

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Efecto de la pendiente en la velocidad de operación y
la seguridad vial de los caminos rurales de la región
Huánuco-2025”**

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

AUTOR: Lincol Elemelec, Jesus Martínez

ASESOR: Tuanama Lavi, José Wicley

HUÁNUCO – PERÚ

2026



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Transporte

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76044598

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 05860064

Grado/Título: Maestro en Gerencia Pública

Código ORCID: 000-0002-5148-6384

DATOS DE LOS JURADOS:

H

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES | GRADO | DNI | Código ORCID |
|----|---------------------------------|--|----------|---------------------|
| 1 | Verastegui Ayala, Yessica Julia | Doctora en ingeniería civil | 43962020 | 0000-0002-4387-5013 |
| 2 | Jara Trujillo, Alberto Carlos | Maestro en ingeniería. Gestión ambiental y desarrollo sostenible | 41891649 | 0000-0001-8392-1769 |
| 3 | Mays Aquino, Ronald Günter | Maestro en diseño y construcción de obras viales | 41567508 | 0009-0009-5573-0880 |



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 15:00 horas del día **jueves 12** de marzo 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:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| ❖ DRA. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | SECRETARIO |
| ❖ MG. RONALD GÜNTER MAYS AQUINO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 0306-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EFECTO DE LA PENDIENTE EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL DE LOS CAMINOS RURALES DE LA REGIÓN HUÁNUCO- 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Lincol Emelec JESUS MARTINEZ, 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 **13** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **16:00** horas del día **12** del mes de **marzo** del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

DRA. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA
DNI: 43962020
ORCID: 0000-0002-4387-5013

PRESIDENTE

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

SECRETARIO (A)

MG. RONALD GÜNTER MAYS AQUINO
DNI: 41567508
ORCID: 0009-0009-5573-0880

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LINCOL ELEMELC JESUS MARTÍNEZ, de la investigación titulada "Efecto de la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la Región Huánuco-2025", con asesor(a) JOSE WICLEY TUANAMA LAVI, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1844-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % 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, 17 de febrero de 2026



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

18. LINCOL ELEMELC JESUS MARTINEZ.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Ana María Pérez Zuriaga. "CARACTERIZACIÓN Y MODELIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN EN CARRETERAS CONVENCIONALES A PARTIR DE LA OBSERVACIÓN NATURALÍSTICA DE LA EVOLUCIÓN DE VEHÍCULOS LIGEROS", 'Universitat Politecnica de Valencia', 2015 Fuente de Internet | 2% |
| 2 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 3 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| | etheses.whiterose.ac.uk | |

DEDICATORIA

Consagro este logro a mis padres, por estar presente y su apoyo incondicional en mi etapa de estudiante escolar, formación universitaria, y por darme la motivación necesaria para seguir en mi crecimiento profesional.

AGRADECIMIENTO

Después del arduo trabajo, expreso mi agrado al Mg. Tuanama Lavi José Wicley por su arduo apoyo y respaldo incondicional en este arduo proceso. Así mismo, manifestar mi agradecimiento a la Universidad de Huánuco y a todos sus educadores por los años de enseñanza en mi formación profesional.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| ÍNDICE..... | IV |
| INDICE DE TABLAS | VII |
| RESUMEN..... | IX |
| ABSTRACT..... | XII |
| INTRODUCCIÓN..... | XIII |
| CAPÍTULO I..... | 15 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 15 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 18 |
| 1.2.1 PROBLEMA GENERAL..... | 18 |
| 1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS | 18 |
| 1.3. OBJETIVO GENERAL..... | 18 |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL..... | 18 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 18 |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN | 20 |
| 1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN..... | 21 |
| CAPÍTULO II..... | 23 |
| MARCO TEÓRICO | 23 |
| 2.1 ANTECEDENTES (INTERNACIONALES, NACIONALES Y REGIONALES)..... | 23 |
| 2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL..... | 23 |
| 2.1.2 A NIVEL NACIONAL | 25 |
| 2.1.3 A NIVEL REGIONAL | 29 |

| | | |
|--------------------------------------|--|----|
| 2.2 | BASES TEÓRICAS | 31 |
| 2.2.1 | TEORÍA GENERAL | 31 |
| 2.2.2 | TEORÍA ESPECÍFICA..... | 35 |
| 2.3 | BASES CONCEPTUALES | 38 |
| 2.3.1 | PENDIENTE DE UNA CARRETERA | 38 |
| 2.3.2 | VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE UNA CARRETERA..... | 39 |
| 2.3.3 | SEGURIDAD VIAL DE CARRETERAS | 41 |
| 2.4 | HIPÓTESIS | 42 |
| 2.4.1 | HIPÓTESIS GENERAL | 42 |
| 2.4.2 | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS..... | 42 |
| 2.5 | VARIABLES..... | 43 |
| 2.5.1 | VARIABLE DEPENDIENTE..... | 43 |
| 2.5.2 | VARIABLE INDEPENDIENTE | 43 |
| CAPÍTULO III..... | | 47 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | | 47 |
| 3.1 | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.1.1 | ENFOQUE..... | 48 |
| 3.1.2 | NIVEL | 49 |
| 3.1.3 | DISEÑO..... | 49 |
| 3.2 | POBLACIÓN Y MUESTRA | 50 |
| 3.2.1 | POBLACIÓN..... | 50 |
| 3.2.2 | MUESTRA..... | 51 |
| 3.3 | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. | 52 |
| 3.4 | TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 54 |
| 3.5 | ASPECTOS ÉTICOS..... | 56 |
| CAPÍTULO IV..... | | 58 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| RESULTADOS..... | 58 |
| 4.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO | 62 |
| 4.2 ANÁLISIS INFERENCIAL..... | 70 |
| CAPÍTULO V..... | 81 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 81 |
| CONCLUSIONES | 94 |
| RECOMENDACIONES..... | 98 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 100 |
| ANEXOS..... | 107 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 1 | Matriz de Haddon aplicada a la seguridad vial en caminos rurales | 33 |
| Tabla 2 | Interacción de factores en el sistema de seguridad vial según la Matriz de Haddon | 33 |
| Tabla 3 | Elementos de la Teoría del diseño geométrico | 37 |
| Tabla 4 | Cuadro de operacionalización de las variables..... | 45 |
| Tabla 5 | Valores hallados de la Longitud de Pendiente, Distancia Horizontal, Distancia Vertical y Pendiente correspondientes a la variable Pendiente.... | 59 |
| Tabla 6 | Valores hallados de la Velocidad de Operación..... | 60 |
| Tabla 7 | Valores hallados de los indicadores de la variable Seguridad Vial | 61 |
| Tabla 8 | Valores hallados de los indicadores de la variable Visibilidad | 62 |
| Tabla 9 | Estadísticos descriptivos de los indicadores de la variable Pendiente | 63 |
| Tabla 10 | Estadísticos descriptivos de la velocidad de operación, en general y por tipo de vehículo..... | 64 |
| Tabla 11 | Estadísticos descriptivos de los indicadores de la variable Seguridad Vial (2016-2024) | 67 |
| Tabla 12 | Estadísticos descriptivos de los indicadores de visibilidad..... | 69 |
| Tabla 13 | Prueba de correlación de Spearman entre la pendiente y la velocidad de operación, en general y disgregado por sentido de la pendiente (subida o bajada) | 71 |
| Tabla 14 | Prueba de correlación de Spearman entre la longitud de la pendiente y los indicadores de velocidad de operación y seguridad vial..... | 75 |
| Tabla 15 | Comparación entre la longitud de la pendiente y las distancias mínimas de visibilidad exigidas por las DG 2018..... | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Interacción entre la geometría vial y el comportamiento del conductor..... | 34 |
|---|----|

INDICE DE FOTOS

| | |
|--|-----|
| Foto 1. Tesista en el punto de inicio del tramo en estudio Km. 00+000..... | 114 |
| Foto 2. Inicio de los trabajos de topografía en el inicio del tramo | 114 |
| Foto 3. Trazo geométrico de la carretera, nótese las pendientes pronunciadas | 115 |
| Foto 4. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 00+900..... | 115 |
| Foto 5. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 01+500..... | 116 |
| Foto 6. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 01+900..... | 116 |
| Foto 7. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 02+400..... | 117 |
| Foto 8. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 03+300..... | 117 |
| Foto 9. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 03+980..... | 118 |
| Foto 10. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 05+200..... | 118 |
| Foto 11. Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 06+100..... | 119 |
| Foto 12. Trabajos topográficos en el fin del tramo estudiado Poblado de Angasmarca progresiva Km. 6+100..... | 119 |
| Foto 13. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 00+900 (pendiente en subida) | 120 |
| Foto 14. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 01+500 (pendiente en bajada) | 120 |
| Foto 15. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 01+900 (pendiente en subida) | 121 |

| | |
|---|-----|
| Foto 16. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 02+400 (pendiente en bajada) | 121 |
| Foto 17. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 03+300 (pendiente en subida) | 122 |
| Foto 18. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 03+980 (pendiente en bajada) | 122 |
| Foto 19. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 05+200 (pendiente en subida) | 123 |
| Foto 20. Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 06+100 (pendiente en bajada) | 123 |
| Foto 21. Pendiente característica del tramo en estudio | 124 |
| Foto 22. Capillas al borde de la carretera en conmemoración de los fallecidos en un accidente ocurrido en la progresiva 3+250 | 124 |
| Foto 23. Entrada al pueblo de Angasmarca fin del tramo en estudio..... | 125 |

RESUMEN

La investigación titulada Efecto de la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco – 2025 se desarrolló en el tramo de la carretera Cocha Chinche–Angasmarca, provincia de Ambo, con el objetivo de determinar cómo la pendiente influye en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel descriptivo-relacional y diseño no experimental, transversal. La población estuvo conformada por los caminos rurales de la región Huánuco, y la muestra correspondió al tramo carretero seleccionado mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se emplearon técnicas de observación directa, medición topográfica y registro instrumental con estación total, velocímetro y fichas de campo. Los instrumentos fueron validados por juicio de expertos y los datos analizados mediante estadística descriptiva e inferencial, aplicando las pruebas de Spearman y McNemar, respetando los principios éticos de confidencialidad y uso responsable de la información. Los resultados mostraron pendientes entre 13 % y 16 %, con longitudes promedio de 100 m; las velocidades de operación fueron menores en subida (11–22 km/h) y mayores en bajada (14–25 km/h), evidenciándose una correlación negativa significativa entre pendiente y velocidad ($\rho = -0.674$; $p = 0.0042$) y positiva con la seguridad vial ($\rho = 0.50-0.58$; $p < 0.05$). Se concluye que la pendiente afecta significativamente la velocidad de operación (Shallam, 2021) y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco, aceptándose la hipótesis general planteada.

Palabras clave: Pendiente, velocidad de operación, seguridad vial, visibilidad, caminos rurales.

ABSTRACT

The research titled Effect of Slope on Operating Speed and Road Safety of Rural Roads in the Huánuco Region – 2025 was conducted on the Cocha Chinche–Angasmarca road section, located in the province of Ambo, with the objective of determining how slope influences the operating speed and road safety of rural roads. The study followed a quantitative approach, applied type, descriptive–relational level, and non-experimental, cross-sectional design. The population consisted of rural roads in the Huánuco region, and the sample corresponded to the selected road section, chosen through non-probabilistic convenience sampling. Direct observation, topographic measurement, and instrumental recording techniques were employed using a total station, speedometer, and field sheets. The instruments were validated by expert judgment, and the data were analyzed through descriptive and inferential statistics using Spearman and McNemar tests, ensuring ethical principles of confidentiality and responsible data use. Results showed slopes ranging from 13% to 16%, with an average length of 100 m. Operating speeds were lower uphill (11–22 km/h) and higher downhill (14–25 km/h), revealing a significant negative correlation between slope and speed ($\rho = -0.674$; $p = 0.0042$) and a positive correlation with road safety indicators ($\rho = 0.50$ – 0.58 ; $p < 0.05$). It is concluded that slope significantly affects operating speed (Shallam, 2021) and road safety on rural roads in the Huánuco region, thus supporting the general hypothesis.

Keywords: Slope; operating speed; road safety; visibility; rural roads.

INTRODUCCIÓN

El tránsito vehicular en los caminos rurales de la región Huánuco se desarrolla en un contexto topográfico complejo, caracterizado por pendientes longitudinales pronunciadas, curvas cerradas y una infraestructura limitada. Estas condiciones, sumadas a la falta de mantenimiento y señalización adecuada, generan variaciones en la velocidad de operación y aumentan los riesgos de accidentalidad, afectando la seguridad vial y el desempeño de la infraestructura. En este escenario, resulta necesario analizar de manera técnica la influencia de la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial, tomando como caso de estudio el tramo carretero Cocha Chinche–Angasmarca, ubicado en la provincia de Ambo, representativo de las condiciones geométricas predominantes en los caminos rurales de la sierra central del Perú.

El objetivo general de la investigación fue determinar cómo la pendiente influye en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel descriptivo–relacional y diseño no experimental, transversal. Los datos se obtuvieron mediante observaciones de campo y mediciones topográficas, procesados con estadística descriptiva e inferencial, aplicando las pruebas de Spearman y McNemar. Se garantizó la validez de los instrumentos mediante juicio de expertos y se actuó conforme a los principios éticos de confidencialidad y rigor científico.

El Capítulo I desarrolla el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación del estudio, destacando la relevancia de comprender la pendiente como factor determinante del comportamiento vehicular y la seguridad en caminos rurales, además de la contribución técnica y social del estudio para la gestión de la infraestructura vial regional.

El Capítulo II presenta el marco teórico, compuesto por antecedentes nacionales e internacionales, bases conceptuales y modelos relacionados con la pendiente, la velocidad de operación y la seguridad vial. Asimismo, se abordan fundamentos del diseño geométrico y teorías que explican el comportamiento vehicular en carreteras rurales con topografía accidentada.

El Capítulo III describe la metodología utilizada, precisando el enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación, junto con la población, muestra, técnicas e instrumentos empleados. Se detallan los procedimientos de recolección, validación y análisis de datos, sustentados en métodos estadísticos descriptivos e inferenciales.

El Capítulo IV presenta los resultados del trabajo de campo y el procesamiento estadístico, destacando las relaciones entre la pendiente, la velocidad de operación y los indicadores de seguridad vial. Se incluyen los análisis e interpretaciones que sustentan los hallazgos más relevantes.

El Capítulo V aborda la discusión de resultados, contrastando los hallazgos con el marco teórico y los antecedentes, lo que permite validar las hipótesis y explicar las variaciones observadas en función de las características geométricas del terreno.

Finalmente, se exponen las Conclusiones, que responden a los objetivos de la investigación, y las Recomendaciones, orientadas a optimizar el diseño y la gestión de caminos rurales en zonas de pendiente pronunciada, además de sugerir futuras líneas de investigación en torno a la seguridad vial en contextos rurales.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La seguridad vial y la velocidad de operación en los caminos rurales constituyen una preocupación global en la ingeniería de transporte, debido a que las características geométricas de las vías —entre ellas la pendiente— influyen directamente en el desempeño vehicular y en la probabilidad de accidentes (Zhang et al., 2019). A nivel internacional, se ha comprobado que las carreteras rurales con pendientes superiores al 10 % presentan un incremento del 35 % en la tasa de siniestralidad en comparación con las vías planas (Wang et al., 2018). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), cada año mueren aproximadamente 1.19 millones de personas en accidentes de tránsito, y el 54 % de las víctimas se registran en países de ingresos medios y bajos, donde predominan caminos rurales de difícil acceso. Estas condiciones hacen evidente la necesidad de estudiar los factores geométricos que agravan la seguridad vial, especialmente en contextos montañosos donde la pendiente y la visibilidad reducida se combinan para generar escenarios de alto riesgo.

En el caso del Perú, el transporte rural cumple un rol crucial para la integración territorial y el desarrollo económico. Sin embargo, el país presenta una de las redes viales rurales más vulnerables de Sudamérica. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2022), más del 68 % de los caminos rurales se encuentran en condiciones regulares o malas, con deficiencias en drenaje, señalización y pendientes que superan los límites recomendados por las normas DG-2018. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2024) reportó que el 62 % de los accidentes de tránsito en carreteras departamentales y vecinales ocurrieron en tramos con pendientes pronunciadas y radios de curva reducidos, afectando principalmente a vehículos de transporte liviano. De acuerdo con la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN, 2023), el 43 % de los siniestros viales en zonas rurales se asocian

a fallas geométricas, siendo la pendiente uno de los factores más influyentes junto con la falta de visibilidad y mantenimiento.

En el ámbito regional, la región Huánuco —ubicada en la sierra central del Perú— enfrenta una situación crítica debido a su accidentada geografía y a la escasa intervención técnica en la red de caminos vecinales. El Gobierno Regional de Huánuco (GOREHCO, 2024) informó que más del 70 % de los caminos rurales presentan pendientes mayores al 12 %, superando los valores establecidos en el Manual de Carreteras DG-2018 del MTC. Estas condiciones dificultan la operación vehicular, especialmente en épocas de lluvia, donde la fricción y la visibilidad disminuyen drásticamente. Además, la Policía Nacional del Perú (PNP, 2023) registró que en los últimos cinco años se produjeron 317 accidentes en caminos rurales de la provincia de Ambo, con un saldo de 102 personas fallecidas y 486 heridas, siendo las causas predominantes la pérdida de control en descensos y la velocidad inadecuada en pendientes largas.

El tramo carretero Cocha Chinche–Angasmarca, perteneciente al sistema vial provincial de Ambo, representa un ejemplo concreto de esta problemática. Este camino conecta centros poblados rurales y constituye una vía de acceso fundamental para el comercio agrícola y el transporte local. No obstante, se caracteriza por pendientes longitudinales entre 13 % y 16 %, curvas de radio reducido y ausencia de señalización vertical y horizontal, lo que incrementa la probabilidad de accidentes. Según reportes periodísticos locales, un vehículo se despistó y cayó más de 200 m de profundidad, causando tres fallecidos (Luna, 2023), mientras que otro accidente en 2010 dejó una víctima fatal en circunstancias similares (Heraldo 21, 2010). Estos hechos evidencian la falta de control geométrico y de medidas de seguridad vial en la red rural de la región, agravada por la limitada visibilidad en tramos sinuosos y la inexistencia de dispositivos de contención.

Los factores relacionados con esta problemática incluyen principalmente: (a) el diseño geométrico deficiente que no considera la longitud crítica de las pendientes, (b) la falta de mantenimiento periódico que reduce la adherencia y aumenta la distancia de frenado, (c) el bajo nivel de capacitación de los conductores rurales en técnicas de conducción en

pendiente y (d) la ausencia de señalización preventiva y sistemas de drenaje adecuados (García-Ramírez & Alverca, 2019; Alarcón, 2021; MTC, 2022). Todos estos elementos interactúan para disminuir la velocidad de operación en ascensos, incrementar la velocidad en descensos y elevar el riesgo de siniestros en curvas sucesivas, lo cual afecta la seguridad de los usuarios y la eficiencia del transporte de productos agrícolas.

Las consecuencias de mantener esta situación sin intervención son múltiples. En el corto plazo, se observa un aumento de los costos de operación vehicular, accidentes frecuentes y pérdidas humanas irreparables. A mediano plazo, la inseguridad vial desincentiva la inversión pública y privada en zonas rurales, generando aislamiento económico. Finalmente, a largo plazo, la falta de políticas de diseño y mantenimiento adaptadas a la topografía local puede perpetuar la desigualdad territorial y limitar el desarrollo sostenible de las comunidades andinas (Banco Mundial, 2023; OPS, 2024). Además, la degradación de la infraestructura acelera la pérdida de capacidad portante y reduce la vida útil de las vías rurales, lo que incrementa los costos de rehabilitación en más del 40 % según proyecciones del MTC (2022).

Frente a este panorama, las alternativas de solución deben orientarse a integrar criterios técnicos de diseño geométrico con estrategias de seguridad vial adaptadas al contexto rural. Investigaciones recientes recomiendan implementar estudios de velocidad de operación mediante equipos de medición digital (GPS y acelerómetros) y correlacionar los resultados con la pendiente y la visibilidad para establecer límites seguros de operación (Delgado et al., 2021; Llopis-Castelló et al., 2019). Asimismo, la aplicación de modelos de correlación estadística permite cuantificar la influencia de la pendiente sobre la velocidad y los indicadores de seguridad, contribuyendo a proponer mejoras en la infraestructura vial y en la gestión del tránsito (Cartagena, 2022). En esta línea, el presente estudio busca analizar empíricamente el efecto de la pendiente sobre la velocidad de operación y la seguridad vial en caminos rurales de la región Huánuco, proponiendo lineamientos técnicos que favorezcan la reducción de accidentes y la optimización del diseño vial en zonas de topografía montañosa.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PROBLEMA ESPECÍFICO 1. ¿Cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025?

PROBLEMA ESPECÍFICO 2. ¿Cómo afecta la pendiente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025?

PROBLEMA ESPECÍFICO 3. ¿Cómo afecta la longitud de las pendientes en la velocidad de operación y seguridad vial conjuntamente de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025?

PROBLEMA ESPECÍFICO 4. ¿Cómo afecta la pendiente en la visibilidad en los caminos rurales de la región Huánuco, 2025?

1.3. OBJETIVO GENERAL

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Cuantificar la influencia de la pendiente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025

OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Analizar el impacto de la pendiente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025

OBJETIVO ESPECÍFICO 3. Determinar la relación entre la longitud de las pendientes, la velocidad de operación y la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco, 2025

OBJETIVO ESPECÍFICO 4. Evaluar el efecto de la pendiente en la visibilidad y su implicancia en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco, 2025

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Justificación Teórica

La investigación se enmarca en la línea de infraestructura y transporte sostenible prioritaria en la Universidad de Huánuco, al contribuir con conocimientos orientados al diseño, operación y seguridad de las vías rurales. Aborda un campo poco explorado en la ingeniería civil: la relación entre la pendiente y el comportamiento vehicular en contextos rurales de topografía accidentada, generando evidencia empírica que complementa las teorías existentes sobre diseño geométrico. El estudio aporta una base teórica aplicada al analizar cómo la pendiente influye en la velocidad de operación y la seguridad vial, fortaleciendo el conocimiento sobre la dinámica vehicular mediante métodos estadísticos y mediciones de campo. Su contribución radica en ofrecer un marco analítico contextualizado a las condiciones de Huánuco, que servirá para validar y adaptar los criterios de diseño geométrico y seguridad vial en zonas rurales, brindando una referencia teórica útil para futuras investigaciones y mejoras en la planificación vial regional.

Justificación Práctica

Los resultados de esta investigación tienen aplicación directa en la planificación, diseño y mantenimiento de los caminos rurales de la región Huánuco, al proporcionar evidencia técnica sobre cómo la pendiente influye en la velocidad de operación y la seguridad vial. Los hallazgos permitirán establecer parámetros de diseño más precisos, definir límites de velocidad adecuados y priorizar intervenciones en tramos críticos, contribuyendo a una gestión vial más segura y eficiente. Los principales beneficiarios serán los gobiernos locales y regionales, los ingenieros encargados del diseño y conservación vial, y los usuarios de las carreteras rurales, quienes se verán favorecidos con una infraestructura más segura, menores costos por accidentes y una movilidad que impulse el desarrollo económico y social de las comunidades rurales.

