

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento
en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de julio de la ciudad de
Huánuco, 2025”**

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

AUTORA: Pachas Zevallos, Annie Zuleik

ASESORA: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Transporte
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44836170

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003-2705-4300
2	Rosario Ramon, Ciza Zarvia	Magíster en arquitectura del paisaje	42806418	000-0002-4278-0426
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día **martes 02** de junio de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|--|------------|
| ❖ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. CIZA ZARVIA ROSARIO RAMON | SECRETARIO |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0931-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "IMPACTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LAS CUADRAS 6, 7 Y 8 DEL JIRÓN 28 DE JULIO DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO, 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Annie Zuleik PACHAS ZEVALLOS para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **aprobado**..... por **Unanimidad** con el calificativo cuantitativo de **14**..... y cualitativo de **suficiente**... (Art. 47).

Siendo las **16:44** horas del día **02** del mes de junio del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA

DNI: 22516875

ORCID: 0000-0003-2705-4300

PRESIDENTE

MG. CIZA ZARVIA ROSARIO RAMON

DN: 42806418

ORCID: 000-0002- 4278-0426

SECRETARIO (A)

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO

DNI: 41891649

ORCID: 0000-0001-8392-1769

VOCAL



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: **ANNIE ZULEIK PACHAS ZEVALLOS**, de la investigación titulada "**Impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de julio de la ciudad de Huánuco, 2025**", con asesor(a): **YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA**, designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 1373-2025-D-FI-UDH** del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del **12 %** 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, 18 de mayo de 2026



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

Nota: La presente constancia tendrá una **vigencia de cuatro (4) meses**, conforme a lo establecido en la **Directiva del Software de Identificación de Similitud y Originalidad**, aprobada mediante **Resolución N° 532-2024-P-CD-UDH**.

Vencido dicho plazo, el solicitante deberá realizar nuevamente el procedimiento correspondiente para la emisión de una nueva constancia.

Válida hasta el 18 de septiembre de 2026.

28. PACHAS ZEVALLOS, ANNIE ZULEIK.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

www.pascolibre.com

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

1%



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico esta investigación, ante todo, a Dios y a la Virgen María Auxiliadora, por acompañarme en cada paso y fortalecerme en los momentos difíciles

A mis padres Pedro y Anita, por su cariño inquebrantable, por confiar en mí aun en los momentos en que yo no lo hacía y por mostrarme, con su ejemplo, que el esfuerzo constante y la entrega siempre valen la pena

A mi abuelita Marcelina, por su ternura, sus consejos llenos de sabiduría y por ser un pilar de amor que ha marcado mi vida

Y a mi novio Jhonchi, por su apoyo sincero, su paciencia y su compañía en cada etapa de este camino. Gracias por motivarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a la Universidad de Huánuco por la educación recibida y por las herramientas brindadas para mi desarrollo profesional, así como por fomentar un ambiente de aprendizaje que hizo posible la culminación de este trabajo de investigación.

A mis docentes académicos, quienes a lo largo de mi formación compartieron generosamente sus conocimientos, experiencia y vocación, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento académico y personal. Sus enseñanzas han sido fundamentales para la construcción de este logro.

De manera especial, agradezco a mi asesora de tesis, la Ingeniera Yelen Trujillo, por su orientación constante, su compromiso y sus valiosas observaciones, las cuales permitieron enriquecer y fortalecer la calidad de esta investigación. Su acompañamiento fue clave para llevar este trabajo a buen término.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE IMAGENES.....	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPITULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	19
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	19
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	21
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	21
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	22
1.4.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	22
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.5.1. LIMITACIÓN RESPECTO A LA POBLACIÓN.....	23
1.5.2. LIMITACIÓN RESPECTO AL COSTO.....	23

1.5.3. LIMITACIÓN RESPECTO AL TIEMPO	24
1.5.4. LIMITACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO	24
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.6.1. VIABILIDAD RESPECTO A LA POBLACIÓN.....	25
1.6.2. VIABILIDAD RESPECTO AL COSTO	26
1.6.3. VIABILIDAD RESPECTO AL TIEMPO	26
CAPÍTULO II	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	27
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	30
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	32
2.2. BASES TEÓRICAS	34
2.2.1 TEORÍA GENERAL:	34
2.2.2 TEORÍA ESPECÍFICA:.....	38
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	42
2.3.1 FLUJO VEHICULAR.....	42
2.3.2 DETERIORO DEL PAVIMENTO	43
2.4. HIPÓTESIS	44
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	44
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	45
2.5. VARIABLES	46
2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTE.....	46
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	46
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
CAPÍTULO III	49

