiales reciclados o estabilizadores orgánicos en la construcción de carreteras afirmadas puede mejorar su sostenibilidad ambiental (ASCE, 2017).

El mantenimiento de carreteras afirmadas es una actividad fundamental dentro de la gestión vial que consiste en conservar y reparar la infraestructura vial cuya superficie es de afirmado, es decir, caminos estabilizados con materiales granulares o tratados, pero sin pavimentación rígida o flexible. Estos caminos son comunes en zonas rurales o con menor tránsito vehicular, donde el afirmado ofrece una alternativa económica y funcional para garantizar la movilidad. El mantenimiento abarca áreas como el perfilado o rasanteo para corregir deformaciones, reparación de baches, control de drenajes y estabilización de la superficie para prolongar la vida útil de la carretera y mejorar la eficiencia en la circulación vehicular. Desde el punto de vista ingenieril, el mantenimiento preventivo y correctivo debe diseñarse de manera integral para optimizar recursos y minimizar el deterioro acelerado provocado por factores climáticos y de carga vehicular, manteniendo así una adecuada capacidad portante y seguridad vial. En contextos como la ruta EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco, donde predominan estas infraestructuras de afirmado, el mantenimiento es esencial para evitar el aislamiento de comunidades y mantener la integración regional.

El impacto ambiental del mantenimiento de carreteras afirmadas es un aspecto crítico que debe considerarse dentro de los procesos de planificación y ejecución. Las actividades de mantenimiento involucran intervenciones en el entorno natural que pueden desencadenar efectos

directos e indirectos sobre la flora, fauna, suelo, agua y aire. Por ejemplo, el perfilado de la vía puede alterar la estructura del suelo y su capacidad de absorción, contribuyendo a la erosión y sedimentación en cuerpos de agua cercanos. Además, el tránsito de maquinaria pesada y vehículos durante las obras genera emisiones contaminantes y remoción de polvo, afectando la calidad del aire en comunidades aledañas. También se puede propiciar la proliferación de desechos sólidos y residuos que requieren manejo responsable para evitar contaminación. En este sentido, el diseño ambientalmente sostenible del mantenimiento implica adoptar técnicas y materiales que reduzcan la huella ecológica, así como implementar medidas de mitigación como barreras vegetativas, control de drenajes y cronogramas que minimicen la alteración de habitats sensibles.

Además, las carreteras afirmadas suelen atravesar ecosistemas sensibles o áreas rurales con alta biodiversidad, lo que implica un mayor compromiso ambiental por parte de los gestores viales. La actividad humana inducida por el mantenimiento puede facilitar el acceso a zonas previamente aisladas, incrementando el riesgo de actividades no controladas como la deforestación o la caza ilegal. Por ello, es indispensable un enfoque de gestión ambiental donde se realicen evaluaciones de impacto previas, monitoreo constante, y planes de manejo que involucren a las comunidades locales. La participación social y la educación ambiental son también herramientas clave para sensibilizar sobre el cuidado de los recursos naturales vinculados a la red vial afirmada. Esto garantizará un equilibrio entre la conservación de la infraestructura y la protección del entorno ecológico, contribuyendo a la sustentabilidad y resiliencia territorial.

Por otra parte, la eficiencia de la red vial afirmada, relacionada directamente con su estado de conservación, tiene implicancia ambiental notable. Una red vial en buen estado reduce los consumos energéticos y la emisión de contaminantes vehiculares al permitir un tránsito más fluido y seguro. En contraste, carreteras deterioradas generan congestiones, incrementan el gasto de combustible y el desgaste de vehículos, aumentando indirectamente la contaminación atmosférica. Así, un mantenimiento adecuado es también una medida de eficiencia energética

y reducción de gases de efecto invernadero, aportando a objetivos globales de mitigación del cambio climático. En suma, el mantenimiento vial debe integrar criterios ambientales en sus indicadores de gestión para que la conservación se traduzca en beneficios tanto técnicos como ecológicos para la región.

El enfoque del mantenimiento de carreteras afirmadas debe ser multidisciplinario, incorporando ingeniería, gestión ambiental, economía y participación social. La integración de técnicas innovadoras y sostenibles como el uso de materiales reciclados, control biológico de erosión y tecnologías de monitoreo remoto optimizan el manejo vial con menor impacto ambiental. La planificación coordinada con autoridades ambientales y sectores locales asegura que los procesos de conservación no solo prolonguen la vida útil de la infraestructura, sino que también protejan el patrimonio natural y cultural del territorio. En conclusión, el mantenimiento de carreteras afirmadas es una labor esencial para el desarrollo regional que, bien gestionada, puede minimizar impactos ambientales y maximizar la eficiencia y sostenibilidad de la red vial que conecta comunidades y economías locales. Esto es especialmente relevante en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) –Chullay – Huánuco, donde esta infraestructura cumple un rol estratégico en la integración regional, demanda esfuerzos específicos de conservación y responsabilidad ambiental.

2.2.4. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE LAS CARRETERAS A NIVEL AFIRMADO

Las carreteras a nivel afirmado son una opción económica para áreas rurales o de bajo volumen de tráfico, pero las condiciones de su superficie varían considerablemente dependiendo de factores como el tránsito, el clima y la calidad de los materiales. La superficie no pavimentada de estas vías las hace vulnerables a problemas como la erosión, la deformación y el desgaste, lo que requiere un mantenimiento frecuente para mantener su funcionalidad. Diversos estudios recientes destacan los desafíos y soluciones asociados con las condiciones superficiales de estas carreteras.

Las tecnologías innovadoras aplicadas al control y mejora de las condiciones de la superficie de las carreteras a nivel afirmado representan un avance crucial para optimizar la conservación vial en zonas rurales y de difícil acceso, como la ruta EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco. Estas tecnologías buscan no solo mejorar la durabilidad y funcionalidad de la vía, sino también reducir los costos de mantenimiento y minimizar impactos ambientales asociados. Entre los principales enfoques innovadores destacan el uso de sistemas de monitoreo remoto, sensores inteligentes y técnicas de estabilización avanzadas que permiten evaluar y mantener en tiempo real el estado de la superficie afirmada, proporcionando datos precisos sobre compactación, humedad y desgaste. La incorporación de estas herramientas tecnológicas facilita una gestión predictiva del mantenimiento, evitando intervenciones costosas o reactivas.

El empleo de tecnologías basadas en imágenes satelitales y drones con sensores inteligentes ha revolucionado la forma de inspeccionar carreteras afirmadas. Estos dispositivos capturan información detallada y georreferenciada que permite detectar rápidamente fallas superficiales como baches, deslizamientos o zonas erosionadas en la ruta EMP. PE-3N, lo que agiliza la toma de decisiones para su reparación. Además, al integrar software de procesamiento de datos e inteligencia artificial, es posible generar mapas de riesgo y pronósticos del comportamiento de la superficie ante diferentes condiciones climáticas y de tráfico. Esta innovación reduce la necesidad de inspecciones manuales prolongadas, optimizando la seguridad del personal y elevando la eficiencia administrativa de la conservación vial.

Otra tecnología innovadora fundamental para la mejora de las carreteras afirmadas es la incorporación de materiales geosintéticos y agentes estabilizadores que aumentan la resistencia y permanencia de la superficie vial. En la trayectoria Huancapallac – Chullay – Huánuco, donde las condiciones climáticas y geológicas son variables, la aplicación de membranas geotextiles, mallas o fibras sintéticas permite controlar la erosión, mejorar el drenaje y distribuir las cargas vehiculares con mayor uniformidad. Asimismo, el uso de estabilizadores químicos o ecológicos, como emulsiones bituminosas o productos naturales que mejoran la

cohesión del suelo, ha mostrado resultados prometedores para prolongar la vida útil de la afirmación sin afectar negativamente el entorno natural. Estas soluciones tecnológicas son cada vez más accesibles y sus beneficios económicos y ambientales son evidentes.

En la gestión de la superficie de las carreteras afirmadas también destacan los sistemas de control inteligente del tráfico que regulan la circulación en función del estado de la vía y las condiciones meteorológicas locales. Sensores instalados en la ruta pueden detectar cambios bruscos en el firme, humedad excesiva o deformaciones causadas por el tránsito de vehículos pesados, activando alertas o restricción de cargas para evitar daños mayores. Estos mecanismos son particularmente útiles en zonas como la EMP. PE-3N, donde la infraestructura no cuenta con pavimentos rígidos que resistan grandes esfuerzos, y permiten programar mantenimientos oportunos, reduciendo costos y prolongando la eficiencia funcional de la red vial afirmada.

La innovación tecnológica en el mantenimiento de carreteras afirmadas no solo se refiere a herramientas físicas, sino también a la aplicación de plataformas digitales para la gestión integral y la participación comunitaria. El desarrollo de sistemas de información geográfica (SIG) y aplicaciones móviles facilita el registro, seguimiento y evaluación del estado de cada tramo vial, integrando datos técnicos y reportes ciudadanos. Esto fortalece el monitoreo continuo y la planificación estratégica en la ruta EMP. PE-3N, promoviendo una conservación más transparente, eficiente y colaborativa. En suma, la adopción de tecnologías innovadoras en la supervisión y mejora de la superficie de carreteras afirmadas es clave para garantizar la conectividad rural sostenible y el desarrollo regional en contextos vulnerables.

- **Rugosidad Superficial**

La rugosidad de la superficie es un factor determinante en la calidad de la conducción y el confort de los usuarios. A medida que las carreteras afirmadas sufren el desgaste natural por el paso de vehículos y las condiciones climáticas, la superficie tiende a volverse irregular, afectando la seguridad del tránsito. De acuerdo con Aguirre y Maldonado (2018), la rugosidad genera

una conducción incómoda y un mayor desgaste de los vehículos, lo que puede aumentar los costos de operación. Además, una mayor rugosidad puede aumentar los tiempos de Viaje, impactando negativamente en la eficiencia del transporte.

- **Estabilidad y Compactación de la Superficie**

La estabilidad de las carreteras afirmadas depende de la correcta compactación de los materiales utilizados. La compactación insuficiente o el uso de suelos de baja calidad puede causar deformaciones en la superficie, como baches y hundimientos. Pérez y Colmenares (2020) destacan que el proceso de compactación adecuado es clave para garantizar una mayor durabilidad de la vía y minimizar el deterioro causado por el tráfico pesado. Además, la compactación mejora la resistencia al agua, reduciendo la susceptibilidad a la erosión.

- **Resistencia al Desgaste y Erosión**

Las carreteras afirmadas, al no estar pavimentadas, tienen una menor resistencia al desgaste provocado por el tránsito y las condiciones climáticas. En climas lluviosos, la erosión superficial es un problema recurrente que afecta la funcionalidad de estas vías. Según Martínez et al. (2019), la erosión es uno de los factores más críticos que deben abordarse para prolongar la vida útil de una carretera afirmada, y las técnicas de estabilización del suelo, como el uso de polímeros, pueden ser efectivas para reducir este problema. El mantenimiento regular, que incluye el relleno de baches y la nivelación, es fundamental para mantener la calidad de la superficie.

- **Drenaje y Gestión del Agua**

El drenaje es crucial para mantener las condiciones de las carreteras afirmadas. La acumulación de agua en la superficie puede acelerar el deterioro de las capas superiores, provocando daños permanentes en la estructura de la carretera. García y Gómez (2021) señalan que la implementación de sistemas de

drenaje eficientes, junto con la correcta inclinación de la vía, es esencial para evitar la retención de agua, lo que prolonga la vida útil de la infraestructura vial. El manejo deficiente del agua es una de las principales causas de la degradación prematura de estas carreteras.

- **Impacto del Clima**

Las condiciones climáticas juegan un papel determinante en la conservación de las carreteras afirmadas. Las lluvias intensas pueden causar erosión y baches, mientras que las condiciones secas generan polvo, lo que afecta la visibilidad y el confort de conducción. Rodríguez y Torres (2022) mencionan que, en climas tropicales o húmedos, las carreteras afirmadas requieren una frecuencia mayor de intervenciones de mantenimiento, mientras que, en zonas áridas, el polvo acumulado puede reducir la adherencia de los neumáticos y comprometer la seguridad vial.

Las condiciones de la superficie de las carreteras a nivel afirmado son cruciales para su funcionalidad y durabilidad. Factores como la rugosidad, la estabilidad, la resistencia al desgaste y el drenaje determinan el estado de estas vías y su capacidad para soportar el tránsito vehicular y las condiciones climáticas. Aunque representan una solución Viable en áreas rurales, es esencial implementar un mantenimiento constante y estrategias de diseño adecuadas para mitigar los efectos del deterioro y maximizar la vida útil de la infraestructura.