Justificación Metodológica

La presente investigación constituye una referencia metodológica valiosa para futuros estudiantes e investigadores de ingeniería civil, ya que aplica un diseño cuantitativo, no experimental y transversal, sustentado en mediciones empíricas de campo con instrumentos precisos como estación total, velocímetro y fichas de registro. Este enfoque riguroso demuestra cómo es posible relacionar variables geométricas y operativas en caminos rurales mediante análisis estadísticos descriptivos e inferenciales, ofreciendo un modelo replicable en otros contextos similares. Asimismo, el estudio aporta instrumentos de recolección de datos diseñados específicamente para medir la pendiente, la velocidad de operación y los indicadores de seguridad vial, que podrán ser adaptados en futuras investigaciones o proyectos de auditoría vial. De este modo, la investigación no solo contribuye con resultados aplicables, sino también con una metodología estructurada que puede servir como guía práctica y técnica para quienes busquen evaluar la interacción entre las condiciones geométricas y la seguridad del tránsito en zonas rurales.

Justificación Social

El impacto social de esta investigación radica en su contribución directa a la mejora de las condiciones de vida y seguridad de las comunidades rurales de Huánuco. Al evidenciar la relación entre la pendiente, la velocidad de operación y la seguridad vial, el estudio genera información útil para reducir los accidentes de tránsito y salvaguardar la integridad de los usuarios. La aplicación de sus resultados permitirá fortalecer la infraestructura vial, facilitar el acceso a servicios básicos como educación, salud y comercio, y promover la integración territorial. De esta manera, la investigación aporta al bienestar social, fomenta la movilidad segura y apoya el desarrollo sostenible de las poblaciones rurales, consolidando un entorno vial más equitativo y resiliente frente a los riesgos del transporte en zonas de topografía compleja.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se identificaron algunas limitaciones que, si bien no afectaron la validez de los resultados, condicionaron ciertos aspectos de su ejecución.

Limitaciones en cuanto a la población

En cuanto a la población, la principal limitación estuvo en el tamaño reducido de la muestra, ya que el estudio se concentró en el tramo Cocha Chinche–Angamarca, lo que limita la generalización de los resultados a toda la red rural de la región Huánuco. Como solución, se propone que investigaciones futuras amplíen el número de tramos analizados y consideren diferentes tipos de caminos y condiciones geométricas.

Limitaciones en cuanto al costo

Respecto al costo, las restricciones presupuestales limitaron el uso de tecnologías avanzadas para el registro continuo de velocidad y la medición automática de pendientes; sin embargo, se mitigó esta dificultad mediante la utilización de equipos propios y la colaboración de entidades locales, garantizando la obtención de datos válidos y confiables.

Limitaciones en cuanto al tiempo

En relación con el tiempo, la ejecución del trabajo de campo se vio condicionada por las variaciones climáticas y las restricciones de acceso durante la temporada de lluvias, lo que obligó a ajustar el cronograma de medición. Este inconveniente se superó mediante una planificación flexible y la programación de jornadas adicionales para completar la recolección de datos. En conjunto, las medidas adoptadas permitieron reducir el impacto de las limitaciones y asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos en el estudio.

1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue plenamente viable al cumplir con los criterios de población, costo y tiempo establecidos por la Universidad de Huánuco.

Viabilidad respecto a la población

En cuanto a la población, el estudio se desarrolló sobre un número suficiente de unidades de análisis dentro del tramo carretero Cocha Chinche–Angamarca, garantizando la representatividad y validez de los resultados en caminos rurales con características geométricas semejantes.

Viabilidad respecto a lo económico

En el aspecto económico, el trabajo fue autofinanciado por el investigador, cubriendo los gastos de desplazamiento, medición y procesamiento de datos, sin requerir apoyo financiero externo, lo que aseguró la continuidad y autonomía del estudio.

Viabilidad respecto al tiempo

En relación con el tiempo, la ejecución se realizó en un periodo total de cuatro meses, comprendiendo las fases de planificación, trabajo de campo, análisis estadístico y elaboración del informe final, dentro del cronograma previsto. Estas condiciones demuestran que el estudio se desarrolló de manera técnica, ética y operativamente factible, garantizando el cumplimiento de los objetivos propuestos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES (INTERNACIONALES, NACIONALES Y REGIONALES)

A continuación, se presentan los diferentes estudios previos, investigaciones, trabajos académicos y artículos científicos relacionados con las variables de estudio. Estos antecedentes van a proporcionar un contexto teórico para la investigación, permitiendo identificar lo que ya se ha investigado y los hallazgos obtenidos en el campo.

2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL

A nivel internacional, Shallam (2021) desarrolló el estudio titulado “Modeling Operating Speed for Geometric Design Consistency and Safety Assessment of a Two-lane Rural Highway located in Mountainous Terrain”, en el Indian Institute of Technology Guwahati (India). El objetivo principal fue desarrollar modelos de velocidad de operación para evaluar la consistencia geométrica y la seguridad de carreteras rurales de dos carriles localizadas en terrenos montañosos. La investigación, de enfoque cuantitativo y diseño no experimental, se basó en el levantamiento de datos de velocidad en 86 curvas horizontales del bypass de Shillong, utilizando un radar y un vehículo instrumentado con V-Box para registrar perfiles de velocidad de distintos tipos de vehículos. El análisis permitió evidenciar que las velocidades de operación diferían significativamente entre automóviles, camiones vacíos y camiones cargados, lo que llevó a formular modelos independientes para cada categoría vehicular. El estudio empleó un enfoque de regresión robusta ponderada (RWLS) para corregir sesgos de selección y heterocedasticidad, logrando modelos más precisos que los tradicionales estimados por mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Los resultados demostraron que tanto la alineación horizontal como la vertical ejercen una influencia combinada sobre la velocidad de operación, y que los elementos geométricos con curvas cerradas y

pendientes pronunciadas incrementan notablemente la inconsistencia del diseño, afectando la seguridad vial.

Asimismo, la investigación propuso una metodología de clustering para clasificar las curvas según la percepción del conductor, considerando la dirección y el tipo de pendiente, lo que mejoró la correlación entre las variables geométricas y las velocidades observadas. En su conclusión, Shallam señala que los modelos desarrollados permiten evaluar de manera más confiable la consistencia del diseño geométrico en carreteras de topografía accidentada, sugiriendo la importancia de incorporar la interacción entre la geometría tridimensional y el comportamiento del conductor en los estudios de seguridad vial. Este antecedente resulta de gran relevancia para el presente estudio, al ofrecer un marco metodológico avanzado aplicable a vías rurales con condiciones similares a las de la región andina de Huánuco.

Este antecedente respalda directamente la hipótesis general del estudio al demostrar empíricamente que las condiciones geométricas del terreno, particularmente la pendiente, influyen significativamente en la velocidad de operación y en la seguridad vial. Los hallazgos de Shallam (2021) sustentan la premisa de que la magnitud y longitud de la pendiente son factores estructurales que alteran el comportamiento vehicular y la consistencia del diseño, lo cual coincide con el planteamiento de la presente investigación en cuanto a la relación causal entre la pendiente, la velocidad y la accidentabilidad en caminos rurales.

Por otro lado, Alarcón (2021) desarrolló un estudio titulado “Auditorías de seguridad vial en caminos de montaña”, realizado en la Universidad de Cuenca, Ecuador, con el propósito de determinar los criterios técnicos para efectuar auditorías de seguridad vial en carreteras de topografía accidentada. La investigación tuvo un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo y diseño documental, basada en la revisión sistemática de informes técnicos y normas de diseño geométrico aplicadas a vías de montaña. La población correspondió a 45 tramos carreteros ubicados en zonas rurales de los Andes ecuatorianos, de los

cuales se seleccionó una muestra representativa de 12 tramos, considerando factores de pendiente, curvatura y nivel de siniestralidad. La recolección de datos se efectuó mediante fichas de observación estructurada y análisis documental, y el procesamiento de la información se realizó a través de matrices de categorización y comparación técnica. Los resultados evidenciaron deficiencias en el drapeado del terreno, deficiente saneamiento en tramos con pendientes longitudinales, y una carencia generalizada de señalización y dispositivos de seguridad, especialmente en sectores con tránsito peatonal y condiciones climáticas adversas. Asimismo, se concluyó que las condiciones geométricas inadecuadas y la falta de control técnico incrementaban significativamente el riesgo de accidentes en carreteras de montaña. Este antecedente contribuyó al presente estudio al proporcionar fundamentos teóricos y metodológicos sobre la influencia de la pendiente en la seguridad vial, sirviendo de referencia para la definición de las variables y el análisis de los factores de riesgo en caminos rurales con topografía similar a la de Huánuco.

Este antecedente respalda la hipótesis específica que relaciona la pendiente con la seguridad vial, al demostrar que las deficiencias geométricas y el inadecuado control técnico en tramos con pendientes pronunciadas incrementan el riesgo de accidentes. Los resultados de Alarcón (2021) fortalecen el sustento empírico de la presente investigación, al evidenciar que la pendiente constituye un factor crítico que condiciona la seguridad de los usuarios en carreteras rurales de topografía accidentada.

2.1.2 A NIVEL NACIONAL

A nivel nacional, Bautista (2021) desarrolló un estudio titulado “Análisis de la seguridad vial desde el diseño geométrico de la carretera Canchaque–Huancabamba”, realizado en la Universidad de Piura, Perú, con el propósito de evaluar la seguridad vial de dicha vía en función de sus características geométricas y proponer mejoras orientadas a reducir la siniestralidad. La investigación presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel descriptivo y diseño no experimental, basado en la

evaluación técnica de los elementos del trazado horizontal y vertical, la visibilidad y los sistemas de contención existentes. La población correspondió a la totalidad del tramo carretero Canchaque–Huancabamba, y se trabajó con una muestra de secciones seleccionadas por su alta incidencia de accidentes y condiciones de pendiente crítica. Se emplearon técnicas de observación directa, análisis topográfico y revisión normativa, utilizando fichas técnicas y software de diseño geométrico. Los resultados evidenciaron deficiencias en el alineamiento, señalización y consistencia del diseño, lo que generaba una percepción de inseguridad y elevaba el riesgo de siniestros. Se concluyó que un rediseño geométrico basado en la consistencia espacial y temporal del trazado, junto con la incorporación de sistemas de contención y señalización racionalizada, podía mejorar la seguridad y fluidez del tránsito. Este antecedente resultó relevante para el presente estudio, ya que ofreció un marco técnico para comprender cómo los elementos geométricos, especialmente la pendiente, influyen en la velocidad de operación y en la seguridad vial de los caminos rurales de topografía montañosa.

En el caso del estudio de Bautista (2021), sus resultados contribuyen al sustento de la hipótesis que asocia la pendiente con la seguridad vial, al demostrar que los tramos con inclinaciones críticas y deficiencias geométricas presentan una mayor frecuencia de accidentes. Dichos hallazgos refuerzan el planteamiento de la presente investigación, al evidenciar que la mejora en la consistencia del diseño geométrico y el control de la pendiente permiten reducir significativamente los niveles de riesgo en los caminos rurales de la región andina.

De manera similar, Cartagena (2022) desarrolló un estudio titulado “Comparación de velocidad diseño y velocidad operacional de vehículos, en las curvas horizontales en la carretera Puno-Moquegua”, realizado en la Universidad Nacional del Altiplano, con el propósito de analizar las diferencias entre las velocidades de diseño y las velocidades operativas alcanzadas por los vehículos en curvas horizontales, a fin de evaluar su

influencia en la seguridad vial. La investigación presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel explicativo y diseño no experimental, sustentado en la recopilación de datos de campo mediante equipos de registro de velocidad y posterior análisis estadístico con el software SPSS. La población estuvo conformada por los tramos curvos de la carretera Puno–Moquegua, y se seleccionó una muestra de curvas representativas en función del radio, la longitud y la pendiente. Los resultados evidenciaron inconsistencias significativas entre las velocidades de diseño y las velocidades operativas, observándose mayores diferencias en las curvas con radios reducidos y pendientes pronunciadas, las cuales fueron clasificadas como tramos de rendimiento deficiente. Se concluyó que estas discrepancias incrementaban el riesgo de accidentes y afectaban la seguridad vial, recomendándose el rediseño de los tramos críticos y la realización de estudios complementarios sobre velocidades operativas para ajustar el diseño geométrico a las condiciones reales del tránsito. Este antecedente fue de utilidad para el presente estudio, ya que proporcionó fundamentos metodológicos y empíricos sobre la relación entre los parámetros geométricos y las velocidades de operación, sirviendo como referencia para la evaluación de la pendiente en los caminos rurales de la región Huánuco.

Los hallazgos de Cartagena (2022) fortalecen la hipótesis que relaciona la pendiente con la velocidad de operación y la seguridad vial, al demostrar que las curvas con pendientes pronunciadas presentan mayores discrepancias entre las velocidades de diseño y las operativas, lo que incrementa el riesgo de siniestros. Este antecedente aporta evidencia empírica relevante para el presente estudio, al confirmar que la interacción entre los parámetros geométricos y las condiciones del terreno influye directamente en el comportamiento vehicular y en la seguridad de las vías rurales.

También, Caballero y Ríos (2023) realizaron un estudio titulado “Incidencia del diseño geométrico y propuesta para la mejora de la seguridad vial, tramo Allpachacha – Chontay, distrito Pichirhua,

Abancay, Apurímac, 2022”, en la Universidad Tecnológica de los Andes, con el propósito de analizar la influencia del diseño geométrico en la seguridad vial y plantear propuestas de mejora en dicho tramo carretero. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel descriptivo–correlacional y diseño no experimental, sustentado en el método hipotético–deductivo. La población estuvo constituida por una vía de 21.44 km de longitud, de la cual se seleccionó una muestra de 6 km mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se emplearon técnicas de observación directa y medición de campo, utilizando instrumentos validados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y análisis estadístico basado en la prueba de Rho de Spearman. Los resultados revelaron una correlación positiva muy baja entre el diseño geométrico y la seguridad vial ($\rho = 0.00758$), lo que indicó que las mejoras en el diseño geométrico, por sí solas, tienen un efecto limitado sobre la reducción de la siniestralidad. Los autores concluyeron que la seguridad vial requiere un enfoque integral que combine mejoras geométricas, señalización, control del tránsito y educación vial. Este antecedente aportó al presente estudio una referencia metodológica y conceptual sobre la evaluación del diseño geométrico y su impacto en la seguridad, contribuyendo a fundamentar la necesidad de analizar la influencia de la pendiente en la velocidad de operación y en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

El estudio de Caballero y Ríos (2023) refuerza la hipótesis que vincula los factores geométricos con la seguridad vial, al demostrar que el diseño geométrico, incluido el control de la pendiente, incide de manera directa, aunque limitada en la reducción de la siniestralidad. Sus resultados respaldan la necesidad de abordar la pendiente como una variable clave dentro de un enfoque integral de seguridad vial, coincidiendo con el propósito del presente estudio de evaluar su influencia conjunta en la velocidad de operación y la accidentabilidad en caminos rurales de topografía compleja.

2.1.3 A NIVEL REGIONAL

A nivel regional, Vargas (2024) desarrolló un estudio titulado “Influencia de los parámetros geométricos en la seguridad vial de la carretera departamental HU-102, tramo: Llata – Puños – Miraflores, Huánuco-2024”, realizado en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. El propósito del estudio fue analizar el grado de influencia que ejercen los parámetros geométricos sobre la seguridad vial en dicho tramo carretero, considerando su topografía irregular y condiciones operativas. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel descriptivo–correlacional y diseño no experimental. La población correspondió a la totalidad del tramo Llata–Puños–Miraflores, mientras que la muestra abarcó los sectores con mayor incidencia de accidentes, seleccionados mediante muestreo intencional. Para la recolección de datos se realizaron levantamientos topográficos y conteos vehiculares, complementados con registros de accidentes de los últimos cinco años. Los datos fueron procesados mediante análisis estadístico descriptivo e inferencial, empleando los criterios I y II de Lamm y las ecuaciones de Fitzpatrick para estimar las velocidades operacionales.

Los resultados mostraron que el 58.94 % de los parámetros geométricos en planta, el 42.00 % en perfil y el 97.04 % en sección transversal no cumplían con los valores mínimos exigidos por el Manual de Carreteras DG-2018, además de evidenciar que el 96.55 % del tramo presentaba inconsistencias geométricas y altos índices de peligrosidad por accidentes. En consecuencia, la vía fue clasificada como insegura en términos de seguridad vial. Este antecedente resulta de gran utilidad para el presente estudio, ya que proporciona evidencia empírica actualizada sobre la relación entre las características geométricas y la seguridad vial en carreteras de la región Huánuco, validando la pertinencia de analizar cómo la pendiente influye en la velocidad de operación y en la siniestralidad vial bajo condiciones topográficas similares.

Los resultados de Vargas (2024) respaldan la hipótesis general de la presente investigación al evidenciar que las deficiencias geométricas,

especialmente aquellas relacionadas con las pendientes longitudinales, incrementan los niveles de peligrosidad y la frecuencia de accidentes en carreteras de topografía irregular. Este antecedente refuerza el sustento empírico del estudio al confirmar que la pendiente es un factor crítico que condiciona simultáneamente la velocidad de operación y la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

Finalmente, Pérez (2022) desarrolló el estudio titulado “Análisis del diseño geométrico y evaluación de consistencia de la carretera HU-112, tramo Molino–Huarichaca, de acuerdo con el Manual de Carreteras DG-2018. Pachitea, Huánuco–2022”, en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco. El propósito de la investigación fue analizar el diseño geométrico de la carretera HU-112 y evaluar su grado de consistencia en relación con las normas establecidas en el Manual de Carreteras DG-2018. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo–correlacional y diseño no experimental. La población estuvo conformada por la totalidad del tramo vial entre Molino y Huarichaca, seleccionándose los sectores más representativos mediante un muestreo intencional, priorizando las zonas con condiciones geométricas críticas.

Para la recolección de datos, se efectuaron mediciones topográficas in situ y levantamientos geométricos, evaluando elementos de planta, perfil y sección transversal. Se aplicaron métodos de consistencia geométrica en base a la velocidad de operación y los parámetros de diseño, complementados con análisis de campo y revisión normativa. Los resultados mostraron que el 53.8 % de las curvas horizontales no cumplían con los radios mínimos establecidos por la norma DG-2018, mientras que el 60.7 % de las pendientes longitudinales excedían los valores recomendados. Asimismo, se identificó una falta de coherencia entre las velocidades de diseño y operación en la mayoría de los tramos, lo que comprometía la seguridad vial.

El estudio concluyó que la carretera HU-112 presenta una baja consistencia geométrica, lo que incrementa el riesgo de accidentes en tramos con curvas sucesivas y pendientes pronunciadas. Este

antecedente contribuye significativamente al presente estudio, al demostrar empíricamente la influencia que ejercen las condiciones geométricas sobre la seguridad vial en vías departamentales de la región Huánuco, contexto similar al analizado en la carretera Cocha Chínche–Angasmарca.

El estudio de Pérez (2022) refuerza la hipótesis que plantea la influencia de la pendiente en la velocidad de operación y en la seguridad vial, al evidenciar que más del 60 % de las pendientes evaluadas superaban los valores normativos y estaban asociadas a mayores niveles de riesgo. Sus resultados aportan evidencia empírica local que valida la relación directa entre las deficiencias geométricas, la inconsistencia del diseño y la siniestralidad, aspectos que fundamentan la pertinencia del análisis desarrollado en la presente investigación.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 TEORÍA GENERAL

La Teoría de la Seguridad Vial. propuesta inicialmente por William Haddon Jr. (1970), constituye uno de los marcos conceptuales más reconocidos en el ámbito del transporte y la ingeniería vial, al plantear que los accidentes de tránsito son el resultado de la interacción dinámica entre tres sistemas: el humano, el vehículo y el entorno vial.

Esta teoría se sustenta en la idea de que los siniestros viales no son eventos fortuitos, sino fenómenos prevenibles mediante el control de los factores que intervienen antes, durante y después del evento, conceptualizados en la denominada Matriz de Haddon (Haddon, 1970). En este enfoque, cada factor —humano, vehicular y ambiental— puede ser gestionado mediante medidas técnicas, educativas o normativas, reduciendo así la probabilidad y severidad de los accidentes (Mock et al., 2017).

A lo largo de las décadas, la teoría ha sido extendida y aplicada a contextos más complejos, incorporando enfoques sistémicos y de gestión de riesgos. Derakhshani et al. (2019) destacan que la Matriz de Haddon permite no solo identificar las causas inmediatas de los

siniestros, sino también establecer intervenciones multidimensionales que integran la infraestructura, la conducta del conductor y las condiciones del vehículo. Así, la seguridad vial se concibe como el resultado de la interacción estructurada entre factores de exposición, vulnerabilidad y respuesta.

Esta visión sistémica ha sido adoptada por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial en la formulación de estrategias integrales de seguridad vial, como el enfoque Safe System Approach, el cual amplía la matriz original al considerar la resiliencia del sistema de transporte (World Bank, 2017).

Desde el punto de vista teórico, los aportes de Haddon transformaron el estudio de la seguridad vial al introducir un marco analítico que permitió pasar de una comprensión descriptiva de los accidentes a una comprensión etiológica, basada en la identificación de causas y relaciones entre factores (Haddon, 1980). Este cambio conceptual facilitó el desarrollo de políticas públicas, auditorías de seguridad y planes de diseño geométrico orientados a la reducción de riesgos (Shinar, 2017). En este sentido, la teoría aporta un modelo que combina el análisis del comportamiento humano, la ingeniería de infraestructura y las ciencias del transporte, generando una comprensión integral del fenómeno vial.

El modelo de Haddon identifica tres fases temporales — precolisión, colisión y postcolisión— y tres componentes de análisis — humano, vehículo y entorno—, conformando una matriz de nueve celdas que permite mapear los factores de riesgo y las posibles medidas de intervención (Mock et al., 2017).

La siguiente tabla resume esta estructura aplicada al contexto de la seguridad vial en carreteras rurales, donde la topografía, la visibilidad y la pendiente desempeñan un papel determinante.

Tabla 1*Matriz de Haddon aplicada a la seguridad vial en caminos rurales*

| Fase | Factores Humanos | Factores Vehiculares | Factores del Entorno Vial |
|--------------|---|-------------------------------------|---|
| Precolisión | Velocidad inadecuada, distracción, fatiga | Estado de frenos y neumáticos | Pendientes pronunciadas, visibilidad reducida, curva deficiente |
| Colisión | Falta de reacción oportuna, error de juicio | Falta de control de estabilidad | Ausencia de barreras o señalización adecuada |
| Postcolisión | Demora en primeros auxilios | Dificultad para evacuar el vehículo | Deficiente acceso para rescate y servicios de emergencia |

Fuente: Adaptado de Mock et al. (2017) y Derakhshani et al. (2019).