METODOLOGÍA	49
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1. ENFOQUE	52
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	53
3.1.3. DISEÑO	53
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	54
3.2.1. POBLACIÓN (criterios de inclusión y exclusión)	54
3.2.2. MUESTRA (tipo y tamaño)	56
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	57
3.3.1. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA DEL USO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	58
3.3.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	59
3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	61
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	63
3.4.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	63
3.4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	65
3.5. ASPECTOS ÉTICOS	67
CAPÍTULO IV	69
RESULTADOS	69
4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO	92
4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL	104
CAPÍTULO V	113
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	113
5.1. DISCUSIÓN	115

5.2. CONTRASTE GLOBAL DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES	120
CONCLUSIONES	122
RECOMENDACIONES.....	125
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	128
ANEXOS.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Condición del pavimento según el PCI	44
Tabla 2 Cuadro de operacionalización de las variables	47
Tabla 3 Flujo vehicular cuadra 6	71
Tabla 4 Valores intermedios del flujo en el Hora de máxima cuadra 6	72
Tabla 5 Flujo vehicular de la cuadra 7	73
Tabla 6 Valores intermedios del flujo en la hora de máxima cuadra 7	74
Tabla 7 Flujo vehicular de la cuadra 8	75
Tabla 8 Valores intermedios del flujo en la hora de máxima cuadra 8	76
Tabla 9 Velocidades de recorrido y de marcha, en la cuadra 6	77
Tabla 10 Velocidades de marcha y recorrido cuadra 7 en la hora Pico	77
Tabla 11 Velocidades de recorrido y de marcha cuadra 8	78
Tabla 12 Densidad vehicular de la cuadra 6 en la hora pico	79
Tabla 13 Densidad vehicular de la cuadra 7 en hora pico	79
Tabla 14 Densidad vehicular de la cuadra 8 en hora pico	80
Tabla 15 ESAL por intervalo en la cuadra 6	82
Tabla 16 ESAL por intervalo en la cuadra 7	82
Tabla 17 ESAL por intervalo en la cuadra 8	84
Tabla 18 Daños en el pavimento en la cuadra 6	87
Tabla 19 Daños en el pavimento en la cuadra 7	88
Tabla 20 Daños en el pavimentos en la cuadra 8	88
Tabla 21 Condición del pavimento (PCI) en la cuadra 6	90
Tabla 22 Condición del pavimento (PCI) en la cuadra 7	91
Tabla 23 Condición del pavimento (PCI) en la cuadra 8	91
Tabla 24 Valores de la Volumen, Velocidad, Densidad, Peso cuadra 6	92

Tabla 25 Estadísticos descriptivos de las variables de tráfico de la cuadra 6.....	93
Tabla 27 Estadísticos descriptivos de las variables de tráfico de la cuadra 7.....	95
Tabla 28 Valores de la Volumen, Velocidad, Densidad, Peso cuadra 8	96
Tabla 29 Estadísticos descriptivos de las variables de tráfico de la cuadra 8.....	97
Tabla 30 Valores del PCI promedio de las cuadras 6, 7 y 8	100
Tabla 31 Matriz de valores de Volumen, Velocidad, Densidad, Peso y PCI	105
Tabla 32 Valores agregados de las variables por cuadras, base para el análisis correlacional.....	107
Tabla 33 Correlación entre variables de tráfico agregadas y el PCI	108
Tabla 34 Resultados del análisis correlacional y contrastación de las hipótesis específicas.....	111

