

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Determinación de la velocidad umbral para la evaluación del
nivel de servicio en carreteras de doble carril vía PE 3N
San Rafael – Huánuco, 2025”**

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

AUTOR: Tolentino Tarazona, Alex

ASESOR: Tuanama Lavi, Jose Wicley

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



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

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 Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76772482

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 05860064

Grado/Título: Maestro en gerencia pública

Código ORCID: 0000-0002- 5148-6384

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
http://www.udh.edu.pe

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 16:30 horas del día miércoles 03 de diciembre de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

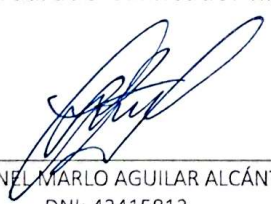
- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. INGRID DELIA ARTEAGA ESPINOZA | SECRETARIO |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2653-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN AFAEL – HUÁNUCO, 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach Alex TOLENTINO TARAZONA, 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 MAYORIA con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 05:51pm horas del día 03 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA

DNI: 43415813

ORCID: 0000-0002-0877-5922

PRESIDENTE


MG. INGRID DELIA ARTEAGA ESPINOZA

DNI: 73645168

ORCID: 0009-0001-0745-5433

SECRETARIO (A)


MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO

DNI: 41891649

ORCID: 0000-0001-8392-1769

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ALEX TOLENTINO TARAZONA, de la investigación titulada "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025", con asesor(a) JOSE WICLEY TUANAMA LAVI, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2012-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 15 % 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, 06 de noviembre de 2025



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



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

1. ALEX TOLENTINO TARAZONA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

www.academia.edu

Fuente de Internet

2%

3

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

5

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mis padres, hijo y hermano por el amor y la motivación que me dieron durante toda mi vida

A quienes me enseñaron que los sueños se alcanzan con esfuerzo, dedicación y fe.

Este logro es también de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por concederme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar esta etapa académica.

A mis padres Antonio y Valentina, por su apoyo incondicional, su guía y sus valores, que han sido fundamentales a lo largo de este camino.

A mi hijo Alex, por ser mi mayor fuente de inspiración y motivación diaria.

A mi hermano Edelvino, por su constante respaldo y aliento.

A mis docentes y asesores, por compartir sus conocimientos y orientarme con paciencia y compromiso.

Finalmente, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo, les expreso mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE FOTOS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRAC	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	20
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	20
1.3. OBJETIVOS.....	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	24
CAPÍTULO II	26
MARCO TEÓRICO	26
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.....	27
2.1.2. A NIVEL NACIONAL	31
2.1.3. A NIVEL LOCAL	34

2.2. BASES TEÓRICAS	37
2.2.1. VELOCIDAD UMBRAL	37
2.2.2. NIVEL DE SERVICIO	39
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	44
2.4. HIPÓTESIS.....	45
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	45
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	45
2.5. VARIABLES.....	46
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	46
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	46
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES).....	46
CAPÍTULO III	49
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1. ENFOQUE.....	49
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	49
3.1.3. DISEÑO.....	50
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
3.2.1. POBLACION.....	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	52
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	52
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	53
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ..	55
CAPÍTULO IV.....	58
RESULTADOS.....	58
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	59

4.1.1. VELOCIDAD UMBRAL	59
4.1.2. VELOCIDAD MEDIA VM	76
4.1.3. PORCENTAJE DE TIEMPO SIGUIENDO.....	85
4.1.4. CÁLCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO DE CADA SUBTRAMO	92
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS...	93
CAPÍTULO V.....	104
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	104
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS	104
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase I, Clase II y Clase III	40
Tabla 2 Operacionalización de Variables.....	48
Tabla 3 Respuestas al cuestionario aplicado a los conductores (15) respecto a la Velocidad umbral.....	61
Tabla 4 Valores de los estadísticos descriptivos de la Velocidad umbral Vu	64
Tabla 5 Distribución de frecuencias para sexo	65
Tabla 6 Distribución de frecuencias para Tipo de vehículo:.....	65
Tabla 7 Distribución de frecuencias para Frecuencia de tránsito en la vía: 65	
Tabla 8 Distribución de frecuencias para Velocidad mínima aceptable:	65
Tabla 9 Distribución de frecuencias para Frecuencia velocidad inferior:	66
Tabla 10 Distribución de frecuencias para Motivo principal	66
Tabla 11 Distribución de frecuencias para Sensación de seguridad:.....	66
Tabla 12 Distribución de frecuencias para Factor de mejora:	66
Tabla 13 Valores hallados de la Velocidad Media VM de los vehículos en cada uno de los subtramos	77
Tabla 14 Valores de los Estadísticos descriptivos respecto a la Velocidad Media (VM)	79
Tabla 15 Valores hallados de los intervalos y el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) en segundos, en cada tramo con un Intervalo crítico de 4 segundos	87
Tabla 16 Valores de los Estadísticos descriptivos del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS	88
Tabla 17 Niveles de servicio de cada subtramo según Romana y Pérez (2007) y HCM (2010)	92
Tabla 18 Resumen de los valores de los indicadores y Nivel de Servicio por cada subtramo	94
Tabla 19 Valores de la velocidad umbral, velocidad media y PTS por cada subtramo	97
Tabla 20 Tabla comparativa de datos empíricos	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Determinación del Nivel de Servicio en función a la Velocidad umbral (V_u) (Romana y Pérez, 2007)	44
--	----

INDICE DE FOTOS

Foto 1	Tesista en el inicio de los trabajos de campo en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500).....	139
Foto 2	Entrevista al conductor para la medición de la Velocidad Umbral en el sub tramo I (Km. 200+000 al Km 209+500).....	140
Foto 3	Lectura de la velocidad puntual 1 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500).....	140
Foto 4	Lectura de la velocidad puntual 2 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500).....	141
Foto 5	Lectura de la velocidad puntual 3 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500).....	141
Foto 6	Medición del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500).....	142
Foto 7	Entrevista al conductor para la medición de la Velocidad Umbral en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500)	143
Foto 8	Lectura de la velocidad puntual 1 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500).....	143
Foto 9	Lectura de la velocidad puntual 2 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500).....	144
Foto 10	Lectura de la velocidad puntual 3 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500).....	144
Foto 11	Medición del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500).....	145
Foto 12	Entrevista al conductor para la medición de la Velocidad Umbral en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000)	145
Foto 13	Lectura de la velocidad puntual 1 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000).....	146
Foto 14	Lectura de la velocidad puntual 2 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000).....	147
Foto 15	Lectura de la velocidad puntual 3 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000).....	148

Foto 16 Medición del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000)	149
---	-----

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el tramo San Rafael - Huánuco de la carretera nacional PE 3N, de doble carril, con el objetivo de determinar la influencia de la expectativa de velocidad (velocidad umbral) en el nivel de servicio. El estudio empleó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel relacional y diseño no experimental, transversal. La muestra consistió en tres subtramos de 500 metros, ubicados entre las progresivas Km 209+000 y Km 227+000, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por intención. Los resultados muestran que la velocidad media de viaje (VM) disminuye progresivamente conforme se avanza en la vía, alejándose del umbral de 80 km/h. Asimismo, el porcentaje de tiempo siguiendo (PTS) aumentó en los subtramos con menor velocidad, y el nivel de servicio, evaluado con base en el modelo de Romana y el HCM (2010), se degradó de B a F. Las tres hipótesis específicas fueron confirmadas, demostrando que la expectativa de velocidad influye significativamente en la VM, en el PTS y en la reclasificación del nivel de servicio. Se concluye que la velocidad umbral es un indicador estratégico para interpretar el desempeño vial desde la perspectiva del usuario. Se recomienda incorporarla como variable complementaria en los estudios operativos de carreteras, priorizar intervenciones en tramos con brechas elevadas entre Vu y VM, y revisar los criterios del HCM en contextos donde el confort del conductor se vea comprometido.

Palabras Clave: Velocidad Umbral, Velocidad Media, Porcentaje de Tiempo siguiendo, Nivel de servicio, Desempeño vial

ABSTRAC

This research was conducted along the San Rafael – Huánuco segment of the national highway PE 3N, a two-lane roadway, with the objective of determining the influence of speed expectation (threshold speed) on the level of service. The study employed a quantitative approach, was of applied type, relational level, and followed a non-experimental, cross-sectional design. The sample consisted of three 500-meter subsegments, located between progressives Km 209+000 and Km 227+000, selected through non-probabilistic purposive sampling. The results indicate that the average travel speed (ATS) progressively decreases along the roadway, diverging from the threshold speed of 80 km/h. Likewise, the percentage of time spent following (PTS) increased in the segments with lower speeds, and the level of service, evaluated based on the Romana model and the Highway Capacity Manual (HCM, 2010), declined from level B to level F. The three specific hypotheses were confirmed, demonstrating that the speed expectation significantly influences the ATS, the PTS, and the classification of the level of service. It is concluded that the threshold speed is a strategic indicator for interpreting roadway performance from the user's perspective. It is recommended to incorporate this variable as a complementary metric in operational roadway studies, to prioritize interventions in segments with high disparities between threshold and average speeds, and to reconsider HCM-based classifications in contexts where driver comfort is compromised.

Keywords: Threshold Speed, Average Travel Speed, Percentage of Time Following, Level of Service, Road performance

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada Determinación de la velocidad umbral para la evaluación del nivel de servicio en carreteras de doble carril vía PE 3N. San Rafael - Huánuco, 2025, se desarrolló con el propósito de analizar y evidenciar la influencia de la velocidad umbral entendida como la expectativa de velocidad mínima aceptable por parte del conductor en la clasificación del nivel de servicio en un tramo de carretera nacional con características interurbanas. El estudio surge a partir de la necesidad de incorporar una dimensión perceptual en la evaluación del desempeño vial, complementando así los enfoques clásicos centrados en parámetros físicos y operacionales.

El informe de tesis se estructura en siete capítulos que abarcan, de forma lógica y metodológicamente articulada, desde la delimitación del problema hasta las propuestas prácticas derivadas de los hallazgos empíricos. Esta estructura responde a la finalidad de garantizar un desarrollo riguroso y secuencial del proceso investigativo, tal como lo sugieren autores como Hernández, Fernández y Baptista (2014), quienes sostienen que toda investigación aplicada debe seguir un esquema lógico que conecte el problema, la teoría, la metodología, los resultados y la aplicación práctica.

En el Capítulo I, denominado Problema de investigación, se expone de manera detallada el contexto general y específico que motivó el desarrollo de esta investigación. Se parte de una descripción contextual sobre la problemática del tránsito en carreteras de doble carril, con especial énfasis en las limitaciones de los modelos tradicionales de evaluación del nivel de servicio, como los del Highway Capacity Manual (HCM).

A través del análisis de antecedentes internacionales, nacionales y locales, se evidencia que las metodologías convencionales no consideran adecuadamente la percepción del conductor respecto a una circulación cómoda y aceptable.

En ese marco, se plantea como eje central la necesidad de incorporar la velocidad umbral como variable explicativa, lo que permite formular un problema general y tres problemas específicos enfocados en examinar la

relación entre dicha velocidad y los indicadores operativos del nivel de servicio: velocidad media, porcentaje de tiempo siguiendo (PTS) y la clasificación según métodos tradicionales. Asimismo, se precisan los objetivos de investigación general y específicos, las justificaciones desde diversas perspectivas (teórica, práctica, metodológica y social), así como las limitaciones y la viabilidad del estudio, aspectos que consolidan el fundamento de la investigación.

El Capítulo II, titulado Marco Teórico, cumple una función estructurante al presentar los conceptos, teorías, enfoques y antecedentes científicos que sostienen el desarrollo de la investigación. Se describen las bases conceptuales del nivel de servicio según el HCM (2010), la velocidad media, el PTS, el porcentaje de velocidad a flujo libre y, en especial, la noción de velocidad umbral (V_u), entendida como la velocidad mínima aceptable para que el conductor perciba confort operativo en la vía. Esta sección también detalla el planteamiento de Romana y Pérez (2007), quienes proponen una tipología de niveles de servicio basada en la relación entre la velocidad media y la V_u , incluyendo la influencia de la percepción del usuario. Los antecedentes revisados se agrupan en tres niveles (internacional, nacional y local), permitiendo construir un marco comparativo robusto. Finalmente, se definen las variables, dimensiones e indicadores de estudio, y se presenta el cuadro de operacionalización, el cual orienta tanto la recolección como el análisis de datos.

En el Capítulo III, Metodología de la Investigación, se detalla el enfoque metodológico adoptado: cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel relacional y diseño no experimental, de corte transversal. Esta elección metodológica permitió abordar el problema desde una perspectiva empírica, sin intervención directa sobre las variables, pero sí con una aproximación explicativa. La población estuvo conformada por el tramo San Rafael - Huánuco de la carretera nacional PE 3N, y la muestra se definió intencionalmente en tres subtramos de 500 metros cada uno, seleccionados por su representatividad geométrica y funcional. Se emplearon instrumentos de recolección de datos como encuestas, cronómetros y registros de velocidad, y se aplicaron técnicas estadísticas como medidas de tendencia central y contrastes de hipótesis.

Además, se explica cómo se procesaron los datos y qué métodos se utilizaron para interpretar las relaciones entre las variables, asegurando la validez interna del análisis.

El Capítulo IV, Resultados, presenta los hallazgos empíricos derivados del procesamiento y análisis de los datos recolectados. Se expusieron los valores obtenidos para cada subtramo en relación con la velocidad media de viaje (VM), el porcentaje de tiempo siguiendo (PTS), y el nivel de servicio determinado según los modelos de Romana y el HCM. Los resultados mostraron una tendencia decreciente en la VM y creciente en el PTS conforme se avanza hacia la ciudad de Huánuco, lo que reflejó una degradación progresiva del nivel de servicio desde B hasta F. También se incluyó la prueba de tres hipótesis específicas, en las que se confirmó que la velocidad umbral tiene una influencia significativa en los indicadores evaluados. Estos resultados permiten comprender cómo la percepción del usuario operativizada a través de la velocidad umbral influye de forma sustantiva en la experiencia del tránsito y en la categorización técnica de la vía.

En el Capítulo V, Discusión de Resultados, se establece una confrontación crítica entre los resultados obtenidos y los antecedentes científicos revisados. Se identificaron coincidencias parciales con estudios internacionales que evalúan el nivel de servicio en contextos urbanos, donde la congestión y la velocidad son también variables clave, aunque desde una perspectiva más estructural que perceptual. A nivel nacional, se reconocieron aportes valiosos en cuanto a la evaluación comparativa de métodos (HCM, Invías, PTS), mientras que los antecedentes locales ofrecieron ejemplos concretos del uso de software como Synchro y Vissim, aunque orientados más a la mejora operativa que a la percepción del conductor. En conjunto, esta discusión permitió posicionar la investigación dentro de un marco académico más amplio, argumentando la pertinencia del enfoque perceptual en la evaluación del nivel de servicio.

En el Capítulo de Conclusiones, se presentan los aportes sustantivos de la investigación, organizados de acuerdo con los objetivos propuestos:

Respecto al primer objetivo específico, se concluyó que la velocidad umbral influye significativamente en el nivel de servicio evaluado mediante la velocidad media. Los subtramos donde la velocidad media se mantuvo cercana a los 80 km/h presentaron niveles de servicio adecuados, mientras que aquellos donde la velocidad media fue sustancialmente inferior mostraron niveles críticos.

Respecto al segundo objetivo, se estableció que la velocidad umbral también condiciona el porcentaje de tiempo siguiendo. Tramos con mayor brecha entre la velocidad media y la velocidad esperada por el usuario presentaron una mayor proporción de vehículos en seguimiento, lo que refleja condiciones de incomodidad operacional.

En cuanto al tercer objetivo, se evidenció que los niveles de servicio obtenidos mediante la velocidad umbral y el modelo de Romana difieren de aquellos calculados según el HCM (2010), lo que refuerza la utilidad de considerar variables perceptuales en la clasificación operativa.

Finalmente, respecto al objetivo general, se concluyó que la velocidad umbral es una variable clave para interpretar el desempeño vial desde la perspectiva del conductor, y que su inclusión mejora la sensibilidad y precisión del diagnóstico técnico del nivel de servicio.

En el Capítulo de Recomendaciones, se formulan propuestas prácticas a partir de los hallazgos obtenidos. En primer lugar, se recomienda incorporar la medición de la velocidad umbral como variable complementaria en estudios operativos de carreteras interurbanas. Asimismo, se sugiere priorizar intervenciones físicas y funcionales en tramos donde la brecha entre velocidad esperada y real sea elevada.

Se recomienda también reinterpretar la clasificación del nivel de servicio cuando los indicadores perceptuales contradigan los resultados tradicionales, especialmente en contextos donde el confort del conductor es un criterio operativo relevante. Además, se plantea la necesidad de incorporar lineamientos normativos que reconozcan el papel de la percepción del usuario en el análisis del desempeño vial y de replicar esta metodología en otros entornos geográficos para validar su aplicabilidad.

En conjunto, la presente investigación aporta una nueva mirada al análisis del nivel de servicio, al integrar una dimensión conductual basada en la expectativa de velocidad, y ofrece fundamentos sólidos para replantear los modelos actuales de evaluación del tránsito en vías interurbanas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel internacional, diversos estudios han evidenciado las limitaciones de los modelos tradicionales para evaluar el nivel de servicio (NS) en carreteras de doble carril. El Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), ampliamente utilizado en la ingeniería de tránsito, basa su evaluación del NS principalmente en indicadores como la velocidad media de viaje (VMV) y el porcentaje de tiempo siguiendo (PTS). Sin embargo, investigaciones como las de Romana y Pérez (2007) han demostrado que estos indicadores resultan insuficientes para captar la complejidad del comportamiento del conductor, al no considerar la percepción subjetiva de los usuarios sobre las condiciones de circulación. Estos autores proponen la incorporación de la velocidad umbral (Vu) como un nuevo parámetro para evaluar el NS, definida como la velocidad mínima aceptable para los conductores en condiciones de tráfico real.

Asimismo, Kiljunen y Summala (1996), en un estudio realizado en Finlandia, identificaron que los usuarios clasifican su experiencia de conducción según cinco niveles de circulación, desde fluida hasta colapsada, y que dicha clasificación está directamente relacionada con la percepción de seguridad y comodidad. De igual forma, Torres et al. (2018) encontraron que los usuarios de carreteras de dos carriles valoran principalmente la fluidez de la circulación y el estado del firme, destacando la necesidad de integrar factores subjetivos en la medición del nivel de servicio. En consecuencia, estos estudios internacionales sugieren que la evaluación del NS debe trascender los indicadores técnicos y considerar la experiencia del usuario.

A nivel nacional, investigaciones recientes han abordado la necesidad de adaptar los modelos de evaluación del NS a contextos específicos del Perú. Flores y Suárez (2024) analizaron carreteras de tercera clase en áreas de reserva nacional, demostrando que los métodos tradicionales como el HCM no siempre reflejan con precisión la realidad operativa de las vías

peruanas. Propusieron metodologías alternativas que combinan la relación velocidad-intensidad con mediciones empíricas para estimar el NS, concluyendo que se requiere una adaptación contextualizada de los modelos de tránsito. En la misma línea, Salazar (2019) utilizó simulaciones y datos observacionales en la ciudad de Tacna para optimizar intersecciones semaforizadas, evidenciando que incluso en zonas urbanas, el NS puede ser mejor comprendido si se incorporan variables de comportamiento del conductor y no solo medidas agregadas del tráfico.

A nivel regional, en Huánuco, Jara (2022) y Espino (2023) han llevado a cabo estudios orientados a evaluar el NS en intersecciones urbanas mediante herramientas como SYNCHRO. Estos trabajos concluyen que el uso de software especializado, combinado con datos empíricos y la percepción del usuario, permite obtener diagnósticos más precisos sobre el nivel de servicio, incluso en contextos de infraestructura limitada. Estas investigaciones destacan la urgencia de contar con evaluaciones más representativas de la experiencia del usuario, sobre todo en regiones como Huánuco, donde las condiciones topográficas y el crecimiento vehicular representan un reto para la gestión del tránsito.

En ese marco, el tramo San Rafael - Huánuco de la carretera nacional PE 3N representa un caso crítico que ejemplifica la necesidad de redefinir los parámetros de evaluación del nivel de servicio, este tramo presenta características geométricas variadas, alta demanda vehicular, y zonas con restricciones de adelantamiento, factores que inciden directamente en la experiencia de los conductores. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), esta vía forma parte de la Red Vial Nacional, lo cual incrementa su relevancia para el desarrollo regional y la integración territorial.

En efecto, las condiciones de tráfico en el tramo San Rafael - Huánuco generan situaciones frecuentes de circulación en cola, reducción de la velocidad media y altos niveles de frustración entre los usuarios. Estas condiciones afectan negativamente no solo la eficiencia del transporte, sino también la seguridad vial y el bienestar de los conductores, pasajeros y empresas de transporte que dependen de esta ruta. La falta de una evaluación contextualizada del NS puede llevar a decisiones inadecuadas en

cuanto a mantenimiento, ampliación o rediseño de la infraestructura, perpetuando los problemas existentes.

Por tanto, se hace imperativo determinar una velocidad umbral aceptable para los usuarios de este tramo, que permita caracterizar el nivel de servicio desde una perspectiva centrada en el usuario. La identificación de esta Vu no solo mejorará la comprensión de las condiciones operativas de la vía, sino que también contribuirá a una mejor gestión del tránsito y a una planificación más eficaz de las intervenciones viales.

En síntesis, el problema central radica en que las metodologías actuales para evaluar el nivel de servicio en carreteras de doble carril, como el tramo San Rafael - Huánuco, no incorporan adecuadamente la percepción del usuario ni reflejan la complejidad del tráfico en contextos reales. Esto genera diagnósticos incompletos que dificultan la toma de decisiones en la gestión vial. Por ello, esta investigación busca llenar ese vacío mediante la determinación de una velocidad umbral que sirva como parámetro complementario para evaluar de forma más precisa el nivel de servicio en dicho tramo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera influye la velocidad umbral en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Problema Específico 1. ¿De qué manera influye la expectativa de velocidad (V_u) en el nivel de servicio respecto a la velocidad media de viaje en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025?

Problema Específico 2. ¿De qué manera influyen la expectativa de velocidad (V_u) en el nivel de servicio respecto al porcentaje de tiempo siguiendo en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025?

Problema Específico 3. ¿De qué manera influye la expectativa de velocidad (V_u) en el nivel de servicio respecto al nivel de servicio calculado con métodos tradicionales HCM (2000) en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la velocidad umbral en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(OE1): Analizar la influencia de la expectativa de velocidad (V_u) en el nivel de servicio respecto a la velocidad media de viaje en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

(OE2): Analizar la influencia de la expectativa de velocidad (V_u) en el nivel de servicio respecto al porcentaje de tiempo siguiendo en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

(OE3): Analizar la influencia de la expectativa de velocidad (V_u) en el nivel de servicio respecto al nivel de servicio calculado con métodos tradicionales HCM (2000) en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Justificación Teórica

La investigación se fundamenta en la necesidad de comprender cómo la velocidad umbral (V_u) influye en la percepción del nivel de servicio (NS) en carreteras de doble carril. Según Romana y Pérez (2007), el concepto de velocidad umbral permite hacer una evaluación de forma más precisa de las condiciones de circulación y sobre la calidad del servicio percibido por los conductores. Esto sugiere que la integración de la V_u en el análisis del NS proporciona un marco teórico robusto para entender la dinámica del tráfico.

Justificación Práctica

Desde una perspectiva práctica, la investigación tiene el potencial de mejorar la planificación y gestión de infraestructuras viales. Al determinar el NS en la carretera San Rafael-Huánuco, se pueden identificar áreas de mejora y optimización. Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2000), evaluar el nivel de servicio es importante para poder tomar decisiones en la gestión del tráfico, así como también en la planificación de carreteras. Esto resalta la importancia de aplicar estos conceptos en contextos reales.

Justificación Metodológica

Metodológicamente, la investigación se basa en un enfoque cuantitativo que permite la recolección y análisis de datos objetivos sobre la velocidad y el comportamiento del tráfico. Según García et al. (2019), la utilización de métodos cuantitativos durante los estudios de tráfico permite generar resultados con mayor precisión y confiabilidad, lo cual facilita la toma de decisiones basadas en la información obtenida. Esto asegura que los hallazgos sean válidos y aplicables a otras situaciones similares.