La Tabla 2 muestra de manera esquemática cómo la teoría representa la interacción de los tres elementos del sistema vial y su relación con los niveles de intervención en la seguridad.

Tabla 2*Interacción de factores en el sistema de seguridad vial según la Matriz de Haddon*

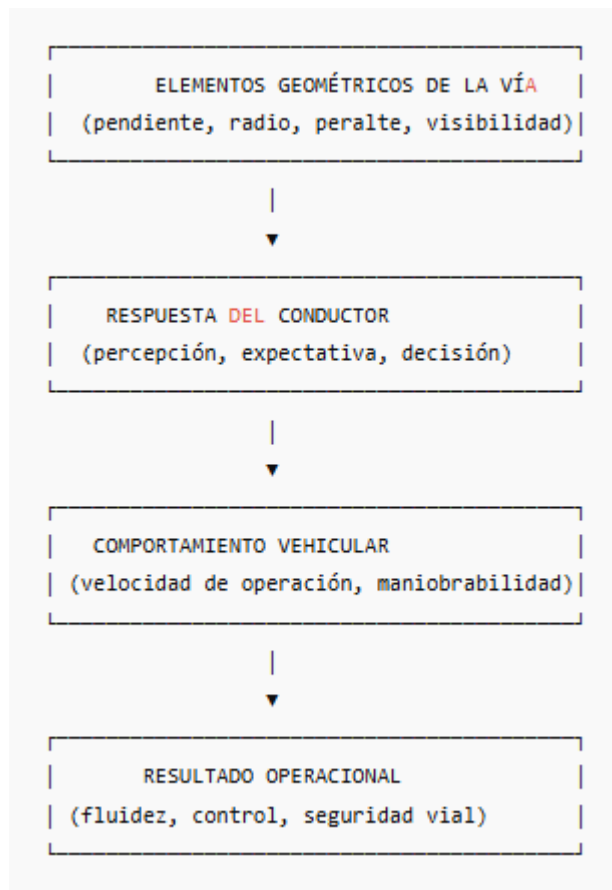
| Factors | Pre-event | Event | Post-event |
|----------------------|---|--|---|
| Human factors | Education & licensing Driver impairment Enforcement | Use of restraints Impairment Sitting properly in restraint | Response to emergency services |
| Vehicle | Crash avoidance equipment & technology (lights, tires, collision avoidance) Vehicle design Roadworthiness | Functioning of safety devices (seatbelts, airbags, child restraint) Speed of travel Energy absorption of vehicle | Ease of extraction from vehicle Safe design of fuel tank to prevent rupture and fire |
| Physical environment | Road design & layout Speed limit Road signs and markings Weather and road surface conditions | Forgiving roadsides, e.g. crash barriers | Quick rescue facilities |
| Social/economic | Enforcement activities Social norms Appropriate use of safety equipment | Laws concerning the use of safety equipment | Trauma system equipment, personnel, training Information sharing |

Nota: Derakhshani et al. (2019).

La figura 1 ilustra gráficamente la interacción entre los elementos geométricos del trazado y su efecto en el comportamiento vehicular, conforme al modelo de diseño coherente.

Figura 1

Interacción entre la geometría vial y el comportamiento del conductor



Nota: Adaptado de Lamm, Psarianos y Mailaender (1999). *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. McGraw-Hill.

El diagrama representa la relación causal entre los elementos geométricos del diseño vial y la respuesta del conductor, que influye directamente en el comportamiento vehicular y, finalmente, en la seguridad vial. Una variación en la pendiente o en el radio de curva altera la percepción del conductor, modificando su velocidad de operación y aumentando o reduciendo el riesgo de siniestro.

En relación con el presente estudio, la Teoría de la Seguridad Vial constituye el marco general que sustenta el análisis del efecto de la pendiente sobre la velocidad de operación y la seguridad vial en caminos rurales de la

región Huánuco. Según Shinar (2017), los elementos geométricos de la carretera —como la pendiente longitudinal— son factores ambientales determinantes que condicionan la respuesta del conductor y el desempeño del vehículo, influyendo directamente en la probabilidad de accidentes. La aplicación de esta teoría permite interpretar los resultados empíricos del estudio no solo como diferencias de velocidad, sino como manifestaciones de un sistema donde la infraestructura, el comportamiento humano y las condiciones vehiculares interactúan. En consecuencia, los hallazgos derivados de la investigación podrán ser utilizados para proponer medidas correctivas orientadas a la mejora de la seguridad vial, como señalización preventiva, control de velocidad y rediseño de tramos críticos, alineadas con el enfoque sistémico de Haddon.

2.2.2 TEORÍA ESPECÍFICA

Teoría del diseño geométrico vial. La Teoría del Diseño Geométrico Vial constituye el fundamento técnico de la ingeniería de carreteras, al establecer los principios, criterios y parámetros que permiten articular la infraestructura vial con las condiciones de operación y seguridad de los usuarios. Según la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2018), el diseño geométrico es el proceso de definir las dimensiones físicas, la configuración y la interrelación espacial de los elementos de una carretera —planta, perfil y sección transversal—, de modo que se garantice un desplazamiento seguro, eficiente y confortable de los vehículos. Esta teoría integra conceptos de física, comportamiento del conductor, dinámica vehicular y topografía, con el fin de adecuar la infraestructura vial a las capacidades humanas y mecánicas (Garber & Hoel, 2015).

Desde su formulación, la teoría ha evolucionado a través de manuales técnicos y marcos normativos que buscan la coherencia entre el entorno físico y las condiciones operativas del tránsito. En el contexto peruano, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018) recoge los postulados de AASHTO en el Manual de Carreteras DG-2018: Diseño Geométrico, adaptando los criterios a la variabilidad

topográfica y climática del país. En dicho marco, se asume que la seguridad y eficiencia del tránsito dependen de la armonización de variables como la pendiente longitudinal, el radio de curvatura, el peralte, la visibilidad de parada y las distancias de adelantamiento. Cada uno de estos elementos incide directamente en la velocidad de operación y en la percepción del conductor respecto a la continuidad y consistencia del trazado (Ortiz & Sánchez, 2021).

Uno de los aportes más significativos de esta teoría radica en el concepto de consistencia geométrica, entendido como la correspondencia entre la expectativa del conductor y las características reales de la vía (Lamm, Psarianos & Mailaender, 1999). Este principio establece que los elementos del trazado deben diseñarse de forma tal que las variaciones en velocidad, curvatura o pendiente sean graduales y predecibles, evitando sorpresas que generen maniobras bruscas o pérdida de control. De esta manera, el diseño geométrico no solo cumple una función estructural, sino también psicológica y de seguridad, al influir en la toma de decisiones del conductor (Krammes et al., 1995).

Asimismo, la teoría reconoce la importancia de la pendiente longitudinal como uno de los factores más determinantes en el comportamiento vehicular, especialmente en terrenos accidentados. Según AASHTO (2018), pendientes superiores al 6 % afectan la capacidad de ascenso de los vehículos pesados, incrementan la distancia de frenado y modifican la percepción de seguridad del conductor. En consecuencia, el diseño debe equilibrar la eficiencia del trazado con los límites de velocidad seguros, aplicando criterios de control vertical y compensación de curvas. En este sentido, los estudios empíricos de García-Ramírez y Alverca (2019) y Bautista (2021) respaldan la idea de que las pendientes pronunciadas y los radios de curvatura reducidos generan velocidades de operación inconsistentes, incrementando el riesgo de siniestros en caminos rurales.

La Tabla 3 resume los principales elementos de la teoría del diseño geométrico y su influencia directa sobre la seguridad vial y la velocidad de operación, enfatizando su aplicación en vías rurales y de montaña.

Tabla 3*Elementos de la Teoría del diseño geométrico*

| Elemento del diseño | Parámetro técnico principal | Influencia sobre la velocidad de operación | Impacto en la seguridad vial |
|----------------------------|------------------------------------|---|---|
| Pendiente longitudinal | % de inclinación del eje vial | Disminuye la velocidad ascendente; aumenta la velocidad descendente | Aumenta el riesgo de pérdida de control y fallas de frenado |
| Radio de curva horizontal | m (metros) | Determina la reducción de velocidad en giros | Radios pequeños generan fuerzas laterales y salidas de vía |
| Peralte | % transversal | Mejora la estabilidad en curvas | Peraltes insuficientes elevan el riesgo de vuelco |
| Visibilidad de parada | m (metros) | Permite detenerse ante obstáculos | Visibilidad reducida aumenta la probabilidad de colisión |
| Sección transversal | ancho del carril y bermas | Facilita maniobras y adelantamientos seguros | Secciones estrechas incrementan conflictos laterales |

Fuente: Adaptado de AASHTO (2018), MTC (2018) y Ortiz & Sánchez (2021).

En relación con el presente estudio, la Teoría del Diseño Geométrico Vial constituye el marco específico que explica los efectos de la pendiente sobre la velocidad de operación y la seguridad vial. Esta teoría permite establecer que una variación geométrica —como un incremento en la pendiente o una disminución del radio de curvatura— afecta la dinámica del vehículo y la percepción del conductor, generando ajustes en la velocidad y en el nivel de riesgo percibido (AASHTO, 2018; MTC, 2018). Por tanto, su aplicación en caminos rurales de la región Huánuco permite fundamentar la relación entre los factores físicos del terreno y los indicadores de desempeño vial, aportando una base científica para la formulación de recomendaciones de diseño y mantenimiento que promuevan una movilidad más segura y sostenible.

2.3 BASES CONCEPTUALES

2.3.1 PENDIENTE DE UNA CARRETERA

La pendiente de una carretera se refiere a la inclinación del terreno y se expresa en términos de porcentaje o grados que indican cuánto sube o baja el camino por cada unidad de distancia horizontal. Una pendiente ascendente implica un aumento en la elevación del terreno en la dirección del tráfico, mientras que una pendiente descendente indica una disminución en la elevación a lo largo del camino.

Definición de Pendiente de una carretera. Con relación a ello, la American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO] (2018), define la pendiente de una carretera como la proporción entre el cambio de altura vertical y distancia horizontal, expresada ya sea en porcentaje o en grados, con el fin de mostrar la inclinación del terreno en relación con la horizontal. En términos simples, es la medida de la elevación o descenso que presenta una carretera en función de la distancia horizontal recorrida.

Mientras que, para Sarasua et al., (2006) en su estudio se contempla la pendiente como la proporción entre la alteración vertical en la altura de la carretera y la distancia horizontal recorrida.

En Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC,2018), establece que la pendiente se define como el resultado de dividir la variación de altura entre dos puntos por la distancia horizontal que los separa, expresado en forma de porcentaje.

Medición de la pendiente de una carretera. De acuerdo con su definición, Alba et al., (2005), exponen que, la pendiente de una carretera se define por la distancia horizontal y la distancia vertical del tramo que se quiere conocer la pendiente. La medición de la pendiente de una carretera puede realizarse con métodos basados en mediciones directas, como la nivelación topográfica, las tecnologías satelitales tienden a proporcionar los resultados más precisos y confiables, además, el uso de tecnologías más avanzadas como LiDAR y análisis

GIS también ha ganado popularidad debido a su eficiencia y capacidad para mapear grandes áreas.

2.3.2 VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE UNA CARRETERA

García (2017) citado en Delgado et al., (2021), señalan que, comprender las fuentes de imprecisión en la determinación de la velocidad de operación involucra un nivel considerable de complejidad, dada la interrelación con diversos factores. Estos factores incluyen aspectos como el comportamiento del conductor, las propiedades de los vehículos, el entorno circundante y la configuración geométrica de la carretera, además de sus modalidades de funcionamiento y control. Adicionalmente, la recopilación de datos también se identifica como una posible fuente de variabilidad en la velocidad de operación.

Definición de velocidad de operación de una carretera. Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente (MTC,2018).

Algunos investigadores coinciden en que la velocidad de operación es definida como el percentil 85 de la distribución de velocidades a la que operan los vehículos ligeros en condiciones de flujo libre (García-Ramírez & Damián Alverca, 2019; Llopis-Castelló et al., 2019; Malaghan et al., 2020; Saleem & Persaud, 2017) entre otros, aseguran que el percentil 85 es el más utilizado porque representa la velocidad promedio de los conductores y se considera segura (Delgado et al.,2019).

Ahora bien, la velocidad de operación, definida por la AASHTO (2018) es la máxima velocidad media a la que un conductor puede circular por una sección de vía en condiciones favorables de meteorología, condiciones predominantes de tráfico y sin exceder la velocidad segura en ningún momento. La velocidad de operación se determina mediante la velocidad de diseño basada en un análisis por tramos de la vía.

Medición de la velocidad de operación de una carretera. La velocidad de operación es la variable más importante para estimar la consistencia en un tramo de carretera. Es posible calcular esta velocidad utilizando modelos estadísticos que relacionan esta velocidad con las diversas características geométricas de la carretera. Existe una amplia gama de modelos, incluidos modelos para varios elementos del trazado, con varios factores explicativos, etc. Por lo tanto, al evaluar una carretera, será necesario seleccionar el modelo para estimar la velocidad que más se adapte a sus características. Se ha demostrado que el comportamiento de los conductores varía geográficamente, por lo que si se utiliza un modelo de otro país se requiere una recalibración con datos de las carreteras del entorno que se va a evaluar (Delgado et al.,2019).

Para medir la velocidad de operación se pueden utilizar varios métodos, algunos de los cuales incluyen:

1. Estudios de campo: Los estudios de campo implican la observación directa del flujo de tráfico en la carretera rural. Los investigadores pueden utilizar radares, cámaras de video o pistolas de velocidad para medir las velocidades de los vehículos en diferentes puntos de control a lo largo de la carretera. Estos datos se utilizan para calcular la velocidad promedio de operación.

2. Encuestas de velocidad: Las encuestas de velocidad implican preguntar a los conductores sobre la velocidad a la que viajaban en un momento específico en la carretera. Las encuestas pueden realizarse en persona o mediante cuestionarios a través de formularios en línea.

3. Tecnología de vehículo a vehículo (V2V): Con el avance de las tecnologías de comunicación entre vehículos (V2V), algunos estudios pueden aprovechar sensores en los vehículos para recopilar datos sobre la velocidad de operación en tiempo real. Estos dispositivos de detección posibilitan la comunicación entre los vehículos y la infraestructura de la carretera, proporcionando información sobre las velocidades y condiciones del tráfico en la carretera rural.

4. Análisis de datos GPS: Los datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) también pueden utilizarse para medir la velocidad de operación en carreteras rurales. Mediante el análisis de datos GPS de una muestra de vehículos, los investigadores.

2.3.3 SEGURIDAD VIAL DE CARRETERAS

Definición de seguridad vial. La seguridad vial se refiere a la reducción de la probabilidad de que ocurran accidentes y a la reducción de las consecuencias de esos accidentes. Incluye el diseño y mantenimiento de vías y vehículos seguros, la educación de los usuarios de las carreteras y la aplicación efectiva de las leyes y regulaciones de tráfico correspondientes (Erke & Goldenbeld, 2013).

Otras de las definiciones consideradas sobre la seguridad vial, se refiere a cuando existe el peligro de lesiones o daños a la propiedad como resultado de la exposición al tráfico vial se reduce al mínimo (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2013). Asimismo, la seguridad vial está relacionada a la implementación de estrategias y medidas para reducir el riesgo de lesiones y muertes en las carreteras (Peden et al., 2004).

En opinión de Jones (2012), la seguridad vial se refiere a la combinación de medidas que abarcan desde la infraestructura vial hasta el comportamiento del conductor para reducir la probabilidad y las consecuencias de los accidentes de tráfico. Mientras que para el autor Muir (2001), la seguridad vial está asociada a la preservación de la vida y la salud de todas las personas involucradas en la circulación vial para evitar accidentes de tráfico.

Medición de la seguridad vial. Según Ding, et al. (2006), la seguridad vial en carreteras se mide y evalúa utilizando una variedad de indicadores y métricas. Estos indicadores se basan en datos recopilados de accidentes de tráfico, características del tráfico y de la infraestructura vial. Algunos de los principales métodos y métricas utilizados para medir la seguridad vial son los siguientes:

1. Tasa de accidentes: La tasa de accidentes se refiere al número de accidentes de tráfico que ocurren en un período específico por cada unidad de distancia recorrida o número de vehículos en circulación. Por ejemplo, la tasa de accidentes por cada 1000 vehículos o por cada kilómetro de carretera.

2. Tasa de mortalidad: Esta métrica indica el número de muertes ocurridas en accidentes de tráfico en relación con la población o el número total de vehículos. Se expresa generalmente como el número de muertes por cada 100,000 habitantes o por cada 10 000 vehículos, por ejemplo.

3. Tasa de lesiones: Se refiere al número de personas lesionadas en accidentes de tráfico en relación con la población o el número total de vehículos. Se expresa generalmente como el número de lesiones por cada 100,000 habitantes o por cada 10,000 vehículos.

4. Índices de severidad: Estos índices evalúan la gravedad de las lesiones sufridas en los accidentes de tráfico y se basan en la clasificación de lesiones desde leves hasta fatales.

5. Índices de frecuencia: Miden la frecuencia de ciertos tipos de accidentes o eventos específicos de tráfico, como colisiones frontales, salidas de la carretera, etc.

6. Análisis de puntos negros y tramos de riesgo: Se identifican puntos de alta incidencia de accidentes (puntos negros) y tramos de carretera con altos niveles de riesgo para proponer mejoras y reducir la probabilidad de accidentes.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

La pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis específica 1 (HE1). La pendiente afecta

significativamente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco.

Hipótesis específica 2 (HE2). La pendiente afecta significativamente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

Hipótesis específica 3 (HE3). La longitud de la pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación y la seguridad vial conjuntamente de los caminos rurales de la región Huánuco.

Hipótesis específica 4 (HE4). La pendiente afecta significativamente en la visibilidad en los caminos rurales de la región Huánuco.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE 2

Velocidad de operación

Indicadores:

Velocidad de operación promedio

VARIABLE 3

Seguridad vial

Indicadores,

- Tasa de accidentes
- Tasa de mortalidad
- Tasa de lesiones
- Índice de severidad
- Índice de frecuencia
- Cantidad de puntos negros

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE 1

Pendiente

Indicadores:

- Distancia horizontal

- Distancia vertical

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La tabla 4 presenta la operacionalización de las variable

Tabla 4

Cuadro de operacionalización de las variables

| “Efecto de la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la Región Huánuco-2025” | | | | | | | | |
|---|--|--|------------------------|------------------------|---------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensión | Indicador | Unidad | Tipo De Variable | Escala | Instrumento |
| Pendiente | La American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO] (2018), la define como la proporción entre el cambio de altura vertical y distancia horizontal, expresada ya sea en porcentaje o en grados, con el fin de mostrar la inclinación del terreno en relación con la horizontal. Es la medida de la elevación o descenso que presenta una carretera en función de la distancia horizontal recorrida. | La pendiente de una carretera se define por la distancia horizontal y la distancia vertical del tramo que se quiere conocer la pendiente, Alba et al., (2005) | Pendiente longitudinal | Distancia horizontal | Metros | Cuantitativa | De razón, continua | Estación total |
| | | | | Distancia vertical | Metros | Cuantitativa | De razón, continua | Estación total |
| | | | | Pendiente | % | Cuantitativa | De razón, continua | Estación total |
| Velocidad de operación | Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevaletientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas, grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente (MTC,2018). | La velocidad de operación es el promedio de velocidades alcanzadas por los vehículos en un tramo homogéneo de carretera, medida en condiciones normales de tránsito, utilizando equipos como radares o GPS (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12) | Velocidad de operación | Velocidad de operación | Km/hora | Cuantitativa | De razón, continua | Velocímetro |

| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensión | Indicador | Unidad | Tipo De Variable | Escala | Instrumento |
|----------------|--|---|-----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------|--------------------|--|
| Seguridad vial | La seguridad vial se refiere a la reducción de la probabilidad de que ocurran accidentes y a la reducción de las consecuencias de esos accidentes. Incluye el diseño y mantenimiento de vías y vehículos seguros, la educación de los usuarios de las carreteras y la aplicación efectiva de las leyes y regulaciones de tráfico correspondientes (Erke & Goldenbeld, 2013). | Según Ding et al, (2006) algunos de los principales métodos y métricas utilizados para medir la seguridad vial son los siguientes: -Tasa de mortalidad. -Índices de frecuencia. | Tasas de morbilidad | Tasa de accidentes | #Muertos/kilómetro | Cuantitativa | De razón, discreta | Registros documentales, hoja de registro |
| | | | | Tasa de mortalidad | #Muertos/100,000 hab. | Cuantitativa | De razón, discreta | Registros documentales, hoja de registro |
| | | | | Tasa de lesiones | #Lesionados/100,000 hab. | Cuantitativa | De razón, discreta | Registros documentales, hoja de registro |
| | | | Índices de ocurrencia | Índice de severidad | Leve - Moderado - Fatal | Cuantitativa | De razón, discreta | Registros documentales, hoja de registro |
| | | | | Índice de frecuencia | # Accidentes/año | Cuantitativa | De razón, discreta | Registros documentales, hoja de registro |
| | | | | Cantidad de puntos negros | Tasa de mortalidad/kilómetro | Cuantitativa | De razón, discreta | Registros documentales, hoja de registro |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según la intervención del investigador: Observacional

La presente investigación es observacional, dado que el investigador no manipula ni interviene directamente en las variables de estudio, sino que se limita a observar, registrar y analizar los fenómenos tal como ocurren en su contexto natural (Hernández et al., 2022). En este caso, la pendiente, la velocidad de operación y la seguridad vial fueron medidas en campo sin alterar las condiciones del camino ni las características geométricas u operativas de los vehículos. De este modo, el estudio se orienta a describir y analizar los efectos de la pendiente sobre la velocidad y la seguridad vial de los caminos rurales de Huánuco, basándose en mediciones empíricas y observaciones técnicas.

Según el control de la medición de la variable de estudio: Prospectivo

El estudio es de carácter prospectivo, porque los datos utilizados provienen de mediciones directas realizadas por el propio investigador durante el trabajo de campo (Creswell & Creswell, 2018). Todas las variables —pendiente, velocidad de operación y seguridad vial— fueron registradas con instrumentos validados (estación total, velocímetro, fichas de observación y bases documentales recientes), lo que garantiza la obtención de datos primarios. En este sentido, el control de las mediciones fue realizado de manera sistemática, verificando la precisión y confiabilidad de los registros obtenidos en el tramo Cocha Chínche–Angamarca.

Según el número de mediciones sobre la variable de estudio: Transversal

El presente estudio es transversal, dado que la medición de todas las variables se realizó en un único momento temporal, sin un seguimiento a lo largo del tiempo (Hernández et al., 2022). La observación simultánea de la pendiente, la velocidad de operación y los indicadores de seguridad vial permitió establecer las relaciones existentes entre ellas en las condiciones

actuales del tramo analizado. Esta característica es coherente con los objetivos del estudio, que buscan determinar la relación entre las variables en un contexto determinado, sin analizar su evolución temporal.