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Daños en el pavimento en la cuadra 6 subtramo 1	164
Imagen 2 Daños en el pavimento en la cuadra 6 subtramo 2	165
Imagen 3 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 3	165
Imagen 4 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 4	166
Imagen 5 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramos 5	166
Imagen 6 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 6	167
Imagen 7 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 7	167
Imagen 8 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 8	168
Imagen 9 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 9	168
Imagen 10 Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramos 10	169
Imagen 11 Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 1	169
Imagen 12 Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 2	170
Imagen 13 Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 3	170
Imagen 14 Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 4	171
Imagen 15 Daño en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 5	171
Imagen 24 Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 4	176
Imagen 26 Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 6	177
Imagen 27 Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 7	177
Imagen 28 Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 8	178
Imagen 29 Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 9	178
Imagen 30 Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 10	179
Imagen 31 Flujo vehicular en la cuadra 6 del jirón 28 de julio	179
Imagen 32 Medición del flujo vehicular en la cuadra 6	180
Imagen 33 Medición de los daños en el pavimento de la cuadra 6	180
Imagen 34 Flujo vehicular en la cuadra 7 del jirón 28 de julio	181

Imagen 35 Medición del flujo vehicular en la cuadra 7	181
Imagen 36 Medición de los daños en el pavimento de la cuadra 7.....	182
Imagen 37 Flujo vehicular en la cuadra 8 del jirón 28 de Julio.....	182
Imagen 38 Medición del flujo vehicular en la cuadra 8	183
Imagen 39 Medición de los daños en el pavimento de la cuadra 8.....	183

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025. El estudio presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño no experimental de corte transversal. La población estuvo constituida por el pavimento rígido del tramo en estudio, y la muestra comprendió un tramo de 300 metros, subdividido en 30 subtramos de 10 metros, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. La técnica empleada fue la observación directa, utilizando como instrumentos fichas de evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), aforos vehiculares y registros fotográficos. La validación de los instrumentos se realizó mediante juicio de expertos. Para el análisis inferencial se aplicaron pruebas estadísticas considerando un nivel de significancia del 5 %. Se respetaron los principios éticos de objetividad, confidencialidad y uso responsable de la información. Los resultados descriptivos evidenciaron un estado regular a malo del pavimento, con presencia predominante de fisuras, desprendimientos y deformaciones en los subtramos con mayor carga vehicular. A nivel inferencial, se identificó la causalidad entre el tráfico vehicular y el deterioro del pavimento, destacando el peso vehicular y la densidad como los factores de mayor influencia.

Se concluye que el tráfico vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento, aceptándose la hipótesis general planteada.

Palabras clave. Tráfico vehicular, deterioro del pavimento, volumen vehicular, densidad vehicular, peso vehicular

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the impact of vehicular traffic on pavement deterioration in blocks 6, 7, and 8 of Jirón 28 de Julio in the city of Huánuco, 2025. The study adopted a quantitative approach, with an applied research type, explanatory level, and a non-experimental, cross-sectional design. The population consisted of the rigid pavement along the study section, while the sample comprised a 300 m road segment, subdivided into 30 sub-segments of 10 m each, selected through non-probabilistic convenience sampling. The technique employed was direct observation, using Pavement Condition Index (PCI) evaluation forms, vehicular traffic counts, and photographic records as instruments. Instrument validation was carried out through expert judgment. Inferential analysis was performed using statistical tests with a significant level of 5%. Ethical principles of objectivity, confidentiality, and responsible use of information were strictly observed. Descriptive results indicated a pavement condition ranging from fair to poor, with a predominance of cracking, material loss, and deformations in sub-segments subjected to higher vehicular loads. At the inferential level, a causal relationship between vehicular traffic and pavement deterioration was identified, with vehicle weight and traffic density emerging as the most influential factors.

It is concluded that vehicular traffic has a significant influence on pavement deterioration, leading to the acceptance of the proposed general hypothesis.

Keywords. Vehicular traffic, pavement deterioration, traffic volume, traffic density, vehicular weight.

INTRODUCCIÓN

El deterioro del pavimento urbano constituye una de las problemáticas más recurrentes en las ciudades intermedias del Perú, especialmente en aquellas vías que concentran altos niveles de tránsito vehicular y cumplen funciones estratégicas para la movilidad urbana. En la ciudad de Huánuco, el jirón 28 de Julio representa una de las principales arterias de circulación, caracterizada por una intensa actividad comercial, transporte público frecuente y circulación constante de vehículos ligeros y pesados. En los últimos años, esta vía ha evidenciado un deterioro progresivo del pavimento rígido, manifestado en fisuras, desprendimientos, deformaciones y pérdida de capacidad funcional, lo cual afecta negativamente la transitabilidad, la seguridad vial y la calidad del servicio ofrecido a los usuarios. Esta situación pone de relieve la necesidad de analizar de manera técnica y sistemática el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento, a fin de generar información confiable que contribuya a una mejor gestión de la infraestructura vial urbana.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo general determinar el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025. Para ello, se abordaron de manera específica las principales características del tráfico vehicular —volumen, velocidad, densidad y peso de los vehículos— y su impacto con el estado del pavimento, evaluado mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un nivel explicativo y un diseño no experimental de corte transversal, permitiendo analizar las variables sin manipularlas, a partir de observaciones directas realizadas en el área de estudio.