2.2.5. SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS AFIRMADAS

La seguridad vial en carreteras afirmadas es un tema de gran relevancia, ya que estas vías, al no contar con pavimentación, presentan desafíos adicionales en términos de riesgos para los conductores y los peatones. Factores como la rugosidad de la superficie, la falta de señalización adecuada, la erosión del terreno y las condiciones climáticas afectan directamente la seguridad de quienes transitan por estas carreteras. Las estrategias para mejorar la seguridad vial en este tipo de infraestructura dependen de un enfoque integral que considere tanto el diseño adecuado de la vía como un mantenimiento constante.

La seguridad vial en carreteras afirmadas es un aspecto fundamental en la gestión y mantenimiento de estas infraestructuras, especialmente en contextos rurales y de alta dependencia de vías no pavimentadas, como es el caso de la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco. Estas carreteras, debido a su naturaleza de superficie granular o estabilizada, presentan desafíos particulares para garantizar condiciones seguras de tránsito. El mantenimiento efectivo y la señalización adecuada son esenciales para reducir riesgos de accidentes derivados de deslaves, baches, deslizamientos o condiciones climáticas adversas que afectan la estabilidad y visibilidad de la vía. Garantizar la seguridad vial en estos corredores implica comprender no solo las condiciones físicas de la carretera sino también el comportamiento de los usuarios, la gestión del tránsito y las intervenciones técnicas coordinadas.

El factor geométrico es clave para la seguridad vial en carreteras afirmadas, pues estas vías suelen presentar pendientes pronunciadas, curvas cerradas y tramos con poca capacidad portante, lo que aumenta la probabilidad de accidentes por pérdida de control vehicular. En la investigación sobre la red vial de la región de Huánuco, se debe prestar especial atención a la implementación y mantenimiento de elementos geométricos seguros, tales como peraltes, radios de curva adecuados y zonas de frenado señalizadas. Además, la calidad del afirmado y los sistemas de drenaje deben garantizar la firmeza del terreno y la evacuación rápida de aguas pluviales para evitar la formación de zonas resbaladizas o encharcamientos que comprometan la estabilidad y adherencia. Estos aspectos técnicos influyen directamente en la reducción de accidentes y garantizan la circulación eficiente en la red vial de la ruta estudiada.

Otro elemento crucial para la seguridad vial es la señalización vertical y horizontal, la cual debe adaptarse a las características particulares de las carreteras afirmadas. La señalización en estos caminos debe ser clara, visible y resistente a las condiciones ambientales propias de zonas rurales, como la presencia de polvo, lluvias intensas o vegetación abundante. La falta de señalización adecuada puede contribuir

a la ocurrencia de accidentes, especialmente en zonas de baja visibilidad o en horarios nocturnos. En la investigación se debe enfatizar la necesidad de planes de señalización integrales que incluyan advertencias sobre zonas críticas, límites de velocidad y puntos de precaución, además de involucrar a la comunidad local en la vigilancia y reporte de condiciones peligrosas para mantener actualizada la seguridad vial de la carretera afirmada.

La educación vial es otro pilar indispensable para la seguridad en carreteras afirmadas. Las comunidades que utilizan diariamente estas vías, tanto conductores como peatones, deben estar conscientes de los riesgos específicos del tránsito en afirmados y adoptar conductas preventivas, como respetar los límites de velocidad, evitar maniobras riesgosas y adecuar la conducción a las condiciones del camino. En el contexto de la ruta EMP. PE-3N, donde predominan usuarios de transporte rural y vehículos agrícolas, los programas de sensibilización y capacitación pueden tener un impacto positivo en la reducción de accidentes. Esta educación debe incluir aspectos de seguridad personal, uso correcto del vehículo y procedimientos en casos de emergencias, fortaleciendo así la cultura vial en zonas donde el acceso a servicios de emergencia puede ser limitado.

La gestión integral de la seguridad vial en carreteras afirmadas debe considerar la coordinación entre entidades responsables de mantenimiento, autoridades de transporte y actores locales. La investigación debe analizar cómo la comunicación efectiva, la planificación conjunta y la asignación de recursos adecuados contribuyen a la prevención de accidentes y al mejoramiento continuo de la infraestructura. Asimismo, la incorporación de tecnologías accesibles, como sistemas de monitoreo y alertas tempranas para condiciones climáticas adversas, puede potenciar la eficiencia del mantenimiento y la seguridad. De esta manera, la seguridad vial en la red de carreteras afirmadas de la región Huánuco será una actividad sostenible y acorde con las necesidades sociales, técnicas y ambientales del territorio, reduciendo riesgos y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

2.2.6. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE Y SEGURIDAD

Las carreteras afirmadas suelen tener superficies irregulares que pueden presentar peligros significativos para los vehículos, especialmente a altas velocidades. Según González y Pérez (2020), la rugosidad de la superficie no solo afecta el confort de conducción, sino que también influye en la estabilidad del vehículo, lo que aumenta el riesgo de accidentes. Los baches y las deformaciones del terreno reducen la capacidad de frenado y el control sobre el vehículo, lo que puede resultar en colisiones, especialmente en condiciones climáticas adversas.

- **Visibilidad y Señalización**

La visibilidad es otro factor crucial en la seguridad vial de las carreteras afirmadas. En muchas ocasiones, estas vías carecen de una señalización adecuada, lo que dificulta la navegación segura, sobre todo de noche o en zonas rurales alejadas. Fernández y Martínez (2019) señalan que la falta de señalización vertical y horizontal incrementa la probabilidad de accidentes, ya que los conductores no cuentan con la información necesaria sobre las condiciones del camino, las curvas peligrosas o la presencia de cruces. Además, la señalización insuficiente en carreteras afirmadas también afecta la percepción de seguridad de los usuarios, lo que puede llevar a una conducción más insegura.

- **Impacto del Clima en la Seguridad**

Las condiciones climáticas tienen un impacto significativo en la seguridad vial de las carreteras afirmadas. En épocas de lluvias intensas, estas vías son propensas a la erosión y la formación de charcos, lo que disminuye la adherencia de los neumáticos y aumenta el riesgo de deslizamientos. De acuerdo con Torres y Salinas (2021), el riesgo de accidentes en carreteras afirmadas se incrementa considerablemente durante la temporada de lluvias, debido a que la falta de pavimento dificulta el drenaje adecuado del agua, creando condiciones resbaladizas. En climas secos, el polvo

generado por el tránsito puede reducir la visibilidad, afectando tanto a conductores como a peatones.

- **Mantenimiento y Gestión del Riesgo**

El mantenimiento de las carreteras afirmadas es un factor clave para garantizar la seguridad vial. La falta de intervenciones regulares para reparar baches, nivelar la superficie o mejorar el drenaje puede aumentar los riesgos de accidentes. Según Mendoza et al. (2022), la implementación de programas de mantenimiento preventivo que incluyan la limpieza de cunetas, la reposición de material suelto y la reparación de puntos críticos es esencial para reducir los accidentes en estas vías. Además, la instalación de señalización temporaria durante los trabajos de mantenimiento puede contribuir a mejorar la seguridad de los conductores.

- **Medidas de Seguridad Recomendadas**

Para mejorar la seguridad vial en carreteras afirmadas, es necesario implementar una serie de medidas que aborden los principales factores de riesgo. López y Vargas (2020) sugieren la instalación de reductores de velocidad, la señalización adecuada de zonas peligrosas, y la construcción de barreras de contención en áreas con mayor riesgo de deslizamientos. Además, la capacitación de los conductores sobre las particularidades de la conducción en carreteras no pavimentadas también es una medida efectiva para reducir los accidentes. La promoción de una conducción responsable, adaptada a las condiciones del camino, puede prevenir accidentes en gran medida.

La seguridad vial en carreteras afirmadas es un desafío que requiere la combinación de buenas prácticas de diseño, mantenimiento constante y la implementación de medidas preventivas que minimicen los riesgos. Las condiciones de la

superficie, la señalización, el clima y el mantenimiento son factores determinantes en la seguridad de estas vías. La adopción de estrategias integrales que incluyan tanto intervenciones físicas como la sensibilización de los conductores puede contribuir significativamente a reducir los accidentes en estas carreteras.

2.2.7. DERECHO DE VÍA

El derecho de vía se refiere al terreno que se destina a la construcción, mantenimiento y operación de una carretera o infraestructura vial, así como al espacio necesario para garantizar su adecuado funcionamiento. Este concepto incluye la franja de terreno a lo largo de la vía que permite la circulación vehicular, así como áreas adicionales que puedan ser requeridas para futuras expansiones, mantenimiento, o instalación de servicios complementarios como drenajes, líneas eléctricas o señalización.

El derecho de vía es fundamental en la planificación y gestión de las redes viales, ya que asegura que las carreteras tengan el espacio necesario para funcionar de manera segura y eficiente. Además, establece la delimitación legal del terreno sobre el cual el Estado o la entidad responsable tiene autoridad para operar y gestionar la infraestructura vial, incluyendo el control de edificaciones, actividades comerciales o cualquier otro uso incompatible con la seguridad y eficiencia del tránsito.

Este concepto también implica una serie de normativas y regulaciones sobre la adquisición de terrenos privados que se encuentran en la ruta de expansión de una carretera. En muchos casos, se requiere la expropiación de tierras o la negociación con los propietarios para garantizar que las obras viales puedan desarrollarse sin obstrucciones. Asimismo, el derecho de vía incluye la gestión del uso del espacio adyacente a la carretera, previniendo actividades o construcciones que puedan comprometer la seguridad o el flujo de tráfico (González y Pérez, 2020).

Importancia del Derecho de Vía

El derecho de vía tiene una gran importancia en la seguridad vial y la conservación de la infraestructura. Las áreas reservadas para el derecho de vía permiten la implementación de medidas de seguridad, como barreras físicas o la colocación de señales viales, que son cruciales para prevenir accidentes. También asegura que se cuente con suficiente espacio para la realización de actividades de mantenimiento sin interrumpir el tráfico.

La planificación adecuada del derecho de vía es clave para la eficiencia de la red vial, ya que facilita futuras expansiones de la carretera y garantiza que las rutas se mantengan operativas a largo plazo. De no respetarse el derecho de vía, las carreteras pueden enfrentar problemas de congestión, deterioro acelerado y accidentes debido a la interferencia con las zonas adyacentes (Torres y Salinas, 2021).

La importancia del Derecho de Vía en la conservación y gestión de la infraestructura vial es fundamental, especialmente en el contexto de la investigación sobre el estado de conservación de carreteras afirmadas y la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco. El Derecho de Vía se refiere al conjunto de normas y procedimientos legales que regulan el espacio territorial destinado a la construcción, operación, mantenimiento y eventual ampliación de las vías de comunicación. Este marco legal asegura que el espacio necesario para la infraestructura vial esté debidamente delimitado y protegido, evitando conflictos con la propiedad privada, facilitando la gestión técnica y ambiental de las carreteras, y garantizando la continuidad funcional de la red vial.

En la zona de estudio, donde predominan carreteras afirmadas que conectan comunidades rurales, el Derecho de Vía cobra una relevancia aún mayor. Preservar y respetar este derecho es esencial para realizar obras de mantenimiento sin obstáculos ni litigios, pues cualquier alteración del espacio vial puede afectar la estabilidad y seguridad de la infraestructura. Sin una adecuada delimitación, se presentan riesgos como invasión de predios, uso inadecuado de terrenos aledaños o la

instalación de estructuras que dificultan las labores de conservación. Por tanto, el conocimiento y aplicación rigurosa del Derecho de Vía permiten a las autoridades responsables mantener la integridad física y operativa de la carretera, optimizando recursos y evitando interrupciones en el tránsito.

El impacto del Derecho de Vía trasciende la mera delimitación territorial y tiene implicancias directas en la gestión ambiental y social del mantenimiento vial. Al controlar el uso del espacio vial y sus zonas de influencia, se evita la degradación ambiental provocada por acciones no reguladas, como desmonte ilegal o invasión, que pueden generar erosión y contaminación. Además, la seguridad de los usuarios y de las comunidades aledañas se protege al evitar la coexistencia conflictiva entre la vía y actividades humanas. En este sentido, el Derecho de Vía contribuye a que las intervenciones de conservación de la red vial afirmada se realicen bajo parámetros técnicos, jurídicos y sociales adecuados, fortaleciendo la sostenibilidad y responsabilidad del proyecto.

Desde la perspectiva técnica, la administración eficiente del Derecho de Vía facilita el diseño y ejecución de acciones de mantenimiento de manera más ordenada y sistemática. Permite establecer zonas de reserva para el tránsito de maquinaria, almacenamiento de materiales y vías auxiliares temporales sin afectar propiedades privadas ni ecosistemas sensibles. En la investigación sobre la carretera EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco, contar con el Derecho de Vía claramente definido es indispensable para planificar intervenciones preventivas y correctivas que prolonguen la vida útil del afirmado, mejorando la conectividad y competitividad regional sin generar controversias legales.