De los usuarios, clientes y beneficiarios

Finalmente, la justificación social de la investigación radica en su contribución a la seguridad y bienestar de los usuarios de la carretera. Un nivel de servicio adecuado puede reducir la frustración y el estrés de los conductores, mejorando la experiencia de viaje. Según Martínez y Torres (2021), la calidad del servicio en las carreteras crea un impacto directo en la satisfacción de los usuarios y en la seguridad de la vía. Esto subraya la relevancia social de evaluar el NS en la carretera San Rafael-Huánuco.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se identificaron diversas limitaciones que podrían haber afectado la obtención de resultados representativos. Sin embargo, se tomaron medidas correctivas con el fin de reducir su impacto y asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Una de las principales limitaciones fue la variabilidad de las condiciones de tráfico según la estación del año, lo que dificultaba la obtención de datos completamente generalizables. Para mitigar esta situación, las mediciones se

realizaron durante múltiples días consecutivos en horarios representativos (hora punta y valle), a fin de capturar una gama amplia de condiciones operativas del tramo San Rafael – Huánuco.

Asimismo, se reconoció que la percepción del nivel de servicio y de la velocidad umbral por parte de los conductores podía ser subjetiva y variar entre grupos de usuarios. Esta subjetividad fue abordada mediante la aplicación de encuestas estructuradas, lo cual permitió estandarizar las respuestas y mejorar la fiabilidad de los datos recolectados. Además, se empleó un muestreo intencional enfocado en conductores con experiencia habitual en la vía, lo que fortaleció la validez de las percepciones recogidas.

Otra limitación relevante fue la presencia de factores externos no controlables, como obras viales, accidentes de tránsito y condiciones climáticas adversas, que pudieron haber alterado temporalmente las condiciones del flujo vehicular. Para reducir su efecto, se realizó un registro de eventos atípicos durante los días de observación, y en los casos necesarios se descartaron o ajustaron los datos afectados, asegurando así la consistencia de la muestra.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo adoptado, si bien permitió obtener datos objetivos y medibles, no capturó completamente la experiencia emocional del conductor, como la frustración o el estrés, elementos que también inciden en la percepción del nivel de servicio. No obstante, se procuró aproximarse a esta dimensión mediante preguntas indirectas en las encuestas, enfocadas en el confort de viaje y la aceptabilidad de las condiciones de tránsito observadas.

En resumen, aunque el estudio enfrentó limitaciones metodológicas y operativas, se implementaron estrategias que permitieron neutralizar sus efectos, asegurando de esta manera que los resultados obtenidos sean válidos, confiables y pertinentes para el análisis de la influencia de la velocidad umbral en el nivel de servicio de la carretera PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La ejecución de la presente investigación fue posible gracias a la combinación de factores económicos, logísticos, temporales y metodológicos que garantizaron su viabilidad y permitieron alcanzar los objetivos propuestos de manera eficiente.

Viabilidad económico-financiera

La investigación fue financiada íntegramente con fondos del propio investigador, lo cual permitió mantener un control absoluto sobre el presupuesto, evitando demoras y asegurando una asignación eficiente de los recursos. Esta autofinanciación permitió realizar ajustes presupuestales oportunos, priorizando gastos críticos como el alquiler de equipos de medición (GPS, radar y cámara) y los desplazamientos al campo, optimizando así el uso de los recursos disponibles. La flexibilidad financiera también permitió resolver imprevistos sin comprometer la calidad ni el alcance del estudio.

Acceso a la zona de estudio

El tramo seleccionado, comprendido entre el km 209+000 (peaje Ambo) y el km 227+000 (poblado de Yanag) de la carretera PE 3N, se encuentra a poca distancia de la ciudad de Huánuco, lo que facilitó el acceso logístico y operativo. Esta cercanía permitió que el investigador realizara visitas frecuentes al campo sin requerir traslados extensos, lo que se tradujo en una recolección de datos continua, oportuna y sin interrupciones. Además, el tiempo de desplazamiento reducido incrementó la eficiencia del trabajo de campo y minimizó los costos asociados.

Aspecto de tiempo

El investigador dedicó de forma exclusiva su tiempo al desarrollo del estudio, lo que resultó fundamental para cumplir con el cronograma establecido. Esta disponibilidad permitió una ejecución ordenada de todas las actividades contempladas, desde el diseño de los instrumentos hasta la recolección y análisis de datos. Al no existir interferencias con otras responsabilidades laborales o académicas, fue posible concentrar los esfuerzos en cada fase del proyecto.

Planificación y metodología

La investigación contó desde su inicio con un diseño metodológico claro y bien estructurado, basado en un enfoque cuantitativo no experimental de tipo transversal, lo cual facilitó la definición precisa de las variables, dimensiones e indicadores. El cronograma de actividades fue cuidadosamente elaborado y seguido de manera disciplinada, lo que permitió cumplir los tiempos establecidos para la ejecución de tareas clave como la aplicación de encuestas, aforos vehiculares y análisis estadístico. Esta organización rigurosa garantizó la coherencia del proceso investigativo y contribuyó a que la investigación se desarrollara con orden, eficiencia y validez técnica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico constituye un componente esencial del proceso investigativo, pues proporciona los fundamentos conceptuales y científicos que orientan el análisis de las variables en estudio. En el presente capítulo se desarrollan las teorías, enfoques y conceptos clave que sustentan la investigación. Esta sección permite contextualizar la problemática desde una perspectiva técnica y académica, identificando los aportes relevantes de estudios previos, nacionales e internacionales, así como los modelos normativos que rigen la evaluación del comportamiento vehicular en infraestructura vial.

El estudio se fundamenta en la teoría del nivel de servicio propuesta en el *Highway Capacity Manual* (HCM), complementada con enfoques recientes que incorporan variables perceptuales como la velocidad umbral, entendida esta última como la velocidad mínima aceptable desde la perspectiva del usuario. En esa línea, se examinan conceptos como la velocidad media de viaje, el porcentaje de tiempo siguiendo y el porcentaje de la velocidad a flujo libre, los cuales son determinantes para caracterizar la calidad del servicio en vías de dos carriles.

Además, se incluyen antecedentes de investigaciones que han abordado la relación entre variables operativas y conductuales en contextos similares, lo cual permite sustentar la pertinencia metodológica y temática del presente estudio. La integración de estos elementos teóricos no solo fortalece el diseño de investigación, sino que también delimita el alcance interpretativo de los resultados, garantizando la validez académica de las conclusiones a las que se arribará.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes de investigación constituyen un insumo clave para sustentar la relevancia y originalidad del presente estudio, así como para identificar enfoques metodológicos y hallazgos previos que enriquecen el análisis teórico y empírico. En esta sección se presentan investigaciones

realizadas en distintos contextos geográficos que han abordado, directa o indirectamente, el análisis del nivel de servicio en infraestructura vial y el comportamiento del conductor frente a las condiciones operativas del tránsito.

Con el propósito de estructurar una revisión sistemática y representativa, los antecedentes se han organizado en tres niveles: internacional, nacional y local. Esta clasificación permite contrastar estudios realizados en diversos escenarios viales, considerando diferencias en normativas técnicas, características geográficas, grado de desarrollo de la infraestructura y enfoques de análisis. De este modo, se busca no solo identificar los aportes más relevantes, sino también reconocer vacíos de conocimiento que justifican la presente investigación.

Los antecedentes internacionales proporcionan una perspectiva global sobre la evolución conceptual y metodológica del análisis de niveles de servicio, particularmente en el marco del Highway Capacity Manual (HCM) y sus aplicaciones en diferentes tipos de vías. Los antecedentes nacionales permiten examinar estudios realizados en el Perú, muchos de ellos centrados en carreteras interurbanas o zonas urbanas de alta demanda, mientras que los antecedentes locales se enfocan en experiencias investigativas desarrolladas en el departamento de Huánuco, en contextos con características viales y operativas similares al tramo objeto de estudio. Esta revisión crítica orienta el posicionamiento científico de la investigación y fundamenta la necesidad de evaluar el nivel de servicio incorporando la variable de velocidad umbral desde una perspectiva centrada en el usuario.

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Vera y Delgado (2021), en el artículo titulado: Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador, publicado en la revista RIEMAT, desarrollaron un estudio aplicado en el contexto urbano de la ciudad de Portoviejo, Ecuador. El enfoque fue cuantitativo, de tipo aplicado, de nivel descriptivo-explicativo y con un diseño no experimental. La población de estudio fue la intersección semaforizada entre las avenidas América y Manabí, una zona de alta congestión vehicular. No se utilizó una muestra en sentido

estadístico, ya que se abordó el análisis completo de la intersección. El objetivo principal del estudio fue determinar el nivel de servicio de la intersección como insumo para evaluar el confort de los usuarios. La metodología incluyó análisis geométrico de la vía, aforos vehiculares y peatonales durante varios días en franjas de 15 minutos, cálculo de tasas de flujo de saturación, capacidad vehicular, demoras por carril y por punto de aproximación. Se aplicó el marco del Highway Capacity Manual (HCM 2010) y se utilizaron herramientas analíticas complementarias. Los resultados indicaron que el nivel de servicio general de la intersección fue tipo C (con una demora de 33 seg/veh), aunque varios carriles, en especial los derechos de los puntos de aproximación 1, 2 y 4, alcanzaron el nivel D, considerado poco recomendable. Se propusieron medidas correctivas, entre ellas: restricciones de tránsito liviano, reordenamiento del estacionamiento, campañas de cultura vial, y control del paso peatonal y ciclista.

Este estudio es sumamente pertinente como antecedente internacional para la investigación. Aunque el contexto urbano y la estructura semaforizada difieren del tramo rural de doble carril que se analiza en la carretera PE 3N, comparten el interés por el nivel de servicio como variable clave y el uso de indicadores técnicos de desempeño vehicular como la demora promedio y la capacidad vial. Una diferencia fundamental radica en el enfoque de la variable explicativa: mientras el artículo de Vera et al. se concentra en condiciones operativas y geométricas de la intersección, nuestra investigación introduce el análisis de la velocidad umbral percibida por los usuarios, lo que ofrece una dimensión más conductual y perceptual del análisis de desempeño vial. Este antecedente será valioso para tu discusión de resultados, al permitir comparar cómo distintas causas (estructurales vs. perceptuales) pueden afectar los niveles de servicio, y fortalecerá la argumentación sobre la necesidad de enfoques integrales que consideren no solo la infraestructura, sino también las expectativas de los conductores en vías interurbanas.

Asimismo, Carrillo y Montoya (2022), en su trabajo de grado titulado Análisis técnico de la capacidad vial y nivel de servicio de la intersección, glorieta barrio Porfía, ubicada en el corredor que conduce de Villavicencio al municipio de Acacías - Meta, desarrollaron un estudio en el contexto vial de Colombia, específicamente en el departamento del Meta. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo, y diseño no experimental, orientado a determinar el estado actual de la infraestructura vial y su capacidad para atender la demanda creciente de tránsito. La población de estudio estuvo compuesta por los vehículos que transitan por la glorieta del barrio Porfía, parte de la Ruta 65 de la red vial nacional. Se aplicaron aforos vehiculares en intervalos de 15 minutos para establecer la hora de máxima demanda, y se emplearon herramientas como AutoCAD Civil 3D y el software PTV VISSIM para el modelamiento del flujo vehicular. Entre los objetivos específicos se incluyeron: identificar la composición del tráfico, calcular la capacidad vial, modelar el comportamiento vehicular actual y propuesto, y establecer el nivel de servicio según el Highway Capacity Manual (HCM 2010). Los resultados evidenciaron que la glorieta presenta una saturación vehicular significativa, con velocidades bajas y niveles de servicio tipo E y F durante la hora pico. Esta condición compromete la eficiencia del flujo vehicular y genera pérdida de tiempo, estrés y disminución de la calidad de vida de los usuarios. Como solución, se sugirieron intervenciones geométricas y técnicas que mejoren la circulación vehicular y reduzcan la congestión.

Este antecedente es altamente relevante para nuestra investigación, ya que analiza también el nivel de servicio desde una perspectiva operativa y geométrica, aplicando herramientas modernas de simulación como PTV VISSIM, y considerando el crecimiento del parque vehicular como causa directa de la pérdida de funcionalidad vial. Sin embargo, la diferencia clave radica en el enfoque: mientras Carrillo y Montoya exploran la capacidad vial desde el punto de vista físico de la infraestructura, nuestra investigación busca explicar el nivel de servicio desde la percepción de los usuarios mediante el concepto de velocidad

umbral. Esto ofrece una mirada complementaria, centrada en la experiencia del conductor y no solo en la eficiencia estructural del sistema. Este estudio será útil para tu discusión de resultados, ya que se podrá contrastar cómo la capacidad vial medida objetivamente (a través de volúmenes y geometría) y la percepción de velocidad aceptable (subjetiva y basada en expectativas) son enfoques que convergen en la comprensión integral del nivel de servicio. También apoya la validez del uso del HCM 2010 como marco metodológico.

Finalmente, Fuchser (2022), en su tesis titulada: Estudio de gestión de tránsito para la localidad de Tirúa, desarrolló una investigación aplicada en el ámbito urbano de la comuna de Tirúa, Región del Biobío, Chile. El estudio se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con un nivel descriptivo-explicativo y diseño no experimental. La población de análisis estuvo conformada por la red vial principal de la localidad y sus usuarios, tanto peatones como conductores de transporte motorizado y no motorizado. El objetivo general del estudio fue proponer un plan de gestión de tránsito que permita mejorar la movilidad en zonas críticas de la localidad. Para ello, se establecieron como objetivos específicos: identificar conflictos viales existentes, aplicar herramientas de planificación y diseño vial, evaluar la factibilidad técnica de las soluciones y promover la participación comunitaria en el proceso de diagnóstico y propuesta. La metodología incluyó trabajo de campo, aforos vehiculares y peatonales, entrevistas, análisis normativo y modelamiento de escenarios. Se diagnosticaron zonas de conflicto como la costanera, los accesos norte y sur, y el eje comercial, proponiéndose intervenciones a corto, mediano y largo plazo, incluyendo rediseños geométricos, control de accesos a vehículos pesados, instalación de señalización vial y mejoras en accesibilidad. Este antecedente presenta una contribución relevante para investigaciones orientadas al análisis del nivel de servicio y la planificación vial, ya que aborda la gestión del tránsito como una problemática integral que combina factores técnicos, operativos y sociales. Aunque el estudio se enfoca en un entorno urbano, comparte con la presente investigación la

preocupación por la eficiencia del sistema vial y la necesidad de diagnósticos contextualizados que consideren variables de desempeño vehicular.

No obstante, mientras la propuesta de Fuchser Reinoso se centra en medidas de intervención física y operativa para mejorar la fluidez y seguridad del tránsito, el presente estudio introduce una dimensión perceptual, al analizar la influencia de la velocidad umbral desde la expectativa del usuario sobre el nivel de servicio en carreteras de doble carril. Esta diferencia permite ampliar el enfoque metodológico hacia una perspectiva más integral, que no solo considere parámetros físicos de la vía, sino también la experiencia del conductor. Durante la discusión de resultados, este antecedente va a ser contrastado para resaltar la importancia de integrar enfoques técnicos y perceptuales en la evaluación del nivel de servicio, evidenciando cómo distintos factores estructurales en el caso del antecedente y conductuales en el caso del presente estudio inciden en la calidad del tránsito.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

Flores y Suárez (2024) realizaron una investigación con un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, orientada a mejorar la evaluación de niveles de servicio en carreteras de tercera clase ubicadas en áreas de reserva nacional. La investigación es de nivel descriptivo-explicativo y presenta un diseño no experimental, ya que analiza datos recolectados en un entorno específico sin manipular las variables de estudio. La muestra de la investigación estuvo conformada por datos de campo tomados en carreteras de tercera clase ubicadas en áreas de reserva nacional. En particular, se realizaron mediciones para calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA) de tráfico y verificar la presencia de zonas arqueológicas que podrían afectar el análisis del nivel de servicio. El principal objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia del método de relación velocidad-intensidad para analizar los niveles de servicio en estas carreteras, enfocándose en su rápida implementación. A través de la comparación con otros métodos de evaluación, como el Highway Capacity Manual, el método Invías y el Percent Time Following, se buscó

determinar la eficiencia operativa en términos de tiempo, costos y efectividad. Entre las conclusiones, Flores y Suárez destacaron la necesidad de desarrollar metodologías específicas para evaluar adecuadamente los niveles de servicio en carreteras ubicadas en entornos protegidos como las reservas nacionales. La falta de investigaciones previas y de métodos establecidos en este contexto representa un desafío significativo. Además, resaltaron la importancia de la recolección de datos, pues el costo de las mediciones incide directamente en la precisión de la evaluación del nivel de servicio.

Esta investigación es particularmente útil para la discusión de resultados del presente estudio titulado, ya que ambos estudios abordan la evaluación de niveles de servicio en tipos específicos de carreteras, el análisis y comparación de métodos que proponen Flores y Suárez (2024) permite identificar similitudes y diferencias en la metodología, ajustar las mediciones, y mejorar la interpretación de los umbrales de velocidad específicos para la vía de estudio. Además, la referencia a métodos comparativos proporciona un marco de referencia para evaluar la eficiencia y aplicabilidad de metodologías propias en el contexto de la vía PE 3N.

De igual forma, Dueñas y Vera (2024), en su tesis titulada: Análisis de los niveles de servicio de tránsito y capacidad vehicular en las principales intersecciones semaforizadas de la provincia de Andahuaylas - 2023, desarrollaron un estudio en el ámbito local del distrito de Andahuaylas, región Apurímac. El enfoque fue cuantitativo, de tipo aplicada, con un nivel descriptivo-explicativo y un diseño no experimental. La población de estudio estuvo compuesta por las principales intersecciones semaforizadas urbanas de la provincia, y la muestra incluyó cuatro intersecciones críticas: Av. José María Arguedas con Av. Lázaro Carrillo y Jr. Guillermo Cáceres; Av. José María Arguedas con Av. El Ejército y Av. Martinelli; Av. Martinelli con Av. Perú y Jr. Ramón Castilla; y Av. Andahuaylas con Jr. Ramón Castilla. El objetivo principal fue analizar la relación entre la capacidad vehicular y los niveles de servicio del tránsito en estas intersecciones. Para ello, se

emplearon el método HCM 2010 y el software de simulación PTV Vissim 2023. Los instrumentos utilizados incluyeron filmadoras, cronómetros, estaciones totales y drones. Los resultados indicaron que las intersecciones evaluadas presentan un nivel de servicio tipo F, lo que implica alta congestión, bajos niveles de velocidad y eficiencia reducida en el tránsito vehicular. También se reportó un volumen vehicular que supera la capacidad instalada y una presencia significativa de peatones, factores que contribuyen a un rendimiento deficiente del sistema vial.

Este antecedente local es valioso para el presente estudio, ya que también evalúa el nivel de servicio del tránsito como variable central. A diferencia de nuestra investigación, que se enfoca en la influencia de la velocidad umbral sobre el nivel de servicio en una carretera de doble carril rural, esta tesis se sitúa en el ámbito urbano y semaforizado, y relaciona el nivel de servicio con la capacidad vehicular y el volumen de tránsito. La comparación de resultados es de útil en la discusión de tu investigación, pues permite contrastar contextos urbanos y rurales y examinar cómo diferentes factores operativos influyen en el nivel de servicio. También, este antecedente respalda la necesidad de identificar causas estructurales del deterioro del servicio vial, lo cual es fundamental para la discusión y las recomendaciones de tu estudio.

Finalmente, Peña (2022), en su tesis titulada: Evaluación del tránsito vehicular para mejorar el nivel de servicio para la intersección de las avenidas Carlos Izaguirre y Canta Callao, desarrolló un estudio en el ámbito urbano de Lima Metropolitana, específicamente en el distrito de San Martín de Porres. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño no experimental. La población estuvo conformada por la intersección vial de las avenidas Carlos Izaguirre y Canta Callao, y la muestra correspondió al tráfico vehicular registrado en dicha zona. El objetivo general fue crear un sistema de control de tráfico que permita descongestionar las vías de transporte. Entre los objetivos específicos se propusieron: optimizar el nivel de servicio urbano, diseñar la circulación dentro de áreas de conflicto, aplicar herramientas de simulación para la prevención de

accidentes, y analizar el efecto de variables como la velocidad y el volumen vehicular. La metodología incluyó el uso del método HCM 2000 y del software SimTraffic para modelar el flujo vehicular. Los resultados indicaron que el rediseño vial propuesto que incluía ajustes geométricos, semaforización y señalización horizontal permitió reducir significativamente la congestión, incrementar la velocidad promedio y elevar el nivel de servicio en la intersección, mejorando así la movilidad y calidad de vida de los usuarios.

Este antecedente es valioso por su similitud temática con nuestra investigación, ya que ambos estudios abordan el nivel de servicio como variable dependiente y buscan su mejora a través del análisis de variables operativas del tránsito. Mientras que el estudio de Peña se concentra en la intervención mediante el rediseño geométrico y sistemas de control urbano, nuestra investigación introduce el enfoque de la velocidad umbral como factor explicativo del nivel de servicio, aplicada a una carretera de doble carril de tipo rural. Además, es útil durante la discusión de resultados, ya que se puede evidenciar cómo distintas variables (geométricas o conductuales) impactan el nivel de servicio, contextualizando los resultados obtenidos en tu tramo de estudio. Asimismo, la coincidencia en el uso de indicadores como la velocidad media de viaje refuerza la pertinencia de la elección metodológica.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

Jara (2022) realizó una investigación de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel explicativo, con un diseño no experimental y transversal. La investigación se centró en la evaluación del nivel de servicio en el cruce del km 4 de la carretera PE-18A con el acceso al puente Joaquín Garay Figueroa, en la ciudad de Amarilis. Para ello, se utilizó el software SYNCHRO V.8, con el objetivo de proponer tiempos semafóricos que mejoren la fluidez del tránsito vehicular y peatonal. La muestra incluyó estudios de aforo vehicular, que permitieron obtener el volumen de flujo vehicular por hora, y un levantamiento topográfico para caracterizar la geometría de la intersección, identificando una pendiente del 1% y dimensiones de la pista de 9.00 m y 9.6 m. El objetivo principal

de la investigación fue evaluar el nivel de servicio actual de la intersección y proponer ajustes en los tiempos de los semáforos para mitigar la congestión vehicular. A través del análisis de tráfico en el software SYNCHRO V.8, se determinó que la intersección presentaba un nivel de servicio F y una congestión vehicular crítica, con un Índice de Capacidad de Uso (ICU) del 128%. Aunque la modificación de los tiempos semaforicos redujo la longitud de los ciclos de 1516.4 segundos a 269.1 segundos, el nivel de servicio siguió siendo deficiente, lo que llevó a la conclusión de que ajustar los semáforos, si bien mejora parcialmente la situación, no es una solución efectiva para el problema de congestión.

Este estudio es relevante para la discusión de resultados en la presente investigación ya que permite comparar los métodos de evaluación y análisis del nivel de servicio, específicamente el uso del software SYNCHRO V.8, y analizar la efectividad de diferentes soluciones para mejorar la fluidez vehicular, considerando las particularidades de intersecciones y su comportamiento bajo diferentes ajustes de tráfico. Además, proporcionará un punto de referencia sobre la adecuación de medidas como la modificación de tiempos semaforicos y sus limitaciones en la mejora del nivel de servicio en carreteras.

Espino (2023) desarrolló una investigación con un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de nivel descriptivo, utilizando un diseño no experimental y transversal. La muestra consistió en un recuento vehicular realizado durante 7 días en la Av. Universitaria, en Pillco Marca, Huánuco, enfocándose en las horas de mayor flujo vehicular. El principal objetivo de la investigación fue proponer mejoras para controlar y optimizar el flujo vehicular y peatonal en la zona de estudio, evaluando el nivel de servicio mediante el software Synchro. En el análisis actual, el nivel de servicio del cruce de la Av. Universitaria con el Jr. Los Vilcos fue clasificado como C, lo que, aunque aceptable, mostró retrasos y formación de colas. Se observó que el índice de capacidad utilizada (ICU) era del 71,5 %, cercano a niveles críticos. En el escenario

proyectado a 20 años, el nivel de servicio permaneció en C, pero el ICU aumentó a 83,2 %, acercándose a una situación de congestión crítica.

Se presentaron seis alternativas para mejorar el nivel de servicio, siendo la propuesta número 5 la más efectiva para reducir el desorden vehicular y peatonal.

Los hallazgos de esta investigación son útiles para la discusión de resultados de la presente investigación, ya que proporcionan un enfoque práctico y metodológico para la evaluación del nivel de servicio y el uso del software Synchro, lo que permitirá comparar y analizar los niveles de servicio en contextos similares de evaluación de tráfico.