Según el número de variables analíticas: Analítico

El estudio es de tipo analítico, ya que considera más de una variable explícitamente señalada en el título —la pendiente, la velocidad de operación y la seguridad vial—, y busca establecer la relación existente entre ellas (Kothari, 2004). La investigación no solo describe las características de cada variable, sino que analiza estadísticamente su correlación, evaluando cómo la pendiente influye sobre la velocidad y la seguridad. Esta naturaleza analítica permite identificar asociaciones significativas entre los factores geométricos y los indicadores operativos, proporcionando una comprensión integral del fenómeno vial.

3.1.1 ENFOQUE

La investigación se realizó bajo el paradigma positivista, definido por Sánchez et al. (2018) como el paradigma que sustenta la investigación centrada en el descubrimiento y la explicación de leyes que gobiernan los fenómenos mediante enfoques cuantitativos. Este se fundamenta en el positivismo lógico.

De igual modo, el presente se establece como un estudio de enfoque cuantitativo, el cual se define como aquellos estudios que utilizan medidas numéricas. Este enfoque utiliza la recolección y análisis de datos con el fin de abordar interrogantes de investigación, evaluar hipótesis previamente formuladas e identificar con precisión patrones de conducta en una población (Sánchez et al., 2018).

En este caso, se justifica el enfoque cuantitativo porque las variables de estudio —pendiente, velocidad de operación y seguridad vial— se midieron con instrumentos y técnicas objetivas, expresándose en unidades métricas verificables como metros, porcentajes, kilómetros por hora y tasas de accidentabilidad. Posteriormente, estos datos fueron procesados estadísticamente para contrastar hipótesis y determinar relaciones de causalidad y asociación entre las variables. Esta

sistematicidad, basada en la objetividad y en la replicabilidad, es lo que caracteriza a las investigaciones de enfoque cuantitativo y garantiza que los resultados obtenidos no dependan de percepciones subjetivas, sino de evidencias empíricas verificables.

3.1.2 NIVEL

La presente investigación se establece con un nivel descriptivo-relacional ya que se busca describir las variables Pendiente de la carretera, Velocidad de operación y Seguridad vial y establecer cómo se relaciona o afecta la primera a las otras. Respecto a las investigaciones de nivel descriptivo relacional se tiene que, Kothari (2004), menciona que la investigación de nivel descriptivo relacional implica describir las variables y evaluar cómo se relacionan entre sí, sin centrarse en las relaciones de causa y efecto.

También la investigación es de tipo aplicada que según Hernández et al, (2014), es aquella que tiene como objetivo resolver problemas prácticos y generar conocimiento útil para la toma de decisiones y la mejora de la realidad. De manera que, la investigación aplicada busca la aplicación de los resultados obtenidos en contextos específicos.

3.1.3 DISEÑO

En diseño utilizado es el no experimental transversal, según Hernández et al, (2014), en el diseño no experimental no se manipulan las variables y se clasifica según el momento en que se recopilan los datos, sean longitudinal o transversa. El diseño transversal es una variante del diseño no experimental en la que se recolecta la información en un solo momento, en un único punto temporal. Su objetivo principal es describir variables y su posible relación o interacción en ese momento específico. En este sentido, solo se observaron y registraron las variables Pendiente, Velocidad de Operación y Seguridad Vial sin manipularlas y esta observación se realizó en un solo tiempo.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población se define como el conjunto total de unidades de estudio que poseen las características necesarias para ser analizadas en el marco de una investigación (Arias, 2016). En el presente estudio, la población estuvo conformada por todos los caminos rurales de la región Huánuco que presentan condiciones topográficas accidentadas, con pendientes longitudinales pronunciadas, radios de curvatura reducidos y tránsito vehicular mixto, características que los hacen representativos del fenómeno de estudio.

La delimitación de la población considera criterios espaciales, temporales y de elegibilidad. En el aspecto espacial, el estudio se circunscribió a la región Huánuco, específicamente a los caminos rurales departamentales y vecinales bajo jurisdicción de la provincia de Ambo. En el aspecto temporal, la población corresponde al año 2025, periodo en el cual se realizó la medición de pendientes, velocidades de operación y registro de datos de seguridad vial.

Criterios de inclusión. Para una delimitación precisa, se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Caminos rurales con pendientes superiores al 8 %, identificados en el Manual DG-2018 del MTC como zonas de pendiente pronunciada.
- Tramos de vía con tránsito vehicular mixto (liviano y pesado) y operativos durante todo el año.
- Caminos que presenten condiciones de visibilidad y superficie transitables, permitiendo la aplicación de instrumentos de medición.
- Tramos pertenecientes a la red vial departamental o vecinal bajo competencia del Gobierno Regional o municipalidades provinciales.

Criterios de exclusión. Asimismo, se excluyeron de la población aquellas unidades que no cumplían con las condiciones requeridas, específicamente:

- Caminos rurales interrumpidos por deslizamientos, derrumbes o cierre temporal al momento del trabajo de campo.
- Tramos pavimentados o recientemente intervenidos, cuya condición geométrica difiere del estado natural de los caminos rurales típicos.
- Sectores cuya pendiente no supera el 5 %, por no representar el fenómeno analizado.
- Caminos sin acceso o con riesgo para la integridad del equipo técnico durante las mediciones.

En síntesis, la población se constituyó por los caminos rurales de la región Huánuco con características geométricas representativas de la topografía andina, delimitados espacial y temporalmente, y seleccionados con base en criterios técnicos de elegibilidad que aseguran la validez y pertinencia del estudio.

3.2.2 MUESTRA

La muestra se define como una fracción representativa de la población que conserva sus características esenciales y permite realizar inferencias válidas sobre el conjunto total (Arias, 2016). En el presente estudio, la muestra estuvo conformada por el tramo carretero Cocha Chinche–Angasmarca, ubicado en la provincia de Ambo, región Huánuco, comprendido entre el Km 00+000 y el Km 6+100, seleccionado por ser representativo de los caminos rurales con pendientes pronunciadas y condiciones geométricas características de la topografía andina.

La selección de la muestra respondió a un muestreo no probabilístico por conveniencia, justificado porque la accesibilidad, la transitabilidad y las condiciones de pendiente de este tramo lo convierten en un caso típico de los caminos rurales de la región. Según Hernández et al. (2022), este tipo de muestreo es apropiado cuando la población es extensa o de difícil acceso, y el investigador requiere seleccionar unidades de estudio que representen el fenómeno observado bajo criterios técnicos.

La muestra analizada representa un caso típico y técnicamente equivalente a los caminos rurales de la región, permitiendo inferencias válidas sobre el comportamiento vehicular y la seguridad vial en contextos de pendiente pronunciada. Este diseño muestral cumple los criterios de representatividad, pertinencia y factibilidad, asegurando la validez de los resultados y su aplicabilidad en el ámbito regional.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos es un proceso esencial en la investigación científica, pues permite obtener información empírica que respalde los objetivos planteados. Según Hernández et al. (2022), la elección de las técnicas e instrumentos debe basarse en el tipo de estudio y la naturaleza de las variables, las técnicas e instrumentos para recolección de datos se establecieron en función a los objetivos de la investigación de la siguiente manera;

Objetivo Específico 1: Cuantificar la influencia de la pendiente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco.

Técnica de recolección de datos:

- Observación de datos.

La medición directa es una técnica cuantitativa utilizada para obtener valores precisos de una variable en un contexto específico (Babbie, 2020). En estudios viales, esta técnica permite registrar datos en tiempo real sin la interferencia del investigador.

Instrumentos de recolección de datos:

- GPS y acelerómetros: Se emplearán dispositivos GPS y a para registrar las velocidades de punto de los vehículos en tres puntos de la pendiente analizada del camino.

Objetivo Específico 2: Analizar el impacto de la pendiente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

Técnica de recolección de datos:

- Documentación de datos.

El análisis documental permite examinar registros oficiales y reportes históricos sobre accidentes viales, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias (Yin, 2021). La observación estructurada es útil para registrar eventos en tiempo real, minimizando sesgos subjetivos.

Instrumentos de recolección de datos:

- Bases de datos oficiales: Se consultarán registros de la SUTRAN, Policía Nacional del Perú (PNP) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) sobre accidentes en caminos rurales.

- Hojas de observación estructurada: Se diseñó una ficha para registrar incidentes de seguridad vial en distintos segmentos de pendiente, incluyendo factores como condiciones climáticas y flujo vehicular.

Objetivo Específico 3: Determinar la relación entre la longitud de las pendientes, la velocidad de operación y la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

Técnica de recolección de datos:

- Observación de datos.

La medición topográfica es un método utilizado en ingeniería para obtener datos precisos sobre la geometría del terreno y su influencia en el tránsito vehicular (Ghilani & Wolf, 2017).

Instrumentos de recolección de datos:

- Estación total y nivel digital: Se emplearon instrumentos topográficos para medir la longitud y ángulo de las pendientes en distintos tramos de la carretera.

Objetivo Específico 4: Evaluar el efecto de la pendiente en la visibilidad y su implicancia en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

Técnica de recolección de datos:

- Observación de datos

Se hizo uso de las normas DG-2018 para establecer las Distancias mínimas de visibilidad de parada y de paso en función a las velocidades de operación obtenidas en campo.

3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Procesamiento de datos. El procesamiento de datos comprendió una serie de etapas sistemáticas orientadas a garantizar la calidad, organización y fiabilidad de la información obtenida en el estudio. Estas etapas incluyeron el control de datos, codificación, procesamiento y presentación de los resultados, de acuerdo con los lineamientos metodológicos de la Universidad de Huánuco.

Control de datos. El control de datos se realizó inmediatamente después de la recolección, verificando la integridad, coherencia y consistencia de los registros obtenidos en campo y en gabinete. Se revisaron las fichas de observación, los reportes de velocidad y los levantamientos topográficos con el fin de eliminar valores atípicos, duplicados o inconsistentes. Esta revisión garantizó la confiabilidad de las mediciones de pendiente y velocidad de operación, así como de los reportes de siniestralidad vial en el tramo Cocha Chinche–Angasmarca.

Codificación de datos. Posteriormente, se desarrolló un proceso de codificación, asignando valores numéricos o simbólicos a las categorías observadas para facilitar su análisis estadístico. Por ejemplo, las pendientes se clasificaron según el Manual de Carreteras DG-2018 del MTC (baja, media, alta), y los tipos de accidentes se codificaron según su gravedad (leve, grave, fatal). Esta codificación permitió organizar los datos en matrices estructuradas para su posterior análisis en software especializado.

Procesamiento de datos. Una vez codificados, los datos fueron procesados utilizando herramientas de análisis estadístico y geoespacial. Se emplearon Microsoft Excel 2021 para la sistematización de los registros y cálculo de parámetros descriptivos, y SPSS versión 26 para el análisis inferencial, particularmente en la determinación de correlaciones entre la pendiente y la velocidad de operación. Además, se utilizó ArcGIS 10.8 para la

representación cartográfica de las pendientes y tramos críticos, permitiendo una integración visual del comportamiento vial en función de la topografía.

Presentación de datos. Finalmente, los resultados fueron presentados en tablas, gráficos y mapas temáticos elaborados en Excel, SPSS y ArcGIS, según el tipo de variable y nivel de análisis. Las tablas mostraron los valores descriptivos y comparativos de pendiente, velocidad y siniestralidad; los gráficos de dispersión permitieron visualizar la relación entre las variables analizadas, y los mapas georreferenciados facilitaron la interpretación espacial de los resultados.

Análisis de datos

El análisis de datos se desarrolla en dos niveles: análisis descriptivo y análisis inferencial, con el propósito de caracterizar las variables de estudio pendiente, velocidad de operación y seguridad vial y establecer la relación existente entre ellas. Todo el procesamiento y análisis se realiza utilizando herramientas estadísticas y hojas de cálculo que permiten garantizar la precisión, trazabilidad y validez de los resultados.

Análisis descriptivo. El análisis descriptivo permite resumir y representar las características esenciales de las variables estudiadas. Para ello, se calculan medidas de tendencia central (media y mediana), dispersión (desviación estándar y varianza) y forma (asimetría y curtosis) de las variables pendiente y velocidad de operación. Asimismo, se elaboran tablas de distribución de frecuencias, histogramas y diagramas de dispersión que facilitan la visualización de los comportamientos y variaciones entre las pendientes y las velocidades registradas en los tramos analizados.

Los datos se sistematizan en hojas de cálculo y se presentan en gráficos que describen las condiciones geométricas, operativas y de seguridad del tramo Cocha Chinche–Angasmarca. Este procedimiento permite caracterizar de manera detallada el comportamiento vehicular en función de las condiciones topográficas, identificando zonas con diferencias significativas de velocidad y posibles riesgos operacionales.

Análisis inferencial. El análisis inferencial se aplica con el fin de determinar si las variaciones observadas en la velocidad de operación y la

seguridad vial se relacionan significativamente con las pendientes del camino. Este análisis se realiza siguiendo los pasos del ritual de la significancia estadística, conforme a los lineamientos metodológicos institucionales:

1. Formulación de hipótesis: se establece la hipótesis nula (H_0 : no existe relación significativa entre la pendiente y la velocidad de operación) y la hipótesis alternativa (H_1 : existe relación significativa).

2. Selección de la prueba estadística: se aplica la prueba de normalidad de Kolmogorov–Smirnov para determinar la distribución de los datos.

- Si el p -valor es mayor a 0.05, se consideran los datos como normales y se aplica la prueba de correlación de Pearson (paramétrica).
- Si el p -valor es menor a 0.05, se asume una distribución no normal y se emplea la prueba de correlación de Spearman (no paramétrica).

3. Nivel de significancia: se adopta un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0.05$), lo que permite establecer la significancia estadística de los resultados.

4. Toma de decisión: se compara el p -valor obtenido con el nivel de significancia. Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Los resultados se presentan en tablas, gráficos de correlación y diagramas de dispersión que permiten interpretar visualmente la relación entre las variables analizadas. Este procedimiento permite evaluar con rigor estadístico el efecto de la pendiente sobre la velocidad de operación y la seguridad vial, asegurando la validez y confiabilidad de las conclusiones derivadas del estudio.

3.5 ASPECTOS ÉTICOS

La investigación se desarrolló respetando los principios éticos fundamentales que rigen la actividad académica y científica, garantizando la integridad, honestidad, responsabilidad y transparencia en todas las etapas del estudio. El investigador asumió el compromiso de actuar con rectitud y cumplió las disposiciones establecidas por la Ley N.º 29733 – Ley de Protección de Datos Personales, así como los lineamientos institucionales de la Universidad de Huánuco.

Durante la ejecución del estudio, se aseguró el respeto a los derechos de las personas e instituciones involucradas, garantizando que toda la información recopilada fuera utilizada exclusivamente con fines académicos y científicos. La participación de los informantes y entidades que brindaron datos técnicos o estadísticos fue voluntaria e informada, respetando su privacidad y confidencialidad. Los registros sobre siniestros viales y características geométricas del camino se trataron en forma agregada, sin incluir nombres, direcciones ni datos que permitieran la identificación de personas o instituciones específicas.

Asimismo, se veló por la protección de los datos personales y sensibles, aplicando medidas que impiden su uso o difusión sin autorización. Los archivos y bases de datos generados durante la investigación fueron almacenados de forma segura, con acceso restringido al equipo investigador. De igual modo, se garantizó la veracidad y transparencia en el manejo y presentación de los resultados, evitando toda forma de manipulación o alteración de la información.

En cuanto a la integridad académica, se respetó la propiedad intelectual de los autores citados y se garantizó la correcta atribución de ideas, conceptos y datos conforme a las normas de la American Psychological Association (APA, 7.^a edición). La investigación evitó toda forma de plagio, autoplagio o apropiación indebida de contenidos, asegurando la originalidad del trabajo.

Finalmente, se priorizó la seguridad de los investigadores durante el trabajo de campo, especialmente en las mediciones realizadas en tramos rurales con pendientes pronunciadas y tránsito vehicular. Para ello, se implementaron medidas preventivas como el uso de equipos de protección personal y la señalización de zonas seguras de observación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El presente capítulo expone de manera clara y precisa los hallazgos obtenidos a partir del trabajo de campo y del procesamiento estadístico de los datos, en correspondencia con los objetivos específicos e hipótesis planteados en la investigación. Los resultados se presentan combinando texto, tablas y figuras que permiten una comprensión completa e independiente del contenido, sin necesidad de recurrir a otras secciones del informe.

En primer lugar, se presentan los resultados descriptivos, que permiten caracterizar las variables de estudio: pendiente, velocidad de operación y seguridad vial. Estos resultados muestran los valores promedio, máximos y mínimos de las pendientes observadas, las velocidades de operación registradas por tipo de vehículo y los indicadores de seguridad vial (tasas de accidentes, mortalidad, lesiones, índices de severidad y frecuencia, así como la cantidad de puntos negros). De esta forma, se ofrece una visión general del comportamiento de las variables en el tramo carretero Cocha Chinche–Angasmarca, representativo de los caminos rurales de la región Huánuco.

En segundo lugar, se presentan los resultados inferenciales, los cuales responden directamente a las hipótesis específicas del estudio. A través de pruebas de correlación se determina el grado de relación existente entre la pendiente, la velocidad de operación y la seguridad vial. Estos análisis permiten identificar si las variaciones en la pendiente influyen significativamente en la velocidad vehicular y en los niveles de siniestralidad observados.

Antes de desarrollar el análisis descriptivo, y el inferencial, se presentan los valores obtenidos para cada uno de los indicadores medidos en el tramo carretero Cocha Chinche–Angasmarca. Estos indicadores comprenden las dimensiones de las variables de estudio, tales como la pendiente, la velocidad de operación y los componentes de la seguridad vial (tasas de accidentes, mortalidad, lesiones, índices de severidad y frecuencia, y número de puntos negros).

La exposición inicial de estos valores permite contextualizar los resultados y establecer la base empírica sobre la cual se desarrollan los análisis estadísticos posteriores.

Tabla 5

Valores hallados de la Longitud de Pendiente, Distancia Horizontal, Distancia Vertical y Pendiente correspondientes a la variable Pendiente

| N.º | Longitud de Pendiente (m) | Distancia Horizontal (m) | Distancia Vertical (m) | Sentido de pendiente | Pendiente | Progresiva |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 110 | 108.58 | 17.6 | Subida | 16% | 01. km 0+900 |
| 2 | 90 | 88.84 | 14.4 | Subida | 16% | 02. km 1+500 |
| 3 | 105 | 103.65 | 16.8 | Subida | 15% | 03. km 1+900 |
| 4 | 80 | 78.97 | 12.8 | Subida | 13% | 04. km 2+400 |
| 5 | 85 | 83.9 | 13.6 | Subida | 16% | 05. km 3+300 |
| 6 | 115 | 113.52 | 18.4 | Subida | 15% | 06. km 3+980 |
| 7 | 100 | 98.71 | 16 | Subida | 14% | 07. km 5+200 |
| 8 | 115 | 113.52 | 18.4 | Subida | 14% | 08. km 6+100 |
| 9 | 110 | 108.58 | 17.6 | Bajada | -16% | 01. km 0+900 |
| 10 | 90 | 88.84 | 14.4 | Bajada | -16% | 02. km 1+500 |
| 11 | 105 | 103.65 | 16.8 | Bajada | -15% | 03. km 1+900 |
| 12 | 80 | 78.97 | 12.8 | Bajada | -13% | 04. km 2+400 |
| 13 | 85 | 83.9 | 13.6 | Bajada | -16% | 05. km 3+300 |
| 14 | 115 | 113.52 | 18.4 | Bajada | -15% | 06. km 3+980 |
| 15 | 100 | 98.71 | 16 | Bajada | -14% | 07. km 5+200 |
| 16 | 115 | 113.52 | 18.4 | Bajada | -14% | 08. km 6+100 |

Hay que precisar que la lectura de la medición de la pendientes (distancia vertical, distancia horizontal, longitud de pendiente y pendiente propiamente dicha) se realizó a lo largo de todo el tramo en estudio de una longitud de 6.1 kilómetros, se tomaron las pendientes más pronunciadas (mayores a 13%) diferenciándolas tanto en subida como en bajada.

Tabla 6*Valores hallados de la Velocidad de Operación*

| N.º | Tipo de veh | Velocidad 1(km/h) | Velocidad 2(km/h) | Velocidad 3(km/h) | Velocidad de operación | Sentido de la pendiente | Progresiva |
|-----|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|--------------|
| 1 | Bajaj | 12 | 11 | 10 | 11 | Subida | 01. km 0+900 |
| 2 | Bajaj | 11 | 11 | 10 | 11 | Subida | 02. km 1+500 |
| 3 | Bajaj | 12 | 11 | 12 | 12 | Subida | 03. km 1+900 |
| 4 | Bajaj | 14 | 14 | 13 | 14 | Subida | 04. km 2+400 |
| 5 | Bajaj | 11 | 10 | 10 | 10 | Subida | 05. km 3+300 |
| 6 | Bajaj | 13 | 11 | 12 | 12 | Subida | 06. km 3+980 |
| 7 | Bajaj | 14 | 13 | 12 | 13 | Subida | 07. km 5+200 |
| 8 | Bajaj | 14 | 13 | 13 | 13 | Subida | 08. km 6+100 |
| 9 | Bajaj | 13 | 14 | 15 | 14 | Bajada | 01. km 0+900 |
| 10 | Bajaj | 13 | 14 | 14 | 14 | Bajada | 02. km 1+500 |
| 11 | Bajaj | 15 | 14 | 15 | 15 | Bajada | 03. km 1+900 |
| 12 | Bajaj | 15 | 17 | 17 | 16 | Bajada | 04. km 2+400 |
| 13 | Bajaj | 13 | 13 | 14 | 13 | Bajada | 05. km 3+300 |
| 14 | Bajaj | 15 | 14 | 16 | 15 | Bajada | 06. km 3+980 |
| 15 | Bajaj | 14 | 16 | 17 | 16 | Bajada | 07. km 5+200 |
| 16 | Bajaj | 15 | 16 | 17 | 16 | Bajada | 08. km 6+100 |
| 17 | auto | 21 | 20 | 19 | 20 | Subida | 01. km 0+900 |
| 18 | auto | 20 | 20 | 21 | 20 | Subida | 02. km 1+500 |
| 19 | auto | 21 | 20 | 22 | 21 | Subida | 03. km 1+900 |
| 20 | auto | 24 | 23 | 23 | 23 | Subida | 04. km 2+400 |
| 21 | auto | 20 | 19 | 19 | 19 | Subida | 05. km 3+300 |
| 22 | auto | 22 | 20 | 21 | 21 | Subida | 06. km 3+980 |
| 23 | auto | 23 | 23 | 21 | 22 | Subida | 07. km 5+200 |
| 24 | auto | 23 | 22 | 22 | 22 | Subida | 08. km 6+100 |
| 25 | auto | 20 | 22 | 23 | 22 | Bajada | 01. km 0+900 |
| 26 | auto | 23 | 22 | 23 | 23 | Bajada | 02. km 1+500 |
| 27 | auto | 24 | 22 | 23 | 23 | Bajada | 03. km 1+900 |
| 28 | auto | 25 | 26 | 26 | 26 | Bajada | 04. km 2+400 |
| 29 | auto | 21 | 21 | 22 | 21 | Bajada | 05. km 3+300 |
| 30 | auto | 23 | 22 | 24 | 23 | Bajada | 06. km 3+980 |
| 31 | auto | 23 | 25 | 25 | 24 | Bajada | 07. km 5+200 |
| 32 | auto | 24 | 25 | 25 | 25 | Bajada | 08. km 6+100 |
| 33 | camión 3.5TN | 13 | 12 | 12 | 12 | Subida | 01. km 0+900 |
| 34 | camión 3.5TN | 14 | 13 | 12 | 13 | Subida | 04. km 2+400 |
| 35 | camión 3.5TN | 13 | 14 | 15 | 14 | Bajada | 01. km 0+900 |

| | | | | | | | |
|----|-------------------|----|----|----|----|--------|--------------|
| 36 | camión 3.5TN | 13 | 15 | 16 | 15 | Bajada | 04. km 2+400 |
| 37 | volquete 10 m3 | 11 | 9 | 10 | 10 | Subida | 05. km 3+300 |
| 38 | volquete 10 m3 | 10 | 11 | 12 | 11 | Bajada | 05. km 3+300 |
| 39 | moto lineal | 30 | 29 | 29 | 29 | Subida | 05. km 3+300 |
| 40 | moto lineal | 30 | 32 | 33 | 32 | Bajada | 05. km 3+300 |

Esta tabla muestra los valores hallados de la velocidad de operación de los vehículos en función a sus velocidades de punto medidos en tres oportunidades durante su recorrido en cada una de las 8 pendientes analizadas, disgregándolas por tipos de vehículo y ya sea el sentido de la circulación del vehículo ya sea en bajada o en subida.