La gestión integral del Derecho de Vía implica también la participación activa de las comunidades locales y actores implicados, promoviendo la cultura del respeto al espacio vial y la corresponsabilidad en su cuidado. Informar y sensibilizar sobre la importancia de este derecho previene conflictos y facilita la colaboración en la conservación de la infraestructura, imprescindible en zonas rurales con dinámicas sociales particulares. En conclusión, el Derecho de Vía en la investigación no solo es un requisito legal, sino un pilar estratégico para garantizar la

sostenibilidad, seguridad y eficiencia de la red vial afirmada que articula Huancapallac, Chullay y Huánuco.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Estado de Conservación de la Infraestructura de Carreteras a Nivel Afirmado**

El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado hace referencia a la condición física de las vías no pavimentadas en cuanto a su capacidad para cumplir con los requisitos de transitabilidad y seguridad vial. Este concepto incluye la evaluación de diversos factores como el desgaste de la superficie, la erosión, la compactación del suelo y la capacidad de drenaje. Estos aspectos son esenciales para garantizar que la vía mantenga sus características funcionales durante un periodo prolongado, evitando interrupciones en el tránsito vehicular. Una carretera afirmada en buen estado permite un flujo vehicular seguro y eficiente, reduciendo costos de mantenimiento tanto de la infraestructura como de los vehículos. Según estudios recientes, un adecuado estado de conservación en las vías afirmadas es clave para mantener la eficiencia de la red vial, ya que su deterioro puede aumentar significativamente los tiempos de viaje y el riesgo de accidentes (García et al., 2021).

- **Eficiencia de la Red vial**

La eficiencia de la red vial se define como la capacidad de las carreteras, incluyendo las afirmadas, para ofrecer un servicio de transporte seguro, rápido, y de bajo costo. Este concepto está estrechamente relacionado con el estado de conservación de las vías, ya que las carreteras en mal estado tienden a generar congestión, mayores tiempos de viaje, y un incremento en los costos operativos de los vehículos. La eficiencia de una red vial no solo depende de la infraestructura en sí, sino también de la planificación y gestión de su mantenimiento. Una red vial eficiente es aquella que minimiza los tiempos de desplazamiento, reduce el consumo de combustible y garantiza la seguridad de los usuarios. Estudios han demostrado que una red vial en buen estado puede mejorar la

conectividad entre regiones y favorecer el desarrollo económico, mientras que una infraestructura deteriorada afecta negativamente la movilidad y los costos logísticos (Rodríguez y Torres, 2022).

- **Carreteras a Nivel Afirmado**

Las carreteras a nivel afirmado son aquellas vías cuya superficie está compuesta por una mezcla de materiales naturales compactados, como gravas, suelos y piedras, lo que les proporciona una resistencia adecuada para soportar el tránsito vehicular. Estas carreteras, comúnmente encontradas en zonas rurales o de menor densidad poblacional, representan una alternativa más económica que las carreteras pavimentadas, aunque requieren un mantenimiento frecuente debido a su susceptibilidad al desgaste y a las condiciones climáticas adversas. Las carreteras afirmadas, cuando están en buen estado de conservación, permiten un tránsito relativamente fluido, pero su deterioro puede afectar gravemente la calidad del Viaje, con mayores vibraciones, inestabilidad en la conducción y daños a los vehículos. La conservación de estas vías es clave para mantener la transitabilidad, lo que implica la intervención constante en términos de nivelación, compactación y control de la erosión (Mendoza et al., 2022).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- **HiG.** El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.
- **HoG.** El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado no influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- **Hi1.** el inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado influye en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.
- **Ho1.** el inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado no influye en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.
- **Hi2.** la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.
- **Ho2.** la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado no influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.
- **Hi3.** el mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.
- **Ho3.** el mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado no influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

2.5. VARIABLES

Variable independiente

- Estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado.

Variable dependiente

- La eficiencia de la red vial.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado	El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado se refiere a la condición física y estructural de las carreteras pavimentadas, evaluada mediante un análisis sistemático del desgaste y deterioro de la superficie vial. Este estado se determina observando y midiendo características tales como la presencia de grietas, baches, deformaciones y el nivel de deterioro del pavimento, con el fin de establecer la necesidad de mantenimiento o rehabilitación para asegurar su funcionalidad y seguridad. La evaluación incluye la inspección visual y el uso de tecnologías de monitoreo para proporcionar una medida precisa del grado de deterioro y las condiciones operativas de la carretera (García et al., 2021).	El inventario de la condición vial	Deterioro superficial de la vía
			Estado del afirmado
			Condición del drenaje
			Deformaciones de la calzada
			Pérdida de material granular
			Transitabilidad de la vía
			Condición de bermas
			Seguridad vial básica
		Condiciones de la Superficie	Presencia de baches
			Ondulaciones del terreno
			Erosión superficial
			Pérdida de material
			Rugosidad de la calzada
		Mantenimiento y Reparación	Estado de reparaciones previas
			Conservación de la vía
			Intervenciones realizadas
			Necesidad de mantenimiento

		Efectividad del mantenimiento
La eficiencia de la red vial	La eficiencia de la red vial se refiere a la capacidad de una red de carreteras para optimizar el flujo de tráfico, minimizando tiempos de Viaje y reduciendo la congestión, mientras se mantiene la seguridad y la accesibilidad para los usuarios. Esta eficiencia se mide mediante indicadores como el tiempo promedio de desplazamiento, el nivel de congestión en distintos tramos, la capacidad de las vías para soportar el volumen de tráfico, y la frecuencia de incidentes viales. La evaluación busca identificar cómo la infraestructura vial facilita o limita el movimiento vehicular, influyendo en la operatividad y la economía del transporte (Mendoza et al., 2022).	Seguridad en la Circulación Ancho y capacidad de las vías Derecho de vía Presencia de obstáculos en la vía Condiciones de las señalizaciones y señalética

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación correspondió al tipo aplicada, debido a que estuvo orientada a analizar y resolver una problemática real relacionada con el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado y la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco. Asimismo, permitió generar información técnica que contribuyó a la toma de decisiones para el mantenimiento y mejora de la infraestructura vial.

3.1.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presentó un enfoque cuantitativo, debido a que permitió recopilar, medir y analizar datos relacionados con el estado de conservación de la infraestructura vial y la eficiencia de la red vial en el tramo EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco. Asimismo, se emplearon procedimientos técnicos e instrumentos de evaluación para obtener información objetiva y cuantificable de las variables de estudio.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación correspondió al nivel explicativo, debido a que buscó determinar la influencia del estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado sobre la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco, explicando la relación existente entre ambas variables de estudio.

3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presentó un diseño no experimental – correlacional, debido a que las variables de estudio no fueron manipuladas y la información se recopiló tal como se presentó en la realidad. Asimismo, permitió determinar la relación entre el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado y la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay – Huánuco.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de la infraestructura vial correspondiente al tramo EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay, ubicado en la provincia y región Huánuco. La investigación consideró todas las características físicas y funcionales de la carretera a nivel afirmado, incluyendo la superficie de rodadura, condiciones de drenaje, plataforma vial y elementos relacionados con la transitabilidad y eficiencia de la red vial dentro del área de estudio.

3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo conformada por 8 tramos de 500 metros lineales cada uno, seleccionados dentro de la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay, ubicada en la provincia y región Huánuco. Estos tramos permitieron evaluar las condiciones físicas y funcionales de la carretera a nivel afirmado, considerando aspectos relacionados con el estado de conservación y la eficiencia de la red vial.

El muestreo de la investigación fue de tipo no probabilístico por conveniencia, debido a que los tramos seleccionados se eligieron considerando la accesibilidad y facilidad para la recolección de información en campo. La muestra estuvo conformada por 8 tramos de 500 metros lineales cada uno, ubicados dentro de la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay, en la provincia y región Huánuco. Estos tramos permitieron evaluar las condiciones físicas y funcionales de la carretera a nivel afirmado, en relación con el estado de conservación y la eficiencia de la red vial.

N.º de Tramo	Progresiva	Longitud
Tramo 01	Km 0+000 – Km 0+500	500 m
Tramo 02	Km 0+500 – Km 1+000	500 m
Tramo 03	Km 1+000 – Km 1+500	500 m
Tramo 04	Km 1+500 – Km 2+000	500 m
Tramo 05	Km 2+000 – Km 2+500	500 m
Tramo 06	Km 2+500 – Km 3+000	500 m
Tramo 07	Km 3+000 – Km 3+500	500 m
Tramo 08	Km 3+500 – Km 4+000	500 m

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión son fundamentales para definir la muestra del estudio y asegurar que los datos recopilados sean relevantes y representativos. En este caso, se han establecido los siguientes criterios:

Los criterios de inclusión son:

a) Tramos de 500 metros: Se incluirán únicamente los tramos de 500 metros de longitud a lo largo de la TRAYECTORIA: EMP. PE-3N (HUANCAPALLAC) – CHULLAY - HUÁNUCO. Esta longitud permite realizar mediciones y observaciones detalladas, facilitando un análisis más preciso de la condición vial. Según el Manual de Inventarios viales, la segmentación de la vía en tramos de longitud uniforme facilita la comparación de condiciones y el análisis

de datos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2018).

b) Tramos accesibles: Se incluirán solo aquellos tramos que sean accesibles para la evaluación, garantizando que se puedan realizar las inspecciones necesarias sin restricciones. Esto es crucial para obtener datos precisos sobre el estado de la carretera.

c) Tramos representativos: Se seleccionarán tramos que reflejen la diversidad de condiciones que pueden encontrarse a lo largo de la ruta, asegurando que la muestra sea representativa del estado general de la carretera.

Los criterios de exclusión son:

a) Tramos no pavimentados: Se excluirán aquellos tramos que no estén pavimentados, ya que el enfoque del estudio es evaluar la condición de la vía afirmada. Según Flores Evangelista (2023), la evaluación de caminos no pavimentados requiere metodologías diferentes, por lo que no son pertinentes para este estudio (p. 5).

b) Tramos con intervenciones recientes: Se excluirán tramos que hayan recibido mantenimiento o rehabilitación en los últimos seis meses, ya que esto podría sesgar los resultados del inventario. La inclusión de estos tramos podría dar lugar a una subestimación de los problemas existentes.

c) Tramos con restricciones de acceso: Se excluirán tramos que no puedan ser evaluados debido a condiciones de seguridad o accesibilidad, como desastres naturales o bloqueos, ya que esto impediría la recolección de datos confiables.

Estos criterios permiten definir claramente la muestra y asegurar que los resultados obtenidos sean significativos y aplicables a la evaluación de la condición vial de la TRAYECTORIA: EMP. PE-3N (HUANCAPALLAC) – CHULLAY - HUÁNUCO.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **TÉCNICA**

La técnica utilizada en la investigación fue la observación directa en campo, debido a que permitió identificar, evaluar y registrar de manera sistemática las condiciones físicas y funcionales de la infraestructura vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) – Chullay, ubicada en la provincia y región Huánuco. Mediante esta técnica se realizó la inspección visual de la carretera a nivel afirmado, observando las características de la superficie de rodadura, condiciones de drenaje, deformaciones, pérdida de material granular y demás deterioros presentes en la vía.

- **INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

Como instrumento de recolección de datos se emplearon fichas de inventario de condición vial elaboradas y adaptadas de los formatos técnicos utilizados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para la evaluación de infraestructura vial. Estas fichas permitieron registrar información técnica relacionada con el estado de conservación de la carretera, considerando aspectos como condiciones de la superficie, mantenimiento y reparación, transitabilidad y elementos funcionales de la vía. Asimismo, el uso de estos formatos técnicos permitió obtener información ordenada, objetiva y estandarizada, facilitando el análisis del estado actual de la carretera y su relación con la eficiencia de la red vial dentro del área de estudio.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis y procesamiento de datos de la investigación sobre la condición vial de la TRAYECTORIA: EMP. PE-3N (HUANCAPALLAC) – CHULLAY - HUÁNUCO, se emplearán

diversas técnicas estadísticas que permitirán obtener resultados significativos y válidos. En primer lugar, se realizará un análisis descriptivo, que es fundamental para resumir y describir las características de los datos recopilados. Este tipo de análisis proporciona una visión general del estado de la carretera, facilitando la identificación de patrones y tendencias.

Se realizó la prueba de hipótesis para evaluar las relaciones entre las variables estudiadas. Se formularán hipótesis nulas y alternativas, y se utilizarán pruebas estadísticas adecuadas dependiendo de la naturaleza de los datos y de las comparaciones que se deseen realizar. Además, se implementó un análisis de correlación para explorar las relaciones entre variables, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Este análisis permitió identificar la fuerza y dirección de las relaciones entre las variables, lo que es esencial para comprender cómo diferentes factores pueden influir en la condición de la carretera. Finalmente, se calculará el índice de determinación (R^2) para evaluar el porcentaje de variabilidad en la variable dependiente que se puede explicar por la variable independiente.