El contenido del informe de tesis se estructura en siete capítulos, organizados de manera lógica y coherente con el proceso de investigación. El Capítulo I: Problema de investigación expone el contexto y la descripción del problema, formula las preguntas de investigación, define los objetivos, justifica el estudio y presenta sus limitaciones y viabilidad. El Capítulo II: Marco teórico desarrolla los antecedentes internacionales, nacionales y

regionales, las bases teóricas y conceptuales que sustentan la investigación, así como las hipótesis, variables y su operacionalización. El Capítulo III: Metodología de la investigación describe el enfoque, tipo, nivel y diseño del estudio, además de la población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimientos de análisis y consideraciones éticas.

El Capítulo IV: Resultados presenta los hallazgos obtenidos, tanto desde el análisis descriptivo del estado del pavimento y las características del tráfico vehicular, como desde el análisis inferencial que permite contrastar las hipótesis planteadas. El Capítulo V: Discusión de resultados interpreta los hallazgos a la luz del marco teórico y de estudios previos, resaltando coincidencias, diferencias y aportes del estudio. Finalmente, el Capítulo VI: Conclusiones sintetiza los principales resultados en función de los objetivos de investigación, y el Capítulo VII: Recomendaciones propone medidas técnicas, estratégicas y prospectivas orientadas a la gestión del tránsito y al mantenimiento del pavimento, considerando el contexto urbano de la ciudad de Huánuco.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El presente capítulo expone los fundamentos que dan origen a la investigación y establece con claridad el marco desde el cual se aborda el análisis del impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en el jirón 28 de Julio, Huánuco - 2025. Para ello, se inicia con la descripción del problema, donde se presenta el contexto urbano y vial que enmarca la situación problemática, así como los principales elementos técnicos y empíricos que evidencian la necesidad de estudiar la interacción entre las condiciones del tránsito y el desgaste del pavimento. Esta sección permite comprender cómo se manifiesta el problema en la realidad local y cuáles son sus implicancias para la gestión vial.

Posteriormente, se desarrolla la formulación del problema, en la que se plantean las preguntas que orientan la investigación, comenzando por una interrogante general que sintetiza la relación central a analizar, seguida de las preguntas específicas que profundizan en cada una de las dimensiones del tráfico vehicular que podrían influir en el deterioro del pavimento. Estas interrogantes permiten delimitar con precisión la dirección metodológica del estudio.

En correspondencia con las preguntas planteadas, se presentan los objetivos de la investigación, que expresan de manera clara y verificable lo que se busca alcanzar. Se establece un objetivo general que integra la finalidad del estudio y se formulan objetivos específicos orientados a analizar cada uno de los factores del tráfico vehicular, permitiendo estructurar adecuadamente el proceso de recolección y análisis de datos.

A continuación, se expone la justificación de la investigación, donde se explica su relevancia teórica, práctica, metodológica y social. Esta sección fundamenta la pertinencia académica del estudio, su contribución a la mejora de la infraestructura vial urbana, la aplicabilidad de los métodos utilizados y la importancia de sus resultados para la comunidad y las autoridades locales.

Asimismo, se describen las limitaciones que podrían presentarse durante el desarrollo de la investigación, Estas limitaciones no invalidan la investigación, sino que permiten interpretar adecuadamente sus resultados.

Finalmente, se presenta la viabilidad del estudio, demostrando que se cuenta con las condiciones necesarias para su desarrollo, tales como disponibilidad de recursos, acceso al área de estudio, apoyo metodológico y factibilidad técnica.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El deterioro acelerado del pavimento en zonas urbanas densamente transitadas constituye un problema creciente que afecta la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad de la infraestructura vial. En el jirón 28 de Julio, una de las arterias principales de la ciudad de Huánuco, el incremento del tráfico vehicular en los últimos años ha generado un daño visible en la superficie de rodadura, expresado en fisuras, desprendimientos y pérdida de capacidad estructural. Esta situación afecta directamente la transitabilidad, incrementa los costos de operación vehicular y reduce la vida útil del pavimento, por lo que resulta necesario analizar cómo las características del tránsito contribuyen al deterioro observado.