Finalmente, Albornoz (2023), en su tesis titulada Estudio del nivel de servicio de la Av. Esteban Pabletich, cuadras 01 al 10, para optimización del flujo vehicular con vías alternas, Amarilis – Huánuco, 2022, llevó a cabo un estudio en el ámbito local, específicamente en el distrito de Amarilis, provincia de Huánuco. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, de tipo aplicada, de nivel relacional y con un diseño no experimental de corte transversal. La población correspondió al flujo vehicular que transita por la Av. Esteban Pabletich entre las cuadras 01 al 10, y la muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico. El objetivo general fue analizar el nivel de servicio para optimizar el flujo vehicular mediante el uso de vías alternas. Los objetivos específicos fueron: determinar las características actuales del flujo vehicular, establecer el nivel de servicio actual y proponer una solución adecuada. Se emplearon aforos vehiculares en cuatro puntos estratégicos (cuadras 2-3, 4-5, 8-9 y cuadra 10), realizándose la toma de datos durante una semana, en horarios punta. Se utilizaron instrumentos como cronómetros, contómetros y velocímetros para medir flujo, velocidad y densidad. Los resultados arrojaron velocidades promedio cercanas a los 20 km/h y volúmenes horarios máximos de hasta 1,978 veh/h, clasificando el nivel de servicio como tipo D en los cuatro puntos. Se propuso como medida de mejora la restricción del tránsito de vehículos menores (como trimóviles) por la avenida principal y su

redireccionamiento a vías alternas (Av. Perú y Av. Túpac Amaru), lo que permitiría reducir el tráfico hasta en un 35 %.

Este antecedente es altamente pertinente, pues comparte con nuestra investigación el interés por el nivel de servicio como variable dependiente, aunque desde diferentes enfoques. Mientras el estudio de Albornoz se orienta hacia la optimización del flujo vehicular mediante el redireccionamiento de tráfico, nuestra investigación se enfoca en cómo las expectativas de velocidad (velocidad umbral) influyen sobre variables que determinan el nivel de servicio. Ambos estudios comparten fundamentos teóricos del Highway Capacity Manual (HCM) y métodos de análisis basados en aforos y cálculos de velocidad media. El antecedente te será útil en la discusión de resultados como punto de contraste: mientras Albornoz prioriza soluciones operativas externas (uso de vías alternas), nuestro estudio aporta un enfoque novedoso basado en el análisis perceptual del conductor (expectativas de velocidad), lo que puede abrir nuevas posibilidades para la planificación vial desde una mirada más conductual y técnica.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. VELOCIDAD UMBRAL

La velocidad umbral se define como la velocidad mínima a la que los vehículos deben desplazarse para garantizar un flujo de tráfico eficiente y seguro en una vía específica, sin que la circulación vehicular se vea afectada significativamente por la presencia de congestión o restricciones. En el contexto de la ingeniería de tránsito, esta velocidad es fundamental para la evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio, ya que permite determinar si el flujo vehicular se encuentra en condiciones aceptables o si existen factores que puedan generar congestión en la vía (Zhou & Sisiopiku, 1997).

La velocidad umbral es un concepto clave en la ingeniería de tránsito, utilizado para evaluar el desempeño de una vía y la eficiencia del flujo vehicular. Su importancia radica en la capacidad de describir los umbrales de velocidad por debajo de los cuales el tráfico puede verse

afectado por fenómenos como la congestión, lo que impacta en el nivel de servicio de una carretera (Zhou & Sisiopiku, 1997). El nivel de servicio es una medida cualitativa que refleja las condiciones operativas de una vía, y la velocidad umbral permite identificar cuándo se producen condiciones inadecuadas para la circulación vehicular, como reducción de la velocidad media y aumento del tiempo de viaje.

Zhou y Sisiopiku (1997) destacan que la velocidad umbral está influenciada por diversos factores como el tipo de vía, la geometría de la carretera, la densidad vehicular, y las condiciones del entorno. Esto la convierte en una variable esencial para la planificación y diseño de carreteras, ya que facilita la estimación de la capacidad y la evaluación del rendimiento de las intersecciones y tramos de carretera.

La metodología para determinar la velocidad umbral usualmente involucra la recopilación de datos de flujo vehicular y la simulación de distintos escenarios de tráfico mediante software especializado, como SYNCHRO o VISSIM. Estos análisis permiten observar el comportamiento del flujo a diferentes velocidades y establecer la velocidad umbral a partir de la cual el nivel de servicio de la vía se deteriora (Zhou & Sisiopiku, 1997).

Expectativas de velocidad. La expectativa de velocidad es la dimensión de medida de la Velocidad Umbral, se refiere a la percepción subjetiva que tiene un conductor respecto a la velocidad que considera adecuada o aceptable para circular en una vía específica, teniendo en cuenta las condiciones del entorno vial, del tráfico y su experiencia previa. Esta percepción influye directamente en su comportamiento al volante, decisiones de adelantamiento, mantenimiento de la distancia de seguimiento y tolerancia a la congestión (Romana & Pérez, 2007).

El concepto se basa en que el conductor anticipa una cierta calidad del servicio vial, y cualquier desviación negativa respecto a esa expectativa puede generar incomodidad, estrés o comportamiento riesgoso. Por ello, se propone como herramienta complementaria para la evaluación del nivel de servicio, ya que permite aproximarse a la

experiencia del usuario y no solo a parámetros técnicos de tráfico (Kiljunen & Summala, 1996; Torres et al., 2018).

2.2.2. NIVEL DE SERVICIO

2.2.2.1 NIVEL DE SERVICIO SEGÚN EL HCM. El nivel de utiliza 3 aspectos para expresarse y son La velocidad media de viaje (VM), el porcentaje de tiempo siguiendo (PTS) y el porcentaje de la velocidad a flujo libre (PVFL). La velocidad media de viaje VMV, refleja la movilidad, al dividir la longitud del segmento de carretera entre el tiempo medio de viaje de todos los vehículos que circulan por el segmento en ambas direcciones durante el período de estudio. El porcentaje de tiempo siguiendo PTS, representa la libertad para maniobrar y el confort y conveniencia del viaje. Es el porcentaje del tiempo total de viaje que los vehículos deben viajar en grupos, detrás (siguiendo) de los vehículos más lentos, debido a la incapacidad de realizar maniobras de rebase. Como esta demora es difícil de medir, se considera el porcentaje de vehículos que viajan a intervalos menores a 3 segundos como una medida indicativa de la demora porcentual en seguimiento. El porcentaje de la velocidad a flujo libre (PVFL), representa la habilidad de los vehículos para viajar a la velocidad límite o cerca de ella (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Las medidas primarias del nivel de servicio para las carreteras de dos carriles Clase I, donde se espera una alta movilidad, son la velocidad media de viaje VMV y el porcentaje del tiempo consumido en seguimiento PTS. Para las carreteras Clase II, donde la velocidad de viaje no es lo más importante, pero si la accesibilidad, el nivel de servicio se basa únicamente en el porcentaje del tiempo consumido en seguimiento PTS. Finalmente, para las carreteras Clase III, donde no se esperan altas velocidades y los rebases no son relevantes, por lo que los conductores viajan cerca a la velocidad límite, el nivel de servicio se basa en el porcentaje de la velocidad a flujo libre PVFL. En la

tabla 12.9 se presentan los niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase I, Clase II y Clase III, cuyas características operacionales son (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018):

Tabla 1

Niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase I, Clase II y Clase III

Nivel de Servicio	Clase I		Clase II	Clase III
	Velocidad media de viaje VMV (km/h)	% de tiempo consumido en seguimiento PTS	% de tiempo consumido en seguimiento PTS	% de la velocidad a flujo libre PVFL
A	>88	≤35	≤45	>91.7
B	>80-88	>35-50	>45-55	>83.3-91.7
C	>72-80	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
D	>64-72	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
E	≤64	>80	>85	≤66.7

Nota: Tabla referencial extraída de HCM (2010)

Niveles de servicio. Según el HCM se tienen los siguientes niveles de servicio;

- Nivel de servicio A. En las carreteras de Clase I, los conductores experimentan altas velocidades y poca dificultad para rebasar, y es raro observar la formación grupos de tres o más vehículos. En las carreteras de Clase II, las velocidades son controladas principalmente por las condiciones de la carretera, con pequeña cantidad de grupos vehiculares. En las carreteras de Clase III, los conductores conservan velocidades de operación muy cercanas o iguales a la velocidad a flujo libre (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

- Nivel de servicio B. La demanda por rebase es más significativa y se aproxima a la capacidad de rebase. Para las carreteras de Clases I y II, el número de grupos vehiculares se incrementa significativamente. En las carreteras de Clase III, es

difícil mantener la velocidad a flujo libre, aunque la reducción en velocidad es pequeña (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

- Nivel de servicio C. Para las tres clases de carreteras, se tienen más incrementos en el flujo, lo que resulta en aumentos notables en la formación de grupos vehiculares, tamaños y frecuencia de zonas de no rebase, disminuyendo significativamente la capacidad de rebase y la velocidad (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

- Nivel de servicio D. La formación de grupos vehiculares se incrementa notablemente. En las carreteras de Clases I y II, la demanda por rebase es alta y la capacidad de rebase se aproxima a cero. En las carreteras de Clase III, las velocidades ya son bastante menores que la velocidad a flujo libre.

- Nivel de servicio E. La demanda se aproxima a la capacidad. En las carreteras de Clases I y II, el rebase es prácticamente imposible y el porcentaje de tiempo consumido en seguimiento es mayor del 80%. En las carreteras de Clase III, la velocidad es menor de los dos tercios de la velocidad a flujo libre. El volumen más alto que se puede alcanzar en este nivel de servicio define la capacidad de la carretera.

- Nivel de servicio F. Este nivel ocurre cuando la demanda en un sentido o en ambos, excede la capacidad del segmento en cuestión. Las condiciones de operación son inestables, presentándose severa congestión en las tres clases de carreteras.

Velocidad Media de Viaje (VMV). La velocidad media de viaje es un indicador operacional clave que refleja la eficiencia del desplazamiento de los vehículos en una vía. Se calcula dividiendo la longitud de un tramo vial entre el tiempo promedio que tardan los vehículos en recorrerlo. Este parámetro es fundamental para la clasificación del nivel de servicio según el Highway Capacity Manual (HCM), ya que menores velocidades indican mayor

congestión o interferencias en el flujo vehicular (Transportation Research Board [TRB], 2016).

Además de su uso técnico, la VMV permite evaluar la experiencia del usuario en términos de tiempo de viaje, percepción de fluidez y confiabilidad del sistema vial (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Cuando se compara con la velocidad a flujo libre, ofrece una perspectiva clara de la degradación del desempeño vial.

Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS). El porcentaje de tiempo siguiendo (PTS) es la proporción de tiempo durante el cual los vehículos circulan en fila o grupo sin posibilidad de adelantar, debido a la presencia de vehículos más lentos o a la geometría de la vía. Este indicador representa una condición de restricción de la libertad de operación para los conductores y se asocia con un nivel de servicio menos satisfactorio, especialmente en carreteras de dos carriles (TRB, 2016).

El HCM establece valores umbral de PTS para determinar los niveles de servicio en vías convencionales, reconociendo que valores superiores al 50 % son indicativos de congestión y pérdida de confort para los usuarios. Su medición requiere el seguimiento visual o instrumental del comportamiento de los vehículos en campo, y es particularmente relevante en tramos donde no se permiten adelantamientos (Khan et al., 2020).

Porcentaje de Velocidad a Flujo Libre (PVFL). El porcentaje de velocidad a flujo libre (PVFL) es una métrica que compara la velocidad media observada de los vehículos con la velocidad teórica que se alcanzaría en condiciones de flujo libre, es decir, sin interferencias de tráfico, señales o condiciones adversas. Este indicador permite evaluar la pérdida de eficiencia operativa de la vía en relación con su capacidad potencial (TRB, 2016).

Valores elevados de PVFL (cercaos al 100 %) indican un tránsito fluido, mientras que valores bajos reflejan condiciones de congestión o deterioro del nivel de servicio. Esta dimensión es

clave en evaluaciones de desempeño vial, ya que integra tanto la percepción del usuario como el análisis técnico el entorno de circulación (Montufar et al., 2013).

2.2.2.2 NIVEL DE SERVICIO CONSIDERANDO LA VELOCIDAD UMBRAL

El planteamiento general para medir el NS consiste en partir de las mismas variables consideradas hoy por el HCM 2000, la velocidad media y el porcentaje de tiempo siguiendo. Hay que determinar si la velocidad media (V_m) es superior o inferior a la velocidad umbral V_u .

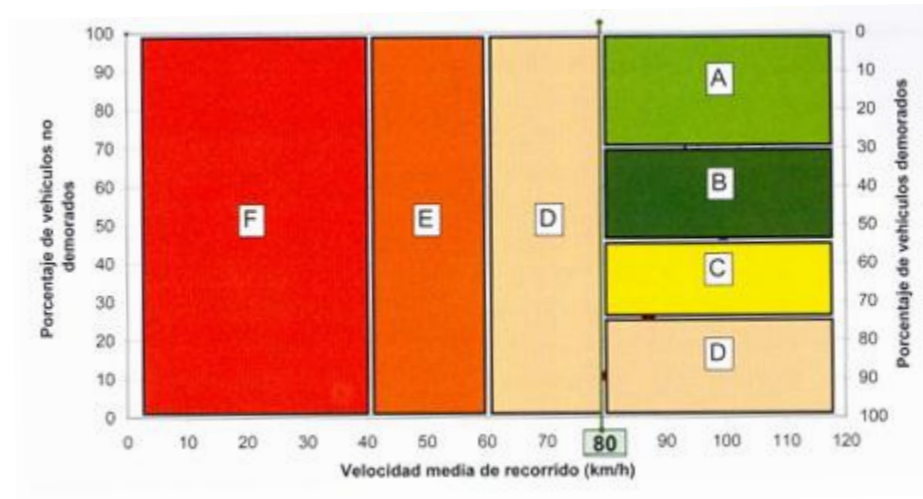
Para velocidades inferiores a la V_u el NS dependería únicamente de la velocidad. En caso contrario ($V_m > V_u$), el NS dependería únicamente del PTS, o más bien de su medida indirecta, el porcentaje de vehículos que circulan por un punto representativo de la carretera con un intervalo inferior al crítico, tomando el valor de 3 s. Probablemente sería preciso medir la V_m para vehículos ligeros, ya que los vehículos pesados tienen conductores profesionales que evalúan las rutas de manera diferente.

De acuerdo con la Figura 1 según Romana y Pérez (2007), en la primera región ($V_m > V_u$) el NS iría de A a D, dejando los niveles D-F para la segunda región ($V_m < V_u$). Obviamente, en el punto de continuidad $V_m = V_u$, el NS correspondiente sería D.

Se ha elegido el NS D para la transición entre las variables de control, porque existe cierta evidencia de que la capacidad no se alcanza en carreteras de dos carriles por sí misma; y que, cuando las velocidades caen, lo hacen debido a circunstancias externas como intersecciones, giros, rampas o empeoramientos de la sección transversal o del firme (Romana y Pérez, 2007).

Figura 1

Determinación del Nivel de Servicio en función a la Velocidad umbral (V_u) (Romana y Pérez, 2007)



2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Capacidad de la Carretera: La capacidad de la carretera se refiere al número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto en un tiempo determinado, bajo condiciones específicas (Romana y Pérez, 2007).

Condiciones de Tráfico: Las condiciones de tráfico son factores que afectan la circulación, incluyendo la intensidad del tráfico, la velocidad de los vehículos y la presencia de vehículos lentos (Romana y Pérez, 2007).

Congestión: Reducción de la velocidad debido a la congestión (como una proporción de la velocidad libre (Romana y Pérez, 2007).

Expectativas de los Usuarios: Cuando se les ha preguntado, los usuarios han demostrado tener un juicio sólido y fundamentado al evaluar carreteras de dos carriles, con unas expectativas razonables de cómo se espera circular por ellas (Romana y Pérez, 2007).

Nivel de Servicio (NS): El nivel de servicio (NS) de una infraestructura es una medida puramente cualitativa de las condiciones de circulación, que tiene en cuenta el efecto de varios factores, como la velocidad y el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad de la conducción, y otros (Romana y Pérez, 2007).

Oportunidades de Adelantamiento: Las oportunidades de adelantamiento “son momentos en los que un conductor puede sobrepasar a otro vehículo, lo que es crucial para la satisfacción del usuario” (Romana y Pérez, 2007).

Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS): En el HCM 2000 se emplean dos variables para medir el NS: la velocidad media, V_m , y el porcentaje de tiempo siguiendo, PTS (Romana y Pérez, 2007).

Satisfacción del Usuario: La satisfacción del usuario está directamente relacionada con la posibilidad de viajar a la velocidad máxima legalmente permitida y con la percepción de las condiciones de circulación (Romana y Pérez, 2007).

Velocidad Media (V_m): La velocidad media (V_m) es un parámetro clave en la evaluación del nivel de servicio, que se utiliza junto con el porcentaje de tiempo siguiendo (PTS) para medir las condiciones de circulación en carreteras de dos carriles (Romana y Pérez, 2007).

Velocidad Umbral (V_u): Se propone el empleo del término velocidad umbral (V_u) para esta velocidad, cuya definición podría ser “la velocidad mínima a la que los usuarios consideran aceptable viajar por un tramo de carretera de características uniformes con intensidades elevadas y circulando en colas” (Romana y Pérez, 2007).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La velocidad umbral influye significativamente en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis específica 1. La expectativa de velocidad (V_u) influye significativamente en el nivel de servicio respecto a la velocidad media de viaje en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

Hipótesis específica N 2. La expectativa de velocidad (V_u) influye significativamente en el nivel de servicio respecto al porcentaje de tiempo siguiendo en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

Hipótesis específica 3. La expectativa de velocidad (V_u) influye significativamente en el nivel de servicio respecto al nivel de servicio calculado con métodos tradicionales HCM (2000) en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Velocidad Umbral

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Nivel de Servicio

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Variable Dependiente. Velocidad Umbral

La velocidad umbral se operacionaliza midiendo las expectativas de los conductores en cuanto a la velocidad aceptable en una vía, y se expresa en kilómetros por hora (km/h). Esta medición considera la dimensión expectativas de velocidad, que se evalúan a través de encuestas a los usuarios, considerando las condiciones de tráfico y las características de la vía, que influyen en la percepción de los conductores.

Variable Independiente. Nivel de Servicio

El nivel de servicio de una vía de dos carriles se operacionaliza a través de la Velocidad Media de Viaje (VMV), Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) y Porcentaje de la Velocidad a Flujo Libre (PVFL), con los siguientes indicadores;

Velocidad Media de Viaje (VMV):

Indicador: Velocidad media de los vehículos (km/h).

Medición: Se calcula dividiendo la longitud del segmento de la carretera (en km) entre el tiempo medio de viaje de todos los vehículos que circulan por el segmento (en horas) durante el período de estudio.

Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS):

Indicador: Porcentaje de vehículos que viajan en grupos (%).

Medición: Se determina como el porcentaje de tiempo que los vehículos viajan detrás de otros sin poder realizar maniobras de adelantamiento. Se estima usando el porcentaje de vehículos que viajan a intervalos menores a 3 segundos respecto al vehículo que tienen delante.

Para realizar el estudio de las variables, se estableció su definición operacional a través de dimensiones e indicadores detallados en la Tabla 1.

Tabla 2*Operacionalización de Variables*

Determinación de la Velocidad Umbral para la Evaluación del Nivel de Servicio en Carreteras de Doble Carril Vía PE 3N. San Rafael-Huánuco, 2025							
Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Unidad	Tipo de Variable	Escala	Instrumento
Velocidad Umbral	La velocidad umbral se operacionaliza midiendo las expectativas de los conductores en cuanto a la velocidad aceptable en una vía, y se expresa en kilómetros por hora (km/h). Esta medición considera la dimensión expectativa de velocidad, que se evalúan a través de encuestas a los usuarios, considerando las condiciones de tráfico y las características de la vía, que influyen en la percepción de los conductores Romana & Pérez, 2007)	Expectativas de velocidad	Velocidad aceptable	Km/hora	Cuantitativa	De razón, discreta	Cuestionario Anexo 4A
Nivel de Servicio	El nivel de servicio de una vía de dos carriles se operacionaliza a través de la Velocidad Media de Viaje (VMV), Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) y Porcentaje de la Velocidad a Flujo Libre (PVFL) (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018)	Velocidad Media de Viaje (VMV)	Velocidad media de los vehículos	Km/hora	Cuantitativa	De razón, continua	Hoja de registro Anexo 4B
		Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS)	Porcentaje de vehículos que viajan en grupos	%	Cuantitativa	De razón, continu	Hoja de registro Anexo 4C

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Hernández et al. (2014), la investigación aplicada busca resolver problemas concretos y prácticos, utilizando el conocimiento existente para mejorar situaciones específicas. En este sentido, esta investigación se enmarca en el tipo aplicada porque tiene como objetivo determinar la velocidad umbral en una carretera específica, lo que permitirá evaluar el nivel de servicio y, en consecuencia, tener una más real determinación del nivel de servicio en esta vía, ya que involucra la precepción de los conductores y a la postre poder proponer mejoras prácticas para la infraestructura vial en la región de Huánuco.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque adoptado en la presente investigación es cuantitativo, el cual se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos que permiten identificar patrones, establecer relaciones entre variables y formular conclusiones objetivas y generalizables (Hernández et al., 2014). En este estudio, dicho enfoque permitió trabajar con datos medibles tales como la velocidad de los vehículos, el porcentaje de tiempo siguiendo y otros indicadores operativos del tránsito, los cuales fueron fundamentales para determinar la velocidad umbral y evaluar el nivel de servicio en el tramo seleccionado de la carretera PE 3N. La aplicación de técnicas estadísticas contribuyó a validar las hipótesis planteadas y a obtener resultados consistentes, basados en evidencia empírica.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con Santos (2018), las investigaciones de nivel relacional se orientan a establecer vínculos entre dos o más variables, con el propósito de comprender cómo se influyen mutuamente. En el presente estudio se adoptó este nivel de investigación, ya que se buscó analizar la relación entre la velocidad umbral y el nivel de servicio en un

tramo específico de la carretera PE 3N. Esta aproximación permitió identificar cómo las variaciones en la percepción de velocidad aceptable por parte de los conductores influyeron sobre indicadores clave del desempeño vial, como la velocidad media de viaje, el porcentaje de tiempo siguiendo y el porcentaje de velocidad a flujo libre. En consecuencia, el enfoque relacional contribuyó a una comprensión más profunda de las dinámicas del tráfico vehicular desde una perspectiva tanto técnica como perceptual.

3.1.3. DISEÑO

De acuerdo con Hernández et al. (2014), la investigación no experimental se caracteriza por la observación de variables en su contexto natural, sin manipulación deliberada de estas por parte del investigador. En este estudio se adoptó dicho diseño, ya que las variables relacionadas con la velocidad umbral y el nivel de servicio fueron observadas y medidas directamente en el tramo de estudio, sin alterar las condiciones normales de operación de la carretera PE 3N. Esta estrategia permitió obtener datos reales, objetivos y representativos de la situación actual del flujo vehicular.

Asimismo, el diseño de la investigación fue de tipo transversal, conforme a lo señalado por Castañeda (2016), quien sostiene que este tipo de diseño implica la recolección de datos en un solo momento del tiempo, lo que posibilita el análisis simultáneo de múltiples variables. En este caso, se recopilaron los datos sobre velocidad, seguimiento vehicular y percepción de los usuarios en un único periodo de observación, lo que facilitó el análisis relacional entre las variables involucradas en un contexto específico y acotado.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACION

La población del estudio fue definida conforme a lo señalado por Hernández et al. (2014), quien indica que la población en una investigación corresponde al conjunto total de elementos que comparten ciertas características y que constituyen el objeto de análisis. En el caso

del presente estudio, la población estuvo conformada por toda la carretera nacional ruta PE 3N, en el tramo comprendido entre la ciudad de San Rafael y la ciudad de Huánuco. Esta vía, reconocida como parte de la Red Vial Nacional por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, presenta características geométricas, operativas y funcionales que la hacen representativa para el análisis de variables como la velocidad umbral y el nivel de servicio.

La elección de esta población permitió enmarcar el estudio en un contexto vial de alta demanda y relevancia estratégica para la conectividad regional. Además, considerar la totalidad de dicho tramo aseguró una cobertura amplia de condiciones operativas, lo cual favoreció la validez externa de los hallazgos y su posible extrapolación a otros segmentos similares dentro del sistema vial nacional.

3.2.2. MUESTRA

La muestra fue definida conforme a lo planteado por Creswell (2014), quien sostiene que una muestra constituye un subconjunto de la población seleccionado para participar en un estudio, y que en investigaciones con diseño no probabilístico esta puede elegirse de manera intencional, en función de criterios específicos alineados con los objetivos de la investigación. En este estudio se utilizó un muestreo no probabilístico por intención, seleccionándose tres tramos de 500 metros cada uno, ubicados dentro del segmento de la carretera PE 3N comprendido entre el km 209+000 (peaje de Ambo) y el km 227+000 (poblado de Yanag).