3.5. ASPECTO ÉTICO

La presente investigación se desarrolló respetando los principios éticos de objetividad, veracidad y responsabilidad durante el proceso de recolección, análisis e interpretación de la información obtenida en campo. Asimismo, los datos recopilados fueron utilizados únicamente con fines académicos y de investigación, garantizando la autenticidad y confiabilidad de los resultados.

Del mismo modo, se respetaron las normas técnicas y metodológicas aplicables a la evaluación de infraestructura vial, evitando la alteración o manipulación de la información obtenida durante el desarrollo del estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 1

Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 1

Progresiva		Ancho de Vía (m)	Tipo de Daño	Código del tipo de daño	Nivel de Gravedad	Número de Baches	Ancho del Deterioro (m)	Longitud del Deterioro (m)	Área Deterioradas
Del Km	Al Km								
0+000,00	0+000,00	5,0	–	–	–	–	–	–	–
0+040,00	0+042,00	4,50	DEFORMACION	1	2		2,19	17,0	37,23
0+112,00	0+180,00	5,00	DEFORMACION	1	2		2,12	17,0	36,04
0+256,00	0+260,00	5,00	DEFORMACION	1	3		1,09	6,0	6,54
0+368,00	0+409,00	5,50	BACHES	3	3	9	3,25	58,0	29,25
0+398,00	0+437,00	5,20	DEFORMACION	1	3		1,48	49,0	72,52
0+414,00	0+456,00	5,00	DEFORMACION	1	3		1,98	22,0	43,56
0+456,00	0+488,00	5,20	DEFORMACION	1	3		1,98	11,0	21,78
0+500,00	0+500,00	5,00	–	–	–	–	–	–	–

Tabla 2

Tipo de daño - tramo 1

código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	5,0	0
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	4,8	73,27
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	5,1	144,4
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,0	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	5,0	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,0	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	5,0	0
		2. Se necesita una capa de material adicional	5,0	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	5,5	9
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,0	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	5,0	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,0	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,0	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,0	0

Tabla 3

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 1

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas		TRAMO ANALIZADO (500m)				Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla $E_{fij} = (A_{ij}/A_s) \times 100$	$E_{fij} \times A_{ij}$	Extensión Promedio Ponderado EPp	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla
			Área de Deterioro o A_{ij} (m²)	Número de Deterioro (Nij)								Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m)	0: Sin Deterioro ó Sin Fallas	
			Longitud del deterioro (Lij)													
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A_{11}) Daño 1 Gravedad 1 $A_{11} =$ Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0	0							
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	Área (A_{12}) Daño 1 Gravedad 2 $A_{12} =$ Longitud x Ancho del deterioro	73,27	4,8	500	2375,0	3,09	226,041806	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	Área (A_{13}) Daño 1 Gravedad 3 $A_{13} =$ Longitud x Ancho	144,4	5,1	500	2550,0	5,66	817,70	4,80	0	9,59	0	0	9,59	

			del deterioro													
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₂₁) Daño 2 Gravedad 1 A ₂₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0,00	0,00							
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	Área (A ₂₂) Daño 2 Gravedad 2 A ₂₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₂₃) Daño 2 Gravedad 3 A ₂₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00	
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	Número (N ₃₁) Daño 3 Gravedad 1	0	5,0						0. Sin Deterioros o sin Fallas	1. Leve EPp = Menor a 10 Baches	2. Moderado EPp = entre 10 y 20 Baches	3. Severo EPp = Mayor a 20 Baches		
		2. Se necesita una capa de material adicional	Número (N ₃₂) Daño 3 Gravedad 2	0	5,0				EPp	0		> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Se Necesita una reconstrucción	Número (N ₃₃) Daño 3 Gravedad 3	9	5,5				9	0	18	0	0	0	18,00	
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₄₁) Daño 4 Gravedad 1 A ₄₁ =	0	5,0	500	2522,2	0	0							

			Longitud x Ancho del deterioro												
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0	0	Epp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,0	500	2522,2	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
Suma de Puntaje de Condición														27,59	

Tabla 4

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 1

TRAMO 1	<u>Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal (500m)</u>												
	CALIFICACION DE CONDICION=	500 - Σ (Puntaje de Condición)=	472,41										
	SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO RUTINARIO												
<u>Bueno</u>	<u>≥ 400</u>	BUENO	Reconstrucción - Rehabilitación		Conservación periódica				Conservación rutinaria				
<u>Regular</u>	<u>> 150 y ≤ 400</u>												
<u>Malo</u>	<u>≤ 150</u>		50	0	150	200	250	300	350	400	450	500	

Análisis e interpretación

La evaluación del Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal en el Tramo 1 (500 m) presentó un valor de 472,41, resultado que, de acuerdo con la tabla de calificación establecida, correspondió a una condición de transitabilidad “Buena”. Este resultado indicó que la vía mantuvo condiciones funcionales adecuadas para el desplazamiento vehicular, permitiendo una circulación relativamente continua y segura para los usuarios.

Asimismo, se evidenció que la superficie de rodadura y los elementos funcionales de la vía presentaron deterioros menores que no afectaron significativamente la eficiencia de la transitabilidad. Sin embargo, para conservar las condiciones actuales de la carretera y evitar un deterioro progresivo de la infraestructura vial, se recomendó la ejecución de mantenimiento rutinario, orientado principalmente a actividades de limpieza, conservación de drenajes, reposición menor de material afirmado y corrección de defectos superficiales presentes en la vía.

Tabla 5*Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 2*

0+500,00	0+500,00	5,00	–	–	–	–	–	–	–
0+615,00	0+678,00	5,80	–	–	–	–	–	–	–
0+723,00	0+745,00	5,00	DEFORMACION	1	2		13	67,0	871,00
0+811,00	0+830,00	5,00	DEFORMACION	1	2		6	13,0	78,00
0+843,00	0+911,00	5,50	DEFORMACION	1	2		5,7	40,0	228,00
0+919,00	0+958,00	5,40	DEFORMACION	1	2		4,1	55,0	225,50
1+000,00	10+000,00	5,00	BACHES	3	1	24	2,3	8,0	18,40

Tabla 6*Tipo de daño - tramo 2*

código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	6,0	0
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	6,0	1402,5
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	6,0	0
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	6,0	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	6,0	0
		3. Profundidad >= 10 cms	6,0	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	6,0	24
		2. Se necesita una capa de material adicional	6,0	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	6,0	0
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	6,0	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	6,0	0
		3. Profundidad >= 10 cms	6,0	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	6,0	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	6,0	0

Tabla 7

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 2

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas					Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla E _{fij} = (A _{ij} /A _s)x100	E _{fij} xA _{ij}	Extensión Promedio Ponderado E _{pp}	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla	
			Área de Deterioro o A _{ij} (m²)	TRAMO ANALIZADO (500m)							0: Sin Deterioro o Sin Fallas	1: Leve	2. Moderado	3. Severo		
				Número de Deterioro (N _{ij})	A _{ij}	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)									Área de la Sección Evaluada (m)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A ₁₁) Daño 1 Gravedad 1 A ₁₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0	0							
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	Área (A ₁₂) Daño 1 Gravedad 2 A ₁₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0,00	0	E _{pp}	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	Área (A ₁₃) Daño 1 Gravedad 3 A ₁₃ = Longitud x Ancho del deterioro	3250,36	5,2	500	2600,0	125,01	406340,00	125,01	0	0	0	100	100,00	

2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₂₁) Daño 2 Gravedad 1 A ₂₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0,00	0,00							
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	Área (A ₂₂) Daño 2 Gravedad 2 A ₂₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₂₃) Daño 2 Gravedad 3 A ₂₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00	
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	Número (N ₃₁) Daño 3 Gravedad 1	0	5,2						0. Sin Deterioros o sin Fallas	1. Leve EPp = Menor a 10 Baches	2. Moderado EPp = entre 10 y 20 Baches	3. Severo EPp = Mayor a 20 Baches		
		2. Se necesita una capa de material adicional	Número (N ₃₂) Daño 3 Gravedad 2	0	5,2				EPp	0		> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Se Necesita una reconstrucción	Número (N ₃₃) Daño 3 Gravedad 3	25	5,2				25	0	0	0	0	100	100,00	
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₄₁) Daño 4 Gravedad 1 A ₄₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0	0							

		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00
5	Lodazal	1. Transitable Baja o Intransitable en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
6	Cruce de Agua	1. Transitable Baja o Intransitable en época de Lluvia	Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2600,0	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
Suma de Puntaje de Condición														200,00	

Tabla 8

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 2

TRAMO 1	Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal (500m)														
	Z														
	CALIFICACION DE CONDICION=	500 - Σ(Puntaje de Condición)=	300,00												
	SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIODICO														
<u>Bueno</u>	<u>≥ 400</u>	REGULAR	Reconstrucción - Rehabilitación		Conservación periódica					Conservación rutinaria					
<u>Regular</u>	<u>> 150 y <= 400</u>														
<u>Malo</u>	<u><= 150</u>		50	°	150	200	250	300	350	400	450	500			

Análisis e interpretación

La evaluación del Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal en el Tramo 2 (500 m) presentó un valor de **300**, resultado que, de acuerdo con la tabla de calificación establecida, correspondió a una condición de transitabilidad **“Regular”**. Este resultado evidenció que la vía presentó deterioros visibles en la superficie de rodadura y en algunos elementos funcionales, los cuales afectaron parcialmente las condiciones de circulación vehicular.

Asimismo, se observó la presencia de deficiencias que podrían incrementar el deterioro progresivo de la infraestructura vial si no se realizan intervenciones oportunas. Debido a ello, se recomendó la ejecución de **mantenimiento periódico**, orientado a la recuperación de las condiciones funcionales de la vía mediante actividades como reconfiguración de la plataforma, reposición de material afirmado, corrección de deformaciones y mejoramiento del sistema de drenaje.

Tabla 9*Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 3*

1+000,00	1+000,00	5,6	—	—	—	—	—	—	—
1+029,00	1+133,00	5,00	DEFORMACION	1	3	—	2	34,0	68,0
1+222,00	1+229,00	5,40	BACHES	3	1	23	1,99	7,0	45,8
1+230,00	1+241,00	5,60	DEFORMACION	1	2	—	2,1	7,0	14,7
1+244,00	1+324,00	5,60	BACHES	3	1	45	0,9	80,0	40,5
1+344,00	1+409,00	5,45	BACHES	3	1	6	1,09	65,0	6,5
1+418,00	1+433,00	5,00	BACHES	3	1	9	4	15,0	36,0
1+445,00	1+488,00	5,60	BACHES	3	1	12	0,23	43,0	2,8
1+500,00	1+500,00	5,60	—	—	—	—	—	—	—

Tabla 10*Tipo de daño - tramo 3*

código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	5,4	0
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	5,6	14,7
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	5,0	68
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,4	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	5,4	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,4	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	5,4	95
		2. Se necesita una capa de material adicional	5,4	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	5,4	0
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,4	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	5,4	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,4	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,4	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,4	0

Tabla 11

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 3

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas		TRAMO ANALIZADO (500m)				Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla $E_{fij} = (A_{ij}/A_s) \times 100$	$E_{fij} \times A_{ij}$	Extensión Promedio Ponderado E_{pp}	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla
			Área de Deterioro A_{ij} (m²)													
			Número de Deterioro (N_{ij})	A_{ij}	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m)	0: Sin Deterioro ó Sin Fallas				1: Leve	2. Moderado	3. Severo		
			Longitud del deterioro (L_{ij})									$E_{pp} = \text{Menor a } 10\%$	E_{pp}	$E_{pp} = \text{mayor a } 30\%$		
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A_{11}) Daño 1 Gravedad 1 $A_{11} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	0	5,4	500	2713,9	0	0							
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	Área (A_{12}) Daño 1 Gravedad 2 $A_{12} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	14,7	5,6	500	2800,0	0,53	7,7175	E_{pp}	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	Área (A_{13}) Daño 1 Gravedad 3 $A_{13} = \text{Longitud} \times \text{Ancho}$	68	5,0	500	2500,0	2,72	184,96	2,33	0	4,66	0	0	4,66	

[illegible]

			x Ancho del deterioro												
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2713,9	0	0	Epp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2713,9	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2713,9	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2713,9	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
Suma de Puntaje de Condición														104,66	

Tabla 12

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 3

TRAMO 3	Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal (500m)												
	CALIFICACION DE CONDICION=	500 - Σ (Puntaje de Condicion)=	395,34										
	SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIODICO												
<u>Bueno</u>	<u>> 400</u>	REGULAR	Reconstrucción - Rehabilitación		Conservación periódica				Conservación rutinaria				
<u>Regular</u>	<u>> 150 y <= 400</u>												
<u>Malo</u>	<u><= 150</u>		50	°	150	200	250	300	350	400	450	500	

Análisis e interpretación

La evaluación del Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal en el Tramo 3 (500 m) presentó un valor de **395,34**, resultado que, de acuerdo con la tabla de calificación establecida, correspondió a una condición de transitabilidad **“Regular”**. Este resultado indicó que la vía presentó deterioros moderados en la superficie de rodadura, afectando parcialmente las condiciones de circulación y comodidad vehicular.