A nivel internacional, diversos estudios evidencian la magnitud del problema del deterioro de pavimentos vinculado al tránsito. En España, Llopis-Castelló et al. (2020) reportaron que las cargas acumuladas y la frecuencia del tráfico reducen significativamente la vida útil de los pavimentos urbanos. En el Reino Unido, Sinanmis y Woods (2023) identificaron que la concentración de vehículos en carriles estrechos incrementa la formación de roderas y desgaste desigual. En Ecuador, Guadalupe et al. (2024) documentaron que el tránsito constante de vehículos ligeros y pesados acelera la aparición de grietas y fisuras. Asimismo, en Estados Unidos, Ho et al. (2021) señalaron que los pavimentos urbanos experimentan deterioros prematuros cuando los volúmenes de tránsito superan la capacidad de diseño. En México, la investigación de Hurtado (2009) mostró que los vehículos pesados producen impactos dinámicos que generan fisuración prematura. De igual manera, Ramírez y Torres (2022) en Colombia concluyeron que el

incremento del parque automotor ha duplicado la tasa de deterioro anual de pavimentos urbanos. Estos estudios confirman que el deterioro inducido por el tránsito es un fenómeno global cuya magnitud requiere respuestas técnicas y de gestión.

En el contexto peruano, el problema también se evidencia de forma marcada. En Lima, Velarde et al. (2020) identificaron que el incremento del tránsito urbano, junto con deficiencias en el control de cargas vehiculares, ha reducido la vida útil proyectada de numerosos pavimentos rígidos. En Cajamarca, Campos e Irigoín (2019) observaron que el aumento de camiones y buses, sumado a la falta de mantenimiento preventivo, generó un deterioro acelerado incluso en pavimentos relativamente recientes. En Cusco, Barrientos (2021) reportó que la densidad vehicular es uno de los principales factores predictivos de la aparición de fallas superficiales. En Huánuco, Picoy (2021) determinó que el alto flujo vehicular en el jirón Dos de Mayo ejerce una presión constante sobre la estructura del pavimento, reduciendo su durabilidad y nivel de servicio. Esta evidencia nacional muestra que las ciudades intermedias también sufren un deterioro vial acelerado, especialmente en calles con intensa actividad comercial y circulación permanente.

Diversos factores contribuyen directamente al problema observado en el jirón 28 de Julio. Entre ellos se encuentran el incremento del volumen vehicular, la presencia de transporte pesado en vías que no fueron diseñadas para soportar tales cargas, la reducción de velocidades por congestión y la densidad vehicular elevada en horas pico. Estos elementos generan esfuerzos repetitivos sobre la superficie del pavimento, incrementan la fatiga estructural y aceleran la aparición de fallas. Estudios como los de Llopis-Castelló et al. (2020), Hurtado (2009) y Ho et al. (2021) coinciden en que la magnitud de las cargas, el flujo constante y las condiciones operacionales del tránsito son determinantes en el deterioro prematuro.

Las consecuencias del deterioro del pavimento en este sector de Huánuco son diversas. A corto plazo, se incrementa la incomodidad del usuario, se reduce la seguridad vial y se generan mayores tiempos de viaje. A mediano plazo, el deterioro acumulado aumenta los costos de

mantenimiento para la municipalidad y los costos de operación vehicular para los usuarios. A largo plazo, la falta de intervención oportuna puede conducir a fallas estructurales de mayor magnitud, con la consecuente necesidad de rehabilitaciones costosas que afectan la sostenibilidad financiera de la infraestructura urbana. Tal como señalan Velarde et al. (2020) y Ramírez y Torres (2022), la ausencia de intervenciones preventivas y correctivas oportunas eleva significativamente los costos sociales y económicos.