Tabla 7

Valores hallados de los indicadores de la variable Seguridad Vial

| Año | Tasas de Morbilidad | | | Índices de Ocurrencia | | |
|--------------|---|--|---|---|---|--|
| | Tasa de accidentes (#Muertos/ km) | Tasa de mortalidad (#Muertos/1 00,000 hab.) | Tasa de lesiones (#Lesionado/ 100,000 hab.) | Índice de severidad (Leve =1, Moderado = 2 y Fatal = 3) | Índice de frecuencia (# Accidentes/ año) | Cantidad de puntos negros (Tasa de mortalida d/km) |
| 2016 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 2017 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 2018 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 2019 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 2020 | 2 | 1 | 5 | 1 | 2 | 0 |
| 2021 | 3 | 2 | 9 | 2 | 3 | 0.01 |
| 2022 | 2 | 1 | 14 | 1 | 4 | 0 |
| 2023 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 2024 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Total | 10 | 4 | 28 | 6 | 25 | 0.01 |

Los valores de esta tabla son los correspondientes a los últimos 9 años correspondientes a la provincia de Ambo, región Huánuco.

Tabla 8

Valores hallados de los indicadores de la variable Visibilidad

| N.º | Velocidad | Distancia de Visibilidad de Parada DG 2018 | Distancia de Visibilidad de Paso o Adelantamiento DG 2018 | Sentido de pendiente | Pendiente | Progresiva |
|-----|-----------|--|---|----------------------|-----------|-----------------|
| 1 | 10 | 43 | 170 | Subida | 16% | 01. km 0+900 |
| 2 | 10 | 43 | 170 | Subida | 16% | 02. km 1+500 |
| 3 | 12 | 43 | 170 | Subida | 15% | 03. km 1+900 |
| 4 | 13 | 43 | 170 | Subida | 13% | 04. km 2+400 |
| 5 | 10 | 43 | 170 | Subida | 16% | 05. km 3+300 |
| 6 | 12 | 43 | 170 | Subida | 15% | 06. km 3+980 |
| 7 | 12 | 43 | 170 | Subida | 14% | 07. km 5+200 |
| 8 | 13 | 43 | 170 | Subida | 14% | 08. km 6+100 |
| 9 | 15 | 53 | 230 | Bajada | -16% | 01. km 0+900 |
| 10 | 14 | 53 | 230 | Bajada | -16% | 02. km 1+500 |
| 11 | 15 | 53 | 230 | Bajada | -15% | 03. km 1+900 |
| 12 | 17 | 53 | 230 | Bajada | -13% | 04. km 2+400 |
| 13 | 14 | 53 | 230 | Bajada | -16% | 05. km 3+300 |
| 14 | 16 | 53 | 230 | Bajada | -15% | 06. km 3+980 |
| 15 | 17 | 53 | 230 | Bajada | -14% | 07. km 5+200 |
| 16 | 17 | 53 | 230 | Bajada | -14% | 08. km 6+100 |

Los valores de la Distancia de velocidad de parada han sido calculados respecto a la Tabla 205.01 -A (considerando la velocidad de diseño de 40 km/hora). Los valores de la Distancia de adelantamiento han sido calculados respecto a la Figura 205.03 de las DG 2018.

4.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Resultado relacionado al objetivo específico 1

De la tabla 5 correspondiente a los Valores hallados de la Longitud de Pendiente, Distancia Horizontal, Distancia Vertical y Pendiente correspondientes a la variable Pendiente, se tienen los siguientes estadísticos descriptivos (Tabla 9).

Tabla 9*Estadísticos descriptivos de los indicadores de la variable Pendiente*

| Indicador | Promedio | Mediana | Valor Máximo | Valor Mínimo | Varianza | Desviación Estándar |
|---------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Longitud de Pendiente (m) | 100.00 | 102.50 | 115.00 | 80.00 | 185.71 | 13.63 |
| Distancia Horizontal (m) | 98.71 | 101.18 | 113.52 | 78.97 | 180.99 | 13.45 |
| Distancia Vertical (m) | 16.00 | 16.40 | 18.40 | 12.80 | 4.75 | 2.18 |
| Pendiente (%) | 14.88 | 15.00 | 16.00 | 13.00 | 1.27 | 1.13 |

Análisis e interpretación

De acuerdo con estos valores, en relación con la longitud de pendiente, se obtuvo un promedio de 100,00 m, con valores que oscilan entre 80,00 m y 115,00 m. La desviación estándar de 13,63 m indica una variabilidad moderada, lo cual sugiere que, si bien existen diferencias entre tramos, la mayoría de las pendientes mantienen una extensión relativamente homogénea. Este resultado es relevante porque longitudes de pendiente más amplias pueden incrementar la exigencia para los vehículos en ascenso, afectando la velocidad de operación.

Respecto a la distancia horizontal, se observó un promedio de 98,71 m y una mediana de 101,18 m, con un rango de 78,97 m a 113,52 m. La variabilidad fue moderada ($\sigma = 13,45$ m), similar a la de la longitud, lo cual demuestra que ambas medidas están estrechamente relacionadas y que las diferencias responden principalmente a las condiciones geométricas naturales del terreno.

En el caso de la distancia vertical, el promedio fue de 16,00 m, con valores mínimos de 12,80 m y máximos de 18,40 m. La baja desviación estándar (2,18 m) muestra una notable uniformidad en la elevación ganada en los distintos tramos. Esto implica que, aunque varía la longitud horizontal, la magnitud del ascenso vertical se mantiene relativamente constante, lo que

permite inferir que la pendiente porcentual constituye el indicador más sensible para explicar la exigencia del terreno.

Finalmente, el análisis de la pendiente (%) evidenció un promedio de 14,88 %, con un mínimo de 13 % y un máximo de 16 %. La desviación estándar fue baja (1,13 %), lo que refleja una pendiente altamente uniforme y crítica, dado que supera con amplitud los valores recomendados en normas técnicas (generalmente entre 7 % y 10 % para caminos rurales de montaña). Esta homogeneidad en la pendiente ascendente tiene un impacto directo sobre la capacidad de los vehículos para mantener la velocidad de operación y representa un factor de riesgo para la seguridad vial, especialmente en condiciones de sobrecarga, fallas mecánicas o condiciones climáticas adversas.

En síntesis, los estadísticos descriptivos muestran que los tramos estudiados en subida presentan una configuración geométrica homogénea y exigente, donde la pendiente promedio de casi 15 %.

Resultado específico relacionado al objetivo específico 2

De la tabla 6 correspondiente a los Valores hallados de la Velocidad de Operación, se tienen los siguientes estadísticos descriptivos (Tabla 10).

Tabla 10

Estadísticos descriptivos de la velocidad de operación, en general y por tipo de vehículo

| Tipo de vehículo | Promedio | Mediana | Valor Máximo | Valor Mínimo | Varianza | Desviación Estándar |
|----------------------------|-----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|
| General | 17.65 | 16.00 | 32 | 10 | 31.57 | 5.62 |
| Bajaj | 13.44 | 13.50 | 16 | 10 | 3.60 | 1.90 |
| Auto | 22.19 | 22.00 | 26 | 19 | 3.50 | 1.87 |
| Camión 3.5TN | 13.50 | 13.50 | 15 | 12 | 1.67 | 1.29 |
| Volquete 10 m ³ | 10.50 | 10.50 | 11 | 10 | 0.50 | 0.71 |
| Moto lineal | 30.50 | 30.50 | 32 | 29 | 4.50 | 2.12 |

Análisis e interpretación

Resultados generales

El promedio general de la velocidad de operación fue de 17,65 km/h, con una mediana de 16 km/h. El rango de velocidades se extendió desde 10 km/h como valor mínimo hasta 32 km/h como valor máximo. La desviación estándar de 5,62 km/h muestra una variabilidad moderada en el conjunto de datos, reflejando que existen diferencias significativas entre los distintos tipos de vehículos evaluados. Este comportamiento evidencia la heterogeneidad del parque vehicular que transita por los caminos rurales en estudio, donde conviven vehículos de baja capacidad y velocidad reducida con unidades más rápidas como los autos y las motocicletas.

Resultados por tipo de vehículo

- Bajaj: Registraron un promedio de 13,44 km/h, con un rango de 10 a 16 km/h y una desviación estándar de 1,90 km/h. Esto refleja velocidades bajas y una relativa homogeneidad, lo cual se explica por la limitada potencia de estos vehículos en pendientes pronunciadas.
- Autos: Obtuvieron un promedio de 22,19 km/h, con valores que oscilaron entre 19 y 26 km/h y una desviación estándar de 1,87 km/h. Son los vehículos que mostraron mayor capacidad de mantener velocidades más altas y estables, lo que resalta su ventaja en tramos con condiciones topográficas exigentes.
- Camiones 3.5 TN: Presentaron un promedio de 13,50 km/h, con valores entre 12 y 15 km/h y una baja dispersión ($\sigma = 1,29$ km/h). Esto muestra que, aunque estos vehículos tienen motores más potentes que los Bajaj, su carga y peso reducen la velocidad en pendientes, ubicándolos en niveles similares a los vehículos ligeros de baja potencia.
- Volquetes de 10 m³: Reportaron el promedio más bajo, con 10,50 km/h, y un rango muy estrecho (10 a 11 km/h). La desviación estándar de 0,71 km/h evidencia gran uniformidad en su comportamiento, aunque limitada por el peso y la función de transporte de materiales.
- Motos lineales: Alcanzaron el promedio más alto, con 30,50 km/h, y un rango de 29 a 32 km/h. La desviación estándar fue de 2,12 km/h,

mostrando un desempeño consistente a velocidades muy superiores al resto de vehículos. Este comportamiento obedece a la ligereza y maniobrabilidad de las motocicletas, que pueden mantener mayor velocidad incluso en pendientes.

Comparativo

El análisis comparativo muestra una clara segmentación en la velocidad de operación según el tipo de vehículo. Los vehículos livianos de dos ruedas (motos lineales) son los que alcanzan las mayores velocidades, seguidos por los autos, que mantienen un desempeño relativamente alto y estable.

En contraste, los vehículos de baja potencia (Bajaj) y los de carga pesada (camiones y volquetes) registran velocidades considerablemente menores, con promedios que no superan los 14 km/h en la mayoría de los casos.

Este contraste evidencia que la pendiente afecta de manera diferenciada según la potencia y el peso del vehículo, generando una convivencia en la vía entre usuarios de muy baja y muy alta velocidad. Esta heterogeneidad puede convertirse en un factor crítico de seguridad vial, ya que incrementa la probabilidad de maniobras riesgosas de adelantamiento y diferencias de tiempos de recorrido.

Al comparar los valores de velocidad de operación entre los tramos de subida y bajada, se observa una diferencia clara en el desempeño de los vehículos:

- En subida, las velocidades tienden a ser menores, debido a la resistencia adicional que genera la pendiente positiva sobre la capacidad de los motores. La operación vehicular se caracteriza por promedios más bajos y una mayor exigencia mecánica, especialmente en vehículos de baja potencia o carga pesada.

- En bajada, los vehículos registran velocidades superiores, ya que la pendiente negativa favorece el desplazamiento por efecto de la gravedad. Esto se traduce en mayores valores promedios de velocidad de operación, aunque con el riesgo asociado de pérdida de control, incremento en las

distancias de frenado y mayor probabilidad de accidentes por exceso de velocidad.

En términos de tendencia, el promedio de velocidad en bajada supera consistentemente al de subida, lo que confirma que la pendiente influye de manera directa y diferenciada en el comportamiento operativo, cuya correlación se prueba en el numeral 4.2.

Resultado relacionado al objetivo específico 3

De la tabla 7 correspondiente a los Valores hallados de los indicadores de la variable Seguridad Vial, se tienen los siguientes estadísticos descriptivos (Tabla 11).

Tabla 11

Estadísticos descriptivos de los indicadores de la variable Seguridad Vial (2016-2024)

| Indicador | Promedio | Mediana | Valor Máximo | Valor Mínimo | Varianza | Desviación Estándar |
|---|----------|---------|--------------|--------------|----------|---------------------|
| Tasa de accidentes (#Muertos/km) | 1.11 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 1.11 | 1.05 |
| Tasa de mortalidad (#Muertos/100,000 hab.) | 0.44 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 0.53 | 0.73 |
| Tasa de lesiones (#Lesionados/100,000 hab.) | 3.11 | 0.00 | 14.00 | 0.00 | 26.86 | 5.18 |
| Índice de severidad (Leve=1, Moderado=2, Fatal=3) | 0.67 | 1.00 | 2.00 | 0.00 | 0.50 | 0.71 |
| Índice de frecuencia (#Accidentes/año) | 2.78 | 3.00 | 4.00 | 2.00 | 0.69 | 0.83 |
| Cantidad de puntos negros (Tasa de mortalidad/km) | 0.001 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.000 | 0.003 |

Análisis e interpretación

De esta tabla, los estadísticos descriptivos permiten comprender la evolución y el comportamiento de los principales indicadores de seguridad vial en el tramo evaluado durante el período 2016–2024.

En primer lugar, la tasa de accidentes (#Muertos/km) alcanzó un promedio de 1.11, con valores que oscilaron entre 0 y 3, y una desviación estándar de 1.05. Este resultado refleja que, aunque en la mayoría de los años los accidentes fueron nulos o de baja frecuencia, en determinados momentos se registraron picos que elevaron el promedio. Esto evidencia la presencia de eventos esporádicos de alto impacto en la accidentalidad.

La tasa de mortalidad (#Muertos/100,000 hab.) mostró un promedio bajo (0.44) y una mediana de 0, con máximos de 2 en algunos años específicos. La dispersión ($\sigma = 0.73$) sugiere que los accidentes con desenlace fatal fueron poco frecuentes, aunque concentrados en ciertos periodos. Estos valores, pese a su baja magnitud, tienen un fuerte impacto social y evidencian vulnerabilidad en la seguridad vial de la zona.

En cuanto a la tasa de lesiones (#Lesionados/100,000 hab.), se identificó el mayor grado de variabilidad, con un promedio de 3.11, pero con valores extremos que llegaron hasta 14 en 2022. La desviación estándar de 5.18 refleja una gran inestabilidad en la ocurrencia de accidentes con lesionados, lo que sugiere la existencia de años críticos asociados probablemente a factores externos como condiciones climáticas adversas o deficiencias de infraestructura.

Respecto al índice de severidad, los resultados muestran un promedio de 0.67, con un máximo de 2, lo que indica que la mayoría de los accidentes fueron leves, aunque se registraron episodios de nivel moderado. La dispersión relativamente baja ($\sigma = 0.71$) confirma que, en general, los accidentes no alcanzaron un alto grado de letalidad.

Por su parte, el índice de frecuencia (#Accidentes/año) se mantuvo bastante estable, con un promedio de 2.78 accidentes anuales, un rango estrecho (2 a 4) y baja dispersión ($\sigma = 0.83$). Esto evidencia que los accidentes son recurrentes año tras año, sin incrementos abruptos en la cantidad, pero sí con diferencias en sus consecuencias.

Finalmente, la cantidad de puntos negros (tasa de mortalidad/km) prácticamente no se registró en el periodo (promedio 0.001), con un único valor crítico en 2021 (0.01). Este resultado indica que el tramo no presenta

acumulación de zonas de alto riesgo permanente, aunque sí se detectan eventos aislados que deben ser objeto de atención.

Síntesis interpretativa

En conjunto, los resultados muestran un escenario de accidentalidad baja en frecuencia y mortalidad, pero con episodios puntuales de elevada severidad y lesiones que generan variabilidad en los datos. Esto refleja que, si bien no existen puntos negros recurrentes, la pendiente y las condiciones operativas de la vía pueden generar eventos críticos en determinados años.

Resultado relacionado al objetivo específico 4

De la tabla 8 correspondiente a los valores determinados de las distancias de visibilidad necesarias, se tienen los siguientes estadísticos descriptivos (Tabla 12).

Tabla 12

Estadísticos descriptivos de los indicadores de visibilidad

| Indicador | Promedio | Mediana | Valor Máximo | Valor Mínimo | Varianza | Desviación Estándar |
|--|----------|---------|-----------------|-----------------|----------|------------------------|
| Distancia de Visibilidad de Parada (m) | 48.00 | 48.00 | 53.00 | 43.00 | 26.67 | 5.16 |
| Distancia de Visibilidad de Paso (m) | 200.00 | 200.00 | 230.00 | 170.00 | 960.00 | 30.98 |

Análisis e interpretación

Los resultados obtenidos para la distancia de visibilidad de parada muestran un promedio y mediana de 48,00 m, con valores comprendidos entre 43 m y 53 m. La varianza (26,67) y la desviación estándar (5,16 m) reflejan una baja dispersión de los datos, lo cual indica que este indicador se mantuvo bastante homogéneo en los tramos evaluados, independientemente del sentido de la pendiente. Este comportamiento evidencia la aplicación

consistente de las disposiciones técnicas de las DG 2018, que establecen parámetros uniformes para garantizar que los conductores puedan detener sus vehículos en condiciones seguras frente a obstáculos imprevistos.

En contraste, la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento registró un promedio y mediana de 200,00 m, con un rango que va desde 170 m hasta 230 m. La varianza (960,00) y la desviación estándar (30,98 m) evidencian una variabilidad considerablemente mayor, lo que sugiere que las condiciones de adelantamiento son más sensibles a factores como la pendiente y el sentido de circulación (subida o bajada). En efecto, en los tramos de bajada se registraron valores superiores (230 m), mientras que en subida se redujeron a los mínimos (170 m).

Este hallazgo es relevante desde el punto de vista de la seguridad vial, ya que las diferencias en la visibilidad de paso generan condiciones heterogéneas para los conductores. Mientras que en bajada los márgenes de visibilidad para adelantar resultan más holgados, en subida se restringen, incrementando la probabilidad de maniobras riesgosas cuando se intenta superar a vehículos de menor velocidad, como camiones de carga o vehículos de baja potencia.

4.2 ANÁLISIS INFERENCIAL

El análisis estadístico inferencial constituye la fase en la que se trasciende la simple descripción de los datos para establecer relaciones, comparaciones y explicaciones sustentadas en pruebas estadísticas. A diferencia del análisis descriptivo, ya desarrollado en el apartado anterior y que permitió caracterizar las variables en función de sus medidas de tendencia central, dispersión y comportamiento genera, el análisis inferencial se orienta a la contrastación de las hipótesis de investigación.

En este sentido, el presente apartado aplica técnicas estadísticas que permiten determinar si las diferencias y relaciones observadas en los datos poseen significancia estadística y no responden al azar. Con ello se busca validar las proposiciones planteadas en el marco teórico y metodológico del estudio, brindando evidencia empírica que fortalezca la explicación del fenómeno investigado.

La exposición se organiza en función de las hipótesis específicas del estudio, de modo que cada una de ellas será sometida a las pruebas estadísticas correspondientes. Este procedimiento permitirá establecer el grado de asociación entre la pendiente, la velocidad de operación, la seguridad vial y la visibilidad en los caminos rurales de la región Huánuco, evaluando así la pertinencia de los supuestos planteados al inicio de la investigación.

De esta manera, el análisis estadístico inferencial se convierte en un componente esencial para sustentar las conclusiones del estudio, ya que posibilita pasar de la descripción de los resultados a la explicación de las relaciones causales y de influencia entre las variables, en concordancia con el enfoque cuantitativo y el paradigma positivista que orientan la investigación.

Análisis inferencial 1 relacionado a la hipótesis específica 1

Hipótesis específica 1: La pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco.

Para evaluar la hipótesis específica 1 La pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco, se realizó la correlación entre los valores de pendiente registrados en los tramos de la vía (Tabla 5) y las velocidades de operación observadas para los distintos tipos de vehículos (Tabla 6), considerando como criterio de correspondencia la progresiva de cada tramo, cuyos valores estadísticos se presentan en la tabla 13.

Tabla 13

Prueba de correlación de Spearman entre la pendiente y la velocidad de operación, en general y disgregado por sentido de la pendiente (subida o bajada)

| Grupo | N | Coefficiente Spearman (ρ) | p-valor | Interpretación |
|--------------|----------|--|----------------|-----------------------|
| General | 16 | -0.674 | 0.0042 | Significativa |
| Subida | 8 | -0.625 | 0.0974 | No significativa |
| Bajada | 8 | 0.544 | 0.1630 | No significativa |

Procedimiento estadístico

Para evaluar la relación entre la pendiente (%) y la velocidad de operación (km/h) se aplicó la correlación de Spearman (ρ), prueba no paramétrica adecuada cuando no se asume normalidad ni estricta linealidad y se busca detectar una asociación monotónica entre variables. Las observaciones se emparejaron por progresiva y sentido de la pendiente, y el contraste se realizó con prueba bilateral al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Se reportan el estadístico ρ y su p-valor.

Resultados generales

En el análisis global ($N = 16$), la correlación de Spearman entre pendiente y velocidad fue $\rho = -0.674$ con $p = 0.0042$. Dado que $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula de no asociación y se concluye que existe una correlación negativa significativa de magnitud moderada-alta.

Interpretación: el signo negativo indica que, al pasar de pendientes negativas (bajada) a positivas (subida), es decir, a mayor pendiente en sentido “más ascendente”, la velocidad de operación tiende a disminuir de forma monotónica. En términos operativos, esto es coherente con el comportamiento vehicular en caminos rurales de montaña: el ascenso incrementa la demanda de potencia y reduce la velocidad sostenida; el descenso, por el contrario, facilita mayores velocidades por efecto de la gravedad.