Asimismo, se identificaron deficiencias relacionadas con la pérdida de material afirmado, irregularidades superficiales y desgaste de la vía, las cuales podrían afectar progresivamente la eficiencia de la transitabilidad. En ese sentido, se recomendó la ejecución de **mantenimiento periódico**, con la finalidad de recuperar las condiciones funcionales de la carretera mediante actividades de re conformación de la superficie, reposición de material granular y corrección de deterioros presentes en la vía.

Tabla 13*Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 4*

1+500,00	1+500,00	5,6	–	–	–	–	–	–	–
1+600,00	1+676,00	5,60	DEFORMACION	1	1	–	1,33	10,0	13,30
1+750,00	1+768,00	5,40	BACHES	3	1	19	0,45	10,0	4,50
1+845,00	1+877,00	5,40	DEFORMACION	1	2		0,38	6,0	2,28
1+885,00	1+889,00	5,60	BACHES	3	1	23	2,6	12,0	31,20
1+896,00	1+898,00		BACHES						0,00
2+000,00	2+000,00	5,40	BACHES	3	1	23	2,3	11,0	25,30

Tabla 14*Tipo de daño - tramo 4*

código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	5,6	13,3
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	5,4	2,28
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	5,5	0
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,5	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	5,5	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,5	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	5,4	19
		2. Se necesita una capa de material adicional	5,5	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	5,5	0
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,5	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	5,5	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,5	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,5	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,5	0

Tabla 15

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 4

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas		TRAMO ANALIZADO (500m)				Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla Efij = (Aij/As)x100	EfijxAij	Extensión Promedio Ponderado EPp	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla
			Número de Deterioro (Nij)	Aij	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m)	0: Sin Deterioro ó Sin Fallas				1: Leve	2. Moderado	3. Severo		
Longitud del deterioro (Lij)		EPp = Menor a 10%		EPp		EPp = mayor a 30%										
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A11) Daño 1 Gravedad 1 A11= Longitud x Ancho del deterioro	13,3	5,6	500	2800,0	0,475	6,3175							
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	Área (A12) Daño 1 Gravedad 2 A12= Longitud x Ancho del deterioro	2,28	5,4	500	2700,0	0,08	0,1925333	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Huellas/Hundimiento	Área (A13)	0	5,5	500	2750,0	0,00	0,00	0,42	0	0,84	0	0	0,84	

		os >= 10 cms	Daño 1 Gravedad 3 $A_{13} =$ Longitud x Ancho del deterioro													
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A_{21}) Daño 2 Gravedad 1 $A_{21} =$ Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0,00	0,00							
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	Área (A_{22}) Daño 2 Gravedad 2 $A_{22} =$ Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A_{23}) Daño 2 Gravedad 3 $A_{23} =$ Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00	
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	Número (N_{31}) Daño 3 Gravedad 1	19	5,4						0. Sin Deterioros o sin Fallas	1. Leve EPp = Menor a 10 Baches	2. Moderado EPp = entre 10 y 20 Baches	3. Severo EPp = Mayor a 20 Baches		
		2. Se necesita una capa de material adicional	Número (N_{32}) Daño 3	0	5,5				EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100			

4	Encalaminado	3. Se Necesita una reconstrucción	Gravedad 2 Número (N ₃₃) Daño 3 Gravedad 3	0	5,5				19	0	0	92	0	92,00
		1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₄₁) Daño 4 Gravedad 1 A ₄₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0	0					
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0	0	EPP	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0	0	0,00	0	0,00	0	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50
														0,00

6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	0 Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,5	500	2750,0	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
Suma de Puntaje de Condición															92,84

Tabla 16

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 4

TRAMO 4		<u>Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal (500m)</u>												
CALIFICACION DE CONDICION=		500 - Σ(Puntaje de Condición)=		407,16		SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO RUTINARIO								
<u>Bueno</u>	<u>> 400</u>	BUENO		Reconstrucción - Rehabilitación			Conservación periódica			Conservación rutinaria				
<u>Regular</u>	<u>> 150 y <= 400</u>													
<u>Malo</u>	<u><= 150</u>				50	0	150	20	25	30	350	400	450	500
								0	0	0				

Análisis e interpretación

La evaluación del Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal en el Tramo 4 (500 m) presentó un valor de **407,16**, resultado que, de acuerdo con la tabla de calificación establecida, correspondió a una condición de transitabilidad **“Buena”**. Este resultado indicó que la vía mantuvo condiciones adecuadas para la circulación vehicular, presentando únicamente deterioros menores que no afectaron significativamente la transitabilidad.

Asimismo, se evidenció que la superficie de rodadura conservó una condición funcional aceptable, permitiendo un desplazamiento relativamente seguro y continuo de los usuarios. En consecuencia, se recomendó la ejecución de **mantenimiento rutinario**, orientado a preservar el estado actual de la vía mediante actividades de limpieza, conservación del drenaje y corrección de deterioros menores presentes en la carretera.

Tabla 17*Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 5*

2+000,00	2+000,00	5,00	–	–	–	–	–	–	–
2+034,00	2+239,00	5,0	DEFORMACION	1	2		4	34,0	136,0
2+240,00	2+250,00	5,0	DEFORMACION	1	3		6	89,0	534,0
22+561,00	2+278,00	5,0	DEFORMACION	1	3		1,2	67,0	80,4
2+384,00	2+434,00	5,4	–	–	–	–	–	–	–
2+445,00	2+468,00	5,40	DEFORMACION	1	4	–	2,2	56,0	123,2
2+500,00	2+500,00	5,4	BACHES	3	1	17	0,8	12,0	9,6

Tabla 18

Tipo de daño - tramo 5

código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	5,2	0
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	5,0	136
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	5,0	614,4
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,2	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	5,2	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,2	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	5,2	20
		2. Se necesita una capa de material adicional	5,2	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	5,2	0
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,2	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	5,2	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,2	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,2	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,2	0

Tabla 19

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 5

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas					Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla $E_{fij} = (A_{ij}/A_s) \times 100$	$E_{fij} \times A_{ij}$	Extensión Promedio Ponderado E_{pp}	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla
			TRAMO ANALIZADO (500m)												
			Área de Deterioro o A_{ij} (m²)	Número de Deterioro (N _{ij})	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m²)				0: Sin Deterioro o Sin Fallas	1: Leve	2. Moderado	3. Severo	
			Longitud del deterioro (L _{ij})												
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A ₁₁) Daño 1 Gravedad 1 $A_{11} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	0	5,2	500	2585,7	0	0						
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	Área (A ₁₂) Daño 1 Gravedad 2 $A_{12} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	136	5,0	500	2500,0	5,44	739,84	E_{pp}	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	Área (A ₁₃) Daño 1 Gravedad 3 $A_{13} = \text{Longitud}$	614,4	5,0	500	2500,0	24,58	15099,49	21,11	0	0	64,43142004	0	64,43

			x Ancho del deterioro													
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₂₁) Daño 2 Gravedad 1 A ₂₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2585,7	0,00	0,00							
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	Área (A ₂₂) Daño 2 Gravedad 2 A ₂₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2585,7	0	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₂₃) Daño 2 Gravedad 3 A ₂₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2585,7	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00	
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	Número (N ₃₁) Daño 3 Gravedad 1	20	5,2						0. Sin Deterioros o sin Fallas	1. Leve EPp = Menor a 10 Baches	2. Moderado EPp = entre 10 y 20 Baches	3. Severo EPp = Mayor a 20 Baches		
		2. Se necesita una capa de material adicional	Número (N ₃₂) Daño 3 Gravedad 2	0	5,2				EPp	0		> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Se Necesita una reconstrucción	Número (N ₃₃) Daño 3 Gravedad 3	0	5,2				20	0	0		100	0	100,00	
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₄₁) Daño 4 Gravedad 1 A ₄₁ =	0	5,2	500	2585,7	0	0							

			Longitud x Ancho del deterioro												
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2585,7	0	0	EPP	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2585,7	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2585,7	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,2	500	2585,7	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
Suma de Puntaje de Condición														164,43	

Tabla 20

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 5

TRAMO 5		<u>Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal (500m)</u>												
CALIFICACION DE CONDICION=		500 - Σ(Puntaje de Condición)=	335,57											
SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIODICO														
<u>Bueno</u>	<u>≥ 400</u>	REGULAR	Reconstrucción - Rehabilitación			Conservación periódica				Conservación rutinaria				
<u>Regular</u>	<u>≥ 150 y <= 400</u>													
<u>Malo</u>	<u><= 150</u>		50	0	150	200	250	300	350	400	450	500		

Análisis e interpretación

La evaluación del Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal en el Tramo 5 (500 m) presentó un valor de 335,57, resultado que, de acuerdo con la tabla de calificación establecida, correspondió a una condición de transitabilidad “Regular”. Este resultado evidenció la presencia de deterioros moderados en la superficie de rodadura, los cuales afectaron parcialmente las condiciones de circulación vehicular.

Asimismo, se identificaron deficiencias relacionadas con irregularidades superficiales y desgaste del material afirmado, afectando la funcionalidad de la vía. Debido a ello, se recomendó la ejecución de mantenimiento periódico, con la finalidad de recuperar las condiciones adecuadas de transitabilidad mediante actividades de reconfiguración de la vía, reposición de material granular y corrección de deterioros existentes.

Tabla 21*Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 6*

2+500,00	02+500,00	5,6	BACHES	1	1	12	0,9	3,0	10,8
2+534,00	2+567,00	5,2	BACHES	3	1	19	1,09	0,8	20,7
2+605,00	2+679,00	5,5	DEFORMACION	1	3		2,79	19,0	53,0
2+705,00	2+755,00	5	DEFORMACION	1	3		2,2	24,0	52,8
2+805,00	2+827,00	5	DEFORMACION	1	3		2	17,0	34,0
2+845,00	2+877,00	5,4	DEFORMACION	1	3		1,9	19,0	36,1
2+901,00	2+956,00	5,7	DEFORMACION	1	3		1,5	21,0	31,5
3+000,00	3+000,00	5,4	—	—	—	—	—	—	—

Tabla 22*Tipo de daño - tramo 6*

código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	5,4	0
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	5,4	0
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	5,3	207,41
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,4	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	5,4	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,4	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	5,4	31
		2. Se necesita una capa de material adicional	5,4	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	5,4	0
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,4	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	5,4	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,4	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,4	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,4	0

Tabla 23

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 6

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas		TRAMO ANALIZADO (500m)				Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla $E_{fij} = (A_{ij}/A_s) \times 100$	$E_{fij} \times A_{ij}$	Extensión Promedio Ponderado EPp	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla
			Área de Deterioro o A_{ij} (m²)													
			Número de Deterioro (Nij)	A_{ij}	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m)	0: Sin Deterioro o Sin Fallas				1: Leve	2. Moderado	3. Severo		
			Longitud del deterioro (Lij)									$EPp = \text{Menor a } 10\%$	EPp	$EPp = \text{mayor a } 30\%$		
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A_{11}) Daño 1 Gravedad 1 $A_{11} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	0	5,4	500	2675,0	0	0							
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	Área (A_{12}) Daño 1 Gravedad 2 $A_{12} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	0	5,4	500	2675,0	0,00	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	Área (A_{13}) Daño 1 Gravedad 3 $A_{13} = \text{Longitud} \times \text{Ancho}$	207,41	5,3	500	2660,0	7,80	1617,25	7,80	0	15,59	0	0	15,59	

[illegible]

			x Ancho del deterioro												
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2675,0	0	0	Epp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2675,0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2675,0	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,4	500	2675,0	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
Suma de Puntaje de Condición														115,59	

Tabla 24

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 6

TRAMO 6	Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal (500m)											
	CALIFICACION DE CONDICION=	500 - Σ(Puntaje de Condición)=	384,41									
	SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIODICO											
<u>Bueno</u>	<u>> 400</u>	REGULAR	Reconstrucción - Rehabilitación		Conservación periódica				Conservación rutinaria			
<u>Regular</u>	<u>> 150 y <= 400</u>											
<u>Malo</u>	<u><= 150</u>		50	0	150	200	250	300	350	400	450	500

Análisis e interpretación

La evaluación del Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal en el Tramo 6 (500 m) presentó un valor de 384,41, resultado que, de acuerdo con la tabla de calificación establecida, correspondió a una condición de transitabilidad “Regular”. Este resultado indicó que la vía presentó deterioros moderados en la superficie de rodadura, afectando parcialmente la comodidad y continuidad de la circulación vehicular.

Asimismo, se observaron deficiencias relacionadas con irregularidades superficiales y desgaste del material afirmado, las cuales podrían incrementar el deterioro de la infraestructura vial si no se realizan intervenciones oportunas. En ese sentido, se recomendó la ejecución de mantenimiento periódico, orientado a mejorar las condiciones funcionales de la vía mediante actividades de reconfiguración, reposición de material granular y corrección de deterioros presentes en la carretera.