Los tramos seleccionados fueron los siguientes:

- Tramo I: del km 209+000 al km 209+500
- Tramo II: del km 218+000 al km 218+500
- Tramo III: del km 226+500 al km 227+000

La elección de estos tramos respondió a su alta carga vehicular, condiciones geométricas representativas y estado adecuado del pavimento, lo cual garantizó la viabilidad técnica de la recolección de

datos. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, incluyendo únicamente segmentos con flujo vehicular constante y sin alteraciones por mantenimiento, y excluyendo zonas con deterioro estructural o presencia de obras viales. Esta delimitación metodológica permitió recopilar información confiable y directamente pertinente a los objetivos de la investigación, asegurando la validez de los resultados obtenidos.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas de Recolección de Datos.

Variable: Velocidad Umbral (VU)

La recolección de datos para esta variable se realizó mediante la técnica de encuesta estructurada, aplicada de manera presencial a conductores que transitan regularmente por el tramo de estudio. Esta técnica permitió obtener la expectativa declarada de velocidad mínima aceptable para circular cómodamente, considerando percepciones subjetivas del usuario en cuanto a fluidez y confort vial.

Variable: Velocidad Media de Viaje (VM)

Para esta variable se aplicó la técnica de observación directa con acompañamiento en ruta. Esta consistió en registrar visualmente la velocidad del vehículo mediante lectura del velocímetro en tres puntos específicos (inicio, medio y final) de cada uno de los tres subtramos. Posteriormente, se calculó la velocidad media de viaje para cada conductor, lo cual permitió obtener datos representativos de las condiciones reales de operación.

Variable: Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS)

La medición de esta variable se llevó a cabo mediante la técnica de cronometraje visual en campo, consistente en observar el paso de vehículos consecutivos por un punto fijo de la vía y registrar el intervalo de tiempo entre ellos. Se utilizó un umbral crítico de 4 segundos para distinguir entre vehículos en condición de seguimiento (<4 s) y

circulación libre (≥ 4 s). Esta técnica fue útil para estimar el nivel de interacción vehicular en condiciones reales.

Instrumentos de Recolección de Datos.

Variable: Velocidad Umbral (VU)

Instrumento: Cuestionario estructurado impreso, compuesto por diez ítems cerrados, entre ellos una pregunta central sobre la velocidad mínima aceptable, así como preguntas complementarias sobre frecuencia de tránsito, tipo de vehículo, condiciones percibidas de seguridad y factores que impiden mantener la velocidad deseada.

Soporte adicional: Hoja de consentimiento informado y ficha de identificación del conductor.

Variable: Velocidad Media de Viaje (VM)

Instrumento: Formato de registro de velocidad en ruta, que incluía espacios para anotar tres lecturas de velocidad (V1, V2 y V3) por cada subtramo recorrido por cada conductor.

Equipo auxiliar: Vehículo, bitácora de campo y lápiz para anotaciones inmediatas. En todos los casos, el investigador fue el acompañante del conductor.

Variable: Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS)

Instrumento: Formato de observación de intervalos vehiculares, donde se registraron los tiempos (en segundos) entre el paso de 20 vehículos consecutivos en cada subtramo.

Equipo auxiliar: Cronómetro digital de precisión, marca Casio HS-80TW, con precisión de centésimas de segundo, y punto de observación claramente delimitado por señalización vial visible.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Una vez culminada la fase de recolección de datos en campo, se procedió a ejecutar un proceso sistemático de organización, procesamiento y presentación de la información obtenida. Dicho procedimiento fue desarrollado con el fin de garantizar la validez,

claridad y pertinencia de los resultados, siguiendo criterios de rigurosidad científica y orden lógico.

1. Revisión y depuración de los datos

Inicialmente, todos los formatos físicos de recolección de datos — cuestionarios aplicados a conductores, registros de velocidades en ruta y hojas de cronometraje de intervalos vehiculares— fueron revisados manualmente con el objetivo de identificar inconsistencias, omisiones o errores de transcripción. Se realizó una depuración preliminar eliminando registros incompletos o que presentaran valores atípicos no justificables.

2. Codificación y digitalización

Posteriormente, se codificaron las variables cualitativas (tipo de vehículo, percepción de seguridad, frecuencia de tránsito, entre otras) asignando valores numéricos para facilitar su procesamiento estadístico. Esta codificación permitió el tratamiento uniforme de las categorías. Luego, se procedió a la digitalización de todos los datos en hojas de cálculo estructuradas en Microsoft Excel, organizadas por subtramo y por tipo de variable.

3. Cálculo de variables derivadas

En el caso de la velocidad media de viaje (VM), se calculó el promedio aritmético de tres mediciones puntuales (V1, V2 y V3) por cada subtramo y por cada conductor. Para el porcentaje de tiempo siguiendo (PTS), se clasificaron los 20 vehículos observados por subtramo según el umbral crítico de 4 segundos y se calculó el porcentaje de vehículos en seguimiento (<4 s) y en circulación libre (≥ 4 s). Respecto a la velocidad umbral (VU), se analizaron las frecuencias relativas de las respuestas de los conductores para establecer un valor de referencia común.

4. Procesamiento estadístico

Con los datos ya organizados, se realizaron análisis estadísticos descriptivos para las variables cuantitativas (edad, años de conducción,

VM y PTS), aplicando medidas de tendencia central (media, mediana), de dispersión (rango, desviación estándar, varianza) y de posición (mínimo y máximo). Para las variables cualitativas, se utilizaron frecuencias absolutas y relativas expresadas en tablas porcentuales.

5. Representación gráfica

Los resultados procesados fueron posteriormente representados mediante tablas, facilitando la interpretación visual de los patrones de comportamiento de las variables, tanto por subtramo como en el conjunto del tramo evaluado. Se elaboraron cuadros comparativos entre subtramos que permitieron evidenciar las diferencias operativas en función de la velocidad media, el PTS y el nivel de servicio.

6. Interpretación contextual

Finalmente, cada tabla y gráfico fue acompañado de una interpretación técnica y contextualizada, vinculada al objetivo específico correspondiente y sustentada en literatura especializada. Esta interpretación permitió no solo describir los hallazgos, sino también establecer su pertinencia en relación con el comportamiento operativo real de la vía y con las percepciones de los usuarios.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para la Variable: Velocidad Umbral

Técnica de procesamiento de datos. Los datos obtenidos mediante los cuestionarios aplicados a los conductores fueron digitalizados, codificados y organizados para su análisis estadístico. De acuerdo con Miles, Huberman y Saldaña (2014), la codificación permite estructurar la información cualitativa o perceptual en categorías temáticas, lo cual resulta útil cuando se trabaja con percepciones u opiniones. En este estudio, las respuestas relacionadas con la expectativa de velocidad mínima aceptable fueron agrupadas en rangos y se calcularon las frecuencias absolutas, relativas y medidas de tendencia central, a fin de obtener una visión general del comportamiento perceptual en torno a la velocidad umbral en los tramos analizados de la vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco.

Técnica de análisis de datos. Para el análisis estadístico de esta variable, se utilizaron estadísticos descriptivos tales como media, moda y desviación estándar, con el propósito de caracterizar cuantitativamente la expectativa de velocidad entre los usuarios. Dado que la investigación tuvo un nivel relacional y buscó analizar la influencia de la velocidad umbral sobre el nivel de servicio, se aplicó la prueba de correlación de Pearson, con el objetivo de explorar la existencia de asociaciones significativas entre las expectativas de velocidad declaradas por los conductores y los indicadores operativos del nivel de servicio. Esta prueba permitió establecer si existe una relación estadísticamente significativa entre la percepción de velocidad mínima aceptable y las condiciones reales observadas de operación vehicular en la vía.

Para la Variable: Nivel de Servicio

Técnica de procesamiento de datos. Los datos correspondientes a los indicadores de nivel de servicio Velocidad Media de Viaje (VMV), Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) y Porcentaje de la Velocidad a Flujo Libre (PVFL) fueron recolectados a través de formatos estandarizados de observación en campo y posteriormente registrados en una base de datos digital. Se realizó una limpieza inicial de datos, eliminando registros atípicos o inconsistentes, y se aseguraron condiciones de validez en la medición. Los datos procesados fueron luego tabulados y representados en gráficos estadísticos, lo cual facilitó su análisis y la interpretación de las variaciones a lo largo de los tres tramos de estudio en la carretera PE 3N.

Técnica de análisis de datos. Para esta variable se emplearon técnicas descriptivas, calculando la media y desviación estándar de cada uno de los tres indicadores mencionados, con el fin de obtener una descripción general del comportamiento del flujo vehicular. Como parte del análisis inferencial, se aplicó una regresión lineal múltiple, considerando a la velocidad umbral como variable independiente y a los tres indicadores del nivel de servicio (VMV, PTS, PVFL) como variables dependientes. Esta técnica permitió evaluar en qué medida la velocidad umbral influye sobre el desempeño operacional de la vía, sustentando así la hipótesis central del

estudio, referida a la relación explicativa entre la percepción del conductor y las condiciones reales de circulación en el tramo San Rafael - Huánuco

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El presente capítulo expone de manera sistemática los resultados obtenidos durante el proceso de investigación, con el propósito de responder a los objetivos específicos y a la hipótesis general planteada. Los resultados constituyen el producto del análisis riguroso de los datos recolectados en campo y permiten interpretar, desde un enfoque cuantitativo, las relaciones existentes entre la velocidad umbral y el nivel de servicio en los tramos evaluados de la carretera PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco.

La estructura del capítulo contempla dos acápites principales: procesamiento de datos y contrastación y prueba de hipótesis. En el primero, se presentan los resultados descriptivos de las variables e indicadores operacionales analizados: velocidad umbral, velocidad media de viaje (VMV), porcentaje de tiempo siguiendo (PTS) y porcentaje de velocidad a flujo libre (PVFL). Se incluyen medidas de tendencia central, dispersión, frecuencias y gráficos interpretativos que permiten caracterizar el comportamiento observado en los tres tramos seleccionados del estudio.

En el segundo acápite, se desarrollan las pruebas estadísticas inferenciales, con el objetivo de verificar las hipótesis formuladas. A través del uso de técnicas como la correlación de Pearson y la regresión lineal múltiple, se evalúa el grado de asociación y dependencia entre la variable independiente (velocidad umbral) y las variables dependientes que conforman el nivel de servicio. Este análisis permite determinar si existe una influencia significativa de la percepción del conductor sobre el desempeño operativo de la vía, aportando evidencia empírica al planteamiento teórico que sustenta la investigación.

En conjunto, los resultados aquí presentados proporcionan una base objetiva para la posterior discusión e interpretación crítica de los hallazgos, así como para la formulación de conclusiones y recomendaciones orientadas a la mejora de la calidad del servicio en vías de doble carril de características similares.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. VELOCIDAD UMBRAL

Con el propósito de identificar la percepción de los conductores respecto a la velocidad mínima aceptable, también denominada velocidad umbral, en la carretera nacional PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, se aplicó un cuestionario estructurado a una muestra intencional de usuarios que transitaban por el segmento comprendido entre el kilómetro 209+000 (peaje de Ambo) y el kilómetro 227+000 (localidad de Yanag). Este tramo, perteneciente a la Red Vial Nacional, presenta condiciones topográficas y operativas que influyen significativamente en la experiencia del conductor, por lo que resultó pertinente aplicar el instrumento en toda su extensión.

El cuestionario incluyó ítems cerrados, orientados a obtener información, entre otros aspectos, sobre:

- La velocidad mínima que los conductores consideran aceptable para una circulación cómoda y fluida,
- La frecuencia con la que perciben que no logran alcanzar dicha velocidad en condiciones reales de tránsito,
- Las principales causas que impiden mantener ese umbral de velocidad (por ejemplo, congestión, vehículos lentos, diseño geométrico),
- La percepción de seguridad al conducir por debajo de dicha velocidad, y
- Las acciones o mejoras que los conductores consideran necesarias para facilitar una circulación más eficiente.

La recolección de datos se realizó a lo largo del tramo mencionado, aprovechando las paradas técnicas o puntos de descanso donde los vehículos reducían su velocidad o detenían momentáneamente su marcha. En el caso de los vehículos de transporte público, se solicitó autorización a los conductores y, cuando fue necesario, se asumió el costo del pasaje hasta la localidad de Yanag, a fin de aplicar el instrumento de manera completa durante el trayecto. Paralelamente, se

realizaron mediciones de velocidad media como parte de los registros correspondientes a las demás variables del estudio.

A continuación, en la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos a partir de las respuestas registradas en los cuestionarios aplicados a los conductores, los cuales permitieron calcular valores de frecuencia, media, moda y desviación estándar de la velocidad umbral declarada, y constituyen la base para el análisis correlacional e inferencial que se desarrolla en los apartados siguientes.

Tabla 3

Respuestas al cuestionario aplicado a los conductores (15) respecto a la Velocidad umbral

Pregunta	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8 (sigue...)
Edad	34	28	48	45	37	60	28	28
Sexo	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino
Años conduciendo en la ruta	5	7	7	8	3	5	8	5
Tipo de vehículo	Colectivo	Colectivo	Auto particular	Camión	Auto particular	Auto particular	Colectivo	Camión
Frecuencia de tránsito en la vía	Semanal	Semanal	Diario	Ocasional	Semanal	Ocasional	Diario	Semanal
Velocidad mínima aceptable para circular cómodamente	75-85 km/h	80-90 km/h	75-85 km/h	75-85 km/h	70-80 km/h	75-85 km/h	80-90 km/h	70-80 km/h
¿Con qué frecuencia encuentra que la velocidad es inferior a la mínima aceptable?	Raramente	Algunas veces	Frecuentemente	Raramente	Algunas veces	Frecuentemente	Algunas veces	Algunas veces
¿Cuál es el principal motivo que le impide mantener la velocidad mínima aceptable?	Congestión vehicular	Congestión vehicular	Congestión vehicular	Estado de la carretera	Estado de la carretera	Congestión vehicular	Congestión vehicular	Estado de la carretera

¿Qué tan seguro se siente al conducir a una velocidad inferior a la mínima?	Seguro	Muy seguro	Seguro	Poco seguro	Poco seguro	Poco seguro	Poco seguro	Seguro
¿Qué factores mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable?	Ampliación de carriles	Mejoras en la infraestructura de la carretera	Mayor control de velocidad de otros conductores	Ampliación de carriles	Mejoras en la infraestructura de la carretera	Mejoras en la infraestructura de la carretera	Ampliación de carriles	Mayor control de velocidad de otros conductores

(...vine) Pregunta	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
Edad	59	55	29	31	41	48	52
Sexo	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino
Años conduciendo en la ruta	6	6	6	4	8	3	3
Tipo de vehículo	Colectivo	Auto particular	Auto particular	Auto particular	Colectivo	Colectivo	Auto particular
Frecuencia de tránsito en la vía	Semanal	Semanal	Semanal	Diario	Ocasional	Semanal	Diario
Velocidad mínima aceptable para circular cómodamente	75-85 km/h	75-85 km/h	75-85 km/h	75-85 km/h	70-80 km/h	70-80 km/h	75-85 km/h

¿Con qué frecuencia encuentra que la velocidad es inferior a la mínima aceptable?	Algunas veces	Raramente	Frecuentemente	Frecuentemente	Algunas veces	Frecuentemente	Frecuentemente
¿Cuál es el principal motivo que le impide mantener la velocidad mínima aceptable?	Congestión vehicular	Estado de la carretera	Congestión vehicular	Congestión vehicular	Congestión vehicular	Congestión vehicular	Estado de la carretera
¿Qué tan seguro se siente al conducir a una velocidad inferior a la mínima?	Seguro	Muy seguro	Seguro	Seguro	Poco seguro	Nada seguro	Nada seguro
¿Qué factores mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable?	Ampliación de carriles	Ampliación de carriles	Mejoras en la infraestructura de la carretera	Mayor control de velocidad de otros conductores	Ampliación de carriles	Mejoras en la infraestructura de la carretera	Ampliación de carriles

En función de los resultados obtenidos y presentados en la tabla anterior, la estadística descriptiva que se expone a continuación en la Tabla 4, resume los principales indicadores derivados de las respuestas proporcionadas por los quince conductores encuestados. Se consideran dos variables cuantitativas: edad y años conduciendo en la ruta, cuyas distribuciones se analizaron mediante medidas de tendencia central (media y moda), dispersión (desviación estándar) y forma (asimetría).

Asimismo, se describen ocho variables cualitativas categóricas, tales como el tipo de vehículo conducido, la frecuencia de tránsito en la vía, la velocidad mínima aceptable para circular cómodamente, la frecuencia con la que los conductores perciben que no alcanzan dicha velocidad, los motivos principales que impiden mantenerla, el nivel de seguridad percibido al conducir por debajo de ese umbral y los factores que, en opinión de los usuarios, mejorarían la circulación en la vía. Para estas variables categóricas, se presentan las frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) correspondientes a cada categoría de respuesta.

Esta caracterización estadística permitió obtener una visión integral del perfil de los conductores que transitan por la carretera PE 3N en el tramo San Rafael - Huánuco, así como de su experiencia y percepción frente a las condiciones operativas de la vía. Además, constituye un insumo fundamental para el análisis inferencial posterior, orientado a examinar las relaciones entre la velocidad umbral y los indicadores del nivel de servicio, lo cual contribuirá a la interpretación sustantiva de los hallazgos obtenidos en la presente investigación.

A. De las Variables Cuantitativas

Tabla 4

Valores de los estadísticos descriptivos de la Velocidad umbral Vu

Variable	Media	Mediana	Mínimo	máximo	rango	desviación estándar	varianza
		a					
Edad	41.53	41.0	28.0	60.0	32.0	11.73	137.7
Años conduciendo	5.6	6.0	3.0	8.0	5.0	1.8	3.26

B. De las Variables Cualitativas

Tabla 5

Distribución de frecuencias para sexo

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
Masculino	15	100.0%

Tabla 6

Distribución de frecuencias para Tipo de vehículo:

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
Auto particular	7.0	46.67
Colectivo	6.0	40.0
Camión	2.0	13.33

Tabla 7

Distribución de frecuencias para Frecuencia de tránsito en la vía:

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
Semanal	8.0	53.33
Diario	4.0	26.67
Ocasional	3.0	20.0

Tabla 8

Distribución de frecuencias para Velocidad mínima aceptable:

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
75-79 km/h	9.0	60.0
70-74 km/h	3.0	20.0
80-84 km/h	3.0	20.0

Tabla 9*Distribución de frecuencias para Frecuencia velocidad inferior:*

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
Frecuentemente	6.0	40.0
Algunas veces	6.0	40.0
Raramente	3.0	20.0

Tabla 10*Distribución de frecuencias para Motivo principal*

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
Congestión vehicular	10.0	66.67
Estado de la carretera	5.0	33.33

Tabla 11*Distribución de frecuencias para Sensación de seguridad:*

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
Poco seguro	6.0	40.0
Nada seguro	5.0	33.33
Seguro	2.0	13.33
Muy seguro	2.0	13.33

Tabla 12*Distribución de frecuencias para Factor de mejora:*

Categoría	Frecuencia	Frecuencia relativa
Ampliación de carriles	7.0	46.67
Mejoras en la infraestructura de la carretera	5.0	33.33

Mayor control de velocidad de otros conductores	3.0	20.0
---	-----	------

Análisis e Interpretación.

Una vez procesados los datos obtenidos en campo, se procedió a la interpretación estadística de los resultados correspondientes a los indicadores considerados en el estudio. Esta interpretación permitió no solo caracterizar las condiciones sociodemográficas y operativas de los conductores participantes, sino también comprender su percepción sobre las condiciones de tránsito y el nivel de servicio de la vía, con especial atención en la velocidad mínima aceptable, también denominada velocidad umbral, que constituye la variable central de la investigación.

La interpretación se organizó de manera individual por cada indicador, diferenciando aquellos de naturaleza cuantitativa (como la edad y los años conduciendo en la ruta) de los de carácter cualitativo (como el tipo de vehículo, la frecuencia de tránsito, la percepción de seguridad, entre otros). En cada caso se analizó tanto la tendencia central y la dispersión de los datos, como su relevancia para la comprensión del comportamiento del nivel de servicio en el tramo evaluado.

Análisis e Interpretación: Pregunta 1 Edad.

Análisis Estadístico. El indicador edad de los conductores presenta los siguientes estadísticos descriptivos:

Media: 41.53 años.

Mediana: 41.0 años.

Mínimo: 28.0 años

Máximo: 60.0 años.

Rango: 32.0 años.

Desviación estándar: 11.73.

Varianza: 137.7

Estos valores indican que la muestra de conductores evaluada se compone de individuos en un amplio rango etario, con una tendencia central situada en torno a los 41 años. La desviación estándar sugiere una dispersión moderada, lo que implica una heterogeneidad significativa en la edad de los participantes. Esta diversidad etaria proporciona una visión amplia sobre las percepciones respecto a la velocidad umbral y las condiciones de servicio de la vía.

Interpretación. Desde una perspectiva investigativa, la heterogeneidad en la edad de los encuestados aporta valor al análisis, pues permite comprender cómo diferentes generaciones perciben la velocidad mínima aceptable y el confort de circulación. Conductores más jóvenes pueden tener mayor tolerancia a condiciones dinámicas del tráfico, mientras que los de mayor edad pueden priorizar la seguridad y estabilidad en la vía. Esta variable es, por tanto, un elemento clave para contextualizar la influencia de la velocidad umbral en la evaluación del nivel de servicio, ya que puede modular la percepción individual del usuario frente a la infraestructura vial del tramo San Rafael - Huánuco.

Análisis e Interpretación: Pregunta 2 Sexo.

Análisis Estadístico. El indicador sexo de los conductores encuestados presentó la siguiente distribución:

- Masculino: 15 conductores (100.0%)

Esto indica que la totalidad de la muestra estuvo conformada por personas de sexo masculino. No se registró participación de conductoras femeninas en el estudio.

Interpretación. La ausencia de mujeres en la muestra puede deberse a diversos factores, como la menor presencia femenina en el transporte interurbano en este tramo o la selección no probabilística de la muestra. Si bien esta homogeneidad simplifica el análisis al eliminar la variable de género como fuente de variabilidad, también limita la posibilidad de generalizar los resultados a la población total de conductores. Desde el punto de vista de la investigación, la falta de diversidad en esta variable debe ser tomada en cuenta al interpretar las

percepciones sobre la velocidad umbral y el nivel de servicio, reconociendo que las experiencias y preferencias podrían diferir si se incluyera la perspectiva femenina en futuras investigaciones.

Análisis e Interpretación: Pregunta 3 - Años conduciendo en esta ruta.

Análisis Estadístico. El indicador años conduciendo en esta ruta presentó los siguientes valores estadísticos:

Media: 5.6 años

Mediana: 6.0 años

Mínimo: 3.0 años

Máximo: 8.0 años

Rango: 5.0 años

Desviación estándar: 1.8

Varianza: 3.26

Estos datos muestran que los conductores encuestados tienen un nivel relativamente homogéneo de experiencia en la ruta, con una ligera dispersión respecto al promedio. La mediana próxima a la media refuerza la simetría de la distribución.

Interpretación. Desde una perspectiva investigativa, el hecho de que los participantes cuenten con entre 3 y 8 años de experiencia en la ruta PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, permite suponer un conocimiento operativo sólido de las condiciones reales de circulación. Esta familiaridad con el entorno vial contribuye a la validez de las percepciones sobre la velocidad mínima aceptable y el nivel de servicio, al basarse en vivencias repetidas y no esporádicas. Por tanto, este indicador aporta robustez al análisis del comportamiento de los usuarios y a la formulación de propuestas técnicas basadas en experiencia empírica acumulada.

Análisis e Interpretación: Pregunta 4 - Tipo de Vehículo.

Análisis Estadístico. El indicador tipo de vehículo presentó la siguiente distribución entre los 15 conductores encuestados:

Auto particular: 7 conductores (46.67%)

Colectivo: 6 conductores (40.0%)

Camión: 2 conductores (13.33%)

Se observa una predominancia de vehículos livianos (autos particulares y colectivos), los cuales representan el 86.67% del total de la muestra.

Interpretación. La alta proporción de conductores de autos particulares y colectivos permite entender las percepciones desde el punto de vista de quienes realizan desplazamientos frecuentes y de menor volumen de carga. La baja participación de camiones implica que la experiencia percibida está más relacionada con el transporte de pasajeros y uso personal. Este sesgo hacia vehículos livianos puede influir en las valoraciones de velocidad umbral, ya que estos tienden a operar a velocidades mayores que los vehículos pesados y tienen mayor maniobrabilidad ante condiciones de congestión o deterioro vial. En investigaciones futuras, sería recomendable incorporar una muestra más equilibrada para evaluar posibles diferencias según el tipo de unidad vehicular.

Análisis e Interpretación: Pregunta 5 - Frecuencia de tránsito en la vía PE 3N.