Frente a esta problemática, diversas alternativas de solución han sido planteadas por la literatura especializada. Entre ellas destacan la medición y control de cargas vehiculares, el uso de herramientas de evaluación como el PCI para determinar el estado del pavimento, la implementación de sistemas de gestión del mantenimiento vial, la redistribución del tráfico para evitar sobrecarga de ciertas vías y el establecimiento de políticas de control de tránsito pesado en zonas urbanas. Asimismo, autores como Ho et al. (2021) y Guadalupe et al. (2024) recomiendan incorporar modelos de análisis de tránsito para identificar patrones que permitan optimizar las intervenciones y prolongar la vida útil del pavimento. En el caso del jirón 28 de Julio, la identificación precisa de cómo las características del tráfico contribuyen al deterioro del pavimento permitirá proponer estrategias técnicas y de gestión que mejoren la durabilidad de esta vía fundamental para la movilidad urbana de Huánuco.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

PE 1. ¿Cuál es el impacto del volumen vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?

PE 2. ¿Cuál es el impacto de la velocidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?

PE 3. ¿Cuál es el impacto de la densidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de

PE 4. ¿Cuál es el impacto del peso vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar cuál es el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE 1. Calcular el impacto del volumen vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

OE 2. Hallar el impacto de la velocidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

OE 3. Hallar el impacto de la densidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

OE 4. Hallar el impacto del peso vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La justificación de una investigación constituye el sustento que permite demostrar su pertinencia, relevancia y contribución dentro del campo científico

y del entorno donde se desarrolla. Según Tamayo y Tamayo (2004), toda investigación debe justificarse considerando dimensiones teóricas, prácticas, metodológicas y sociales, de manera que se evidencie su aporte al conocimiento, su utilidad para la solución de problemas, la validez de su enfoque y su impacto en la comunidad. Bajo este marco conceptual, la presente investigación sobre el impacto del tráfico vehicular y el deterioro del pavimento en el jirón 28 de Julio – Huánuco – 2025 se justifica desde cada una de estas perspectivas, permitiendo comprender la importancia de abordar esta problemática urbana que afecta la infraestructura vial, la movilidad y la calidad de vida de la población.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde el enfoque teórico, la investigación es pertinente porque se alinea con las líneas de estudio sobre infraestructura vial, movilidad urbana y sostenibilidad promovidas por la Universidad de Huánuco. El análisis del tráfico vehicular y su impacto en el deterioro del pavimento constituye un campo donde aún existen vacíos de conocimiento a nivel local, especialmente en ciudades intermedias como Huánuco, que presentan patrones de tránsito distintos a los de grandes metrópolis. Este estudio permitirá profundizar en la comprensión de cómo las características del tráfico afectan la durabilidad de los pavimentos urbanos, aportando evidencia contextualizada que contribuya a ampliar las bases conceptuales sobre gestión y conservación vial. Asimismo, se espera generar datos técnicos que permitan contrastar y complementar teorías existentes sobre el comportamiento de pavimentos sometidos a altos niveles de carga y congestión.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde el punto de vista práctico, el estudio ofrece beneficios directos para la gestión de la infraestructura vial en Huánuco. Los resultados permitirán identificar cómo las distintas características del tráfico vehicular influyen en el deterioro del pavimento del jirón 28 de Julio, lo cual servirá como base para diseñar estrategias más eficientes

de mantenimiento, optimizar la asignación de recursos públicos y prevenir fallas prematuras. Los principales beneficiarios serán las autoridades locales, los responsables de la planificación urbana y los equipos técnicos encargados del mantenimiento, pues contarán con insumos para tomar decisiones más informadas. Asimismo, la población se beneficiará indirectamente mediante mejoras en la transitabilidad, reducción de tiempos de viaje y mayor seguridad vial.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