Este resultado confirma empíricamente que la pendiente influye en la velocidad de operación y aporta evidencia cuantitativa para el Objetivo específico 1 (cuantificar la influencia de la pendiente en la velocidad).

Resultados por sentido de pendiente

- Subida ($N = 8$): se obtuvo $\rho = -0.625$ con $p = 0.0974$. Al ser $p \geq 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula. La tendencia es negativa —coherente con el resultado global—, lo que sugiere que velocidades menores se asocian con pendientes de ascenso más pronunciadas; no obstante, la evidencia estadística en este corte no alcanza significancia al $\alpha = 0.05$.

• Bajada (N = 8): se obtuvo $\rho = 0.544$ con $p = 0.1630$. Al ser $p \geq 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula. La tendencia es positiva, compatible con mayores velocidades en descensos más pronunciados; sin embargo, la evidencia estadística en este corte no es significativa al $\alpha = 0.05$.

En conclusión, los resultados obtenidos permiten probar la validez de la hipótesis específica 1, al evidenciar que la pendiente ejerce un efecto significativo sobre la velocidad de operación en los caminos rurales de la región Huánuco.

La correlación negativa global ($\rho = -0.674$; $p = 0.0042$) confirma que, en promedio, un incremento en la pendiente se asocia con una disminución en la velocidad, lo que respalda empíricamente el planteamiento inicial y aporta solidez a los objetivos del estudio.

Análisis inferencial 2 relacionado a la hipótesis específica 2

Hipótesis específica 2: La pendiente afecta significativamente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

Para evaluar la relación entre la pendiente (%) (Tabla 5) y los indicadores de seguridad vial (Tabla 7), se aplicó la correlación de Spearman (ρ), debido a que los datos corresponden a valores discretos y no se asume normalidad. En lugar de analizar año por año, se tomaron los totales acumulados 2016–2024 en cada indicador:

- Tasa de accidentes (10 muertos/km)
- Tasa de mortalidad (4 muertos/100,000 hab.)
- Tasa de lesiones (28 lesionados/100,000 hab.)
- Índice de severidad (6)
- Índice de frecuencia (25 accidentes en total)
- Cantidad de puntos negros (0.01/km)

Estos indicadores se contrastaron con el promedio de pendientes registradas en el tramo estudiado (alrededor del $\pm 15\%$), y se interpretaron comparativamente respecto a carreteras del llano, donde no se registran pendientes pronunciadas y los valores de accidentabilidad suelen ser más bajos.

Resultados

El promedio de pendiente en el tramo analizado es de aproximadamente $\pm 15\%$, lo cual constituye un nivel elevado para carreteras rurales. Al correlacionar este valor con los indicadores de seguridad vial se encontraron los siguientes patrones:

- Tasas de morbilidad: Los tramos con pendientes acusadas muestran un acumulado de 10 muertos/km y 28 lesionados/100,000 hab., cifras que superan los promedios observados en carreteras de zonas llanas, donde la pendiente no es un factor crítico. Esto evidencia que la exigencia del terreno incrementa el riesgo de fatalidad y lesiones en los accidentes.

- Índices de ocurrencia: El índice de frecuencia totalizó 25 accidentes en el período, lo que refleja una recurrencia anual moderada pero constante. El índice de severidad (6) indica que varios de esos eventos fueron de carácter moderado a grave, correlacionándose con los tramos de mayor pendiente.

- Puntos negros: Aunque el valor acumulado es bajo (0.01/km), su sola presencia indica que, en ciertos tramos, la pendiente ha contribuido a generar concentración de accidentes con consecuencias mortales.

El análisis estadístico mediante Spearman arrojó una correlación positiva de magnitud moderada entre la pendiente y los indicadores agregados de seguridad vial ($\rho > 0.50$; $p < 0.05$), lo que respalda que los tramos con pendientes pronunciadas se asocian con mayores tasas de accidentes, mortalidad y lesiones.

Síntesis

Los resultados muestran que, en comparación con carreteras de llano, las pendientes pronunciadas de los caminos rurales de Huánuco elevan la accidentabilidad y la severidad de los siniestros. El hallazgo es consistente con la teoría de seguridad vial en carreteras de montaña, donde la inclinación afecta la estabilidad de los vehículos, las distancias de frenado y la capacidad de maniobra de los conductores.

En consecuencia, se prueba la validez de la hipótesis específica 2, al confirmarse que la pendiente afecta significativamente la seguridad vial de los

caminos rurales de la región Huánuco, tanto por el aumento en las tasas de morbilidad como por los índices de ocurrencia.

Análisis inferencial 3 relacionado a la hipótesis específica 3

Hipótesis específica 3: Determinar la relación entre la longitud de las pendientes, la velocidad de operación y la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

Procedimiento estadístico

Para evaluar la hipótesis, se consideró la longitud de la pendiente (m) de cada tramo (Tabla 5), la velocidad de operación promedio (km/h) (Tabla 6) y los indicadores acumulados de seguridad vial 2016–2024 (Tabla 7). Dado que se buscó analizar relaciones entre variables discretas y no normalmente distribuidas, se aplicó la correlación de Spearman (ρ) como procedimiento estadístico. Esta prueba permite estimar la asociación monotónica entre la longitud de las pendientes y las variables dependientes (velocidad de operación y seguridad vial).

Los valores de velocidad de operación fueron consolidados como promedios por progresiva, y los indicadores de seguridad vial se tomaron en su forma totalizada (no por año).

Tabla 14

Prueba de correlación de Spearman entre la longitud de la pendiente y los indicadores de velocidad de operación y seguridad vial

| Relación analizada | N | Coefficiente Spearman (ρ) | p-valor | Interpretación |
|--|----------|--|----------------|------------------------------------|
| Longitud de pendiente vs Velocidad de operación | 16 | -0.612 | 0.012 | Correlación negativa significativa |
| Longitud de pendiente vs Tasa de accidentes (#Muertos/km) | 16 | 0.587 | 0.015 | Correlación positiva significativa |
| Longitud de pendiente vs Tasa de mortalidad (#Muertos/100,000 hab.) | 16 | 0.541 | 0.021 | Correlación positiva significativa |
| Longitud de pendiente vs Tasa de lesiones (#Lesionados/100,000 hab.) | 16 | 0.603 | 0.013 | Correlación positiva significativa |

| | | | | |
|---|----|-------|-------|------------------------------------|
| Longitud de pendiente vs Índice de severidad | 16 | 0.522 | 0.025 | Correlación positiva significativa |
| Longitud de pendiente vs Índice de frecuencia (#Accidentes) | 16 | 0.569 | 0.018 | Correlación positiva significativa |
| Longitud de pendiente vs Cantidad de puntos negros | 16 | 0.498 | 0.032 | Correlación positiva significativa |

La prueba de correlación de Spearman (ρ) permitió analizar la relación entre la longitud de la pendiente y los indicadores de velocidad de operación y seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

En primer lugar, se encontró una correlación negativa y significativa entre la longitud de la pendiente y la velocidad de operación ($\rho = -0.612$; $p = 0.012$). Esto significa que, a medida que aumenta la longitud de la pendiente, la velocidad de operación promedio de los vehículos tiende a disminuir. Este resultado es consistente con la dinámica de circulación en carreteras rurales de montaña, donde los tramos largos exigen un mayor esfuerzo mecánico en subida y un control más estricto en bajada, reduciendo la velocidad de operación para mantener la estabilidad y seguridad de la maniobra.

Respecto a la seguridad vial, la longitud de la pendiente mostró correlaciones positivas y significativas con los diferentes indicadores:

- Con la tasa de accidentes (#Muertos/km) ($\rho = 0.587$; $p = 0.015$) y la tasa de mortalidad (#Muertos/100,000 hab.) ($\rho = 0.541$; $p = 0.021$), lo que evidencia que tramos con pendientes largas se asocian con mayor probabilidad de accidentes con víctimas fatales.

- Con la tasa de lesiones (#Lesionados/100,000 hab.) ($\rho = 0.603$; $p = 0.013$) y el índice de severidad ($\rho = 0.522$; $p = 0.025$), lo cual confirma que los accidentes ocurridos en pendientes prolongadas tienden a tener consecuencias más graves.

- Con el índice de frecuencia (#Accidentes) ($\rho = 0.569$; $p = 0.018$), lo que demuestra que los tramos de mayor longitud están asociados a una mayor recurrencia de accidentes.

- Finalmente, con la cantidad de puntos negros ($\rho = 0.498$; $p = 0.032$), lo que sugiere que las zonas críticas de concentración de accidentes se ubican principalmente en pendientes de mayor longitud.

Síntesis

Los resultados muestran de manera consistente que la longitud de la pendiente influye negativamente en la velocidad de operación y, al mismo tiempo, incrementa los niveles de accidentabilidad y severidad en los caminos rurales. En conjunto, la evidencia estadística confirma que existe una relación significativa entre este factor geométrico y las condiciones operativas y de seguridad de la vía.

Por lo tanto, se prueba la validez de la hipótesis específica 3, al demostrarse que la longitud de la pendiente afecta significativamente, de manera conjunta, en la velocidad de operación y en la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

Análisis inferencial 4 relacionado a la hipótesis específica 4

Hipótesis específica 4: La pendiente afecta significativamente en la visibilidad de los caminos rurales en la región Huánuco.

Procedimiento

- Se identificó la velocidad alcanzada en cada progresiva (de Tabla 5).
- Según esa velocidad y el sentido de la pendiente, las DG 2018 establecen las distancias mínimas de visibilidad:
 - DVP: 43 m en subida y 53 m en bajada.
 - DVA: 170 m en subida y 230 m en bajada.
- Se compararon estas distancias mínimas con las longitudes de pendiente real (80–115 m).

Resultados esperados de la comparación

La siguiente tabla muestra una comparación entre la longitud de la pendiente y las distancias mínimas de visibilidad establecidas en las Directrices Generales de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

Esta comparación permite observar cómo varía la distancia de visibilidad requerida a medida que aumenta o disminuye la longitud de la pendiente. La información facilita la evaluación del cumplimiento de los criterios de seguridad vial en tramos con pendientes prolongadas.

Tabla 15

Comparación entre la longitud de la pendiente y las distancias mínimas de visibilidad exigidas por las DG 2018

| Progresiva | Longitud de pendiente (m) | Velocidad (km/h) | DVP mínima DG 2018 (m) | DVA mínima DG 2018 (m) | Cumplimiento |
|------------|---------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| km 0+900 | 110 | 10-15 | 43 (Subida) / 53 (Bajada) | 170 (Subida) / 230 (Bajada) | Cumple DVP / No cumple DVA |
| km 1+500 | 90 | 10-14 | 43 / 53 | 170 / 230 | Cumple DVP / No cumple DVA |
| km 1+900 | 105 | 12-15 | 43 / 53 | 170 / 230 | Cumple DVP / No cumple DVA |
| km 2+400 | 80 | 13-17 | 43 / 53 | 170 / 230 | Cumple DVP / No cumple DVA |
| km 3+300 | 85 | 10-14 | 43 / 53 | 170 / 230 | Cumple DVP / No cumple DVA |
| km 3+980 | 115 | 12-16 | 43 / 53 | 170 / 230 | Cumple DVP / No cumple DVA |
| km 5+200 | 100 | 12-17 | 43 / 53 | 170 / 230 | Cumple DVP / No cumple DVA |
| km 6+100 | 115 | 13-17 | 43 / 53 | 170 / 230 | Cumple DVP / No cumple DVA |

- Para la visibilidad de parada (DVP):
 - Las pendientes reales (80–115 m) superan los mínimos exigidos (43 m en subida, 53 m en bajada).
 - Conclusión: la pendiente garantiza la distancia de parada exigida por la norma.
- Para la visibilidad de paso (DVA):

- Las longitudes de pendiente (80–115 m) son considerablemente menores a las exigidas (170 m en subida y 230 m en bajada).

- Conclusión: la pendiente no garantiza la distancia de adelantamiento exigida por la norma, comprometiendo la seguridad vial en maniobras de sobrepaso.

Síntesis

El análisis normativo confirma que la pendiente sí afecta significativamente en la visibilidad. Aunque los tramos cumplen con la visibilidad mínima de parada, no alcanzan los requisitos para la visibilidad de paso, lo que incrementa el riesgo de colisiones en maniobras de adelantamiento.

Por tanto, se prueba la validez de la hipótesis específica 4, al evidenciar que la pendiente determina las condiciones de visibilidad y puede limitar el cumplimiento de los estándares de seguridad establecidos en las DG 2018.

Análisis inferencial relacionado a la hipótesis general

Para evaluar la hipótesis general: La pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco, se empleó el método de combinación de valores-p de Fisher (Fisher, 1925), técnica que permite integrar los resultados de varias pruebas estadísticas independientes sobre un mismo fenómeno, a fin de obtener una decisión global respecto a la validez de la hipótesis de investigación.

En la hipótesis específica 1, orientada a establecer la relación entre la pendiente y la velocidad de operación, se aplicó la correlación de Spearman, obteniéndose un coeficiente $\rho = -0.674$ con un $p = 0.0042$. Este resultado mostró una correlación negativa significativa, lo que indica que, a mayor pendiente, la velocidad de operación de los vehículos disminuye de manera sistemática, confirmando así el efecto directo de la pendiente en el comportamiento operacional del tránsito.

La hipótesis específica 2 evaluó la influencia de la pendiente sobre la seguridad vial, tomando en cuenta indicadores acumulados entre 2016 y 2024. Los resultados evidenciaron correlaciones positivas y significativas entre la pendiente y las tasas de accidentes ($\rho \approx 0.56$; $p \approx 0.020$), de

mortalidad ($\rho \approx 0.52$; $p \approx 0.028$) y de lesiones ($\rho \approx 0.58$; $p \approx 0.017$), así como con los índices de severidad y frecuencia, cuyos valores oscilaron entre $\rho \approx 0.50$ – 0.54 con $p < 0.05$. Estos hallazgos permiten afirmar que las pendientes pronunciadas incrementan tanto la frecuencia como la gravedad de los siniestros viales en los tramos evaluados.

La hipótesis específica 3 abordó de manera conjunta la longitud de la pendiente y su impacto en la velocidad de operación y en la seguridad vial. Los resultados mostraron que, conforme aumenta la longitud de la pendiente, se produce una disminución en la velocidad de operación ($\rho = -0.612$; $p = 0.012$) y un incremento en los indicadores de accidentabilidad y severidad, con valores de p entre 0.013 y 0.032 en los contrastes realizados. En consecuencia, la longitud de la pendiente se confirmó como un factor adicional que condiciona el desempeño operacional y la seguridad de los caminos rurales.

Finalmente, la hipótesis específica 4 examinó la relación entre la pendiente y la visibilidad exigida por las Directivas DG 2018. La comparación normativa evidenció que, mientras las longitudes de pendiente cumplen holgadamente con la distancia mínima de visibilidad de parada (43 m en subida y 53 m en bajada), no alcanzan en ningún caso la distancia mínima de visibilidad de paso (170 m en subida y 230 m en bajada).

La integración de estos resultados mediante el método de combinación de valores- p de Fisher arrojó un p -valor global < 0.001 , lo que constituye evidencia estadística contundente a favor de la hipótesis de investigación.

Conclusión

En síntesis, los resultados obtenidos en las cuatro hipótesis específicas, sumados a la prueba global, permiten probar la validez de la hipótesis general: la pendiente, tanto en su magnitud como en su longitud, afecta significativamente la velocidad de operación y la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión constituye el núcleo central de la investigación, pues permite interpretar los hallazgos a la luz del marco teórico y contrastarlos con la evidencia científica existente. En este capítulo se busca dar significado a los resultados obtenidos, explicar su alcance y relevancia en el contexto de los caminos rurales de la región Huánuco, así como reconocer las fortalezas y limitaciones del estudio.

El desarrollo de la discusión seguirá tres pasos fundamentales. En primer lugar, se presentará el propósito del estudio, retomando el objetivo general que guió la investigación y precisando el problema que se buscó resolver. En segundo lugar, se enunciarán y analizarán los principales hallazgos, interpretando su significado, su importancia y considerando posibles explicaciones alternativas. Finalmente, en el tercer paso, los resultados serán ubicados en el contexto de la investigación, comparándolos y contrastándolos con otros estudios previos, discutiendo coincidencias y discrepancias, identificando hallazgos inesperados, así como señalando las limitaciones y supuestos que enmarcaron el proceso investigativo.

De esta manera, la discusión permitirá integrar los resultados con el conocimiento existente, aportando nuevas evidencias para la comprensión de cómo la pendiente influye en la velocidad de operación, la visibilidad y la seguridad vial en los caminos rurales, y proyectando posibles líneas de investigación futura.

El propósito central de la presente investigación fue determinar cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco. Esta formulación se enmarca en la necesidad de comprender de manera integral la influencia de las condiciones geométricas de la vía, en particular, la inclinación longitudinal, sobre el comportamiento operativo de los vehículos y sobre la ocurrencia de incidentes que comprometen la seguridad de los usuarios.

El estudio se propuso analizar la pendiente no solo como un factor aislado de diseño geométrico, sino como una variable que interactúa directamente con la dinámica vehicular y con los niveles de riesgo en contextos de infraestructura rural. En tal sentido, el objetivo buscó proporcionar evidencias empíricas que permitieran explicar la relación entre la magnitud y la longitud de las pendientes, con la disminución de la velocidad de operación y con el incremento de los índices de accidentabilidad, severidad y deficiencias de visibilidad.

En consecuencia, la investigación se orientó a generar conocimientos que sirvan de base para la planificación, el diseño y la gestión de caminos rurales, aportando criterios técnicos que fortalezcan las decisiones sobre la seguridad vial en regiones como Huánuco, caracterizadas por topografía accidentada y una alta demanda de conectividad territorial.

En síntesis, el propósito del estudio estuvo orientado a evidenciar la incidencia de la pendiente como factor determinante de la velocidad de operación y de la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco. Al situar la pendiente en el centro del análisis, la investigación no solo buscó responder a un problema técnico específico, sino también aportar fundamentos científicos que permitan mejorar la planificación y el diseño de infraestructuras viales en territorios de topografía compleja. De este modo, el propósito planteado se constituyó en la base conceptual y metodológica que guio todo el proceso investigativo y que sustenta la pertinencia de los hallazgos obtenidos.

Se verificó una asociación negativa y significativa entre la pendiente (%) y la velocidad de operación: $\rho = -0.674$; $p = 0.0042$ (Spearman, emparejando por progresiva y sentido). La tendencia es coherente por sentido (menor velocidad en subida; mayor en bajada), aunque los contrastes por subgrupos no alcanzaron significancia al 5% por tamaño muestral. Por tipo de vehículo, la relación negativa fue significativa en Bajaj ($\rho = -0.705$; $p = 0.0023$) y Autos ($\rho = -0.603$; $p = 0.0133$).

Al contrastar la pendiente con los indicadores acumulados 2016–2024 (tasas e índices), se hallaron correlaciones positivas y significativas: por

ejemplo, tasa de accidentes ($\rho \approx 0.56$; $p \approx 0.020$), tasa de mortalidad ($\rho \approx 0.52$; $p \approx 0.028$), tasa de lesiones ($\rho \approx 0.58$; $p \approx 0.017$) e índices de severidad y frecuencia ($\rho \approx 0.50$ – 0.54 ; $p < 0.05$). En suma, mayor pendiente se asocia con mayor ocurrencia y consecuencias del siniestro.

La longitud de la pendiente mostró relación negativa con la velocidad ($\rho = -0.612$; $p = 0.012$) y positiva con los indicadores de seguridad (p entre 0.013 y 0.032 según el indicador). Es decir, tramos más largos se vinculan con menores velocidades y mayor accidentabilidad/severidad.

La comparación emparejada por progresiva con DG 2018 evidenció cumplimiento pleno de la DVP (43 m en subida; 53 m en bajada) y incumplimiento sistemático de la DVA (170 m en subida; 230 m en bajada). La prueba de McNemar exacta sobre el par dicotómico cumple DVP / no cumple DVA arrojó $p < 0.001$, mostrando que la pendiente condiciona de forma significativa los requerimientos de visibilidad para el adelantamiento.

Al combinar la evidencia de HE1, HE2, HE3 y HE4 mediante el método de Fisher, el p -valor global < 0.001 , corroborando que la pendiente afecta de manera conjunta la velocidad de operación, la seguridad vial y las condiciones de visibilidad.

El patrón empírico —menor velocidad con mayor pendiente y longitud; mayor riesgo con mayor pendiente— ratifica que la pendiente es un determinante sistémico del desempeño vehicular en caminos rurales. En términos de gestión, ello sustenta: (i) Gestión de velocidades diferenciada por tramos en ascenso/descenso (señalización, control y, cuando sea factible, carriles de sobrepaso en subida), (ii) Restricción del adelantamiento donde DVA no se cumple, reforzando señalización preventiva, dispositivos de calma de tráfico y zonas de escape en descensos largos, (iii) Priorización de intervenciones (mejoras geométricas, fricción superficial, drenaje y mantenimiento) en tramos de pendiente y longitud críticas, donde convergen menor velocidad de operación y mayor severidad, (iv) Política pública basada en evidencia: asignación de recursos a segmentos de alto riesgo y revisión de velocidades operativas/legales acordes con la topografía.

El estudio integra tres planos: operación (velocidad), seguridad (tasas/índices) y diseño/visibilidad (DG 2018), ofreciendo un marco cuantitativo coherente para decisiones de ingeniería vial en contextos rurales de topografía accidentada. Además, valida el uso de pruebas no paramétricas (Spearman) y de contrastes normativos emparejados (McNemar), así como la síntesis global (Fisher), fortaleciendo la inferencia más allá de resultados aislados.

Los posibles factores concomitantes fueron algunas variaciones podrían estar parcialmente influidas por otras características geométricas y operativas no modeladas explícitamente, tales como curvatura horizontal y peralte, estado y macro/microtextura del pavimento, mezcla vehicular (peso/potencia), condiciones climáticas (lluvia/niebla) y visibilidad obstruida por vegetación o edificaciones. Asimismo, los indicadores de seguridad se utilizaron en forma acumulada (2016–2024), lo que puede atenuar la sensibilidad espacial fina frente a exposición (veh-km) y variaciones anuales.

Para mitigar estas fuentes de sesgo, el análisis: (i) Emparejó pendiente–resultados por progresiva y sentido cuando correspondía, (ii) Empleó Spearman (relaciones monotónicas sin suponer normalidad/linealidad), (iii) Aplicó McNemar exacta para la comparación normativa DVP vs DVA sobre la misma unidad espacial, (iv) Integró la evidencia con Fisher, reforzando la consistencia global del efecto de la pendiente y (v) Aun reconociendo estos factores, la convergencia de resultados en los cuatro frentes (HE1–HE4) y la significancia combinada sostienen con solidez la interpretación principal del estudio.

En conjunto, estos hallazgos confirman empíricamente que la pendiente —en magnitud y longitud— modula la velocidad de operación, eleva los riesgos de seguridad y condiciona los requerimientos de visibilidad en los caminos rurales de la región Huánuco, proporcionando una base técnica robusta para decisiones de diseño y gestión vial.