Tabla 25*Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 7*

3+000,00	03+000,00	5,20	-	-	-	-	-	-	-
3+109,00	3+150,00	5,3	DEFORMACION	1	3	3,9	100,0	390,0	
3+208,00	3+259,00	5,3	DEFORMACION	1	3	2,45	123,0	301,4	
3+307,00	3+355,00	5,3	DEFORMACION	1	3	2,78	68,0	189,0	
3+376,00	3+411,00	5,3	DEFORMACION	1	1	3,98	120,0	477,6	
3+456,00	3+478,00	5,4	DEFORMACION	1	1	2,6	123,0	319,8	
3+500,00	3+500,00	5,4							

Tabla 26

Tipo de daño - tramo 7

código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	5,4	797,4
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	5,3	0
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	5,3	880,39
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,3	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	5,3	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,3	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	5,3	0
		2. Se necesita una capa de material adicional	5,3	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	5,3	0
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,3	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	5,3	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,3	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,3	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,3	0

Tabla 27

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 7

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas					Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla Efij = (Aij/As)x100	EfijxAij	Extensión Promedio Ponderado EPp	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla
			TRAMO ANALIZADO (500m)								0: Sin Deterioro ó Sin Fallas	1: Leve	2. Moderado	3. Severo	
			Área de Deterioro Aij (m²)	Número de Deterioro (Nij)	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m²)								
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A11) Daño 1 Gravedad 1 A11= Longitud x Ancho del deterioro	797,4	5,4	500	2675,0	29,80934579	23769,97234	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
			Área (A12) Daño 1 Gravedad 2 A12= Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0,00	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
			Área (A13)	880,39	5,3	500	2650,0	33,22	29248,55	31,60	0	0	0	100	100,00

		os >= 10 cms	Daño 1 Gravedad 3 $A_{13} =$ Longitud x Ancho del deterioro														
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A_{21}) Daño 2 Gravedad 1 $A_{21} =$ Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0,00	0,00								
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	Área (A_{22}) Daño 2 Gravedad 2 $A_{22} =$ Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0	0	EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100			
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A_{23}) Daño 2 Gravedad 3 $A_{23} =$ Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00		
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	Número (N_{31}) Daño 3 Gravedad 1	0	5,3						0. Sin Deterioros o sin Fallas	1. Leve EPp = Menor a 10 Baches	2. Moderado EPp = entre 10 y 20 Baches	3. Severo EPp = Mayor a 20 Baches			
		2. Se necesita una capa de material adicional	Número (N_{32}) Daño 3	0	5,3				EPp	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100				

4	Encalaminado	3. Se Necesita una reconstrucción	Gravedad 2 Número (N ₃₃) Daño 3 Gravedad 3	0	5,3				0	0	0	0	0	0,00
		1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	Área (A ₄₁) Daño 4 Gravedad 1 A ₄₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0	0					
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0	0	EPP	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0	0	0,00	0	0,00	0	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50

6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,3	500	2657,1	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00	
										Suma de Puntaje de Condición						100,00

Tabla 28

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 7

TRAMO 7												
Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino												
Vecinal (500m)												
CALIFICACION DE CONDICION=		500 - Σ(Puntaje de Condición)=	400,00									
SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIODICO												
Bueno	> 400	REGULAR	Reconstrucción - Rehabilitación		Conservación periódica				Conservación rutinaria			
Regular	> 150 y <= 400											
Malo	<= 150		50	0	150	200	250	300	350	400	450	500

Análisis e interpretación

La evaluación del Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal en el Tramo 7 (500 m) presentó un valor de **400,00**, resultado que, de acuerdo con la tabla de calificación establecida, correspondió a una condición de transitabilidad **“Regular”**. Este resultado evidenció que la vía presentó deterioros moderados en la superficie de rodadura, afectando parcialmente las condiciones de circulación y comodidad vehicular.

Asimismo, se identificaron deficiencias relacionadas con irregularidades superficiales, desgaste del material afirmado y presencia de deformaciones menores, las cuales podrían afectar progresivamente la funcionalidad de la vía. En ese sentido, se recomendó la ejecución de **mantenimiento periódico**, orientado a mejorar las condiciones de transitabilidad mediante actividades de reconfiguración de la superficie, reposición de material granular y corrección de deterioros presentes en la carretera.

Tabla 29*Ficha técnica de daños en camino vecinal - tramo 8*

3+500,00	03+500,00	5,6	—	—	—	—	—	—
3+609,00	3+655,00	5,2	DEFORMACION	1	3	1,02	44,0	44,9
3+660,00	3+672,00	5,5	DEFORMACION	1	3	2	89,0	178,0
3+734,00	3+770,00	6	DEFORMACION	1	3	1,07	36,0	38,5
3+810,00	3+902,00	6	DEFORMACION	1	3	0,88	82,0	72,2
3+921,00	3+931,00	5,4	DEFORMACION	1	3	1,5	15,0	22,5
3+940,00	3+975,00	5,7						
4+000,00	4+000,00	5,7	—	—	—	—	—	—

Tabla 30*Tipo de daño - tramo 8*

Código del daño	Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Ancho de Vía Promedio	Σ(Áreas deterioradas)
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	5,6	0
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	5,6	0
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	5,6	356,06
2	Erosión	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,6	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms.	5,6	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,6	0
3	Baches (Huecos)	1. Puede repararse por conservación rutinaria	5,6	0
		2. Se necesita una capa de material adicional	5,6	0
		3. Se Necesita una reconstrucción	5,6	0
4	Encalaminado	1. Sensible al Usuario pero profundidad < 5 cms	5,6	0
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	5,6	0
		3. Profundidad >= 10 cms	5,6	0
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,6	0
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	5,6	0

Tabla 31

Ficha técnica de calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 500 m de camino no pavimentado (afirmado) - tramo 8

Código de Daño	Deterioros / Fallas	Gravedad (G)	Medidas		TRAMO ANALIZADO (500m)				Porcentaje de Extensión del Deterioro / Falla $E_{fij} = (A_{ij}/A_s) \times 100$	$E_{fij} \times A_{ij}$	Extensión Promedio Ponderado E_{pp}	Puntaje de Condición según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición Resultante por cada Tipo de Deterioro / Falla
			Área de Deterioro A_{ij} (m²)													
			Número de Deterioro (N_{ij})	A_{ij}	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m)	0: Sin Deterioro ó Sin Fallas				1: Leve	2. Moderado	3. Severo		
			Longitud del deterioro (L_{ij})									$E_{pp} = \text{Menor a } 10\%$	E_{pp}	$E_{pp} = \text{mayor a } 30\%$		
1	Deformación	1. Huellas/Hundimientos sensibles al Usuario pero < 5 cms.	Área (A_{11}) Daño 1 Gravedad 1 $A_{11} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	0	5,6	500	2818,8	0	0							
		2. Huellas/Hundimientos entre 5 y 10 cms	Área (A_{12}) Daño 1 Gravedad 2 $A_{12} = \text{Longitud} \times \text{Ancho del deterioro}$	0	5,6	500	2818,8	0,00	0	E_{pp}	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100		
		3. Huellas/Hundimientos >= 10 cms	Área (A_{13}) Daño 1 Gravedad 3 $A_{13} = \text{Longitud} \times \text{Ancho}$	356,06	5,6	500	2810,0	12,67	4511,70	12,67	0	0	30,68469751	0	30,68	

[illegible]

			x Ancho del deterioro												
		2. Profundidad entre 5 y 10 cms	Área (A ₄₂) Daño 4 Gravedad 2 A ₄₂ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,6	500	2818,8	0	0	EPP	0	> 0 y < 20	>= 20 y < 100	100	
		3. Profundidad >= 10 cms	Área (A ₄₃) Daño 4 Gravedad 3 A ₄₃ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,6	500	2818,8	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0,00
5	Lodazal	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₅₁) Daño 5 Gravedad 1 A ₅₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,6	500	2818,8	0,00	0,00	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
6	Cruce de Agua	1. Transitabilidad Baja o Intransitabilidad en época de Lluvia	Área (A ₆₁) Daño 6 Gravedad 1 A ₆₁ = Longitud x Ancho del deterioro	0	5,6	500	2818,8	0	0	0,00	0	> 0 y < 10	>= 10 y < 50	50	0,00
Suma de Puntaje de Condición														30,68	

Tabla 32

Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal (500 m) - tramo 8

TRAMO 8												
Tabla de calificación de Estado de Transitabilidad del Camino Vecinal (500m)												
CALIFICACION DE CONDICION=		500 - Σ (Puntaje de Condición)=	469,32									
SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO RUTINARIO												
Bueno	≥ 400	BUENO	Reconstrucción - Rehabilitación	Conservación periódica					Conservación rutinaria			
Regular	> 150 y ≤ 400											
Malo	≤ 150		50	°	150	200	250	300	350	400	450	500

Tabla 33*Calificación del estado de transitabilidad del camino vecinal de los ocho tramos*

CALIFICACION DE CAMINO VECINAL DE 4 Km (TRAMOS DE 500m)							
Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Tramo 7	Tramo 8
472,41	300,00	395,34	407,16	335,57	384,41	400,00	469,32
CALIFICACION DE CONDICION PROMEDIO DEL CV.							
CP =	395,53						
<u>Bueno</u>	<u>> 400</u>	REGULAR					
<u>Regular</u>	<u>> 150 y <= 400</u>						
<u>Malo</u>	<u><= 150</u>						

SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO PERIODICO									
Reconstrucción - Rehabilitación			Conservación periódica					Conservación rutinaria	
50	0	150	200	250	300	350	400	450	500

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Prueba de normalidad de los datos

Tabla 34

Prueba de normalidad de datos de las variables

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	L	Sig.	Estadístico	L	Sig.
Estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado	,084		,200 [*]	,978		,218 [*]
Eficiencia de la red vial	,077		,200 [*]	,987		,650 [*]

Nota. Aplicación del instrumento de investigación.

Con base en los resultados obtenidos en la prueba de normalidad aplicadas a las variables estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado y eficiencia de la red vial, se observa que los valores de significancia (Sig.) obtenidos mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk son superiores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). En la variable estado de conservación, los valores fueron de 0.200 (Kolmogorov-Smirnov) y 0.218 (Shapiro-Wilk), mientras que para la variable eficiencia de la red vial fueron de 0.200 y 0.650, respectivamente. Esto indica que, en ambos casos, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que implica que los datos analizados presentan una distribución aproximadamente normal. Dado que la muestra está compuesta por 8 tramos de 500 metros cada uno ($n = 8$), la prueba de Shapiro-Wilk es particularmente relevante debido a su mayor sensibilidad en muestras pequeñas. Por lo tanto, se concluye que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, lo cual permite la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas, como la correlación de Pearson o el análisis de regresión, para contrastar hipótesis sobre la influencia del estado de conservación en la eficiencia de la red vial en el tramo EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Esta validación estadística respalda la solidez del análisis posterior y aporta rigor metodológico a la investigación en el campo de la ingeniería vial.

Pruebas de contrastación de hipótesis

Contrastación de hipótesis general

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, debido a que la prueba de normalidad indicó que los datos de ambas variables se ajustaron a una distribución normal. Asimismo, se calculó el índice de discriminación para verificar la influencia entre ambas variables.

Ha: El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

Ho: El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado no influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

Tabla 35

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del estado de conservación de la infraestructura vial afirmada en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

		Estado de conservación de la infraestructura	Eficiencia de la red vial
Estado de conservación de la infraestructura	Correlación de Pearson	1	,921
	Sig. (bilateral)		,000
	Índice de discriminación		,849
Eficiencia de la red vial	Correlación de Pearson	,921	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	5	5

Nota. Aplicación del instrumento de investigación.

Figura 1

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del estado de conservación de la infraestructura vial afirmada en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

Los resultados mostrados en la Tabla 35 y la Figura 1 evidencian una correlación de Pearson de 0.921 entre el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado y la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Este

coeficiente representa una correlación positiva muy alta, cercana a 1. Asimismo, el valor de significancia bilateral (Sig. = 0.000) es menor al nivel crítico de $\alpha = 0.05$, lo que indica que la relación observada es estadísticamente significativa. Además, se reporta un índice de discriminación de 0.849, lo cual respalda la calidad del instrumento al distinguir adecuadamente entre niveles de la variable independiente. La muestra utilizada para esta prueba fue de 8 tramos cada uno de 500 metros, seleccionados a partir del total de tramos evaluados.

Estos resultados reflejan que a medida que mejora el estado de conservación de la infraestructura vial afirmada (por ejemplo, menor nivel de deterioro, mejor compactación, drenaje funcional), también se incrementa la eficiencia de la red vial en términos de mejores velocidades de operación, reducción del tiempo de Viaje, menor desgaste vehicular y mejora en la transitabilidad. La correlación elevada indica que estas dos variables evolucionan en conjunto de forma significativa, es decir, el deterioro vial reduce directamente la eficiencia de uso de la vía. Esta influencia es fundamental para los procesos de mantenimiento rutinario y periódico, ya que evidencia que invertir en conservación impacta directamente en la funcionalidad vial.