En el aspecto metodológico, la investigación constituye un aporte porque aplica un enfoque combinado de evaluación del pavimento y análisis del tráfico vehicular, integrando herramientas que pueden servir de referencia para futuros tesis e investigadores de la carrera de Ingeniería Civil. La utilización de indicadores como el PCI y el análisis de variables de tráfico, así como el diseño metodológico relacional, ofrecen un esquema claro y replicable para estudios similares. Asimismo, la investigación incorpora procedimientos de recolección de datos y técnicas de análisis que pueden ser empleadas y perfeccionadas por otros investigadores, fortaleciendo la producción académica en el ámbito de la gestión vial y el análisis de infraestructura urbana.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Desde la dimensión social, el estudio contribuye a mejorar las condiciones de movilidad y bienestar en Huánuco, ya que un pavimento en mal estado afecta la seguridad de conductores y peatones, incrementa los costos de transporte y deteriora la calidad de vida urbana. La identificación de los factores que aceleran el deterioro del pavimento permitirá proponer medidas que reduzcan riesgos de accidentes, faciliten el desplazamiento cotidiano y promuevan una infraestructura vial más segura y sostenible. De este modo, la investigación aporta al desarrollo urbano ordenado y al bienestar de la comunidad, reforzando la importancia de contar con sistemas viales adecuados y resilientes.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron ciertas limitaciones que, aunque no comprometieron la validez del estudio, sí condicionaron el alcance de algunos resultados. Estas limitaciones fueron inherentes al contexto en el que se ejecutó el trabajo y respondieron principalmente a factores relacionados con la población de estudio, los recursos disponibles y el tiempo destinado para la recolección y análisis de la información. Reconocerlas permite comprender de manera más precisa el marco en el cual se obtuvieron los hallazgos y valorar adecuadamente el nivel de generalización y profundidad alcanzado por la investigación.

1.5.1. LIMITACIÓN RESPECTO A LA POBLACIÓN

La investigación se desarrolló en un único sector urbano —el jirón 28 de Julio en la ciudad de Huánuco— lo que restringió la posibilidad de generalizar los resultados a otras zonas con condiciones de tráfico y características viales distintas. Asimismo, la alta variabilidad del flujo vehicular según franjas horarias dificultó la obtención de mediciones homogéneas durante todo el periodo de estudio. Esta limitación se afrontó mediante la aplicación de técnicas de muestreo por horarios representativos y la realización de mediciones en varios días consecutivos, lo que permitió contar con datos suficientemente consistentes para el análisis. Aunque los hallazgos no pueden extrapolarse a toda la ciudad, sí ofrecen una caracterización precisa del comportamiento del pavimento en una vía crítica y altamente transitada

1.5.2. LIMITACIÓN RESPECTO AL COSTO

El estudio no contó con financiamiento externo, lo que inicialmente limitó la adquisición de equipos especializados y la posibilidad de incorporar tecnología avanzada para el registro continuo del tráfico y la evaluación instrumental del pavimento. Para superar esta restricción se emplearon herramientas disponibles en la institución y recursos propios, priorizando instrumentos de medición confiables y de uso común en estudios viales. Asimismo, se optimizó el uso de materiales y se

ajustaron los procedimientos de campo para garantizar la validez de los datos sin incrementar los costos operativos. Aunque este escenario redujo la profundidad técnica de algunos análisis, permitió desarrollar la investigación de manera eficiente y sostenible.

1.5.3. LIMITACIÓN RESPECTO AL TIEMPO

El cronograma establecido exigió completar las actividades de campo y gabinete en un periodo limitado, lo que redujo la posibilidad de realizar observaciones prolongadas o mediciones repetidas bajo diferentes condiciones climáticas y de tránsito. Esta restricción se abordó mediante una planificación detallada de las jornadas de trabajo, priorizando las horas de mayor flujo vehicular para asegurar la representatividad de los datos recolectados. La organización adecuada del tiempo permitió cumplir con los objetivos del estudio, aunque una investigación más prolongada habría permitido analizar variaciones estacionales del deterioro del pavimento.

1.5.4. LIMITACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló bajo delimitaciones metodológicas claramente definidas, orientadas a garantizar la coherencia entre los objetivos planteados, el enfoque de análisis y los instrumentos utilizados. En tal sentido, es importante precisar que no se evaluaron parámetros geotécnicos, tales como las características de la subrasante, el índice CBR, el módulo de reacción de la subrasante (k) ni las condiciones de drenaje del pavimento rígido. Estos parámetros corresponden a análisis de carácter estructural y de diseño del pavimento, propios de estudios mecanicista–empíricos o de ingeniería de diseño, los cuales no forman parte de los objetivos de la presente investigación.

El estudio se delimitó a un enfoque funcional–operacional, orientado a la evaluación del impacto de las características del tráfico vehicular, tales como el volumen, la velocidad, la densidad y el peso de los vehículos en el deterioro superficial observable del pavimento rígido

en servicio. Este enfoque permitió analizar el comportamiento del pavimento desde la perspectiva de su condición operativa y nivel de servicio, sin abordar su capacidad portante ni su desempeño estructural.