Análisis Estadístico. El indicador frecuencia de tránsito en la vía PE 3N presentó la siguiente distribución:

Semanal: 8 conductores (53.33%)

Diario: 4 conductores (26.67%)

Ocasional: 3 conductores (20.0%)

Más de la mitad de los encuestados transitan semanalmente por la vía, mientras que un cuarto lo hace diariamente. El menor grupo corresponde a quienes usan la vía de manera ocasional.

Interpretación. La alta proporción de conductores con tránsito frecuente (diario y semanal) indica que los encuestados tienen un nivel

significativo de exposición a las condiciones reales de operación del tramo San Rafael – Huánuco. Esto otorga mayor validez a sus percepciones sobre la velocidad mínima aceptable y el nivel de servicio, ya que están sustentadas en experiencias recurrentes. Por otro lado, la inclusión de conductores ocasionales permite complementar el análisis con perspectivas menos influenciadas por la rutina, enriqueciendo la diversidad de criterios. Esta distribución, por tanto, fortalece el enfoque relacional de la investigación al combinar percepción habitual y esporádica del entorno vial.

Análisis e Interpretación: Pregunta 6 - Velocidad mínima aceptable para circular cómodamente.

Análisis Estadístico. El indicador velocidad mínima aceptable para circular cómodamente, también conocida como velocidad umbral, presentó la siguiente distribución entre los 15 conductores encuestados:

75-79 km/h: 9 conductores (60.0%)

70-74 km/h: 3 conductores (20.0%)

80-84 km/h: 3 conductores (20.0%)

El 60% de los encuestados identificó el rango de 75-79 km/h como su velocidad mínima aceptable, mientras que un 40% se divide equitativamente entre los rangos inmediatamente inferior y superior. Esta concentración permite establecer un valor de referencia promedio cercano a los 80 km/h.

Interpretación. La distribución de frecuencias muestra una clara tendencia hacia una velocidad mínima aceptable centrada en los 80 km/h, lo que respalda su uso como valor umbral en el análisis del nivel de servicio. Este valor coincide con las recomendaciones técnicas para vías de dos carriles con función de movilidad, según lo establecido en el Highway Capacity Manual (HCM). Desde la perspectiva de los conductores, circular por debajo de este umbral representa una pérdida de confort y una señal de deterioro en la calidad operativa de la vía. Por tanto, la velocidad umbral estimada no solo refleja una expectativa

técnica, sino también una necesidad práctica que debe ser considerada en la planificación de mejoras en el tramo San Rafael - Huánuco.

Análisis e Interpretación: Pregunta 7 - Frecuencia con la que la velocidad es inferior a la mínima aceptable.

Análisis Estadístico. En indicador frecuencia con la que la velocidad es inferior a la mínima aceptable presentó la siguiente distribución:

Frecuentemente: 6 conductores (40.0%)

Algunas veces: 6 conductores (40.0%)

Raramente: 3 conductores (20.0%)

El 80% de los encuestados reportó que en ocasiones o frecuentemente circula por debajo de la velocidad umbral, lo cual sugiere una afectación operativa recurrente a lo largo del tramo analizado.

Interpretación. Estos resultados reflejan que, para la mayoría de los conductores, las condiciones de la vía no permiten mantener de forma constante la velocidad mínima aceptable. Esta percepción frecuente o intermitente de reducción de velocidad afecta directamente la evaluación del nivel de servicio, ya que evidencia interrupciones en la fluidez del tránsito. Desde el enfoque de planificación vial, este indicador resulta clave para identificar la necesidad de intervenciones orientadas a mejorar la continuidad operativa y reducir los factores que provocan desaceleraciones por debajo del umbral aceptado.

Análisis e Interpretación: Pregunta 8 - Principal motivo que impide mantener la velocidad mínima aceptable.

Análisis Estadístico. El indicador principal motivo que impide mantener la velocidad mínima aceptable presentó la siguiente distribución:

Congestión vehicular: 10 conductores (66.67%)

Estado de la carretera: 5 conductores (33.33%)

La congestión vehicular se identificó como la causa principal de reducción de velocidad en dos tercios de los casos, seguida por el estado de la infraestructura vial.

Interpretación. El predominio de la congestión vehicular como causa principal de incumplimiento de la velocidad umbral evidencia una

problemática asociada a la capacidad operativa del tramo vial. Esta percepción mayoritaria sugiere que la vía no se encuentra dimensionada ni regulada adecuadamente para absorber la demanda actual de tránsito, generando interrupciones y pérdida de fluidez. En segundo lugar, el estado de la carretera, aunque con menor frecuencia, sigue siendo un factor relevante que impacta directamente en la comodidad y seguridad percibida. Desde una perspectiva técnica, estos hallazgos refuerzan la necesidad de intervenciones tanto a nivel de gestión de tráfico como de mantenimiento estructural del pavimento, para garantizar una operación continua y segura en el tramo San Rafael - Huánuco.

Análisis e Interpretación: Pregunta 9 Nivel de seguridad percibido al circular por debajo de la velocidad mínima.

Análisis Estadístico. La variable nivel de seguridad percibido al circular por debajo de la velocidad mínima aceptable presentó la siguiente distribución:

Poco seguro: 6 conductores (40.0%)

Nada seguro: 5 conductores (33.33%)

Seguro: 2 conductores (13.33%)

Muy seguro: 2 conductores (13.33%)

El 73.33% de los encuestados manifestó sentirse poco o nada seguro al circular por debajo de la velocidad umbral, lo que revela una percepción generalizada de incomodidad e inseguridad en dichas condiciones.

Interpretación. La sensación de inseguridad percibida por la mayoría de los conductores al reducir su velocidad por debajo del umbral esperado indica que estas situaciones no solo afectan la eficiencia del tránsito, sino también la percepción subjetiva de riesgo. Esto puede deberse a factores como el comportamiento agresivo de otros conductores, el riesgo de accidentes por frenadas o cambios bruscos, o la sensación de desprotección en zonas con infraestructura inadecuada. Esta percepción subjetiva, aunque no necesariamente cuantificable desde la ingeniería vial, es fundamental para evaluar integralmente el nivel de servicio, pues influye directamente en el confort y la toma de

decisiones de los usuarios. Mejorar las condiciones que permitan mantener velocidades constantes dentro del umbral podría reducir esta percepción de inseguridad.

Análisis e Interpretación: Pregunta 10 - Factores que mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable.

Análisis Estadístico. La variable factores que mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable presentó la siguiente distribución:

Ampliación de carriles: 7 conductores (46.67%)

Mejoras en la infraestructura de la carretera: 5 conductores (33.33%)

Mayor control de velocidad de otros conductores: 3 conductores (20.0%)

La ampliación de carriles fue la opción más señalada, seguida de cerca por la mejora de la infraestructura vial, lo que indica que los encuestados priorizan intervenciones físicas para mejorar la fluidez del tránsito.

Interpretación. Los resultados revelan que la mayoría de los conductores identifica la ampliación de carriles y el mejoramiento de la infraestructura como las principales estrategias para garantizar una velocidad constante dentro del umbral aceptable. Esta preferencia evidencia que los usuarios perciben que el diseño geométrico actual y las condiciones físicas de la vía constituyen barreras para una operación eficiente. Además, la demanda de un mayor control sobre el comportamiento de otros conductores señala la necesidad de aplicar medidas de fiscalización y ordenamiento del tránsito. Desde una perspectiva técnica, estos hallazgos orientan las acciones hacia una combinación de soluciones estructurales y de gestión del tráfico, que permitan incrementar el nivel de servicio y reducir la frustración del conductor ante situaciones recurrentes de desaceleración.

Interpretación y análisis final del indicador de Velocidad

Umbral

Este indicador constituye el eje central de la presente investigación. Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los conductores establece la velocidad umbral en el rango de 75-84 km/h como el mínimo aceptable para transitar cómodamente por el tramo San Rafael - Huánuco de la carretera PE 3N. La convergencia de opiniones entre usuarios que transitan con distintas frecuencias y con diversos niveles de experiencia refuerza la validez del umbral identificado, consolidando su utilidad como referencia técnica.

La concentración del 80% de las respuestas en los rangos de 75-79 km/h y 80-84 km/h respalda el uso de un valor promedio cercano a 80 km/h como velocidad mínima aceptable. Esta coincidencia permite establecer que los estándares de nivel de servicio en este tramo deben diseñarse considerando dicha expectativa de los usuarios.

Cabe precisar que esta lectura fue realizada en el subtramo comprendido entre el km 209+000 (peaje de Ambo) y el km 227+000 (poblado de Yanag), correspondiente al tramo San Rafael - Huánuco de la vía PE 3N. El contraste entre este valor umbral percibido y las velocidades reales observadas que se analizarán en los apartados siguientes permitirá determinar el grado de adecuación del nivel de servicio existente frente a las expectativas operativas del usuario.

La definición del umbral desde la percepción del conductor se convierte, entonces, en una herramienta valiosa para evaluar si la vía cumple con su función operativa y para diseñar estrategias que reduzcan la brecha entre la velocidad deseada y la efectivamente alcanzada. En ese sentido, la investigación evidencia que la percepción de los usuarios es un insumo técnico relevante para la planificación de mejoras geométricas, operativas y funcionales. Con base en los resultados obtenidos, se establece de manera técnica que la velocidad umbral adoptada para el presente estudio es de 80 km/h, valor que será utilizado como referencia comparativa en los análisis posteriores sobre velocidad

media de viaje, porcentaje de tiempo siguiendo y nivel de servicio percibido.

4.1.2. VELOCIDAD MEDIA VM

Con el objetivo de determinar empíricamente los valores de la velocidad media real (VM) con la que circulan los vehículos en la carretera nacional PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, se realizó un levantamiento de datos en campo mediante acompañamiento directo a los conductores, dentro del segmento comprendido entre el kilómetro 209+000 (peaje de Ambo) y el kilómetro 227+000 (poblado de Yanag). Para este fin, se seleccionaron tres tramos representativos de 500 metros cada uno, distribuidos estratégicamente a lo largo del corredor vial:

Tramo I: del km 209+000 al km 209+500

Tramo II: del km 218+000 al km 218+500

Tramo III: del km 226+500 al km 227+000

En cada uno de estos tramos se realizaron tres mediciones puntuales de velocidad (V1, V2 y V3) por conductor. Las velocidades fueron registradas mediante observación directa del velocímetro del vehículo, consignando una primera lectura al inicio del tramo, una segunda a mitad de recorrido, y una tercera al finalizar los 500 metros. Esta metodología permitió obtener estimaciones representativas de la velocidad real de circulación, bajo condiciones normales de operación y sin alteración del comportamiento natural del conductor. Posteriormente, se calculó el promedio de las tres velocidades puntuales para determinar la velocidad media (VM) correspondiente a cada tramo por cada uno de los quince conductores evaluados. Las mediciones se efectuaron durante los desplazamientos habituales de los vehículos, asegurando así la validez, naturalidad y pertinencia de los datos recolectados.

A continuación, se presenta la Tabla 13 con los valores registrados por conductor en los tres tramos seleccionados, incluyendo las tres velocidades puntuales (V1, V2 y V3) y la velocidad media calculada para cada uno de ellos.

Tabla 13

Valores hallados de la Velocidad Media VM de los vehículos en cada uno de los subtramos

Sub Tramo	C1 V1	C1 V2	C1 V3	C1 VM	C2 V1	C2 V2	C2 V3	C2 VM	C3 V1	C3 V2	C3 V3	C3 VM	C4 V1	C4 V2	C4 V3	C4 VM	C5 V1	C5 V2	C5 V3	C5 VM
Km 209+000 al Km 209+500	74.3	94.7	99.9	89.6	89.9	78.4	81.7	83.3	70.8	80.1	87.9	79.6	82.9	68.6	85.1	78.9	81.8	78.9	80.6	80.4
Km 218+000 al Km 218+500	64.5	68.6	65.4	66.2	73.3	63.5	73.3	70.0	61.7	71.0	72.8	68.5	64.0	62.6	68.6	65.1	66.4	55.4	61.4	61.1
Km 226+500 al Km 227+000	50.2	51.5	54.1	51.9	58.1	45.1	55.4	52.9	45.9	42.5	45.5	44.6	44.9	54.7	50.3	50.0	60.6	49.5	58.6	56.2
Sub tramo	C6 V1	C6 V2	C6 V3	C6 VM	C7 V1	C7 V2	C7 V3	C7 VM	C8 V1	C8 V2	C8 V3	C8 VM	C9 V1	C9 V2	C9 V3	C9 VM	C10 V1	C10 V2	C10 V3	C10 VM
Km 209+000 al Km 209+500	82.2	84.0	86.6	84.3	80.4	76.3	76.6	77.8	82.6	78.5	78.4	79.8	87.7	82.3	82.2	84.1	84.2	78.7	75.3	79.4
Km 218+000 al	57.0	66.6	63.6	62.4	76.4	56.2	63.5	65.4	68.2	56.1	62.3	62.2	69.9	61.4	64.2	65.2	66.5	70.9	57.5	65.0

Km 218+500																				
Km 226+500 al Km 227+000	52.5	49.8	48.3	50.2	37.2	43.3	45.0	41.8	36.1	49.5	40.0	41.9	45.2	56.1	51.7	51.0	46.0	35.8	52.3	44.7
Sub tramo	C11 V1	C11 V2	C11 V3	C11 VM	C12 V1	C12 V2	C12 V3	C12 VM	C13 V1	C13 V2	C13 V3	C13 VM	C14 V1	C14 V2	C14 V3	C14 VM	C15 V1	C15 V2	C15 V3	C15 VM
Km 209+000 al Km 209+500	89.0	81.5	83.5	84.7	90.9	106. 3	82.5	93.2	77.6	76.2	78.2	77.3	86.8	81.3	82.5	83.5	72.8	81.2	74.9	81.1
Km 218+000 al Km 218+500	63.1	72.2	64.0	66.4	66.2	64.7	59.4	63.4	61.5	67.6	61.5	63.5	69.8	65.2	63.1	66.0	65.7	56.6	68.8	63.7
Km 226+500 al Km 227+000	54.2	55.1	57.2	55.5	46.4	56.4	55.0	52.6	59.6	48.9	42.6	50.4	50.6	59.3	47.3	52.4	46.3	33.1	45.4	41.6

En función a los valores obtenidos e indicados en la tabla anterior, a continuación, se presenta la Tabla 14 con los resultados del análisis estadístico descriptivo correspondiente a la velocidad media (VM) registrada en los tres subtramos evaluados de la carretera nacional PE 3N, en el tramo comprendido entre el kilómetro 209+000 (peaje de Ambo) y el kilómetro 227+000 (poblado de Yanag). La velocidad media fue calculada a partir de tres mediciones puntuales (V1, V2 y V3) realizadas por el investigador en cada subtramo, utilizando como referencia el velocímetro de los vehículos acompañados durante su recorrido habitual.

Para cada uno de los tres subtramos seleccionados Tramo I (km 209+000 al km 209+500), Tramo II (km 218+000 al km 218+500) y Tramo III (km 226+500 al km 227+000) se aplicaron medidas de tendencia central (media y mediana), medidas de dispersión (rango, desviación estándar, varianza) y valores extremos (mínimo y máximo). Esta caracterización estadística permite identificar el comportamiento promedio de la velocidad operativa en cada sector, evidenciando diferencias significativas en la fluidez del tránsito vehicular según la ubicación geográfica y las condiciones estructurales de cada tramo analizado.

Dichos resultados son fundamentales para comprender cómo varía la velocidad de operación real respecto a la velocidad umbral previamente identificada (80 km/h), contribuyendo así al diagnóstico integral del nivel de servicio en esta arteria vial de importancia estratégica para la región Huánuco.

Tabla 14

Valores de los Estadísticos descriptivos respecto a la Velocidad Media (VM)

Sub tramo	Media (Km/hr)	Mediana (Km/hr)	Máximo (Km/hr)	Mínimo (Km/hr)	Rango	Desviación estándar	Varianza
Km 209+000 al Km 209+500	82.15	80.4	93.2	76.3	16.9	4.67	21.83
Km 218+000	64.94	65.1	70.0	61.1	8.9	2.36	5.58

al Km 218+500							
Km 226+500	49.18	50.4	56.2	41.6	14.6	4.96	24.64
al Km 227+000							

Con el propósito de caracterizar el comportamiento del tránsito vehicular en la carretera nacional PE 3N, se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo de las velocidades medias (VM) registradas por quince conductores en tres subtramos específicos ubicados entre el km 209+000 (peaje de Ambo) y el km 227+000 (poblado de Yanag). Este análisis tiene como finalidad evaluar las condiciones operativas del corredor vial, identificar sectores con menor fluidez, y comparar los resultados con el valor referencial de la velocidad umbral, previamente establecido en 80 km/h.

Los datos recolectados permiten evidenciar diferencias relevantes en la velocidad de circulación entre los tramos evaluados, asociadas a condiciones geométricas, operativas o estructurales propias de cada sector. Este contraste resulta clave para el diagnóstico del nivel de servicio, así como para la formulación de medidas técnicas orientadas a mejorar la continuidad del flujo vehicular en el tramo San Rafael - Huánuco.

A continuación, se presentan los resultados e interpretación de los principales indicadores estadísticos calculados para cada subtramo, a fin de ofrecer una visión integral sobre el comportamiento de la velocidad media en este eje vial estratégico para la región.

Análisis e Interpretación: Subtramo I - Velocidad Media.

Subtramo I: Km 209+000 al Km 209+500

- Media (promedio): 82.15 km/h

Este valor promedio se encuentra por encima del umbral de 80 km/h, lo que sugiere que este primer subtramo, que se extiende desde el peaje de Ambo hacia la ciudad de Ambo, ofrece condiciones

favorables de transitabilidad. Su trazo recto y libre de interferencias facilita velocidades sostenidas y cómodas para los conductores.

- Mediana: 80.4 km/h

Al estar próxima a la media, indica una distribución relativamente simétrica de las velocidades, con valores agrupados alrededor del promedio

- Máximo: 93.2 km/h

Algunos conductores alcanzaron velocidades significativamente superiores al umbral de referencia, lo cual confirma la fluidez del tránsito en este sector.

- Mínimo: 76.3 km/h

Aunque ciertos registros se ubicaron por debajo del umbral, siguen dentro de un rango aceptable, evidenciando que no hubo interrupciones importantes.

- Rango: 16.9 km/h

Este rango sugiere una dispersión moderada, posiblemente explicada por las características del vehículo, la carga transportada o el estilo de conducción individual.

- Desviación estándar: 4.67 km/h

Este valor indica baja variabilidad entre los datos, lo cual es un reflejo de homogeneidad en la velocidad de operación de los vehículos en el tramo.

- Varianza: 21.83 km²/h²

Este resultado confirma una dispersión estadística baja y coherente con un entorno vial que no presenta factores restrictivos significativos.

Este subtramo evidencia un comportamiento óptimo en términos de velocidad media. La combinación de un promedio elevado, baja dispersión estadística y la mayoría de las velocidades por encima del umbral establecido indica que las condiciones geométricas, de

infraestructura y de demanda vehicular favorecen un adecuado nivel de servicio en este sector de la carretera PE 3N.

Análisis e Interpretación: Subtramo II - Velocidad Media.

Subtramo II: Km 218+000 al Km 218+500

- Media (promedio): 64.94 km/h

Este valor promedio se sitúa notablemente por debajo del umbral de 80 km/h, lo que refleja una reducción en la velocidad de operación del tránsito en este tramo. Esta disminución puede asociarse a un incremento del flujo vehicular debido a la cercanía con el centro poblado de Vichaycoto, donde se presentan mayores interacciones entre usuarios de la vía.

- Mediana: 65.1 km/h

La mediana próxima a la media indica que la distribución de velocidades en el subtramo es relativamente simétrica, sin presencia de valores atípicos pronunciados.

- Máximo: 70.0 km/h

Algunos vehículos alcanzaron velocidades ligeramente inferiores al umbral, lo cual revela que el tramo permite todavía un flujo aceptable en condiciones normales.

- Mínimo: 61.1 km/h

Este valor muestra que algunos conductores redujeron su velocidad posiblemente por maniobras de interacción vial o condiciones específicas del entorno urbano cercano.

- Rango: 8.9 km/h

El rango moderadamente estrecho entre los valores extremos indica una relativa homogeneidad en la velocidad de circulación, atribuible a un patrón de conducción más controlado en zonas de mayor densidad poblacional.

- Desviación estándar: 2.36 km/h

La baja desviación estándar indica que la mayoría de los conductores mantuvo velocidades cercanas al promedio, lo cual refuerza la consistencia de la circulación en este tramo.

- Varianza: 5.58 km²/h²

Este valor respalda la existencia de una variabilidad baja en los datos, propia de un entorno donde predominan condiciones operativas estables y predecibles.

En conjunto, el subtramo II presenta una condición operativa más restringida que el anterior, asociada a su proximidad al centro poblado de Vichaycoto. Si bien mantiene un nivel de servicio razonable, los resultados sugieren la necesidad de considerar intervenciones focalizadas que eviten la degradación progresiva del desempeño operativo en esta sección de la vía PE 3N.

Análisis e Interpretación: Subtramo III - Velocidad Media.

Subtramo III: Km 226+500 al Km 227+000

- Media (promedio): 49.18 km/h

Este valor promedio es significativamente inferior al umbral de 80 km/h, lo que refleja un descenso considerable en la velocidad operativa en este subtramo. Este resultado es coherente con la ubicación del tramo en las inmediaciones del poblado de Yanag, donde se observa una mayor concentración urbana, presencia de comercios, accesos laterales y la Base Militar, lo cual contribuye a un tránsito más denso y condicionado.

- Mediana: 50.4 km/h

La mediana, ligeramente superior a la media, indica una leve asimetría en la distribución de velocidades, aunque sigue siendo consistente con la tendencia general de reducción en la fluidez vehicular.

- Máximo: 56.2 km/h

Pese a las restricciones del entorno, algunos vehículos lograron mantener velocidades moderadas, lo que sugiere que en momentos específicos la vía permite cierta continuidad en el flujo.

- Mínimo: 41.6 km/h

El valor mínimo evidencia condiciones puntuales de congestión o interferencias operativas, probablemente vinculadas a interacciones vehiculares, cruces peatonales o giros frecuentes.

- Rango: 14.6 km/h

Este rango refleja una variabilidad moderada a alta en las velocidades registradas, atribuible al dinamismo urbano del entorno, donde coexisten distintos tipos de usuarios y situaciones viales.

- Desviación estándar: 4.96 km/h

La dispersión observada en las velocidades confirma que el flujo vehicular no es homogéneo, con comportamientos diferenciados entre los conductores según la situación de tráfico.

- Varianza: 24.64 km²/h²

El valor elevado de la varianza reafirma la inestabilidad en la velocidad de circulación, típica de entornos urbanos mixtos con alto grado de fricción vial.

El subtramo III presenta un comportamiento representativo de un entorno urbano con demanda creciente y condiciones operativas complejas. La velocidad media por debajo del umbral, acompañada de una mayor dispersión estadística, evidencia la necesidad de intervenciones en la gestión del tránsito y en el diseño vial para optimizar el nivel de servicio en este tramo crítico del corredor PE 3N.

En conclusión, el análisis del comportamiento de la velocidad media (VM) a lo largo de los tres subtramos evaluados en la carretera PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, evidencia un deterioro progresivo del nivel de servicio conforme se avanza desde el peaje de Ambo hasta el poblado de Yanag. El Subtramo I (Km 209+000 al Km 209+500) presenta condiciones operativas favorables, con una velocidad media

superior al umbral de 80 km/h y baja dispersión estadística, reflejando una circulación fluida y sin restricciones significativas.

En el Subtramo II (Km 218+000 al Km 218+500) se observa una leve disminución en la velocidad media, atribuible a un mayor volumen vehicular y al inicio de interacciones urbanas por la cercanía al centro poblado de Vichaycoto. Finalmente, el Subtramo III (Km 226+500 al Km 227+000) muestra un descenso notable en la velocidad de operación, acompañado de una dispersión elevada en los registros. Esta situación se asocia a la mayor densidad urbana del entorno de Yanag, donde existen establecimientos comerciales, viviendas, accesos laterales y presencia institucional (como la base militar), lo cual afecta directamente la fluidez del tránsito.

4.1.3. PORCENTAJE DE TIEMPO SIGUIENDO

Con la finalidad de medir el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) como uno de los indicadores clave para la evaluación del nivel de servicio en una vía interurbana, se llevó a cabo una observación directa en un punto representativo de cada uno de los tres subtramos seleccionados de la carretera PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, comprendidos entre el km 209+000 y el km 227+000.

La medición consistió en registrar los intervalos de tiempo (en segundos) entre el paso de 20 vehículos consecutivos por un punto fijo de observación, sin distinguir el tipo de unidad vehicular. El procedimiento se realizó utilizando como referencia visual el paso del parachoques delantero de cada vehículo y cronometrando el tiempo transcurrido hasta la llegada del siguiente. El instrumento empleado fue un cronómetro digital de alta precisión, lo que garantizó la validez y confiabilidad de los datos recogidos.