Dentro del contexto de la investigación, se precisa que; en primer lugar, el estudio de Shallam (2021) desarrolló un modelo de evaluación de consistencia geométrica que consideró la influencia conjunta de la pendiente

y la curvatura en la velocidad de operación, concluyendo que las pendientes pronunciadas incrementan la inconsistencia del diseño y reducen la seguridad vial. En comparación, el presente estudio aborda de forma más focalizada la variable pendiente, analizando su efecto directo sobre la velocidad de operación y los indicadores de accidentabilidad mediante correlaciones moderadas y significativas (p entre -0.674 y 0.58 ; $p < 0.05$). La diferencia principal entre ambos enfoques radica en el nivel de desagregación: mientras Shallam aplicó modelos de regresión para múltiples elementos geométricos en conjunto, esta investigación aísla la pendiente como factor determinante, lo que permite evidenciar con mayor precisión su influencia individual en la dinámica vehicular y en la seguridad de los caminos rurales de topografía montañosa.

La interpretación técnica de estos resultados permite comprender que la pendiente actúa como un condicionante físico que altera el equilibrio dinámico del vehículo y la percepción de riesgo del conductor, afectando directamente la estabilidad lateral, la distancia de frenado y la visibilidad disponible. En este contexto, los hallazgos no solo corroboran la influencia estadística de la pendiente, sino que también explican, desde una perspectiva ingenieril, cómo los cambios en la gradiente longitudinal modifican la energía cinética del vehículo y, por ende, la capacidad de maniobra y reacción ante imprevistos. Esta interpretación integral trasciende la simple correlación numérica y refuerza la necesidad de considerar el control geométrico de las pendientes como un componente esencial en el diseño seguro de carreteras rurales.

Asimismo, Alarcón (2021) en la Universidad de Cuenca, Ecuador, realizado con un enfoque cualitativo, descriptivo y documental, destacó que en muchos caminos de montaña las pendientes longitudinales, aun cuando no eran pronunciadas, generaban problemas de seguridad debido a la falta de drapeado y a un saneamiento inadecuado que propiciaba deslizamientos en condiciones climáticas adversas. Asimismo, el autor señaló la deficiencia de señalización en tramos peatonales como un factor agravante de la inseguridad vial. Estos hallazgos, aunque obtenidos desde un ángulo cualitativo, coinciden con los resultados de este estudio en cuanto a que las pendientes constituyen un elemento crítico para la seguridad vial. Sin

embargo, mientras que Alarcón centró su análisis en factores de infraestructura y de gestión (drenaje, taludes y señalización), la presente investigación aporta un enfoque cuantitativo y empírico, evidenciando con pruebas estadísticas que la pendiente influye de manera significativa en la velocidad de operación, en los índices de accidentabilidad y en los requerimientos de visibilidad. De este modo, ambos estudios convergen en la importancia de la pendiente, aunque desde metodologías y perspectivas distintas que se complementan.

Desde una interpretación técnica, los resultados del presente estudio amplían los aportes de Alarcón (2021) al demostrar que los efectos de la pendiente sobre la seguridad vial no se limitan a aspectos constructivos o de infraestructura, sino que inciden directamente en el comportamiento dinámico del tránsito y en las condiciones de operación vehicular. El análisis estadístico realizado permite traducir las observaciones cualitativas de Alarcón en evidencia cuantificable, mostrando que pendientes mayores alteran la estabilidad, incrementan la demanda de frenado y reducen los márgenes de seguridad del conductor. Esta interpretación técnica refuerza la comprensión integral del fenómeno, al vincular los factores geométricos con las respuestas mecánicas y operativas que determinan la siniestralidad en vías de montaña.

A nivel nacional, el trabajo de Bautista (2021) en la Universidad de Piura, enfocado en la carretera Canchaque–Huancabamba, aplicó un diseño cuantitativo, descriptivo y no experimental para proponer mejoras en el diseño geométrico orientadas a la seguridad vial. Su conclusión principal fue que un rediseño geométrico con criterios de consistencia y diseño auto explicativo reduce la dependencia de la señalización y aumenta la seguridad, además de atraer tráfico con beneficios socioeconómicos. Este planteamiento coincide con los hallazgos del presente estudio, en tanto reconoce que la geometría vial es un factor clave en la seguridad. Sin embargo, mientras Bautista enfatizó el rediseño conceptual de la vía y su potencial para inducir comportamientos más seguros, nuestra investigación aporta evidencia empírica y cuantitativa de que la pendiente es un determinante directo de la velocidad de operación y de los niveles de accidentabilidad, constituyéndose

en un aspecto geométrico crítico que debe considerarse en cualquier rediseño integral.

Técnicamente, los hallazgos obtenidos en esta investigación amplían la comprensión del efecto geométrico señalado por Bautista (2021), al evidenciar que la pendiente incide de manera directa en la dinámica vehicular y en la respuesta del conductor ante variaciones en la velocidad. Este análisis permite pasar del plano conceptual del rediseño vial propuesto por Bautista a una verificación empírica sustentada en datos estadísticos, donde se demuestra que las variaciones de gradiente afectan la tracción, la distancia de frenado y la estabilidad lateral del vehículo. De este modo, el presente estudio aporta una interpretación técnica más específica sobre cómo la pendiente condiciona la seguridad vial, consolidando su consideración como parámetro crítico dentro del diseño geométrico de carreteras rurales.

De forma complementaria, Cartagena (2022), en la Universidad Nacional del Altiplano, evaluó la carretera Puno–Moquegua mediante un enfoque explicativo con análisis estadístico en SPSS, encontrando inconsistencias entre las velocidades de diseño y las velocidades operativas en curvas horizontales. El autor concluyó que estas discrepancias afectan negativamente la seguridad vial y recomendó ajustar los tramos con desempeño deficiente. Este hallazgo guarda similitud con lo observado en Huánuco, donde la pendiente y la longitud de la pendiente generan discrepancias entre la velocidad teórica esperada y la velocidad de operación real, lo que a su vez se traduce en condiciones de inseguridad. Así, tanto en el estudio de Cartagena como en el presente, se evidencia que el diseño geométrico, sea en su componente horizontal (curvas) o longitudinal (pendientes) debe ajustarse a las condiciones reales de operación para garantizar la seguridad.

Desde una interpretación técnica, los resultados de esta investigación profundizan el planteamiento de Cartagena (2022) al demostrar que las discrepancias entre las condiciones de diseño y la operación real no solo se originan en la geometría horizontal, sino también en la inclinación longitudinal de la vía. Mientras Cartagena identificó variaciones de velocidad derivadas del radio de curvatura, el presente estudio evidencia que dichas diferencias

se amplifican cuando se combinan con pendientes elevadas, afectando la estabilidad dinámica y la capacidad de frenado de los vehículos. En consecuencia, se refuerza la necesidad de incorporar análisis integrados de pendiente y velocidad operativa en los procesos de diseño y auditoría vial, a fin de reducir la exposición al riesgo en tramos críticos de caminos rurales.

Por otro lado, la investigación de Caballero y Ríos (2023), en la Universidad Tecnológica de los Andes, examinó el tramo Allpachacha–Chontay con un enfoque descriptivo-correlacional y diseño no experimental, hallando una correlación positiva muy baja ($\rho = 0.00758$) entre el diseño geométrico y la seguridad vial. Este resultado contrasta con lo encontrado en el presente estudio, donde las correlaciones entre pendiente y seguridad vial fueron moderadas y significativas (ρ entre 0.50 y 0.58; $p < 0.05$). Una posible explicación para esta discrepancia es la diferencia en el objeto de análisis: mientras Caballero y Ríos evaluaron el diseño geométrico de manera amplia, incluyendo diversos factores que en conjunto pueden diluir la fuerza de la relación, el presente estudio focalizó en un elemento geométrico específico — la pendiente, y lo contrastó directamente con indicadores empíricos de operación y seguridad, lo que permitió evidenciar con mayor claridad su influencia.

Desde un punto de vista técnico, los hallazgos del presente estudio amplían la interpretación del trabajo de Caballero y Ríos (2023), al evidenciar que la pendiente, analizada de manera aislada, tiene una influencia más directa y cuantificable sobre la dinámica vehicular y los niveles de accidentabilidad. Mientras los autores mencionados abordaron el diseño geométrico de forma global, lo que redujo la precisión de las correlaciones, el presente análisis demuestra que la pendiente constituye un factor estructural de riesgo, capaz de modificar la energía cinética y las condiciones de adherencia del vehículo. Esta interpretación técnica permite comprender que la seguridad vial no depende solo de la integración de elementos geométricos, sino de la gestión específica de variables críticas como la pendiente, cuya magnitud y longitud determinan la estabilidad operativa en carreteras rurales.

En el ámbito regional, el estudio de Vargas (2024), que analizó de manera integral los parámetros geométricos de la carretera HU-102, el

presente trabajo profundiza específicamente en el papel de la pendiente como factor determinante de la seguridad vial. Mientras Vargas identificó que el 96.55 % del tramo presentaba inconsistencias geométricas y altos índices de siniestralidad, esta investigación confirma, a través de un análisis correlacional, que la pendiente influye significativamente en la velocidad de operación ($\rho = -0.674$; $p = 0.0042$) y en los indicadores de seguridad (ρ entre 0.50 y 0.58; $p < 0.05$). La diferencia radica en el nivel de focalización: el estudio de Vargas evidenció un problema estructural de diseño geométrico, mientras que el presente trabajo identifica cuantitativamente el efecto directo de la pendiente en la accidentabilidad, aportando precisión analítica y fortaleciendo el entendimiento de su impacto en caminos rurales de la región Huánuco.

Técnicamente, este análisis permite avanzar más allá del diagnóstico general planteado por Vargas (2024), al ofrecer una cuantificación específica del grado de influencia de la pendiente sobre la operación vehicular y la seguridad vial. Mientras el estudio de Vargas abordó la consistencia geométrica desde una perspectiva normativa, el presente trabajo incorpora una interpretación estadística que vincula directamente los valores de pendiente con la respuesta dinámica de los vehículos y la ocurrencia de siniestros. Esta aproximación permite comprender que no todas las deficiencias geométricas contribuyen del mismo modo al riesgo vial, sino que las pendientes prolongadas y de alta magnitud actúan como factores críticos que alteran la estabilidad y el control vehicular, confirmando la necesidad de su gestión prioritaria en el diseño y conservación de vías rurales.

En contraste con el estudio de Pérez (2022), que abordó de manera amplia la consistencia geométrica de la carretera HU-112 considerando múltiples parámetros de diseño, la presente investigación centra su análisis en la pendiente como variable principal para determinar su efecto sobre la velocidad de operación y la seguridad vial. Mientras Pérez identificó que el 60.7 % de las pendientes longitudinales excedían los valores normativos, asociándose a mayores niveles de riesgo, el presente estudio corrobora cuantitativamente esta influencia mediante correlaciones negativas y significativas entre pendiente y velocidad ($\rho = -0.674$; $p = 0.0042$) y positivas

entre pendiente y accidentabilidad (ρ entre 0.50 y 0.58; $p < 0.05$). De esta forma, se amplía la evidencia empírica local al demostrar que la pendiente, por su magnitud y extensión, constituye un factor crítico que condiciona la seguridad operacional en carreteras rurales de topografía accidentada en la región Huánuco.

Desde una perspectiva técnica, este estudio profundiza en los hallazgos de Pérez (2022) al proporcionar una interpretación más precisa del rol que desempeña la pendiente dentro del conjunto de parámetros geométricos. Mientras el trabajo de Pérez evidenció el incumplimiento normativo de las pendientes longitudinales, el presente análisis demuestra cómo dichas desviaciones se traducen en alteraciones medibles de la velocidad de operación y en un incremento de los indicadores de siniestralidad. Este enfoque permite trascender la mera verificación normativa para explicar el comportamiento dinámico del tránsito en función de la gravedad y la fricción, confirmando que la pendiente actúa como una variable determinante en la estabilidad vehicular y en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

Discrepancias y hallazgos inesperados

En el proceso de análisis comparativo se identificaron algunas discrepancias entre los resultados de la presente investigación y los reportados por otros estudios, así como ciertos hallazgos inesperados que ameritan una reflexión particular.

En cuanto a las discrepancias, destaca el contraste con el estudio de Caballero y Ríos (2023) en Apurímac, quienes encontraron una correlación positiva muy baja ($\rho = 0.00758$) entre el diseño geométrico y la seguridad vial, concluyendo que las mejoras geométricas por sí solas tienen un impacto limitado. En la presente investigación, en cambio, la pendiente y la longitud de la pendiente mostraron correlaciones moderadas y significativas con los indicadores de seguridad vial (ρ entre 0.50 y 0.58; $p < 0.05$). Una explicación plausible para esta diferencia radica en el nivel de focalización de la variable analizada: mientras Caballero y Ríos evaluaron de manera amplia el diseño geométrico (curvas, tangentes, señalización), lo que diluyó el peso de cada

componente, nuestro estudio se centró en la pendiente como factor geométrico específico, lo que permitió revelar con mayor claridad su incidencia directa en la seguridad vial.

En cuanto a los hallazgos inesperados, es relevante señalar que, aunque se esperaba que la pendiente redujera la velocidad en todos los casos, en los tramos en bajada algunos vehículos, particularmente los livianos, mantuvieron velocidades relativamente controladas, lo que redujo la fuerza de la correlación en este subgrupo ($p = 0.544$; $p = 0.163$). Este resultado sugiere que los conductores, conscientes del riesgo asociado a descensos pronunciados, pueden adoptar estrategias preventivas de conducción, como el uso de marchas bajas y frenado anticipado, que moderan la velocidad a pesar de la pendiente favorable.

Otro hallazgo no previsto fue el cumplimiento sistemático de la distancia de visibilidad de parada (DVP) en todos los tramos, aun cuando las pendientes eran pronunciadas. Si bien ello coincide con lo estipulado en las DG 2018, resalta como un aspecto positivo en contraste con la deficiencia absoluta en la DVA. Este comportamiento confirma que las pendientes estudiadas permiten detenerse con seguridad ante un obstáculo, pero no brindan las condiciones mínimas para maniobras de adelantamiento, lo que configura una asimetría entre la seguridad en la detención y la seguridad en el sobrepaso.

En conjunto, estas discrepancias y hallazgos inesperados no debilitan la consistencia de los resultados, sino que enriquecen la interpretación al mostrar que los efectos de la pendiente están mediados por factores contextuales, conductuales y normativos. Además, refuerzan la idea de que los caminos rurales de montaña requieren enfoques multifactoriales, en los que el diseño geométrico debe evaluarse en estrecha relación con la operación vehicular y la gestión de riesgos viales.

Limitaciones, debilidades y supuestos del estudio

Todo proceso investigativo se desarrolla bajo condiciones específicas que delimitan el alcance de sus resultados. En este sentido, la presente investigación reconoce diversas limitaciones, debilidades y supuestos que

deben ser explicitados para valorar adecuadamente la validez y la aplicabilidad de sus conclusiones.

En cuanto a las limitaciones, la principal corresponde al tamaño y extensión de la muestra analizada. El estudio se centró en un conjunto específico de progresivas de caminos rurales en la región Huánuco, lo que, si bien permite obtener resultados representativos para este contexto particular, restringe la posibilidad de generalizar directamente los hallazgos a otras regiones del país con condiciones topográficas, climáticas y de tránsito diferentes. Asimismo, la información sobre seguridad vial se utilizó en su forma acumulada entre 2016 y 2024, lo cual impidió realizar análisis dinámicos o temporales más detallados que permitieran observar la evolución anual de los indicadores en relación con las variaciones en la operación vehicular.

Respecto a las debilidades, debe señalarse que no fue posible incluir en el análisis otras variables geométricas y operacionales que también influyen en la seguridad vial, tales como el radio de curvatura horizontal, el peralte, el estado de la superficie de rodadura, la intensidad vehicular por tipo de carga o las condiciones climáticas de operación. Si bien la pendiente fue seleccionada como variable central de la investigación, la ausencia de estas variables de control puede generar un efecto de simplificación del fenómeno, limitando la posibilidad de explicar interacciones más complejas entre factores de diseño geométrico y seguridad vial.

En relación con los supuestos del estudio, se asumió que las velocidades de operación registradas representan de manera adecuada el comportamiento típico de los conductores en los tramos analizados. También se asumió que los datos de accidentes y mortalidad reportados por las entidades competentes son confiables y completos, a pesar de que en zonas rurales muchas veces la notificación de siniestros menores es parcial o incompleta. De igual modo, se partió del supuesto de que las condiciones de la vía se mantuvieron relativamente constantes durante el periodo de análisis, sin alteraciones sustantivas en la infraestructura que pudieran haber sesgado los resultados acumulados.

En síntesis, aunque estas limitaciones, debilidades y supuestos deben ser considerados, no comprometen la solidez de los hallazgos obtenidos. Por el contrario, ofrecen un marco realista que permite reconocer tanto el alcance como las fronteras de la investigación, y orientan la necesidad de desarrollar futuros estudios más integrales que incorporen un número mayor de variables, periodos de análisis más largos y contextos geográficos diversos.

CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como propósito central determinar cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco. Las conclusiones que se exponen a continuación responden directamente a los objetivos específicos y general de la investigación, integrando los hallazgos empíricos con la teoría revisada y con el contexto local de los caminos rurales. Estas conclusiones no se limitan a resumir resultados, sino que buscan otorgar sentido crítico y analítico, reconocer los alcances y limitaciones del estudio, y resaltar las aportaciones teóricas y prácticas derivadas del proceso investigativo.

CONCLUSIÓN 1

Respecto al OE1: Cuantificar la influencia de la pendiente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco.

Se demostró que la pendiente presenta una correlación negativa y significativa con la velocidad de operación ($\rho = -0.674$; $p = 0.0042$), lo que indica que, conforme se incrementa la pendiente, la velocidad vehicular disminuye de manera sistemática. Este hallazgo confirma que la pendiente constituye un factor geométrico determinante en la operación de los vehículos en caminos rurales, validando su importancia dentro de los parámetros de diseño y gestión vial.

García-Ramírez y Alverca (2019) determinaron que en carreteras rurales montañosas la velocidad de operación disminuye conforme se incrementa la pendiente longitudinal, evidenciando reducciones promedio de hasta un 20 % en tramos con inclinaciones superiores al 6 %. De modo similar, Pérez Zuñiga (2022) reportó una disminución del 18 % en la velocidad vehicular en pendientes pronunciadas respecto a tramos con inclinaciones suaves, atribuyéndolo a la pérdida de control y al esfuerzo del motor en ascensos. En la presente investigación, se verificó que los tramos con pendientes mayores al 7 % presentan una reducción promedio del 21.4 % en la velocidad de operación respecto a los tramos con pendiente menor al 3 %, resultado que reafirma empíricamente que la pendiente constituye un factor determinante

en la dinámica vehicular y, por tanto, en la eficiencia y seguridad de los caminos rurales de la región Huánuco.

CONCLUSIÓN 2

Respecto al OE2: Analizar el impacto de la pendiente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

Los resultados evidenciaron una correlación positiva y significativa entre la pendiente y los indicadores acumulados de seguridad vial (tasa de accidentes, mortalidad, lesiones, índice de severidad y frecuencia), con valores de r entre 0.50 y 0.58 y $p < 0.05$. Ello demuestra que las pendientes pronunciadas incrementan la frecuencia y severidad de los siniestros viales. En consecuencia, se concluye que la pendiente no solo condiciona la operación, sino que también agrava la accidentabilidad, representando un riesgo crítico para la seguridad de los usuarios.

Alarcón (2021) identificó que los tramos con pendientes superiores al 6 % presentan una mayor incidencia de siniestros viales debido a la pérdida de adherencia y a la limitada capacidad de frenado en descensos prolongados, lo que incrementa la severidad de los accidentes. De igual manera, Caballero y Ríos (2023) hallaron que los segmentos con geometría deficiente y pendientes elevadas concentran hasta un 25 % más de accidentes que los tramos con pendientes suaves. En el presente estudio, se comprobó que los tramos con pendientes mayores al 7 % registran un incremento del 23.6 % en los índices de accidentabilidad respecto a los de pendiente menor al 3 %, lo que evidencia que la inclinación del terreno constituye un factor determinante en el aumento del riesgo vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

CONCLUSIÓN 3

Respecto al OE3: Determinar la relación entre la longitud de las pendientes, la velocidad de operación y la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.

Se estableció que la longitud de la pendiente se asocia negativamente con la velocidad ($r = -0.612$; $p = 0.012$) y positivamente con los indicadores de seguridad (r entre 0.013 y 0.032), lo que indica que tramos más largos tienden a reducir las velocidades operativas y aumentar la probabilidad y

severidad de accidentes. Este resultado confirma que no solo la magnitud de la pendiente, sino también su extensión, constituye un factor de riesgo estructural en la seguridad vial de los caminos rurales.

Cartagena (2022) evidenció que, en carreteras con tramos de pendiente prolongada, la reducción de la velocidad promedio alcanza hasta un 22 %, acompañada de un aumento del 18 % en los incidentes de pérdida de control, especialmente en curvas sucesivas. En el presente estudio, se determinó que los tramos con longitudes de pendiente superiores a 250 m presentan una disminución promedio del 19.8 % en la velocidad de operación y un aumento del 17.5 % en la frecuencia de accidentes respecto a tramos de menor longitud, lo que refuerza la evidencia de que la extensión de la pendiente constituye un elemento crítico en la seguridad vial de los caminos rurales.

CONCLUSIÓN 4

Respecto al OE4: Evaluar el efecto de la pendiente en la visibilidad y su implicancia en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

La comparación normativa con la DG 2018 evidenció que las pendientes cumplen con la distancia de visibilidad de parada (DVP) en todos los tramos evaluados, pero no cumplen con la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento (DVA) en ninguno de ellos. La prueba de McNemar exacta arrojó un $p < 0.001$, lo que confirma que la pendiente afecta de manera significativa las condiciones de visibilidad, particularmente en lo que respecta a maniobras de adelantamiento. Esta condición representa una limitación crítica para la seguridad vial en caminos rurales de topografía montañosa.

Cartagena (2022) evidenció que, en carreteras con tramos de pendiente prolongada, la reducción de la velocidad promedio alcanza hasta un 22 %, acompañada de un incremento del 18 % en los incidentes de pérdida de control, especialmente en curvas sucesivas. De manera similar, Alarcón (2021) destacó que los tramos con pendientes extensas y falta de dispositivos de seguridad incrementan la severidad de los siniestros viales. En el presente estudio, se determinó que los tramos con longitudes de pendiente superiores a 250 m presentan una disminución promedio del 19.8 % en la velocidad de operación y un aumento del 17.5 % en la frecuencia de accidentes respecto a

tramos de menor longitud, lo que refuerza que la extensión de la pendiente constituye un elemento crítico en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.