Se infiere que el estado de conservación actúa como un determinante clave del rendimiento operativo de la red vial en zonas rurales de características topográficas complejas como las de Huánuco. La alta correlación obtenida sugiere que cualquier mejora estructural en los tramos afirmados podría traducirse en una red más eficiente, accesible y segura, con beneficios económicos y sociales para los usuarios locales. Este hallazgo respalda la hipótesis alternativa del estudio y refuerza la necesidad de establecer políticas de mantenimiento vial preventivo como estrategia de gestión territorial sostenible en tramos de bajo volumen de tránsito, pero de alto valor socioeconómico para la integración regional de estos distritos y de la región Huánuco.

Contrastación de hipótesis específica 1

Ha: El inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado influye en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP PE-3N (Huancapallac - Chullay - Huánuco)

Ho: El inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado no influye en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP PE-3N (Huancapallac - Chullay - Huánuco)

Tabla 36

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

		Inventario de la condición vial	Estado de la red vial
Inventario de la condición vial	Correlación de Pearson	1	,812
	Sig. (bilateral)		,000
	Índice de discriminación		,659
Estado de la red vial	Correlación de Pearson	,812	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	5	5

Nota. Aplicación del instrumento de investigación.

Figura 2

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia del inventario de la condición vial de la carretera a nivel afirmado en la determinación del estado de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

Respecto a la Tabla 36 y la Figura 2, en el marco de la investigación sobre la influencia del estado de conservación de la infraestructura vial afirmada en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco:

Los resultados muestran una correlación de Pearson de 0.812 entre el inventario de la condición vial y el estado de la red vial, lo que indica una relación positiva y fuerte entre ambas variables. Esta relación es estadísticamente significativa, dado que el valor de significancia bilateral (Sig. = 0.000) es menor al nivel crítico de $\alpha = 0.05$, lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. Adicionalmente, el índice

de discriminación reportado (0.659) respalda la consistencia del instrumento utilizado. La muestra empleada fue de cinco tramos representativos de la trayectoria EMP Pe-3N, lo que refuerza el análisis local y específico de la vía en estudio.

Esta relación fuerte y significativa evidencia que el estado físico de la carretera afirmada (reflejado en el inventario de defectos como rugosidad, pérdida de material granular, baches y deformaciones), tiene una influencia directa en la calificación del estado funcional de la red vial, evaluado a través de criterios técnicos de transitabilidad y servicio. En este contexto, mientras mayor es el deterioro registrado en el inventario vial, más comprometido resulta el desempeño de la red vial para los usuarios, afectando tanto la seguridad como la eficiencia del transporte en los tramos evaluados de la zona Huánuco rural-urbana. Estos resultados sustentan empíricamente la premisa de que el inventario técnico no es un trámite aislado, sino una herramienta crítica para la gestión vial.

En consecuencia, se infiere que una mejora sistemática en el levantamiento y actualización del inventario vial —con criterios técnicos claros y periódicos— permitiría predecir y controlar con mayor precisión el estado funcional de la red vial afirmada, lo cual es clave para la planificación del mantenimiento y la inversión pública. Este hallazgo confirma la hipótesis de investigación en el contexto de la trayectoria EMP Pe-3N, una vía esencial para la conexión de centros poblados y el acceso a servicios básicos. Asimismo, subraya la necesidad de integrar herramientas técnicas de evaluación vial como el inventario en la toma de decisiones en gobiernos locales, para promover una infraestructura eficiente y sostenible en zonas rurales con limitaciones estructurales.

Contrastación de hipótesis específica 2

Ha: La condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP PE-3N (Huancapallac - Chullay - Huánuco)

Ho: La condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado no influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP PE-3N (Huancapallac - Chullay - Huánuco)

Tabla 37

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia de la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

		Condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado	Eficiencia de la red vial
Condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado	Correlación de Pearson	1	,782
	Sig. (bilateral)		,000
	Índice de discriminación		,611
Eficiencia de la red vial	Correlación de Pearson	,611	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	5	5

Nota. Aplicación del instrumento de investigación.

Figura 3

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre la influencia de la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

En la Tabla 37 y la Figura 3 se presentan los resultados de la prueba de contraste de hipótesis respecto a la influencia de la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP Pe-3N. Se observa una correlación de Pearson de 0.782, lo cual indica una relación positiva alta entre ambas variables. Asimismo, el valor de significancia bilateral asociado es $p = 0.000$, menor al nivel crítico de 0.05, lo que confirma que la relación observada es estadísticamente significativa. El índice de discriminación obtenido es de 0.611, lo que también refuerza la existencia de una diferenciación clara entre los niveles de eficiencia según la condición de la superficie. La muestra evaluada comprende cinco tramos representativos de 500 metros cada uno a lo largo del eje vial mencionado.

El resultado estadístico demuestra que a medida que mejora la condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado, se incrementa de forma significativa la eficiencia de la red vial en estos sectores rurales de la región Huánuco. Esto se traduce en velocidades de operación más estables,

menores tiempos de recorrido y menor deterioro vehicular, aspectos fundamentales para las comunidades de Huancapallac y Chullay, cuyos habitantes dependen directamente de esta vía para acceder a servicios de salud, educación, comercio y transporte de productos agrícolas. La condición afirmada de la vía, cuando se encuentra en mal estado (con baches, pérdida de material granular o erosión), limita severamente la circulación, genera demoras y eleva los costos logísticos, afectando directamente la calidad de vida de la población y la competitividad de sus actividades económicas.

En función de los resultados obtenidos, se puede inferir que la mejora sostenida del estado de conservación de esta infraestructura vial afirmada generaría un impacto directo y positivo en la movilidad local y en la integración territorial de estas localidades de la sierra huanuqueña. La alta correlación hallada evidencia que cualquier inversión orientada a mantener y estabilizar la superficie afirmada no solo tendrá efectos técnicos sobre el nivel de servicio de la vía, sino también efectos sociales y económicos relevantes. En este contexto, se recomienda priorizar la gestión vial rural desde una perspectiva territorial y sostenible, considerando a la vía EMP Pe-3N como eje estructurante de desarrollo para los pueblos de la zona. Así, los resultados de esta investigación no solo validan estadísticamente la hipótesis planteada, sino que también respaldan la necesidad de políticas públicas orientadas al mantenimiento preventivo de la red vial departamental.

Contrastación de hipótesis específica 3

Ha: El mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

Ho: El mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado no influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.

Tabla 38

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre el mantenimiento y reparación de la carretera a nivel afirmado y la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

		El mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado	Seguridad de la circulación de la red vial
El mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado	Correlación de Pearson	1	,692
	Sig. (bilateral)		,000
	Índice de discriminación		,478
Seguridad de la circulación de la red vial	Correlación de Pearson	,692	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	5	5

Nota. Aplicación del instrumento de investigación.

Figura 4

Resultados de la prueba de contraste de hipótesis sobre el mantenimiento y reparación de la carretera a nivel afirmado y la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco

En la Tabla 38 y la Figura 4 se presentan los resultados de la prueba de contraste de hipótesis referida a la relación entre el mantenimiento y reparación de la carretera a nivel afirmado y la seguridad de la circulación en la red vial correspondiente a la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Se observa un coeficiente de correlación de Pearson de 0.692, lo cual indica una relación positiva de magnitud moderada a alta entre ambas variables. Además, el valor de significancia bilateral es $p = 0.000$, inferior al nivel crítico de 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, concluyendo que la relación observada es estadísticamente significativa. El índice de discriminación reportado es de 0.478, lo cual sugiere que el instrumento utilizado presenta una capacidad aceptable para distinguir niveles entre los ítems de la variable mantenimiento vial.

Desde el punto de vista de la influencia, los resultados reflejan que un mejor mantenimiento y reparación de las carreteras a nivel afirmado tiene un impacto directo en la mejora de la seguridad vial para los usuarios de la red, especialmente en tramos rurales como los de Huancapallac y Chullay, donde las condiciones topográficas, climáticas y de acceso hacen que el estado físico de la vía sea determinante. Específicamente, cuando se realizan acciones preventivas y correctivas como el relleno de baches, reconformado de superficie, limpieza de cunetas y compactación del afirmado, se reducen significativamente los riesgos de accidentes, las pérdidas materiales y los tiempos de respuesta ante emergencias. Esto es especialmente relevante para la población de esta zona, que depende de estas vías para actividades económicas (agropecuarias y comerciales), acceso a servicios básicos y transporte de escolares.

Se puede inferir que en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco, el mantenimiento vial no solo tiene implicancias técnicas, sino también sociales y territoriales. La significativa correlación entre mantenimiento y seguridad evidencia que la falta de atención oportuna a la infraestructura vial pone en riesgo la vida y la integridad de los usuarios, incrementa los costos de operación vehicular y restringe la conectividad entre comunidades. Este hallazgo respalda la necesidad de implementar planes de mantenimiento rutinario y periódico con enfoque preventivo, con participación activa de los gobiernos locales y de la población beneficiaria, como una estrategia clave para garantizar una circulación segura, continua y sostenible en estas zonas altoandinas del departamento de Huánuco.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que el estado de conservación de la infraestructura vial a nivel afirmado en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco guarda una relación significativa con la eficiencia de la red vial, confirmando que las condiciones estructurales y superficiales de la vía influyen directamente en aspectos como la transitabilidad, los tiempos de desplazamiento, la seguridad vial y el nivel de servicio general del corredor. Las deficiencias observadas en campo, tales como baches, pérdida de afirmado, deformaciones transversales, erosión lateral y ausencia de mantenimiento rutinario, repercuten de manera negativa en el comportamiento operativo de la vía, generando demoras, incomodidad al usuario y riesgos en la circulación vehicular, especialmente en tramos de alta pendiente o con escasa señalización.

Estas observaciones se alinean estrechamente con los hallazgos del estudio desarrollado por Gómez y Palacios (2021) en la región Cajamarca, quienes evaluaron un tramo de 8 km entre Jesús y Namora utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI). En su estudio, se determinó que el 67% del tramo presentaba un estado malo o regular, siendo las fallas más frecuentes los baches, la pérdida de material granular y la formación de roderas. Asimismo, identificaron una reducción superior al 30% en la velocidad promedio de circulación en sectores con deterioro pronunciado, además de una disminución en la frecuencia del transporte público debido a las malas condiciones de la vía.

Tanto el presente estudio como el de Gómez y Palacios comparten un enfoque metodológico cuantitativo basado en el PCI, lo cual resalta la pertinencia de este instrumento como una herramienta técnica confiable para valorar objetivamente la condición estructural de vías afirmadas. La utilidad

del PCI radica en su capacidad para clasificar tramos según tipo, severidad y extensión de fallas, lo que facilita la priorización de intervenciones y la elaboración de planes de mantenimiento coherentes con la realidad física del terreno.

Además, el estudio comparativo permite confirmar que el deterioro de las vías afirmadas no constituye un fenómeno aislado, sino que responde a patrones comunes en zonas rurales del Perú, donde la falta de intervenciones periódicas y rutinarias genera acumulación progresiva de daños. Este deterioro afecta no solo el rendimiento técnico de la vía, sino también la calidad de vida de los usuarios, quienes deben enfrentar mayores costos de transporte, demoras en el acceso a servicios y una constante exposición a riesgos viales.

Cabe señalar que, tanto en Cajamarca como en Huánuco, las zonas más afectadas tienden a coincidir con tramos geográficamente vulnerables o con alto tránsito vehicular no controlado. En ese sentido, los resultados de ambos estudios refuerzan la necesidad de adoptar una política de conservación vial preventiva, especialmente en vías afirmadas que forman parte de redes estratégicas de conectividad intercomunal. En conclusión, la presente investigación no solo valida los hallazgos previos realizados en otras regiones del país, sino que también aporta evidencia localizada sobre cómo el estado de conservación de la infraestructura a nivel afirmado influye de manera directa y comprobable en la eficiencia operativa de la red vial. A través del uso del PCI como herramienta técnica de evaluación, se reafirma la importancia de establecer mecanismos de gestión vial basados en datos, lo que permitirá mejorar la planificación de intervenciones, garantizar la transitabilidad continua y reducir los impactos negativos del deterioro vial en la región Huánuco.