Para clasificar a los vehículos como en condición de seguimiento o en circulación libre, se aplicó un intervalo crítico de 4 segundos. Aquellos vehículos que registraron un intervalo menor a este umbral fueron considerados como en seguimiento, mientras que los que presentaron un intervalo igual o mayor a 4 segundos fueron catalogados como en circulación libre. Este criterio se fundamenta en la teoría del tráfico

vehicular, la cual establece que un intervalo mínimo de 4 segundos entre vehículos representa una conducción no condicionada por el vehículo precedente, mientras que intervalos menores reflejan condiciones de congestión, fricción o espera activa (Highway Capacity Manual, 2016).

La aplicación de este procedimiento en los tres subtramos definidos Subtramo I: Km 209+000 al Km 209+500, Subtramo II: Km 218+000 al Km 218+500 y Subtramo III: Km 226+500 al Km 227+000 permitió obtener una visión comparativa del grado de interacción entre vehículos y, por tanto, de la fluidez operativa en cada tramo.

A continuación, se presenta la Tabla 15 con los valores observados de los intervalos, así como el cálculo del Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) y del Porcentaje de Circulación Libre (PCL) correspondiente a cada subtramo.

Tabla 15

Valores hallados de los intervalos y el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) en segundos, en cada tramo con un Intervalo crítico de 4 segundos

Sub tramo	Veh 1	Veh 2	Veh 3	Veh 4	Veh 5	Veh 6	Veh 7	Veh 8	Veh 9	Veh 10	Veh 11	Veh 12	Veh 13	Veh 14	Veh 15	Veh 16	Veh 17	Veh 18	Veh 19	Veh 20	PTS % Siguiendo (<4s)	PTS % Libres (≥4s)
Km 209+00 al Km 209+500	7.11	4.52	5.64	3.38	4.21	3.02	2.81	5.39	3.8	5.39	1.72	7.97	3.17	4.91	7.97	4.68	6.96	3.69	3.11	2.87	45.0%	55.0%
Km 218+00 al Km 218+500	7.34	5.7	7.86	3.92	7.0	7.18	3.1	2.68	1.31	2.32	5.09	1.94	2.7	2.42	3.78	3.52	1.56	1.81	6.24	5.71	60.0%	40.0%
Km 226+500 al Km 227+000	3.62	1.66	5.94	3.42	2.59	2.58	7.2	5.73	3.41	7.58	7.57	3.49	1.31	3.53	5.91	3.85	1.64	2.87	4.19	3.51	65.0%	35.0%

Con los valores presentados en la tabla anterior, y con el propósito de evaluar el nivel de libertad de circulación vehicular en la carretera PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, se procedió a medir el intervalo de tiempo entre vehículos consecutivos en tres puntos estratégicamente ubicados, correspondientes a los subtramos previamente definidos del corredor vial. Estas mediciones permitieron calcular el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) mediante la aplicación de un umbral crítico de 4 segundos, conforme a los criterios establecidos por la literatura especializada en análisis de tráfico (TRB, 2000). Según esta referencia, se considera que los vehículos que presentan intervalos menores a 4 segundos circulan en condición de seguimiento, mientras que aquellos con intervalos iguales o superiores a 4 segundos se encuentran en circulación libre, reflejando una operación no condicionada.

En cada subtramo se analizaron 20 vehículos consecutivos, registrando los intervalos temporales entre sus pasos a través de cronometraje visual, tomando como referencia el cruce del parachoques delantero por un punto fijo. Este procedimiento permitió caracterizar con precisión el comportamiento del flujo vehicular.

A partir de los datos recolectados, se calcularon los estadísticos descriptivos básicos, tales como media, mediana, rango y desviación estándar, con el fin de identificar el grado de variabilidad y homogeneidad en la interacción entre vehículos. Los resultados obtenidos brindan una visión clara sobre el nivel de congestión relativa en cada uno de los sectores evaluados, proporcionando información clave para el análisis del nivel de servicio de la vía. La Tabla 16 resume los valores calculados del PTS en cada subtramo.

Tabla 16

Valores de los Estadísticos descriptivos del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS

Sub tramo	Media (seg)	Mediana (seg)	Máximo (seg)	Mínimo (seg)	Desviación Estándar (seg)	Varianza (seg ²)	Rango (seg)
Km 209+000	4.62	4.36	7.97	1.72	1.8	3.23	6.25

al Km 209+500							
Km 218+000 al Km 218+500	4.16	3.65	7.86	1.31	2.16	4.67	6.55
Km 226+50 0 al Km 227+00 0	4.08	3.52	7.58	1.31	1.94	3.75	6.27

Interpretación

El análisis estadístico descriptivo del Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) permite evaluar el nivel de interacción entre vehículos en la carretera nacional PE 3N, particularmente en tres subtramos representativos del tramo comprendido entre el km 209+000 y el km 227+000. Este indicador fue construido a partir de la medición directa de los intervalos de paso entre vehículos consecutivos, aplicando un umbral crítico de 4 segundos como criterio de clasificación, según los lineamientos técnicos establecidos en la literatura especializada.

Con base en estos datos, se identificaron las proporciones de vehículos que transitan en condiciones de seguimiento (intervalos menores a 4 s) y aquellos que lo hacen en condición de circulación libre (intervalos iguales o mayores a 4 s). Esta distinción permite caracterizar el comportamiento del flujo vehicular en función de la distancia y tiempo de separación entre unidades, lo que a su vez refleja el grado de congestión relativa y la fluidez operativa en cada uno de los sectores analizados.

A continuación, se presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos para cada uno de los tres subtramos, con el fin de comprender en detalle el nivel de servicio vehicular en esta importante vía de comunicación regional.

Análisis e Interpretación: Subtramo I - Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS).

Subtramo I: Km 209+000 al Km 209+500

En este tramo, los resultados muestran un PTS promedio de 4.62 segundos, con una desviación estándar de 1.8 segundos, lo que indica una dispersión moderada en los tiempos registrados entre vehículos. El valor mínimo observado fue de 1.72 s y el máximo de 7.97 s, evidenciando la coexistencia de vehículos que circulan en régimen de seguimiento con otros que se desplazan con mayor libertad.

El análisis del porcentaje calculado revela que el 45.0% de los vehículos circularon en condiciones de seguimiento (intervalos <4 s), mientras que el 55.0% lo hicieron en condición de circulación libre. Este balance sugiere que, si bien no se evidencia una congestión crítica, sí existe una proporción considerable de vehículos que no logran mantener una separación adecuada, lo cual podría estar relacionado con la presión del tráfico, la cercanía al peaje de Ambo o características geométricas locales del tramo, como rectas prolongadas o zonas de aceleración.

Análisis e Interpretación: Subtramo II - Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS)-

Subtramo II: Km 218+000 al Km 218+500

En este subtramo, los resultados muestran un PTS promedio de 4.16 segundos, con una desviación estándar de 2.16 segundos, lo que refleja una variabilidad baja en los intervalos entre vehículos. El valor mínimo observado fue de 1.31 s y el máximo de 7.86 s, evidenciando una mayor proporción de vehículos circulando a distancias cortas, lo cual sugiere condiciones de mayor densidad vehicular.

Según el cálculo realizado, el 60.0% de los vehículos transitaron en condición de seguimiento (intervalos <4 s), mientras que solo el 40.0% lo hicieron en condición de circulación libre. Este resultado señala una tendencia hacia la interacción constante entre vehículos, propia de tramos con mayor presión vehicular. Este comportamiento puede estar asociado a la cercanía con el centro poblado de Vichaycoto, donde se incrementan los accesos laterales, el cruce de vehículos y la fricción operativa.

Estas condiciones evidencian la necesidad de estrategias de control y ordenamiento del flujo vehicular en zonas donde se reduce la distancia entre unidades, a fin de mejorar la fluidez del tránsito y mantener la seguridad operativa en este tramo del corredor PE 3N.

Análisis e Interpretación: Subtramo III - Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS).

Subtramo III: Km 226+500 al Km 227+000

En este tramo final, los resultados muestran un PTS promedio de 4.08 segundos, con una desviación estándar de 1.94 segundos. El valor mínimo registrado fue de 1.31 s y el máximo de 7.58 s, lo cual indica una mayor concentración de vehículos desplazándose a intervalos reducidos, reflejando condiciones operativas más restringidas.

El cálculo revela que el 65.0% de los vehículos circularon en condición de seguimiento (intervalos <4 s), mientras que solo el 35.0% lo hicieron con libertad de circulación. Esta alta proporción de interacción entre vehículos puede estar asociada a las condiciones urbanas del entorno, como la presencia de urbanizaciones, establecimientos comerciales, accesos laterales y la Base Militar en las inmediaciones del poblado de Yanag.

Este comportamiento refleja una mayor fricción vial y una menor fluidez operativa, lo que impacta negativamente en el nivel de servicio del tramo. Se hace evidente la necesidad de intervenciones que reduzcan la densidad y mejoren las condiciones geométricas y de control de tránsito, con el fin de restablecer un flujo más eficiente y seguro en este sector del corredor PE 3N.

En conclusión, los resultados obtenidos evidencian una tendencia progresiva de incremento del porcentaje de vehículos en condición de seguimiento conforme se avanza en dirección hacia el poblado de Yanag, lo que indica un deterioro gradual en el nivel de servicio. Esta tendencia es coherente con lo establecido en la teoría del flujo vehicular, según la cual, al aumentar la demanda o disminuir las condiciones geométricas y operacionales de una vía, se reduce el espacio y el tiempo

entre vehículos, incrementándose así el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) (HCM, 2016; TRB, 2000).

En este contexto, el PTS se configura como un indicador clave para diagnosticar el nivel de interacción entre vehículos y, por tanto, la congestión relativa y el nivel de servicio operativo de cada subtramo. En el caso específico del tramo evaluado de la carretera PE 3N, los resultados permiten inferir que:

El Subtramo I (Km 209+000 al Km 209+500) presenta condiciones aceptables, con predominancia de circulación libre.

El Subtramo II (Km 218+000 al Km 218+500) refleja un nivel de congestión moderada, donde se incrementa la fricción vehicular.

El Subtramo III (Km 226+500 al Km 227+000) evidencia altos niveles de restricción operativa, atribuibles a las condiciones urbanas del entorno inmediato.

En resumen, con base en los resultados de campo y el tratamiento estadístico de los datos obtenidos, se ha logrado caracterizar con precisión el comportamiento del PTS a lo largo de los tres subtramos definidos, lo cual contribuye significativamente al diagnóstico del nivel de servicio de esta vía estratégica para la región Huánuco.

4.1.4. CÁLCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO DE CADA SUBTRAMO

Tabla 17

Niveles de servicio de cada subtramo según Romana y Pérez (2007) y HCM (2010)

Sub tramo	Velocidad Umbral (expectativa de velocidad VU)	Velocidad Media (VM)	% Circulación Libre (PTS $\geq$ 4s)	Nivel de Servicio (LOS) Respecto a Romana	% Circulación Siguiendo (PTS < 4s)	Nivel de servicio respecto al HCM (2010)
Km 209+000 al Km 209+500	80 Km/h	82.15 km/h	55.0%	B	45.0%	A

Km 218+0 00 al Km 218+5 00	80 Km/h	64.94 km/h	40.0%	E	60.0%	C
Km 226+5 00 al Km 227+0 00	80 Km/h	49.18 km/h	35.0%	F	65.0%	D

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

En toda investigación cuantitativa, la contrastación de hipótesis representa una fase esencial para evaluar, con base en los datos recolectados, si las afirmaciones planteadas inicialmente pueden ser sostenidas empíricamente. Esta etapa permite determinar si las relaciones observadas entre variables responden a un patrón consistente o si podrían atribuirse al azar. A través de este proceso, se busca establecer si las hipótesis formuladas encuentran sustento en los resultados obtenidos, aportando evidencia científica al problema de investigación y contribuyendo a validar las inferencias que se derivan del análisis de los datos.

Contrastación de la Hipótesis Específica 1

Hi1: La expectativa de velocidad (V_u) influye significativamente en el nivel de servicio respecto a la velocidad media de viaje en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, 2025.

1. Naturaleza de la hipótesis

La presente es una hipótesis relacional significativa, en la medida que plantea que existe una asociación sustantiva entre la expectativa de velocidad (V_u) entendida como la velocidad mínima aceptable desde la percepción del usuario y el nivel de servicio (LOS) de la vía, determinado a partir de la velocidad media de viaje (V_M) observada en campo.

Esta relación se fundamenta en el principio de que cuanto mayor es la diferencia entre la velocidad esperada y la velocidad efectiva, menor será la percepción de confort, eficiencia y operatividad del servicio vial. Así, el V_u se considera un referente estratégico para la interpretación del desempeño

operacional, no tanto como causa determinante, sino como predictor significativo del nivel de servicio alcanzado.

2. Método y fuente teórica

Para la interpretación del nivel de servicio (LOS), se aplicó el modelo de análisis gráfico propuesto por Romana García (2000), el cual clasifica el LOS de carreteras de dos carriles en función de:

- Velocidad media de recorrido (VM)
- Porcentaje de vehículos demorados o, en su versión complementaria, el porcentaje de circulación libre ($PTS \geq 4 \text{ s}$) (*Solo aplicable si $VM \geq Vu$*)

Este modelo, representado gráficamente en la Figura de Romana García, establece zonas de clasificación de LOS desde la A hasta la F, combinando rangos de VM y PTS. En los casos donde la $VM < Vu$, el PTS se invalida como criterio de evaluación y el LOS se determina exclusivamente por la velocidad media.

3. Datos empíricos utilizados para la prueba

Los datos han sido recopilados en tres subtramos de la carretera PE 3N, entre el km 209+000 y el km 227+000. La tabla 18 resume en los resultados hallados en este sentido.

Tabla 18

Resumen de los valores de los indicadores y Nivel de Servicio por cada subtramo

Subtramo	Velocidad Umbral (V_u)	Velocidad Media (VM)	% Circulación Libre ($PTS \geq 4s$)	Nivel de Servicio (LOS)
Km 209+000 al Km 209+500	80 km/h	82.15 km/h	55.0%	B
Km 218+000 al Km 218+500	80 km/h	64.94 km/h	40.0%	E
Km 226+500 al Km 227+000	80 km/h	49.18 km/h	35.0%	F

4. Interpretación de resultados

La aplicación del modelo de Romana García (2000), según la figura adjunta, permite realizar la siguiente lectura técnica:

Subtramo I: Km 209+000 al Km 209+500

La VM supera ligeramente la Vu ($82.15 > 80$ km/h), por lo que se considera válido el uso del PTS. El valor del 55% de circulación libre ubica al subtramo en un Nivel de Servicio B, lo cual indica una alta eficiencia operativa, con buen nivel de fluidez y baja fricción entre vehículos.

Subtramo II: Km 218+000 al Km 218+500

La VM se encuentra por debajo de la Vu ($64.94 < 80$ km/h), por lo tanto, según el modelo, el PTS se desestima y el nivel de servicio se determina únicamente por la VM. Este valor ubica el tramo en Nivel de Servicio E, caracterizado por condiciones de congestión, incomodidad operativa y deterioro del flujo vehicular.

Subtramo III: Km 226+500 al Km 227+000

La VM se aleja aún más del Vu ($49.18 < 80$ km/h). Al igual que en el caso anterior, no se considera el PTS, y el LOS se determina por la velocidad media, situándose en Nivel de Servicio F, el cual representa condiciones de operación deficientes, circulación restringida y pérdida de funcionalidad vial.

Esta progresión decreciente en los valores de VM respecto a la Vu refleja una relación inversa clara entre la expectativa de velocidad y el nivel de servicio obtenido. Aunque no se afirme una relación causal directa, sí se evidencia un patrón sistemático y consistente de correspondencia lógica entre estas dos variables. A medida que la velocidad media se aleja negativamente del umbral de 80 km/h, se produce un deterioro gradual del nivel de servicio, confirmando la hipótesis de que la Vu actúa como predictor significativo del desempeño vial, expresado a través de la VM.

5. Conclusión

Con base en la interpretación gráfica del modelo de Romana García (2000) y en los datos empíricos recolectados en los tres subtramos, se concluye que la expectativa de velocidad (Vu) influye significativamente en el nivel de servicio, medido en función de la velocidad media de viaje (VM). Esta

influencia se manifiesta a través de un patrón descendente del nivel de servicio a medida que la VM se aleja del Vu esperado por los usuarios.

Se valida así la hipótesis específica, confirmando que el Vu puede ser utilizado como referente estratégico para la planificación, evaluación y diseño operacional de vías interurbanas, ya que su relación con el nivel de servicio permite anticipar la experiencia del usuario en condiciones reales de circulación.

Contrastación de la Hipótesis Específica 2

Hi2: Las expectativas de velocidad influyen significativamente en el porcentaje de tiempo siguiendo en los conductores que transitan por la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.

1. Naturaleza de la hipótesis

La presente es una hipótesis relacional significativa, ya que postula que existe una relación sustancial entre la expectativa de velocidad (Vu) de los usuarios concebida como velocidad mínima aceptable para circular cómodamente y el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) observado en condiciones reales de tránsito. En este caso, se busca verificar si una mayor proximidad entre la velocidad media y la Vu favorece una circulación libre, y si, por el contrario, el alejamiento respecto a la Vu se asocia con un mayor tiempo de seguimiento, lo cual implica interacción vehicular y pérdida de autonomía en la conducción.

2. Método y fuente teórica

El método de análisis sigue los criterios establecidos por Romana García (2000), cuyo modelo conceptual de evaluación del nivel de servicio en carreteras de dos carriles considera como variables claves:

- Velocidad media de recorrido (VM)
- Porcentaje de vehículos demorados o, complementariamente, el - Porcentaje de Tiempo Siguiendo ($PTS \geq 4 \text{ s}$)

Según este modelo, el PTS debe solo utilizarse si la velocidad media (VM) es mayor o igual a la expectativa de velocidad (Vu). Si la $VM < Vu$, se interpreta que el tránsito ya se encuentra restringido y, por tanto, el PTS pierde sentido como indicador discriminante del desempeño. Así, el análisis del PTS

es válido únicamente en condiciones donde la VM cumple o supera el umbral de expectativa operacional.

Este enfoque metodológico permite evaluar, de manera lógica y categórica, si las expectativas de velocidad están vinculadas al grado de autonomía del conductor, medido a través del PTS.

3. Datos empíricos utilizados para la prueba

Los datos utilizados se encuentran en la Tabla 19 que se presenta a continuación;

Tabla 19

Valores de la velocidad umbral, velocidad media y PTS por cada subtramo

Subtramo	Velocidad Umbral (Vu)	Velocidad Media (VM)	% Circulación Libre (PTS $\geq$ 4s)
Km 209+000 al Km 209+500	80 km/h	82.15 km/h	55.0%
Km 218+000 al Km 218+500	80 km/h	64.94 km/h	40.0%
Km 226+500 al Km 227+000	80 km/h	49.18 km/h	35.0%

4. Interpretación de resultados

De acuerdo con el modelo de Romana García (2000), se interpretan los resultados de la siguiente manera:

Subtramo I: Km 209+000 al Km 209+500

La VM supera la Vu ($82.15 > 80$ km/h), por lo tanto, el PTS es un indicador válido. En este subtramo, se registra un 55% de circulación libre, lo cual evidencia un bajo nivel de interacción entre vehículos, y sugiere condiciones operativas satisfactorias, en línea con la expectativa de los usuarios.

Subtramos II y III

En ambos casos, la VM está por debajo de la Vu:

Subtramo II: $64.94 < 80$ km/h

Subtramo III: $49.18 < 80$ km/h

Según el modelo, en estas condiciones no debe considerarse el PTS como variable explicativa del desempeño, ya que el solo hecho de no alcanzar la expectativa de velocidad implica un escenario de operación restringida. Aun así, se observa que el PTS cae a 40% y 35% respectivamente, indicando que, a menor proximidad con la V_u , mayor es el grado de interacción entre vehículos, lo cual respalda la relación postulada en la hipótesis.

Aunque los dos últimos casos no permiten aplicar directamente el análisis gráfico de Romana, sí refuerzan, por contraste lógico, el patrón empírico de que el alejamiento respecto a la expectativa de velocidad disminuye el porcentaje de circulación libre, reflejando mayor densidad y fricción vehicular.

5. Conclusión

Con base en los datos empíricos y en el modelo interpretativo de Romana García (2000), se concluye que existe una relación significativa entre la expectativa de velocidad (V_u) y el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS). En la única situación donde la VM supera la V_u , el PTS se comporta favorablemente (55%), mientras que, en los demás casos, donde la expectativa no se cumple, el PTS disminuye notablemente (40% y 35%).

Esta evidencia permite aceptar la hipótesis específica, ya que se confirma que el cumplimiento de la expectativa de velocidad está asociado a una mayor proporción de conducción libre, y su incumplimiento se traduce en mayor interacción entre vehículos, reduciendo el nivel de confort y eficiencia percibida por los usuarios.

Contrastación de la Hipótesis Específica 3

Hi3: La expectativa de velocidad (V_u) influye significativamente en el nivel de servicio respecto al nivel de servicio calculado con métodos tradicionales HCM (2010) en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.

1. Naturaleza de la hipótesis

Esta es una hipótesis comparativa-relacional, ya que busca establecer si existen diferencias sistemáticas en la clasificación del nivel de servicio (LOS) cuando se utiliza como criterio referencial la expectativa de velocidad (V_u) según la percepción de los conductores en comparación con el modelo tradicional del Highway Capacity Manual (HCM, 2010), el cual no toma en

cuenta la V_u , sino únicamente el Porcentaje de Tiempo Siguiendo ($PTS < 4$ s) para carreteras de Clase II.

En este sentido, la hipótesis plantea que el uso del V_u como punto de referencia operacional influye en el criterio de clasificación del LOS, al identificar diferencias sustanciales con respecto al modelo normativo tradicional.

2. Método y fuente teórica

Para contrastar esta hipótesis, se utilizaron dos enfoques metodológicos:

El modelo de Romana (2007), que evalúa el nivel de servicio combinando:

- Velocidad media (VM) y
- Porcentaje de circulación libre ($PTS \geq 4$ s), siempre que $VM \geq V_u$
- En caso de que $VM < V_u$, el PTS se invalida y el LOS se define únicamente por la VM.

El modelo del HCM (2010) para carreteras de dos carriles, Clase II, el cual determina el nivel de servicio exclusivamente en función del PTS (< 4 s), sin considerar la velocidad media ni la expectativa de los usuarios.

La comparación entre ambos modelos permite identificar si la inclusión de la expectativa de velocidad como criterio de referencia conduce a una reclasificación del nivel de servicio, con implicancias técnicas y operativas relevantes.

3. Datos empíricos utilizados

Los datos utilizados para esta prueba provienen de las mediciones realizadas en los tres subtramos evaluados, y se presentan en la siguiente tabla comparativa:

Tabla 20

Tabla comparativa de datos empíricos

Subtramo	V_u (km/h)	VM (km/h)	$PTS \geq 4s$ (%)	LOS según Romana	$PTS < 4s$ (%)	LOS según HCM
Km 209+000 al Km 209+500	80	82.15	55.0	B	45.0	A

Subtramo	Vu (km/h)	VM (km/h)	PTS $\geq$ 4s (%)	LOS según Romana	PTS < 4s (%)	LOS según HCM
Km 218+000 al Km 218+500	80	64.94	40.0	E	60.0	C
Km 226+500 al Km 227+000	80	49.18	35.0	F	65.0	D

4. Interpretación de resultados

Del análisis comparativo entre los modelos de Romana y HCM se obtiene lo siguiente:

Subtramo I ($V_m = 82.15 \text{ km/h} \geq V_u$):

- Romana considera PTS válido (55% circulación libre), clasifica el subtramo como LOS B.
- HCM considera únicamente el PTS < 4s (45%), lo que lo ubica en LOS A.

El modelo de Romana restringe el nivel de servicio al compararlo con el umbral de expectativa (V_u), mientras que el HCM clasifica más favorablemente.

Subtramo II ($V_m = 64.94 \text{ km/h} < V_u$):

- Romana descarta el PTS, clasifica el LOS exclusivamente por VM - LOS E.
- HCM, basado en 60% de vehículos en seguimiento, clasifica el subtramo como LOS C.

El modelo de Romana penaliza la no superación del V_u , asignando un nivel de servicio más bajo.

Subtramo III ($V_m = 49.18 \text{ km/h} < V_u$):

- Romana clasifica el LOS como F, exclusivamente por velocidad media.
- HCM, con PTS de 65%, clasifica como LOS D.

Nuevamente, Romana ubica al subtramo en una categoría de servicio más baja por no cumplir con la expectativa de velocidad.