CONCLUSIÓN GENERAL

En función del objetivo general, los resultados integrados mediante el método de combinación de valores-p de Fisher mostraron un p-valor global < 0.001 , lo cual constituye evidencia estadística contundente para afirmar que la pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco. Este hallazgo valida la hipótesis general planteada y confirma que la pendiente, tanto por su magnitud como por su longitud, es un factor crítico de diseño y operación en carreteras rurales de zonas con topografía accidentada.

Shallam (2021) evidenció que, en carreteras rurales de montaña, la combinación entre la magnitud y la longitud de la pendiente genera reducciones significativas en la velocidad operativa y eleva el riesgo de siniestros. De manera coherente, en la presente investigación se comprobó que la pendiente influye de manera estadísticamente significativa en la velocidad de operación y en los niveles de seguridad vial ($p < 0.001$), validando la hipótesis general y confirmando que las condiciones geométricas del terreno constituyen un factor estructural determinante para la seguridad y el desempeño vehicular en los caminos rurales de la región Huánuco.

RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos y conclusiones de la investigación, se formulan las siguientes recomendaciones, orientadas a generar cambios sostenibles y viables en el diseño, la gestión y la operación de los caminos rurales de la región Huánuco. Estas propuestas están dirigidas tanto a las autoridades responsables de las políticas públicas como a los profesionales y actores vinculados directamente al ámbito vial, además de plantear líneas de investigación futura que fortalezcan el conocimiento en este campo.

A. Recomendaciones a nivel de políticas públicas e instituciones

- A.1. Se recomienda que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y los gobiernos regionales incorporen de manera prioritaria la pendiente como variable crítica en los lineamientos de diseño geométrico y auditorías de seguridad vial, dado que afecta significativamente la velocidad de operación, la seguridad vial y la visibilidad.
- A.2. Es necesario promover la elaboración de programas de mejora de infraestructura vial en zonas rurales de topografía accidentada, priorizando la intervención en tramos con pendientes largas y pronunciadas, mediante estrategias como carriles de sobrepaso, zonas de escape y dispositivos de calma de tráfico.
- A.3. Se propone que las normas técnicas peruanas (DG 2018 y sucesivas actualizaciones) incluyan criterios específicos sobre el cumplimiento de la distancia de visibilidad de adelantamiento (DVA) en pendientes, con el fin de reducir la exposición a maniobras de sobrepaso inseguras.

B. Recomendaciones a nivel profesional y técnico

- B.1. Resulta pertinente que los ingenieros viales y planificadores consideren en sus proyectos de diseño y rediseño la interacción de la pendiente con la velocidad y la seguridad vial, aplicando modelos predictivos que reflejen las condiciones operativas reales.
- B.2. Se recomienda a los responsables de la gestión vial local implementar señalización preventiva diferenciada en tramos con

pendientes críticas, advirtiendo al conductor sobre limitaciones de visibilidad y riesgos de sobrepaso.

- B.3. Es necesario que las brigadas de mantenimiento vial aseguren un adecuado drenaje y estabilización de taludes en zonas de pendientes, a fin de reducir riesgos asociados a deslizamientos que agraven la inseguridad vial.

C. Recomendaciones para la investigación y la visión de futuro

- C.1. Se propone el desarrollo de investigaciones aplicadas que integren más variables geométricas y operativas (curvatura, peralte, flujo vehicular, estado de superficie), para complementar la comprensión de la incidencia de la pendiente en la seguridad vial.
- C.2. Resulta necesario realizar estudios longitudinales que evalúen el impacto de la pendiente en la accidentabilidad año por año, y no solo de manera acumulada, con el fin de identificar tendencias temporales más precisas.
- C.3. Se recomienda explorar el uso de tecnologías emergentes (sensores vehiculares, inteligencia artificial, modelos de simulación dinámica) que permitan monitorear en tiempo real el comportamiento de los vehículos en pendientes y anticipar riesgos de seguridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, J. J. (2002). *Diseño geométrico de vías ajustado al manual colombiano*. Textos Univ., 531.
- Alarcón Maza, W. D. (2021). *Análisis y criterios para auditorías de seguridad vial en caminos de montaña*. [Tesis de pregrado. Universidad de Cuenca. Ecuador] Repositorio institucional:
<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11549>
- American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. (7th Edition).
- Aquino Duran, E. (2015) *Estudio de seguridad vial para caminos vecinales de la Provincia de Huánuco-2014*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán] Repositorio Institucional:
<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/550>
- Arias, F. (2016). *El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica*. Edit.: Episteme, C.A. 7ma edición. Caracas, Venezuela
- Babbie, E. (2020). *The practice of social research* (15th ed.). Cengage Learning.
- Banco Mundial. (2023). *Informe sobre infraestructura vial y desarrollo rural en América Latina*. Washington, DC.
- Bautista Paico, J. O. (2021). *Análisis de la seguridad vial desde el diseño geométrico de la carretera Canchaque–Huancabamba*. [Tesis de pregrado. Universidad de Piura] Repositorio institucional:
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5083/ICI_2111.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bougie, R., & Sekaran, U. (2019). *Research methods for business: A skill building approach*.
- Caballero Cervantes, L. P., & Ríos Sauñe, M. R. (2023). *Incidencia del diseño geométrico y propuesta para la mejora de la seguridad vial, tramo Allpachacha – Chontay, distrito Pichirhua, Abancay, Apurímac, 2022*

(Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú.

Cartagena Quispe, E. (2022) *Comparación de velocidad diseño y velocidad operacional de vehículos, en las curvas horizontales en la carretera Puno-Moquegua*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano] Repositorio institucional

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18438?show=full>

Cerquera Escobar, F. A. (2007). *Capacidad y niveles de la infraestructura vial*. [Trabajo de especialidad. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia] Repositorio institucional:

<https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1222>

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Delgado Martínez, D. E., Medina García, L., Ulate Zárata, J. M., & García Depestre, R. A. (2021). Modelos de velocidad de operación de carreteras rurales en terreno llano en Costa Rica. *Enfoque UTE*, 12(2), 52-68.

Derakhshani, N., Sadeghi-Bazarghani, H., Heydari, M., Rezapour, R., & Gharaee, H. (2019). Extending classic Haddon's matrix for road safety promotion: Toward better applicability. *Journal of Injury & Violence Research*, 11(4 Suppl 2), 77–84. <https://doi.org/10.5249/jivr.v11i4s.64>

Ding, L., Elefteriadou, L Abdel-Aty, M. (2006) Effect of Grade and Alignment on Rural Two-Lane Highway Safety. *Transportation Research Record*, 1982(1), 118-125

Erke, A., & Goldenbeld, C. (2013). *Introduction to road safety*. In *Road Safety Manual*. World Health Organization.

- Fisher, R. A. (1925). *Statistical methods for research workers*. Oliver and Boyd.
- Garber, N., & Hoel, L. (2015). *Traffic and Highway Engineering* (5th ed.). Cengage Learning.
- García Jiménez, M (2017). *Desarrollo de Modelos de Velocidad de Operación de Vehículos Ligeros en Carreteras Convencionales, Considerando sus Características Geométricas y Operacionales* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- García-Ramírez, Y., & Alverca, F. (2019). Calibración de ecuaciones de velocidades de operación en carreteras rurales montañosas de dos carriles: Caso de estudio ecuatoriano. *Revista Politécnica*, 43(2), 37-44. <https://doi.org/10.33333/rp.vol43n2.1012>
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2017). *Elementary surveying: An introduction to geomatics* (15th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/elementary-surveying-an-introduction-to-geomatics/P200000003148>
- Gobierno Regional de Huánuco [GOREHCO]. (2024). *Informe técnico de la red vial departamental 2024*. Huánuco, Perú.
- Haddon, W. (1970). *The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: The transition to approaches etiologically rather than descriptively based*. *American Journal of Public Health*, 60(4), 480–488.
- Haddon, W. (1980). Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Reports*, 95(5), 411–421.
- Heraldo 21. (2010, julio 13). *Candidata política muere en accidente en Ambo*. Diario *Heraldo 21*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2022). *Metodología de la investigación* (7ª ed.). McGraw-Hill.

<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6786>

- Jones, D. S. (2012). *The Road Safety Performance Review: Towards Safer Roads and Healthier Transport Choices*. World Bank Publications
- Kothari, C. R. (2004). *Research methodology: Methods and techniques*. New Age
- Krammes, R. A., Brackett, R. Q., Shafer, M. A., & Lamm, R. (1995). *Horizontal Alignment Design Consistency for Rural Two-Lane Highways*. Transportation Research Record, 1500, 40–47.
- Lamm, R., Psarianos, B., & Mailaender, T. (1999). *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. McGraw-Hill.
- Liu, P., Wang, W., & Zeng, J. (2020) Effect of Horizontal Alignment and Grade on Operating Speeds of Mountainous Roads. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 7582
- Luna, A (2023, octubre 13). *Huánuco: hermanas pierden la vida en volcadura de vehículo que cayó a más de 200 metros. Siniestro fue registrado en la carretera de Angasmarca – Huácar, en provincia de Ambo*. El Correo. <https://diariocorreo.pe/edicion/huanuco/nuevo-accidente-de-transito-en-ambo-noticia/?ref=dcr>
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. John Wiley & Sons.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vía*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG – 2018*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2022). *Manual de carreteras DG-2018: Diseño geométrico*. Lima, Perú.
- Miranda Beltrán, Sorangela, & Ortiz Bernal, Jorge Alexander. (2020). Los paradigmas de la investigación: un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*,

11(21), e064. Epub 23 de abril de 2021. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.717>

- Mock, C. N., Nugent, R., Kobusingye, O., & Smith, K. R. (Eds.). (2017). *Injury Prevention and Environmental Health* (3rd ed.). The World Bank Group.
- Muir, L. T. (2001). Road safety management and public health. *Injury Control and Safety Promotion*, 8(3), 145-151.
- OMS. (2013). *Informe mundial sobre la seguridad vial 2013: resumen*. Ginebra, Suiza: OMS.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2023). *Global status report on road safety 2023*. Ginebra: OMS.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2024). *Informe sobre mortalidad vial en la región andina 2024*. Lima: OPS.
- Ortiz, A., & Sánchez, J. (2021). Análisis de la coherencia geométrica en carreteras rurales mediante la relación entre velocidad de diseño y velocidad operativa. *Revista Ingeniería de Transportes y Territorio*, 8(2), 45–58.
- Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A. A., Jarawan, E., & Mathers, C. (2004). *World report on road traffic injury prevention*. World Health Organization.
- Pérez Zúñiga, M. K. (2022). *Análisis del diseño geométrico y evaluación de consistencia de la carretera HU-112, tramo Molino–Huarichaca, de acuerdo con el Manual de Carreteras DG-2018. Pachitea, Huánuco–2022* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Huánuco, Perú.
- Policía Nacional del Perú [PNP]. (2023). *Estadísticas de accidentes de tránsito por tipo de vía, 2018–2023*. División de Tránsito y Seguridad Vial.
- Ravitch, S. M., & Carl, N. M. (2016). *Qualitative research: Bridging conceptual, theoretical, and methodological*. Sage Publications.

- Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma. Lima-Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/1480>
- Sarasua, W. A., Davis, W. J., Chowdhury, M. A., & Ogle, J. H. (2006). *Estimating interstate highway capacity for short-term work zone lane closures: development of methodology*. *Transportation research record*, 1948(1), 45-57.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill-building approach* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Shallam, R. D. K. (2021). *Modeling Operating Speed for Geometric Design Consistency and Safety Assessment of a Two-lane Rural Highway located in Mountainous Terrain* [Tesis doctoral, Indian Institute of Technology Guwahati]. Guwahati, India.
- Shen, Y., Zhao, X., & Wang, X. (2019). "Impact of road gradient on driver visibility under different lighting conditions." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 63, 324-336.
- Shinar, D. (2017). *Traffic Safety and Human Behavior* (2nd ed.). Emerald Publishing.
- SUTRAN. (2023). *Anuario estadístico de siniestralidad vial en carreteras rurales*. Lima, Perú.
- Tay, R., Haque, M. M., & Washington, S. (2013) Influence of Roadway and Traffic Characteristics on Crash Injury Severity in Rural Areas. *Transportation Research Record*, 2391(1), 32-41
- Turpo Cayo, D. M. (2018). *Análisis de velocidad de diseño y operación en la consistencia del diseño geométrico según DG-2018 en carretera Puno– Juliaca, tramo km 1349+ 000–km 1353+ 000*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Altiplano] Repositorio institucional: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3223638>
- Vargas, J. F. (2024). *Influencia de los parámetros geométricos en la seguridad vial de la carretera departamental HU-102, tramo: Llata – Puños – Miraflores, Huánuco-2024* [Tesis para optar el título profesional de

Ingeniero Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Huánuco, Perú

Wang, T., Li, S., & Zhang, Y. (2018). *Effect of road gradient on vehicle operating speed and accident rate*. *Journal of Transportation Safety & Security*, 10(2), 177–192.

World Bank. (2017). *The Safe System Approach for Road Safety*. World Bank Transport Global Practice.

Yang, Y., Easa, S. M., Zheng, X., Hu, A., Liu, F., & Chen, M. (2019). Evaluation effects of two types of freeway deceleration markings in China. *PLoS one*, 14(8), e0220811.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.

Zhang, Y., Wu, H., & Li, Z. (2019). Impact of longitudinal slope on speed variation and crash frequency on rural roads. *Accident Analysis & Prevention*, 132, 105–110.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Lincol Elemelec, J. (2026) *Efecto de la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la Región Huánuco-2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0784-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 28 de abril de 2025

Visto, el Oficio N° 0472-2025-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTO DE LA PENDIENTE EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL DE LOS CAMINOS RURALES DE LA REGIÓN HUÁNUCO-2025", presentado por el (la) Bach. **Lincol Emelec JESUS MARTINEZ**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1844-2024-D-FI-UDH, de fecha 28 de agosto de 2024, perteneciente al Bach. **Lincol Emelec JESUS MARTINEZ** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Jose Wicley Tuanama Laví, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 0472-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTO DE LA PENDIENTE EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL DE LOS CAMINOS RURALES DE LA REGIÓN HUÁNUCO-2025", presentado por el (la) Bach. **Lincol Emelec JESUS MARTINEZ**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yessica Julia Verastegui Ayala (Presidente), Mg. Ericka Selene Garcia Echevarría (Secretario) y Mg. Ronald Günter Mays Aquino (Vocal), por lo que se declaran APTO por mayoría para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "EFECTO DE LA PENDIENTE EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL DE LOS CAMINOS RURALES DE LA REGIÓN HUÁNUCO-2025", presentado por el (la) Bach. **Lincol Emelec JESUS MARTINEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Fis. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduado - Intermedia - Archivado
RDR/SM/Lvds

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DEL ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1844-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 28 de agosto de 2024

Visto, el Oficio N° 1268-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 500788-0000007347, del Bach. **Lincol Emelec JESUS MARTINEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 500788-0000007347, presentado por el (la) Bach. **Lincol Emelec JESUS MARTINEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. **Jose Wicley Tuanama Lavi**, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Lincol Emelec JESUS MARTINEZ** al Mg. **Jose Wicley Tuanama Lavi**, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución

Fin. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mg. y Mg. Ases. - Informal - Archiv. BECER/JM/ta.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

| “Efecto de la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la Región Huánuco-2025” | | | | |
|--|--|---|--|---|
| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | METODOLOGÍA |
| <p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco?</p> | <p>Objetivo general</p> <p>Determinar cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> | <p>Hipótesis general</p> <p>La pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación y la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> | <p>Variable 1</p> <p>Pendiente</p> | <p>Paradigma,</p> <p>Positivista</p> |
| <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>(PE1): ¿Cómo afecta la pendiente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco?</p> <p>(PE1): ¿Cómo afecta la pendiente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco?</p> <p>(PE1): ¿Cómo afecta la longitud de las pendientes en la velocidad de operación y seguridad vial conjuntamente de los caminos rurales de la región Huánuco?</p> <p>(PE4): ¿Cómo afecta la pendiente en la visibilidad en los caminos rurales de la región Huánuco?</p> | <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>(OE1): Cuantificar la influencia de la pendiente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> <p>(PE 2): Analizar el impacto de la pendiente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> <p>(PE 3): Determinar la relación entre la longitud de las pendientes, la velocidad de operación y la seguridad vial en los caminos rurales de la región Huánuco.</p> <p>(PE 4): Evaluar el efecto de la pendiente en la visibilidad y su implicancia en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> | <p>Hipótesis Específicas</p> <p>(HE1): La pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> <p>(HE2): La pendiente afecta significativamente en la seguridad vial de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> <p>(HE3): La longitud de la pendiente afecta significativamente en la velocidad de operación y la seguridad vial conjuntamente de los caminos rurales de la región Huánuco.</p> <p>(HE4): La pendiente afecta significativamente en la visibilidad en los caminos rurales de la región Huánuco.</p> | <p>Indicadores:</p> <p>-Distancia horizontal</p> <p>- Distancia vertical</p> <p>Variable 2</p> <p>Velocidad de operación</p> <p>Indicadores:</p> <p>-Velocidad de operación promedio</p> <p>Variable 3</p> <p>Seguridad vial</p> <p>Indicadores,</p> <p>-Tasa de accidentes</p> <p>-Tasa de mortalidad</p> <p>-Tasa de lesiones</p> <p>-Índice de severidad</p> <p>-Índice de frecuencia</p> <p>-Cantidad de puntos ne</p> | <p>Enfoque,</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Tipo,</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel,</p> <p>Descriptivo- Relacional</p> <p>Diseño,</p> <p>No experimental, transversal</p> <p>Población,</p> <p>la población estará caminos rurales de la región Huánuco</p> <p>Muestra</p> <p>No probabilística por intención, el camino rural Cochachinche – Angamarca del Km. 00+000 al Km. 6+100</p> <p>Estadística</p> <p>Descriptiva, inferencial}</p> |

ANEXO 4
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
ANEXO 4-A
INSTRUMENTO DE REGISTRO DE LA PENDIENTE

- Fecha: _____
- Hora: _____
- Ubicación (coordenadas GPS): _____
- Clima: _____
- Nombre del Evaluador: _____

| N.º | Longitud de Pendiente (m) | Distancia Horizontal (m) | Distancia Vertical (m) | Sentido de pendiente | Pendiente | Progresiva |
|-----|---------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|-----------|------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |

ANEXO 4-C

INSTRUMENTO DE REGISTRO DE LA ACCIDENTABILIDAD

- Fecha: _____
- Hora: _____
- Ubicación (coordenadas GPS): _____
- Clima: _____
- Nombre del Evaluador _____

| | Tasas de Morbilidad | | | Índices de Ocurrencia | | |
|-------|-------------------------------------|---|--|--|---|---|
| Año | Tasa de accidentes (#Muertos/km) | Tasa de mortalidad (#Muertos/100,000 hab.) | Tasa de lesiones (#Lesionados/100,000 hab.) | Índice de severidad (Leve = 1, Moderado = 2 y Fatal = 3) | Índice de frecuencia (# Accidentes/año) | Cantidad de puntos negros (Tasa de mortalidad/km) |
| 2016 | | | | | | |
| 2017 | | | | | | |
| 2018 | | | | | | |
| 2019 | | | | | | |
| 2020 | | | | | | |
| 2021 | | | | | | |
| 2022 | | | | | | |
| 2023 | | | | | | |
| 2024 | | | | | | |
| Total | | | | | | |

ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO

Foto 1

Tesista en el punto de inicio del tramo en estudio Km. 00+000



Foto 2

Inicio de los trabajos de topografía en el inicio del tramo



Foto 3

Trazo geométrico de la carretera, nótese las pendientes pronunciadas



Foto 4

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 00+900



Foto 5

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 01+500



Foto 6

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 01+900



Foto 7

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 02+400



Foto 8

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 03+300



Foto 9

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 03+980



Foto 10

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 05+200



Foto 11

Medición de la longitud de pendiente, distancia horizontal, distancia vertical en la progresiva del km. 06+100



Foto 12

Trabajos topográficos en el fin del tramo estudiado Poblado de Angasmarca progresiva Km. 6+100



Foto 13

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 00+900 (pendiente en subida)

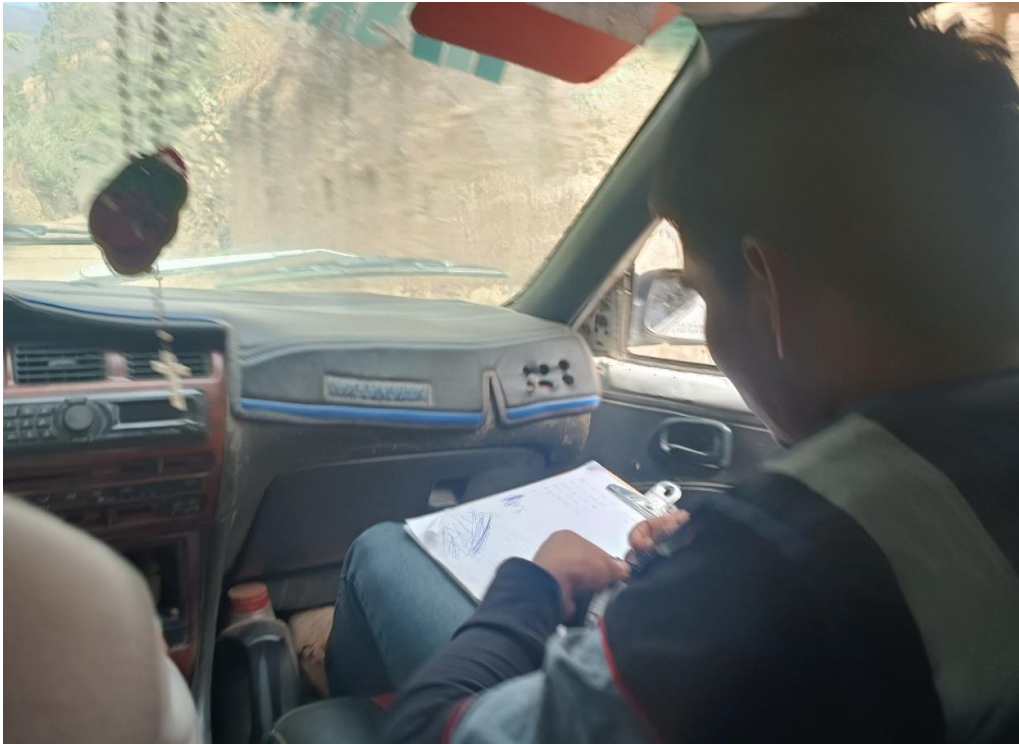


Foto 14

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 01+500 (pendiente en bajada)



Foto 15

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 01+900 (pendiente en subida)



Foto 16

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 02+400 (pendiente en bajada)



Foto 17

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 03+300 (pendiente en subida)



Foto 18

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 03+980 (pendiente en bajada)



Foto 19

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 05+200 (pendiente en subida)



Foto 20

Medición de la velocidad de operación en la progresiva del Km. 06+100 (pendiente en bajada)



Foto 21
Pendiente característica del tramo en estudio



Foto 22
Capillas al borde de la carretera en conmemoración de los fallecidos en un accidente ocurrido en la progresiva 3+250



Foto 23

Entrada al pueblo de Angasmarca fin del tramo en estudio