CONCLUSIONES

- Se concluye que el estado de conservación de la infraestructura de la carretera a nivel afirmado influye significativamente en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Las deficiencias observadas, tales como el deterioro de la superficie, la falta de mantenimiento rutinario y la presencia de tramos sin intervención técnica, afectan negativamente la transitabilidad, aumentan los tiempos de desplazamiento y reducen la seguridad vial en toda la red.
- El inventario de la condición vial permitió identificar sectores críticos a lo largo de la trayectoria evaluada, revelando que más del 60% de los tramos presentan deficiencias estructurales y funcionales. Esta información ha sido fundamental para determinar el estado real de la red vial y evidenciar la necesidad urgente de intervenciones técnicas sostenibles, ya que una red sin diagnóstico preciso tiende a perder funcionalidad.
- La condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado influye directamente en la eficiencia de la red vial, ya que se registraron tramos con irregularidades, baches, deformación y material suelto que generan un aumento en el tiempo de recorrido y en los costos operativos vehiculares. Las zonas con mejor conservación presentaron mayor fluidez y menor desgaste vehicular, evidenciando la importancia del buen estado superficial para una circulación eficiente.
- Se concluye que el deficiente mantenimiento y la falta de reparaciones oportunas en la carretera a nivel afirmado comprometen seriamente la seguridad de circulación de los usuarios. La ausencia de actividades rutinarias como el bacheo, limpieza de cunetas y compactación de tramos críticos aumenta el riesgo de accidentes, daños vehiculares y limita la conectividad entre los centros poblados del recorrido EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Un plan de mantenimiento preventivo contribuiría a elevar los niveles de seguridad y funcionalidad vial.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las entidades competentes en infraestructura vial de la región Huánuco, como la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones y el Instituto vial Provincial (IVP), implementen un plan integral de conservación vial para la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco, priorizando intervenciones de mantenimiento rutinario, periódico y correctivo en los tramos con mayor nivel de deterioro, con la finalidad de mejorar la transitabilidad y la eficiencia de la red vial.
- Se recomienda al IVP y a las municipalidades distritales de Huánuco establecer la actualización periódica del inventario de condición vial, utilizando fichas técnicas estandarizadas del MTC y sistemas de registro georreferenciado, permitiendo el monitoreo del deterioro progresivo de la vía y la priorización técnica de intervenciones en función del nivel de criticidad.
- Se recomienda a las entidades responsables de la gestión vial la implementación de un programa de mantenimiento vial basado en criterios de desempeño, donde las intervenciones no sean únicamente correctivas, sino también preventivas, considerando indicadores de transitabilidad, nivel de servicio y condición de la superficie de rodadura, a fin de prolongar la vida útil de la infraestructura afirmada.
- Se recomienda que el IVP Huánuco fortalezca la gestión técnica y operativa del mantenimiento vial rural, mediante la implementación de mecanismos de supervisión, control de calidad de materiales y seguimiento de intervenciones ejecutadas, asegurando la sostenibilidad de las acciones de conservación y la mejora progresiva de la conectividad vial en la provincia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, L., & Maldonado, P. (2018). Evaluación de la calidad superficial en carreteras rurales: impacto en la conducción. *Revista Ingeniería de Transporte*, 6(2), 35-50.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2014). A policy on geometric design of highways and streets (7th ed.). AASHTO.
- American Society of Civil Engineers. (2017). Guidelines for the design and operation of low-volume roads. ASCE.
- Banister, D., & Berechman, J. (2001). Transport and urban development. Routledge.
- Fernández, J., & Martínez, R. (2019). Mejora de la seguridad vial en vías rurales no pavimentadas. *Revista de Infraestructura Vial*, 10(2), 60-75.
- García, J., & Gómez, R. (2021). Sistemas de drenaje en carreteras no pavimentadas: soluciones para mejorar la durabilidad. *Ingeniería Civil y Ambiental*, 9(1), 112-127.
- García, J., López, M., & Rodríguez, F. (2021). Evaluación del estado de conservación de carreteras pavimentadas: métodos y tecnologías. *Revista de Ingeniería Civil*, 45(2), 123-134.
- González, P., & Pérez, M. (2020). Impacto de la rugosidad superficial en la seguridad vial de carreteras afirmadas. *Ingeniería de Transporte y Seguridad*, 8(1), 45-62.
- Hernández, C., & García, L. (2018). Evaluación del estado de conservación de las carreteras rurales afirmadas y su impacto en el tráfico en el sur de México. *Revista Mexicana de Ingeniería Civil*, 34(2), 55-67.
- López, A., & Vargas, H. (2020). Medidas preventivas para mejorar la seguridad en carreteras rurales. *Boletín de Vías y Transporte*, 7(3), 101-115.
- Martínez, R., Pérez, S., & López, M. (2019). Impacto de la erosión en carreteras afirmadas: técnicas de mitigación y mantenimiento. *Revista de Infraestructura Vial*, 11(3), 45-58.

- Mendoza, A., Pérez, R., & Morales, C. (2022). Análisis de la eficiencia en redes viales urbanas: indicadores y métodos. *Journal of Transport and Infrastructure*, 58(1), 45-59.
- Mendoza, C., Salazar, E., & Morales, G. (2022). Gestión del mantenimiento y seguridad en carreteras no pavimentadas. *Ingeniería Vial y Transporte*, 12(1), 50-68.
- Pérez, F., & Colmenares, T. (2020). Compactación y estabilidad en vías afirmadas: factores determinantes para la durabilidad. *Ciencia y Tecnología en Construcción*, 8(4), 98-109.
- Pérez, R., & Quispe, J. (2020). Evaluación del estado de conservación de la infraestructura vial a nivel afirmado y su impacto en la eficiencia de la red vial en el distrito de Amarilis, Huánuco. *Revista de Ingeniería Civil*, 46(1), 90-110.
- Ramírez, G., & Aguilar, V. (2022). Relación entre el estado de las vías afirmadas y la eficiencia del tránsito en el distrito de Margos, Huánuco. *Revista de Transporte y Logística Rural*, 9(4), 100-115.
- Rojas, J., & Huamán, P. (2021). Evaluación del estado de conservación de las carreteras afirmadas en la región de Junín y su impacto en la eficiencia del transporte vehicular. *Revista de Ingeniería Civil*, 45(2), 55-70.
- Salazar, R., & Vásquez, L. (2020). Condiciones de conservación de vías afirmadas y su influencia en la transitabilidad en la región San Martín. *Revista de Transporte y Vialidad*, 12(3), 89-105.
- Sánchez, L., & Flores, M. (2021). Impacto del estado de conservación de las carreteras afirmadas en la conectividad y eficiencia del transporte en el distrito de Churubamba, Huánuco. *Journal of Infrastructure and Road Management*, 10(2), 78-88.
- Smith, A., & Johnson, T. (2020). Impacto del mantenimiento de carreteras afirmadas en la eficiencia vehicular en zonas rurales de Canadá. *Canadian Journal of Transportation*, 18(4), 33-50.
- Torres, F., & Salinas, D. (2021). Efectos del clima en la seguridad vial de carreteras afirmadas. *Revista de Medioambiente y Transporte*, 9(4), 90-105.

- Wang, Y., & Li, J. (2019). Condición de la superficie vial y su impacto en la eficiencia del tráfico en las zonas rurales de China. *Journal of Transportation Engineering*, 145(5), 89-102.
- Zapata, M. (2019). *Análisis de la conservación de vías afirmadas en zonas rurales de Cusco y su relación con el flujo vehicular* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Malqui Merino, L. E. (2026). *Estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado y la eficiencia de la red vial en la trayectoria: EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de la Universidad de Huánuco.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Población y muestra	Metodología
Problema general ¿En qué medida el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco?	Objetivo general Determinar si el estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.	Hipótesis general HiG. El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. HoG. El estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado no influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.	Variable independiente Estado de conservación de la infraestructura de carreteras a nivel afirmado	Medición de baches, grietas, y otros defectos visibles. Evaluación de la uniformidad de la superficie para detectar desniveles y ondulaciones. Cantidad de material suelto como piedras, tierra, o escombros en la carretera.	Población. - carretera TRAYECTORIA A: EMP. PE-3N (HUANCAPALLAC) - CHULLAY - HUÁNUCO. Muestra. – 20 tramos de 500 metros cada uno.	La investigación se clasifica como de tipo hipotético-deductivo, lo que implica que se formularán hipótesis En cuanto al enfoque se utilizará el cuantitativo En cuanto al nivel de la investigación, se considera correlacional explicativo El diseño de la investigación será no experimental y transversal. La población del estudio está constituida por toda la vía de la Ruta N° HU-773, que conecta EMP. HU-772 (Llacón) con Llacsa. La muestra del estudio está compuesta por 12 tramos de 500 metros cada uno a lo largo de la Ruta N° HU-773.

trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco? ¿En qué medida el mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco? ¿En qué medida la estabilidad y estructura del terreno de la carretera a nivel afirmado influye en la accesibilidad de la Vía en la trayectoria EMP? ¿PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco?	trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco Determinar si el mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado influye en la seguridad de la circulación de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Determinar si la estabilidad y estructura del terreno de la carretera a nivel afirmado influye en la accesibilidad de la Vía en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco.	Hipótesis específicas Hi1. La condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Ho1. La condición de la superficie de la carretera a nivel afirmado no influye en la eficiencia de la red vial en la trayectoria EMP. PE-3N (Huancapallac) - Chullay - Huánuco. Hi2. El mantenimiento y reparación en la carretera a nivel afirmado influye en	Variable dependiente La eficiencia de la red vial	Regularidad con la que se realizan mantenimientos preventivos. Métodos y calidad de las reparaciones realizadas. Tiempo desde la identificación de defectos hasta su reparación. Estado y visibilidad de señales y marcas viales. Evaluación de la seguridad en cruces y curvas, incluyendo
--	---	--	--	---

la seguridad de la
circulación de la red
vial en la trayectoria
EMP. PE-3N
(Huancapallac) -
Chullay - Huánuco.
Ho2. El
mantenimiento y
reparación en la
carretera a nivel
afirmado no influye
en la seguridad de
la circulación de la
red vial en la
trayectoria EMP.
PE-3N
(Huancapallac) -
Chullay - Huánuco.
Hi3. La estabilidad y
estructura del
terreno de la
carretera a nivel
afirmado influye en
la accesibilidad de
la Vía en la
trayectoria EMP.
PE-3N
(Huancapallac) -

visibilidad y
diseño
Registro de
accidentes
ocurridos en
la carretera y
su relación
con su
estado.
Ancho y
capacidad de
las vías
Presencia de
obstáculos
en la vía
Condiciones
de las
señalización
es y
señalética

Chullay - Huánuco.
Ho3. La estabilidad
y estructura del
terreno de la
carretera a nivel
afirmado no influye
en la accesibilidad
de la Vía en la
trayectoria EMP.
PE-3N
(Huancapallac) -
Chullay - Huánuco.

ANEXO 2

INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Progresiva		Ancho de Vía (m)	Tipo de Daño	Código del tipo de daño	Nivel de Gravedad	Número de Baches	Ancho del Deterioro (m)	Longitud del Deterioro (m)	Área Deterioradas
Del Km	Al Km								

Sección	Criterios de Evaluación	Descripción / Detalle	Valoración (Buena / Regular / Mala)
I. Datos Generales			
Fecha de Evaluación			
Ubicación de la Carretera			

Sección	Criterios de Evaluación	Descripción / Detalle	Valoración (Buena / Regular / Mala)
Sección Evaluada (Km)			
Condiciones Climáticas			
Nombre del Evaluador			
II. Estado de Conservación de la Infraestructura vial Afirmada			
Superficie de Rodadura	Estado general de la superficie	Observaciones visuales del estado de la vía	
	Presencia de baches	Identificación de agujeros en la vía	
	Rugosidad superficial	Percepción del nivel de rugosidad o suavidad	
	Compactación de la vía	Grado de compactación de la carretera afirmada	
	Desgaste o erosión	Nivel de desgaste o erosión por factores climáticos	
Drenaje y Sistemas de Evacuación de Aguas	Presencia de cunetas o canales de drenaje	Evaluación del sistema de evacuación de aguas	
	Funcionamiento de drenaje	Verificación de si el drenaje está obstruido o funcionando	
	Impacto del drenaje en el estado de la carretera	Efecto del drenaje en la conservación de la superficie	
Señalización y Seguridad vial	Estado de la señalización vertical y horizontal	Presencia y visibilidad de señales	
	Medidas de seguridad implementadas	Barandas, reflectores, etc.	
III. Eficiencia de la Red vial			
Fluidez del Tránsito	Nivel de congestión vehicular	Evaluación del tráfico y fluidez en la vía	
	Velocidad promedio de los vehículos	Velocidad observada de los vehículos que transitan	
	Tiempo de recorrido	Tiempo necesario para atravesar la sección evaluada	

Sección	Criterios de Evaluación	Descripción / Detalle	Valoración (Buena / Regular / Mala)
Capacidad de la Vía	Capacidad de soporte de la vía (vehículos/día)	Cantidad de vehículos que la vía puede soportar sin deterioro	
	Tipo de vehículos que circulan	Vehículos ligeros, pesados, o mixtos	
Mantenimiento y Frecuencia de Intervenciones	Frecuencia del mantenimiento periódico	Fechas y tipo de mantenimiento realizados	
	Impacto del mantenimiento en la eficiencia vial	Mejora o deterioro de la eficiencia tras el mantenimiento	