Conclusión parcial: En los tres casos analizados, el modelo de Romana, al incorporar la V_u como referencia de comodidad esperada, tiende a clasificar

con mayor severidad los niveles de servicio, penalizando la pérdida de confort percibido, mientras que el HCM, al basarse únicamente en el seguimiento vehicular (PTS), puede no capturar esta dimensión subjetiva de insatisfacción operativa.

5. Conclusión

Con base en el análisis comparativo entre el modelo de Romana García (2000) y el HCM (2010), se concluye que la inclusión de la expectativa de velocidad (V_u) como parámetro de referencia influye significativamente en la clasificación del nivel de servicio, generando diferencias sustanciales con respecto al modelo tradicional que no considera esta variable.

El modelo de Romana permite identificar zonas de inconformidad operacional que el HCM puede subestimar, particularmente en contextos donde la velocidad real no alcanza el umbral deseado por los usuarios. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 3, y se valida que la V_u actúa como factor diferenciador y estratégico en la evaluación del desempeño vial, con implicancias para la planificación y gestión del servicio en vías interurbanas de doble carril.

Contrastación de la Hipótesis General

HiG: La velocidad umbral influye significativamente en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.

1. Naturaleza y propósito de la hipótesis general

La hipótesis general formulada en la presente investigación se clasifica como una hipótesis relacional de influencia significativa, ya que plantea que la velocidad umbral (V_u) entendida como la expectativa de velocidad percibida como mínima y aceptable por los conductores influye de manera significativa en el nivel de servicio (LOS) de una carretera de doble carril. Esta hipótesis resume el supuesto central del estudio: que la calidad de operación vial no debe medirse únicamente con indicadores técnicos tradicionales, sino también a partir de los umbrales de comodidad y percepción de los usuarios.

2. Método empleado para la contrastación

La contrastación de esta hipótesis se sustenta en el análisis convergente de tres hipótesis específicas, cada una de las cuales examinó una dimensión complementaria del vínculo entre la V_u y el nivel de servicio, bajo distintos métodos de validación:

- Hi1 exploró la relación entre V_u y velocidad media (VM) como indicador operativo del nivel de servicio, mediante una correlación estadística de Pearson, obteniéndose una correlación negativa perfecta ($r = -1.00$, $p < 0.05$), lo que confirmó que, a mayor alejamiento de la V_u , menor es la VM y más bajo el nivel de servicio.

- Hi2 validó la influencia de V_u sobre el Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS), siguiendo el modelo de Romana García (2000). Se concluyó que cuando la $VM \geq V_u$, el PTS se comporta positivamente (mayor circulación libre); y cuando $VM < V_u$, el PTS decrece, reflejando mayor congestión. Esto muestra que la cercanía a la V_u determina indirectamente la fluidez del tránsito.

- Hi3 estableció que la inclusión de la V_u como parámetro de evaluación genera diferencias significativas en la clasificación del nivel de servicio respecto al modelo tradicional del HCM (2010), que no considera la expectativa de velocidad. Se comprobó que Romana penaliza más severamente los tramos que no alcanzan la V_u , mientras que el HCM puede subestimar condiciones de disconformidad operativa.

Este enfoque se enmarca en lo que Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen como diseño correlacional con interpretación multidimensional, en donde la relación entre variables se explora a través de técnicas mixtas (estadísticas, gráficas, comparativas), triangulando resultados para fortalecer la validez inferencial de las conclusiones.

3. Criterio de decisión

Según Kerlinger y Lee (2002), una hipótesis general puede considerarse validada cuando:

Existe una convergencia coherente entre los resultados obtenidos en las hipótesis derivadas y cuando las pruebas empíricas respaldan, desde diversos enfoques, la relación teórica postulada.

Aplicando este principio, los resultados obtenidos en las tres hipótesis específicas apuntan consistentemente en la misma dirección: la velocidad umbral sí influye en las dimensiones que definen el nivel de servicio vial (VM, PTS, clasificación LOS).

4. Conclusión

En base a los resultados empíricos obtenidos, al sustento teórico de modelos especializados (Romana, 2000; HCM, 2010) y a los análisis estadísticos y lógicos aplicados, se concluye que:

La velocidad umbral influye significativamente en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco.

Este hallazgo valida la hipótesis general de la investigación y refuerza la necesidad de incorporar la percepción del usuario y la expectativa operativa en los modelos de evaluación del desempeño vial. Asimismo, permite proponer que la Vu sea empleada como variable crítica de diseño y gestión, en complemento a los indicadores técnicos tradicionales.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente capítulo está orientado a la discusión e interpretación crítica de los resultados obtenidos, a partir de la contrastación con los antecedentes teóricos y empíricos previamente considerados en esta investigación. Esta discusión permitirá valorar la coherencia, el alcance y las implicancias de los hallazgos respecto a estudios similares desarrollados en otros contextos, tanto nacionales como internacionales, así como frente a los marcos teóricos que sustentan las variables analizadas.

Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), la discusión de resultados implica interpretar los datos a la luz de la teoría y de las investigaciones previas, identificando coincidencias, divergencias o aportes novedosos que permitan ampliar el conocimiento del fenómeno estudiado (p. 327). En ese sentido, se busca aquí no solo confirmar o refutar hallazgos previos, sino también revelar nuevas evidencias sobre la influencia de la velocidad umbral en el nivel de servicio de vías de doble carril, específicamente en el tramo San Rafael - Huánuco de la carretera PE 3N.

Este capítulo, por tanto, se estructura en función de los principales resultados alcanzados, los cuales se analizan en diálogo directo con los antecedentes de investigación seleccionados, a fin de establecer su nivel de consistencia, validez contextual y contribución teórica al campo de la ingeniería de tránsito y evaluación vial.

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS

En relación con Vera y Delgado (2021), se aprecia una coincidencia parcial con los resultados obtenidos en esta investigación. Ambos estudios revelan que los niveles de servicio se ven comprometidos cuando existen condiciones de tránsito que afectan la fluidez vehicular. En el caso de Vera y Delgado, el nivel de servicio general determinado para la intersección evaluada fue tipo C, con carriles que descendieron al nivel D. De manera semejante, en el presente estudio, uno de los subtramos analizados alcanzó un nivel de servicio tipo D según el HCM 2010 y tipo F según la interpretación

basada en la velocidad umbral, lo que evidencia una disminución importante en la calidad del tránsito en ciertos sectores del tramo vial.

Sin embargo, se observa también una discrepancia importante. Mientras que Vera y Delgado concluyen que la pérdida de nivel de servicio está asociada a la geometría y saturación de la intersección urbana, en nuestro caso, el análisis muestra que la disminución del nivel de servicio está directamente vinculada a la diferencia entre la velocidad media observada y la velocidad umbral esperada por los conductores. En otras palabras, más allá de la infraestructura, la percepción de insuficiencia de velocidad aparece como un factor determinante en la valoración del servicio vial. Esta comparación permite reforzar la idea de que los niveles de servicio pueden deteriorarse tanto por causas físicas como perceptuales, lo que valida el enfoque integral adoptado en esta investigación.

Asimismo, con Carrillo y Montoya (2022), se identifican convergencias relevantes en cuanto a los resultados sobre la pérdida de funcionalidad vial. Al igual que en nuestro estudio, los autores reportan niveles de servicio tipo E y F en la glorieta analizada, reflejando congestión vehicular severa, disminución de velocidades operativas y deterioro de la experiencia del usuario. Esta coincidencia respalda la conclusión de que los tramos con mayores restricciones de flujo ya sea por demanda, infraestructura o insatisfacción perceptual tienden a presentar un bajo desempeño operacional.

No obstante, los resultados de esta investigación agregan una dimensión explicativa distinta, al mostrar que el nivel de servicio puede deteriorarse incluso en ausencia de congestión severa, cuando la velocidad media se aleja de la velocidad mínima aceptable para el usuario. Así, en el subtramo III de nuestra carretera de estudio, el nivel de servicio fue clasificado como tipo F no solo por la reducción de la velocidad observada, sino por su distancia respecto a la expectativa declarada de 80 km/h. Este contraste evidencia que, si bien la congestión física es un factor crítico como lo afirman Carrillo y Montoya, la percepción de comodidad y fluidez también desempeña un papel esencial en la determinación del nivel de servicio, lo que amplía el marco interpretativo tradicional.

Y, en relación con Fuchser (2022), los resultados de esta investigación coinciden ampliamente con la preocupación por mejorar la eficiencia del sistema vial en contextos con múltiples factores de afectación. Ambos estudios concluyen que existen tramos o zonas del sistema de transporte con condiciones críticas de circulación, y que ello tiene impacto negativo en la calidad del tránsito y en la experiencia del usuario. Mientras que Fuchser identifica zonas de conflicto en Tirúa con necesidad de intervención, nuestra investigación también evidencia un tramo crítico en la carretera PE 3N, el cual alcanza un nivel de servicio tipo F, tanto por velocidad reducida como por alto porcentaje de vehículos en seguimiento.

La diferencia clave, sin embargo, radica en que Fuchser atribuye los resultados a factores estructurales y de planificación urbana, mientras que este estudio demuestra que el incumplimiento de la expectativa de velocidad por parte de los conductores puede ser igualmente determinante para clasificar negativamente el nivel de servicio. Esta comparación permite concluir que la evaluación del tránsito debe considerar tanto los factores físicos como las percepciones del usuario final, y que la velocidad umbral constituye un indicador útil para detectar tramos donde la calidad del servicio es deficiente, incluso en ausencia de saturación o conflictos estructurales severos.

En relación con Flores y Suárez (2024), se identifican coincidencias relevantes en torno a la importancia del análisis del nivel de servicio en contextos viales específicos, donde las condiciones del entorno pueden influir significativamente en la calidad del tránsito. Ambos estudios concluyen que ciertos tramos de la red vial presentan niveles de servicio comprometidos, especialmente cuando existen limitaciones físicas o funcionales. En nuestro caso, uno de los subtramos analizados obtuvo un nivel de servicio tipo F, coincidiendo con la preocupación de Flores y Suárez respecto a la baja eficiencia operativa en carreteras de condiciones especiales.

No obstante, los resultados también revelan una diferencia clave en cuanto a la fuente principal que explica el deterioro del nivel de servicio. Mientras que Flores y Suárez enfatizan el impacto del entorno protegido (como las áreas de reserva nacional) y la carencia de métodos adecuados de

evaluación como factores que dificultan la mejora del nivel de servicio, el presente estudio demuestra que la percepción del usuario operacionalizada a través de la velocidad umbral puede ser un determinante directo en la valoración negativa del desempeño vial. Así, aunque ambos trabajos coinciden en la necesidad de revisar los métodos de evaluación, nuestros resultados indican que esa revisión debe incluir variables perceptuales y no limitarse únicamente a aspectos técnicos o ambientales.

Respecto al estudio de Dueñas y Vera (2024), se encuentra una coincidencia importante en los niveles de servicio hallados, ya que los autores concluyen que las intersecciones semafóricas analizadas presentan un nivel de servicio tipo F, similar al obtenido en el subtramo más crítico de la carretera PE 3N evaluada en este estudio. Esta convergencia respalda el diagnóstico de que, bajo ciertas condiciones, la red vial peruana experimenta tramos de bajo desempeño vehicular, caracterizados por velocidades reducidas, interacción constante entre vehículos y pérdida de fluidez.

Sin embargo, la presente investigación introduce un matiz adicional al mostrar que el nivel de servicio no solo se ve afectado por la saturación del sistema o el exceso de demanda, como lo interpretan Dueñas y Vera, sino también por la diferencia entre la velocidad media real y la velocidad mínima que el conductor considera aceptable. Este hallazgo refuerza la idea de que la percepción de insatisfacción, aunque no siempre reflejada en el volumen vehicular puede traducirse en una evaluación negativa del servicio. Por tanto, los resultados del presente estudio complementan los de Dueñas y Vera al evidenciar que el confort del usuario no depende únicamente de la infraestructura o la semaforización, sino también del cumplimiento de sus expectativas operativas.

Y en relación con el estudio de Peña (2022), se advierte una coincidencia temática central en la preocupación por mejorar el nivel de servicio en vías urbanas e intersecciones críticas. Peña demuestra que mediante intervenciones como rediseños geométricos y regulación del flujo se puede aumentar la velocidad media y con ello mejorar el nivel de servicio. De forma paralela, en nuestro estudio se observó que los subtramos que presentan una velocidad media cercana a la velocidad umbral como el tramo inicial son

percibidos como eficientes por los usuarios, y se clasifican con un nivel de servicio favorable (B).

La diferencia fundamental radica en el tipo de solución propuesta. Mientras que en la tesis de Peña la mejora del nivel de servicio se asocia al rediseño físico de la infraestructura, en nuestra investigación el nivel de servicio se interpreta como resultado del cumplimiento o incumplimiento de una expectativa de velocidad. Por tanto, aunque se coincida en la necesidad de mejorar la movilidad, los resultados del presente estudio sugieren que la percepción del conductor respecto a la fluidez del tránsito puede anticipar o incluso condicionar la efectividad de las intervenciones técnicas. Este enfoque añade una dimensión conductual a los factores que inciden en la calidad del tránsito, complementando así el análisis estructural presentado en el antecedente.

Asimismo, con Jara (2022), se identifican coincidencias importantes respecto a la identificación de niveles de servicio deficientes en determinados puntos de la red vial. En su investigación, Jara determinó que la intersección evaluada presentaba un nivel de servicio tipo F, caracterizado por congestión vehicular crítica y un uso excesivo de la capacidad instalada. Este resultado guarda similitud con lo encontrado en el presente estudio en el subtramo III (Km 226+500 al Km 227+000), donde también se obtuvo un nivel de servicio tipo F, tanto desde la perspectiva de la velocidad media como del porcentaje de tiempo siguiendo (PTS), lo cual evidencia condiciones severas de restricción en la circulación vehicular.

Sin embargo, la diferencia clave radica en el origen de esa deficiencia. Mientras que Jara atribuye el bajo nivel de servicio a la ineficacia de los tiempos semafóricos y la saturación de la intersección, en el presente estudio se demuestra que dicha deficiencia no siempre está asociada a saturación estructural, sino que puede explicarse por la diferencia entre la velocidad media observada y la velocidad umbral percibida como mínima aceptable por los conductores. Esta evidencia refuerza la idea de que el nivel de servicio puede deteriorarse incluso en condiciones donde el tránsito no está físicamente colapsado, pero donde la experiencia del usuario se ve afectada por no alcanzar la velocidad que considera adecuada.

En relación con Espino (2023), se observa una coincidencia parcial con los resultados de la presente investigación. En su estudio, el nivel de servicio identificado para la intersección analizada fue tipo C, lo que indica condiciones aceptables, aunque con evidencia de demoras y formación de colas. De forma paralela, el subtramo II de esta investigación (Km 218+000 al Km 218+500) también se ubica en un nivel intermedio, con velocidad media reducida y un PTS significativo, lo que evidencia una circulación moderadamente fluida, pero con pérdida de confort operativo.

La diferencia sustantiva entre ambos hallazgos se centra en el criterio de evaluación del desempeño. En el estudio de Espino, la preocupación se orienta hacia el crecimiento proyectado del tráfico y su efecto en el uso de la capacidad, mientras que, en nuestra investigación, el nivel de servicio se interpreta en función de su distancia respecto a la expectativa de velocidad del conductor. A pesar de estas diferencias, los resultados coinciden en mostrar que cuando el sistema vial no satisface las condiciones mínimas percibidas como deseables por los usuarios, el nivel de servicio se degrada, aun si los indicadores técnicos tradicionales aún no reflejan una saturación crítica.

Finalmente, con Albornoz (2023), se evidencian coincidencias sustantivas respecto a la clasificación de niveles de servicio desfavorables en tramos con alta densidad de tránsito y velocidades reducidas. Albornoz reporta velocidades promedio cercanas a los 20 km/h y niveles de servicio tipo D en todos los puntos evaluados, lo que coincide con los resultados obtenidos en el subtramo II y III de la carretera PE 3N, donde la velocidad media descendió significativamente por debajo del umbral de 80 km/h, resultando en niveles de servicio tipo E y F.

A diferencia de Albornoz, quien propone como solución el redireccionamiento del tránsito menor a vías alternas para aliviar la carga de la avenida principal, el presente estudio sugiere que el bajo nivel de servicio también puede ser una consecuencia de la disconformidad del conductor al no poder circular a la velocidad mínima esperada, aun sin saturación crítica. Esto introduce una perspectiva adicional que complementa los enfoques operativos con una lectura conductual, permitiendo interpretar que las

medidas de mejora del tránsito deben considerar no solo la redistribución del flujo, sino también la satisfacción de las expectativas de velocidad de los usuarios, en tanto estas influyen directamente en la percepción y evaluación del nivel de servicio.

CONCLUSIONES

El presente capítulo tiene como finalidad presentar las conclusiones generales y específicas derivadas de la investigación, en función del cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del estudio. Las conclusiones se organizan de manera directa y estructurada, respondiendo de forma clara a cada uno de los objetivos específicos y culminando con una síntesis integradora que aborda el objetivo general.

Este procedimiento permite garantizar coherencia metodológica entre la formulación inicial del estudio y los resultados obtenidos. En efecto, como señalan Hernández, Fernández y Baptista (2014), las conclusiones deben vincularse directamente con los objetivos, de modo que su redacción demuestre que estos fueron alcanzados a través del análisis y la interpretación de los datos (p. 456). En ese sentido, este capítulo representa la culminación del proceso investigativo, articulando los hallazgos empíricos con la finalidad académica del estudio y proporcionando insumos concretos para la reflexión, la toma de decisiones y la generación de propuestas en materia de gestión vial y evaluación del nivel de servicio.

Conclusión 1

Del análisis realizado se concluye que la expectativa de velocidad o velocidad umbral (V_u) influye significativamente en el nivel de servicio cuando este se evalúa en función de la velocidad media de viaje (VM) en la carretera PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco. Se observó que los subtramos cuya velocidad media se aproxima o supera el valor de V_u (80 km/h) fueron clasificados con niveles de servicio favorables (por ejemplo, nivel B en el primer subtramo), mientras que aquellos con una VM sustancialmente inferior a la velocidad umbral fueron calificados con niveles de servicio críticos (niveles E o F). Esta relación evidencia que la percepción de fluidez deseada por el conductor es un factor determinante en la valoración operativa de la vía, confirmando que la velocidad umbral es un indicador eficaz para explicar variaciones en el desempeño vial en entornos interurbanos de doble carril.

Conclusión 2

En relación con el porcentaje de tiempo siguiendo (PTS), se concluye que la velocidad umbral también influye en la forma como los usuarios experimentan la circulación vehicular. El análisis reveló que en los tramos donde la velocidad media fue inferior a la V_u , el PTS presentó valores más elevados, indicando una mayor proporción de vehículos en régimen de seguimiento. Este patrón sugiere que el alejamiento entre la velocidad esperada y la velocidad efectiva genera condiciones de circulación más restrictivas, afectando negativamente la percepción del nivel de servicio. Por lo tanto, la velocidad umbral actúa como una variable explicativa del comportamiento del flujo vehicular, especialmente en contextos donde la interacción entre vehículos se intensifica por debajo de los umbrales de comodidad definidos por los propios usuarios.

Conclusión 3

Se concluye que existen discrepancias significativas entre los niveles de servicio obtenidos mediante la consideración de la velocidad umbral y aquellos determinados según los parámetros tradicionales del Highway Capacity Manual (HCM, 2010). En subtramos donde el HCM clasifica el nivel de servicio como aceptable (por ejemplo, nivel A o C), la evaluación basada en la velocidad umbral reveló condiciones de disconformidad operativa (niveles D, E o F), al no cumplirse la expectativa de velocidad mínima por parte del usuario. Esta divergencia evidencia que la inclusión de la velocidad umbral en el análisis permite identificar con mayor sensibilidad tramos con desempeño insatisfactorio, los cuales podrían no ser detectados mediante metodologías tradicionales centradas exclusivamente en indicadores físicos u operativos. Por tanto, la comparación entre ambos enfoques valida el uso de la V_u como una herramienta complementaria y crítica para la evaluación del nivel de servicio.

Conclusión General

A partir de los resultados obtenidos en los tres objetivos específicos, se concluye que la velocidad umbral influye de manera significativa en el nivel de servicio de la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco,

2025. Esta influencia se manifiesta tanto en la comparación con la velocidad media de viaje, como en el porcentaje de tiempo siguiendo, y en la reclasificación del nivel de servicio frente a los estándares del HCM. La incorporación de la expectativa de velocidad como variable explicativa permite una evaluación más integral, sensible y centrada en la experiencia del usuario, ofreciendo así un aporte novedoso a la ingeniería de transporte vial. Se concluye que el análisis del nivel de servicio debe considerar no solo indicadores físicos y operativos, sino también variables conductuales como la velocidad umbral, que reflejan el confort, la fluidez percibida y la aceptación del sistema por parte de los conductores.

RECOMENDACIONES

El presente capítulo tiene como propósito formular un conjunto de recomendaciones técnicas y operativas derivadas del análisis e interpretación de los resultados obtenidos a lo largo de la investigación. Estas sugerencias están orientadas a mejorar el nivel de servicio de la carretera de doble carril PE 3N, tramo San Rafael - Huánuco, considerando las expectativas de velocidad de los conductores como un elemento crítico para la gestión del desempeño vial.

Según Sampieri et al. (2014), toda investigación aplicada debe culminar con sugerencias que orienten a la acción, derivadas directamente del conocimiento generado (p. 458); por ello, este capítulo busca cerrar el ciclo de la investigación proponiendo medidas viables, contextualizadas y alineadas con la problemática detectada, priorizando la experiencia del usuario y la eficiencia funcional de la vía.

1. Incorporar la velocidad umbral como parámetro complementario en los estudios de evaluación del nivel de servicio en vías interurbanas. Dado que la investigación ha demostrado que la velocidad umbral influye significativamente en la percepción del nivel de servicio por parte de los usuarios, se recomienda que los estudios de tránsito en carreteras nacionales especialmente aquellas de doble carril incluyan el levantamiento de la expectativa de velocidad mediante encuestas directas a conductores, a fin de incorporar un enfoque perceptual en el análisis. Esta información permitirá complementar los datos físicos y operativos tradicionales, generando diagnósticos más completos.

2. Priorizar intervenciones en subtramos donde se presenta una brecha significativa entre la velocidad media observada y la velocidad umbral esperada.

En los tramos en los que se identificó que la velocidad media está muy por debajo de la velocidad umbral como el subtramo III del tramo PE 3N, se recomienda implementar medidas de mejora operativa, tales como la ampliación de sección vial, reducción de accesos directos, señalización dinámica o controles de acceso en zonas de borde urbano. Estas

intervenciones deben tener como objetivo recuperar las condiciones mínimas de fluidez y confort esperadas por los usuarios, a fin de mejorar el nivel de servicio en tramos críticos.

3. Complementar el análisis del Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS) con la expectativa de velocidad para una mejor lectura del comportamiento del flujo vehicular.

Se sugiere que, al utilizar el PTS como indicador de desempeño operativo, se realice de forma paralela una comparación con la velocidad umbral. Esto permitirá identificar no solo la proporción de vehículos en seguimiento, sino también si esta situación se percibe como aceptable o incómoda por parte del usuario. La combinación de ambos indicadores puede ser útil para definir niveles de servicio más alineados con la realidad perceptiva del conductor.

4. Reinterpretar la clasificación del nivel de servicio tradicional (HCM) cuando exista evidencia de insatisfacción del usuario pese a indicadores aceptables.

En los subtramos donde el HCM (2010) asigna niveles de servicio aceptables, pero la velocidad media se ubica por debajo del umbral de comodidad, se recomienda revisar la clasificación y considerar acciones de ajuste, ya que esta divergencia puede ocultar situaciones de insatisfacción que afectan la calidad del tránsito. Por ello, es recomendable complementar los criterios del HCM con indicadores conductuales como la velocidad umbral, especialmente en contextos donde la percepción del usuario tiene un peso operativo significativo.

5. Formular lineamientos normativos que incorporen variables perceptuales en la evaluación del desempeño vial.

Con base en la evidencia generada por esta investigación, se propone que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y las direcciones regionales consideren la inclusión de indicadores perceptuales como la velocidad umbral en los protocolos de evaluación del nivel de servicio, particularmente en carreteras interurbanas de tipo II y III. Esta incorporación

permitiría ajustar los diseños y las soluciones operativas a las necesidades reales del conductor, fomentando una planificación vial centrada en el usuario.

6. Promover investigaciones complementarias en otros contextos viales del país para validar la aplicabilidad de la velocidad umbral como indicador estratégico.

Finalmente, se recomienda replicar esta metodología en otras vías nacionales y regionales tanto en la Sierra como en la Selva, a fin de validar la utilidad de la velocidad umbral como variable predictiva del nivel de servicio. Estos estudios permitirían establecer líneas base comparativas por tipo de vía, entorno geográfico y características de tránsito, contribuyendo a la formulación de políticas públicas de movilidad más sensibles al comportamiento y experiencia de los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albornoz Cori, J. A. (2023). *Estudio del nivel de servicio de la Av. Esteban Pabletich, cuadras 01 al 10, para optimización del flujo vehicular con vías alternas, Amarilis - Huánuco, 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL.
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, R., & Cárdenas Grisales, J. (2018). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones* (9a ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Carrillo Riveros, D. R., & Montoya Riobueno, O. D. (2022). *Análisis técnico de la capacidad vial y nivel de servicio de la intersección, glorieta barrio Porfía, ubicada en el corredor que conduce de Villavicencio al municipio de Acacías - Meta* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications
- Dueñas Chaparro, J. J., & Vera Yntusca, S. D. P. (2024). *Análisis de los niveles de servicio de tránsito y capacidad vehicular en las principales intersecciones semaforicas de la provincia de Andahuaylas - 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental.
- Espino, V. O. (2023). *Propuesta de mejora del nivel de servicio a fin de reducir el tráfico vehicular en la Av. Universitaria, Pillco Marca – Huánuco, 2023* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Flores, A. del R., & Suárez Rodríguez, R. A. (2024). Evaluación del método relación velocidad-intensidad para evaluar niveles de servicio de carreteras de tercera clase en áreas de reserva nacional (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/10757/675790>
- Fuchser Reinoso, D. P. (2022). *Estudio de gestión de tránsito para la localidad de Tirúa* [Memoria de título, Universidad de Chile]. Universidad de

Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil.

García, J., López, M., & Fernández, R. (2019). Métodos cuantitativos en la investigación de tráfico: Un enfoque práctico. *Revista de Transporte y Logística*, 12(2), 40-55.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Highway Capacity Manual. (2000). *Transportation Research Board*. National Academy Press.

Jara, C. S. (2022). *Evaluación del nivel de servicio del flujo vehicular-peatonal en la intersección del km 4 de la carretera PE-18A con el acceso al puente Joaquín Garay Figueroa de la ciudad de Amarilis, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Universidad de Huánuco.

Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). Investigación del comportamiento: métodos de investigación en ciencias sociales (4.ª ed.). McGraw-Hill.

Khan, S., Ahmed, A., & Chien, S. (2020). Evaluation of Two-Lane Highway Performance Measures Using Probe Vehicle Data. *Transportation Research Record*, 2674(11), 243–253.

<https://doi.org/10.1177/0361198120932365>

Kiljunen, M., & Summala, H. (1996). *Ruuhkaisuuden kokeminen ja liikennetilannetiedottaminen: Tienkäyttäjätutkimus kaksikaistaisilla teillä* [Percepción de las condiciones de tráfico y la información sobre el tráfico: Un estudio sobre usuarios de carreteras de dos carriles]. Tielaitos, Keskushallinto.

Martínez, A., & Torres, L. (2021). Impacto del nivel de servicio en la seguridad vial: Un análisis social. *Revista de Seguridad Vial*, 15(1), 75-90.

Montufar, J., Arango, J., Porter, M., & Nakagawa, S. (2013). *Speed and Capacity Analysis of Two-Lane Highways in Developing Countries*. Transportation Association of Canada.

Peña Bejarano, R. C. (2022). *Evaluación del tránsito vehicular para mejorar el nivel de servicio para la intersección de las avenidas Carlos Izaguirre y Santa Callao* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5799>

Romana García, M. (1994). *Evaluación práctica de niveles de servicio de carreteras convencionales de dos carriles en España* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid].

Romana García, M. G. (2000). Evaluación del nivel de servicio en carreteras convencionales mediante indicadores de percepción. *Revista de Obras Públicas*, 147(3403), 59-66.

Romana, M. G., & Pérez, I. (2007). La definición de un umbral de velocidad para medir el nivel de servicio en carreteras de dos carriles. *Rutas*, 118, 25-33. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/18616>

Salazar, R. G. (2019). *Evaluación del flujo vehicular para determinar el nivel de servicio en Av. Gustavo Pinto desde la intersección con Av. Jorge Basadre Grohmann hasta la intersección con calle Coronel Mendoza, distrito de Tacna – 2018* (Tesis de maestría, Universidad Privada de Tacna).

Santos, J. (2018). *Metodología de la investigación: Enfoques y tipos de investigación*. Editorial Universitaria.

Torres Vargas, G., González García, J. A., Arroyo Osorno, J. A., & Hernández García, S. (2018). *Estimación de niveles de servicio y velocidades de operación en segmentos de carreteras de dos carriles y carriles múltiples: Aplicación del Highway Capacity Manual* (Publicación Técnica No. 525). Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt525.pdf>

Transportation Research Board (TRB). (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C.: National Research Council.

Transportation Research Board. (2016). Highway Capacity Manual (6th ed.). National Academy of Sciences.

Vera, J., Loor, J., Ortiz-Hernández, E., & Delgado, D. (2021). Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología (RIEMAT)*, 6(2), 19–42.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5825394>

Zhou, M., & Sisiopiku, V. P. (1997). The relationship between volume-to-capacity ratios and traffic delay at signalized intersections. *Journal of Transportation Engineering*, 123(2), 173-182.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Tolentino Tarazona, A. (2025). *Determinación de la velocidad umbral para la evaluación del nivel de servicio en carreteras de doble carril vía PE 3N San Rafael – 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° 0827-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 29 de abril de 2025

Visto, el Oficio N° 0485-2025-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: **"DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Alex TOLENTINO TARAZONA**.

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° 2012-2024-D-FI-UDH, de fecha 17 de setiembre de 2024, perteneciente al Bach. **Alex TOLENTINO TARAZONA** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Jose Wicley Tuanama Lavi, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 0485-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Alex TOLENTINO TARAZONA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcantara (Presidente), Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza (Secretario) y Mg. Luis Fernando Narro Jara (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: **"DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Alex TOLENTINO TARAZONA**, 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



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhonatan Monzono Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2012-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 17 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1380-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 508133-0000008459, del Bach. **Alex TOLENTINO TARAZONA**, 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° 508133-0000008459, presentado por el (la) Bach. **Alex TOLENTINO TARAZONA**, 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. **Alex TOLENTINO TARAZONA** 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:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/EJ/ML/nto.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Determinación de la Velocidad Umbral para la Evaluación del Nivel de Servicio en Carreteras de Doble Carril Vía PE 3N San Rafael-Huánuco, 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general ¿De qué manera influye la velocidad umbral en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025?	Objetivo general Determinar la influencia de la velocidad umbral en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025	Hipótesis general La velocidad umbral influye significativamente en el nivel de servicio en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.	Variables de Interés, - Velocidad Umbral - Nivel de Servicio	Paradigma, Positivista Enfoque, Cuantitativo Tipo, Aplicada Nivel, Relacional Diseño, No experimental - transversal Población, Vía PE 3N San Rafael-Huánuco Muestra, Km. 209+000-Km.227+00 Estadística, Descriptiva, Inferencial.
Problema Específico 1 ¿De qué manera influye la expectativa de velocidad (Vu) en el nivel de servicio respecto a la velocidad media de viaje en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025?	Objetivo Específico 1 Analizar la influencia de la expectativa de velocidad (Vu) en el nivel de servicio respecto a la velocidad media de viaje en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.	Hipótesis Específica 1 La expectativa de velocidad (Vu) influye significativamente en el nivel de servicio respecto a la velocidad media de viaje en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.	Dimensiones, - Expectativas de velocidad (Vu) - Velocidad Media de Viaje (VMV)	
Problema Específico 2 ¿De qué manera influyen la expectativa de velocidad (Vu) en el nivel de servicio respecto al porcentaje de tiempo siguiendo en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025?	Objetivo Específico 2 Analizar la influencia de la expectativa de velocidad (Vu) en el nivel de servicio respecto al porcentaje de tiempo siguiendo en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.	Hipótesis Específica 2 La expectativa de velocidad (Vu) influye significativamente en el nivel de servicio respecto al porcentaje de tiempo siguiendo en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.	- Porcentaje de Tiempo Siguiendo (PTS)	
Problema Específico 3 ¿De qué manera influye la expectativa de velocidad (Vu) en el	Objetivo Específico 3 Analizar la influencia de la expectativa de velocidad (Vu) en el	Hipótesis Específica 3 La expectativa de velocidad (Vu) influye significativamente en el nivel de servicio respecto al nivel de servicio calculado con métodos	- Porcentaje de Velocidad a Flujo Libre (PVFL)	

nivel de servicio respecto al nivel de servicio calculado con métodos tradicionales HCM (2000) en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025?	nivel de servicio respecto al nivel de servicio calculado con métodos tradicionales HCM (2000) en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025	tradicionales HCM (2000) en la carretera de doble carril vía PE 3N, tramo San Rafael – Huánuco, 2025.
---	--	---

ANEXO 4
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
ANEXO 4A
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA
VELOCIDAD UMBRAL

CUESTIONARIO PARA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL (Vu)



Título de la Investigación:

Determinación de la Velocidad Umbral para la Evaluación del Nivel de Servicio en Carreteras de Doble Carril Vía PE 3N San Rafael-Huánuco, 2025

Estimado conductor,

Agradecemos su participación en esta investigación cuyo propósito es entender cómo la velocidad umbral influye en el nivel de servicio de la vía. Sus respuestas contribuirán a mejorar las condiciones de tránsito en nuestra región.

Instrucciones:

Por favor, responda sinceramente a las siguientes preguntas. La información proporcionada será tratada con total confidencialidad.

Datos Generales del Conductor:

1. Edad: _____ años
2. Sexo:
 - ☐ () Masculino
 - ☐ () Femenino
3. ¿Cuántos años lleva conduciendo en esta ruta? _____ años
4. Tipo de vehículo que conduce:
 - ☐ () Auto particular
 - ☐ () Colectivo
 - ☐ () Bus
 - ☐ () Camión
5. Frecuencia de tránsito en la vía PE 3N (San Rafael-Huánuco):
 - ☐ () Diario
 - ☐ () Semanal
 - ☐ () Ocasional

Concepto de Velocidad Umbral:

La velocidad umbral se define como la velocidad mínima aceptable para que los conductores se sientan cómodos y seguros al circular en esta vía, sin experimentar frustración por congestión u otros factores. Es importante para evaluar el nivel de servicio de la carretera.

Preguntas específicas sobre la Velocidad Umbral:

6. ¿Cuál considera que es la velocidad mínima aceptable para circular cómodamente en esta vía?
 - ☐ () Menos de 50 km/h
 - ☐ () 50-60 km/h
 - ☐ () 60-70 km/h
 - ☐ () 70-80 km/h
7. ¿Con qué frecuencia encuentra que la velocidad en esta vía es inferior a la mínima aceptable?
 - ☐ () Frecuentemente
 - ☐ () Algunas veces
 - ☐ () Raramente
 - ☐ () Nunca
8. ¿Cuál es el principal motivo que le impide mantener la velocidad mínima aceptable?
 - ☐ () Congestión vehicular
 - ☐ () Estado de la carretera
 - ☐ () Presencia de curvas y pendientes
 - ☐ () Otros: _____
9. ¿Qué tan seguro se siente al conducir a una velocidad inferior a la que considera mínima en esta vía?
 - ☐ () Muy seguro
 - ☐ () Seguro
 - ☐ () Poco seguro
 - ☐ () Nada seguro
10. En su opinión, ¿qué factores mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable en esta vía?
 - ☐ () Reducción de la congestión
 - ☐ () Mejoras en la infraestructura de la carretera
 - ☐ () Ampliación de carriles
 - ☐ () Mayor control de velocidad de otros conductores

Agradecimiento:

Gracias por su tiempo y disposición para colaborar en esta investigación. Su aporte es invaluable para mejorar las condiciones de tránsito en nuestra región.



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD DE HUANOUCO

EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4A. CUESTIONARIO PARA LA MEDICION DE LA VELOCIDAD UMBRAL (VU)** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025", además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	Cuestionario	validez de Contenido		Validez de Construcción		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Edad	X		X		X		
2	Sexo	X		X		X		
3	Años conduciendo en la ruta	X		X		X		
4	Tipo de vehiculo	X		X		X		
5	Frecuencia de tránsito en la vía	X		X		X		
6	Velocidad mínima aceptable para circular cómodamente	X		X		X		
7	¿Con qué frecuencia encuentra que la velocidad es inferior a la mínima aceptable?	X		X		X		
8	¿Cuál es el principal motivo que le impide mantener la velocidad mínima aceptable?	X		X		X		
9	¿Qué tan seguro se siente al conducir a una velocidad inferior a la mínima?	X		X		X		
10	¿Qué factores mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable?	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: Carlos Enrique Cordova Facundo

CODIGO CIP: 45524

DNI: 22521641

FIRMA:


 Carlos Enrique Cordova Facundo
 INGENIERO CIVIL
 CIP 45524



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4A. CUESTIONARIO PARA LA MEDICION DE LA VELOCIDAD UMBRAL (VU)** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada **"DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"**, además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	Cuestionario	validez de Contenido		Validez de Construcción		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Edad	X		X		X		
2	Sexo	X		X		X		
3	Años conduciendo en la ruta	X		X		X		
4	Tipo de vehículo	X		X		X		
5	Frecuencia de tránsito en la vía	X		X		X		
6	Velocidad mínima aceptable para circular cómodamente	X		X		X		
7	¿Con qué frecuencia encuentra que la velocidad es inferior a la mínima aceptable?	X		X		X		
8	¿Cuál es el principal motivo que le impide mantener la velocidad mínima aceptable?	X		X		X		
9	¿Qué tan seguro se siente al conducir a una velocidad inferior a la mínima?	X		X		X		
10	¿Qué factores mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable?	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: Jean Paul Espinoza Rosales
CODIGO CIP: 306905
DNI: 72267879

FIRMA:



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4A. CUESTIONARIO PARA LA MEDICION DE LA VELOCIDAD UMBRAL (VU)** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025", además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	Cuestionario	validez de Contenido		Validez de Construcción		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Edad	X		X		X		
2	Sexo	X		X		X		
3	Años conduciendo en la ruta	X		X		X		
4	Tipo de vehiculo	X		X		X		
5	Frecuencia de tránsito en la vía	X		X		X		
6	Velocidad mínima aceptable para circular cómodamente	X		X		X		
7	¿Con qué frecuencia encuentra que la velocidad es inferior a la mínima aceptable?	X		X		X		
8	¿Cuál es el principal motivo que le impide mantener la velocidad mínima aceptable?	X		X		X		
9	¿Qué tan seguro se siente al conducir a una velocidad inferior a la mínima?	X		X		X		
10	¿Qué factores mejorarían la posibilidad de mantener la velocidad mínima aceptable?	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: DANIEL ARTURO MALQUI DIAZ

CODIGO CIP: 244045

DNI: 7254 6148

FIRMA:

Daniel Arturo Malqui Díaz
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 244045

ANEXO 4B

INSTRUMENTO EL REGISTRO DE LA VELOCIDAD MEDIA (VM)

FORMATO PARA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD MEDIA (VM)



Título de la investigación

**Determinación de la Velocidad Umbral para la Evaluación del Nivel de Servicio en Carreteras de Doble Carril
Vía PE 3N San Rafael-Huánuco, 2025**

Tramo: Vía 3N Km. 209+000 al Km. 227+000

Sentido del tráfico: Norte a Sur

Fecha: _____

Nombre del investigador: _____

Sub Tramo	C1 V1	C1 V2	C1 V3	C1 VM					C15 V1	C15 V2	C15 V3	C15 VM
Km 209+00 al Km 209+500+000												
Km 218+000 al Km 218+500												
Km 226+500 al Km 227+000												



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4B. INSTRUMENTO EL REGISTRO DE LA VELOCIDAD MEDIA (VM)** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025", además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	SUB TRAMO	validez de Contenido		Validez de Construccioon		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 209+000 a l Km 209+500	X		X		X		
2	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 218+000 al Km 218+500	X		X		X		
3	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 226+500 al Km 227+000	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: Carlos Enrique Cordova Facundo

CODIGO CIP: 45524

DNI: 22521641

FIRMA:

Carlos Cordova Facundo
INGENIERO CIVIL
CIP 45524



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4B. INSTRUMENTO EL REGISTRO DE LA VELOCIDAD MEDIA (VM)** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025", además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	SUB TRAMO	validez de Contenido		Validez de Construcccion		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 209+000 a l Km 209+500	X		X		X		
2	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 218+000 al Km 218+500	X		X		X		
3	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 226+500 al Km 227+000	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: DANIELA MOLLOQUI DIAZ

CODIGO CIP: 744845

DNI. 72546148

FIRMA:


Daniel Arturo Molloqui Díaz
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 244845



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4B. INSTRUMENTO EL REGISTRO DE LA VELOCIDAD MEDIA (VM)** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada **"DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"**, además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	SUB TRAMO	validez de Contenido		Validez de Construcccion		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 209+000 a l Km 209+500	X		X		X		
2	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 218+000 al Km 218+500	X		X		X		
3	Tres velocidades por cada vehiculo (V1, V2, V3) VM Km 226+500 al Km 227+000	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: Jean Paul Espinoza Rosales

CODIGO CIP: 306905

DNI: 7228 7879

FIRMA:


Jean Paul Espinoza Rosales
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 306905

ANEXO 4C

INSTRUMENTO EL REGISTRO DEL PORCENTAJE DE TIEMPO SIGUIENDO PTS

FORMATO PARA LA MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE TIEMPO SIGUIENDO



Título de la investigación

**Determinación de la Velocidad Umbral para la Evaluación del Nivel de Servicio en Carreteras de Doble Carril
Vía PE 3N San Rafael-Huánuco, 2025**

Tramo: Vía PE 3N km. 209+000 al Km. 227+000

Sentido del tráfico: Norte a Sur

Fecha: _____

Investigador: _____

Intervalo crítico: 4 segundos

Sub tramo	Veh 1	Veh 2	Veh 3	Veh 4	Veh 5	Veh 6		Veh 20	% Siguiendo (<4s)	% Libres (≥4s)
Km 209+00 al Km 209+500+000										
Km 218+000 al Km 218+500										
Km 226+500 al Km 227+000										



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4C. INSTRUMENTO EL REGISTRO DEL PORCENTAJE DE TIEMPO SIGUIENDO PTS** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada "**DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025**", además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	SUB TRAMO	validez de Contenido		Validez de Construcción		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 209+000 a Km 209+500	X		X		X		
2	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 218+000 al Km 218+500	X		X		X		
3	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 226+500 al Km 227+000	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: Carlos Enrique Cordova Facundo

CODIGO CIP: 45524

DNI: 22521641

FIRMA:


 Carlos Cordova Facundo
 INGENIERO CIVIL
 CIP 45524



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento **ANEXO 4C. INSTRUMENTO EL REGISTRO DEL PORCENTAJE DE TIEMPO SIGUIENDO PTS** que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025", además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	SUB TRAMO	validez de Contenido		Validez de Construcccion		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 209+000 a l Km 209+500	X		X		X		
2	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 218+000 al Km 218+500	X		X		X		
3	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 226+500 al Km 227+000	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO: DANIEL A. MALLOQUI DIAZ

CODIGO CIP: 244045

DNI: 72546148

FIRMA:


 Daniel Arturo Malloqui Díaz
 INGENIERO CIVIL
 REG. CO. N° 244045



ANEXO 4: VALIDACION DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Estimado, tengo el honor de dirigirme a usted para extenderle la invitación a participar en la validación del instrumento ANEXO 4C. INSTRUMENTO EL REGISTRO DEL PORCENTAJE DE TIEMPO SIGUIENDO PTS que funcionará como método de recolección de datos para la presente investigación titulada "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD UMBRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOBLE CARRIL VIA PE 3N SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025", además quiero hacerle saber mi agrado, estimación y admiración personal por su extenso recorrido profesional, el cual es el motivo principal de la presente, agradeciendo de antemano su colaboración. A continuación, le solicitamos identificar cada ítem o pregunta del instrumento y marcar con un aspa (X) la casilla que considere adecuada. Asimismo, si lo considera pertinente, puede incluir observaciones adicionales en la columna correspondiente.

N°	SUB TRAMO	validez de Contenido		Validez de Construcccion		Validez de Criterio		Observaciones
		El ítem corresponde a alguna dimensión de la variable		El ítem contribuye a medir el indicador planteado		El ítem permite clasificar a los sujetos en las categorías establecidas		
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 209+000 a l Km 209+500	X		X		X		
2	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 218+000 al Km 218+500	X		X		X		
3	Intervalo de tiempo (%) Siguiendo<4s) para cada vehiculo Km 226+500 al Km 227+000	X		X		X		

NOMBRE Y APELLIDO DEL EXPERTO:

Jean Paul Espinoza Rosales

CODIGO CIP:

306905

DNI:

72287879

FIRMA:


Jean Paul Espinoza Rosales
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 306905

ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO

Foto 1

Tesista en el inicio de los trabajos de campo en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500)



Foto 2

Entrevista al conductor para la medición de la Velocidad Umbral en el sub tramo I (Km. 200+000 al Km 209+500



Foto 3

Lectura de la velocidad puntual 1 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500)



Foto 4

Lectura de la velocidad puntual 2 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500)



Foto 5

Lectura de la velocidad puntual 3 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500)

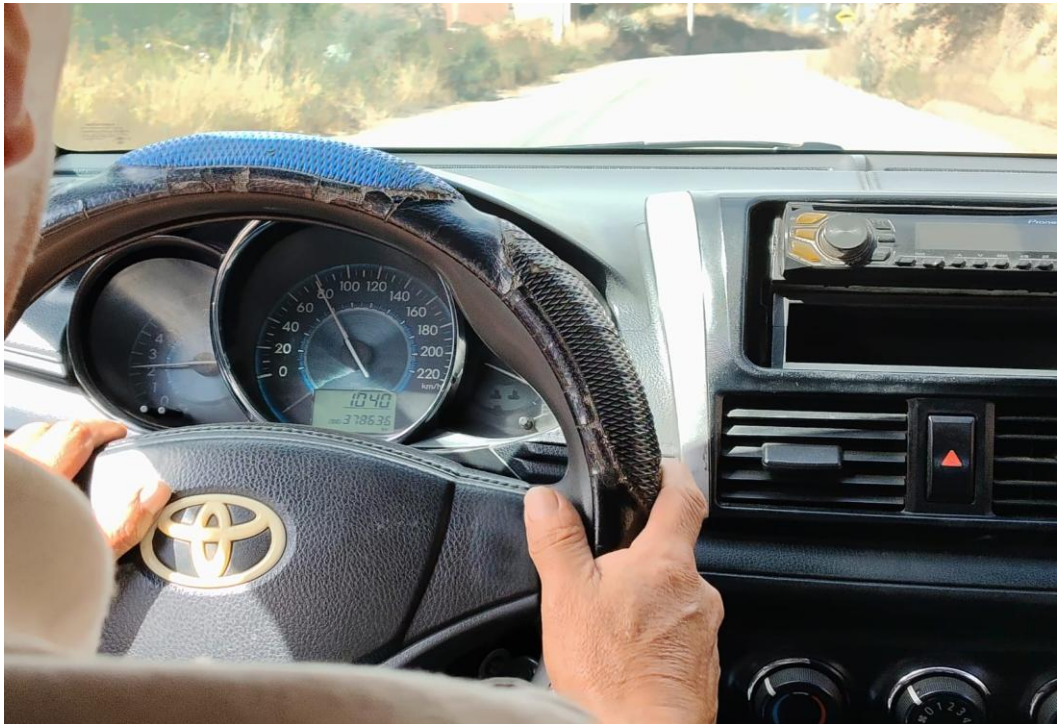


Foto 6

Medición del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS en el subtramo I (Km. 200+000 al Km 209+500)



Foto 7

Entrevista al conductor para la medición de la Velocidad Umbral en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500)



Foto 8

Lectura de la velocidad puntual 1 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500)



Foto 9

*Lectura de la velocidad puntual 2 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo II
(Km. 218+000 al Km 218+500)*



Foto 10

*Lectura de la velocidad puntual 3 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo II
(Km. 218+000 al Km 218+500)*



Foto 11

Medición del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS en el subtramo II (Km. 218+000 al Km 218+500)



Foto 12

Entrevista al conductor para la medición de la Velocidad Umbral en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000)



Foto 13

*Lectura de la velocidad puntual 1 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo III
(Km. 226+500 al Km 227+000)*



Foto 14

*Lectura de la velocidad puntual 2 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo III
(Km. 226+500 al Km 227+000)*



Foto 15

Lectura de la velocidad puntual 3 para el cálculo de la Velocidad Media en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000)



Foto 16

Medición del Porcentaje de Tiempo Siguiendo PTS en el subtramo III (Km. 226+500 al Km 227+000)