La delimitación adoptada resulta coherente con el diseño no experimental y el nivel explicativo de la investigación, y permite interpretar adecuadamente los resultados obtenidos, evitando extrapolaciones que excedan el alcance metodológico del estudio.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló bajo condiciones que garantizaron su ejecución adecuada, considerando aspectos relacionados con la población de estudio, los recursos disponibles y el tiempo asignado para su realización. Estos tres componentes permitieron confirmar que el estudio era factible y que podía llevarse a cabo sin comprometer la calidad del proceso metodológico ni la obtención de información suficiente para responder al problema planteado. La evaluación previa de estas condiciones y su gestión durante el desarrollo del trabajo aseguraron la continuidad de las actividades de campo, el análisis de datos y el cumplimiento de los objetivos establecidos.

1.6.1. VIABILIDAD RESPECTO A LA POBLACIÓN

La viabilidad del estudio en términos de población estuvo asegurada porque, al tratarse de una investigación observacional, se contó con una población amplia y continua de unidades de tránsito que permitió obtener un volumen suficiente de datos para el análisis. El jirón 28 de Julio presenta un flujo vehicular constante y diverso durante gran parte del día, lo cual generó una cantidad adecuada de observaciones para medir de manera representativa las características del tráfico y su impacto con el deterioro del pavimento. La magnitud del flujo vehicular registrado permitió trabajar con una muestra robusta y estadísticamente consistente, garantizando la validez del estudio y la pertinencia de los resultados obtenidos.

1.6.2. VIABILIDAD RESPECTO AL COSTO

El estudio fue viable desde el punto de vista financiero, ya que se desarrolló mediante autofinanciamiento, cubriendo los gastos asociados a la recolección de datos, traslados, materiales e instrumentos necesarios para las actividades de campo. Esta disponibilidad de recursos permitió ejecutar la investigación sin depender de financiamientos externos o institucionales, evitando retrasos y asegurando la continuidad del proceso investigativo. Si bien no se contó con equipos avanzados de alto costo, se optimizaron los recursos disponibles y se emplearon técnicas de medición confiables, lo que permitió mantener la calidad metodológica del estudio.

1.6.3. VIABILIDAD RESPECTO AL TIEMPO

La investigación también resultó viable en términos de tiempo, ya que se desarrolló dentro de un cronograma que permitió completar todas las etapas del proceso —planificación, trabajo de campo, procesamiento de datos y elaboración del informe— sin exceder los plazos establecidos para estudios de esta naturaleza. La dedicación constante al proyecto y la adecuada organización de las actividades posibilitaron cumplir con las tareas previstas, incluso considerando la necesidad de realizar mediciones en diferentes momentos del día para captar variaciones del tráfico vehicular. La gestión eficiente del tiempo contribuyó a garantizar la coherencia, consistencia y calidad de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo desarrolla los fundamentos conceptuales y teóricos que sustentan la investigación, proporcionando el marco de referencia necesario para comprender y analizar el impacto del tráfico vehicular y el deterioro del pavimento en el jirón 28 de Julio. En primer lugar, se presentan los antecedentes, que reúnen estudios previos relevantes y permiten reconocer los avances, limitaciones y enfoques metodológicos utilizados en investigaciones similares. Luego, se abordan las bases teóricas, donde se explican los principios, modelos y enfoques que sustentan el comportamiento del pavimento y las características del tráfico vehicular. A continuación, se exponen las bases conceptuales, en las que se definen con claridad los términos fundamentales empleados a lo largo del estudio. Seguidamente, se formulan las hipótesis, derivadas de las variables analizadas. De igual manera, se describen las variables de investigación, precisando su naturaleza, dimensiones y relaciones. Finalmente, se presenta la operacionalización de las variables, detallando los indicadores, técnicas e instrumentos utilizados para medir cada componente del estudio. Todo ello permite asegurar coherencia metodológica y solidez en el análisis realizado.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Matondang et al. (2024) realizaron una investigación titulada “Evaluación de la condición del pavimento rígido mediante el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el tramo vial Denai–Mandala Bypass de la ciudad de Medan”. Presentada en la Universidad de Samudra- Indonesia. Estuvo orientada a evaluar la condición funcional del pavimento rígido mediante el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index – PCI) en el tramo Denai–Mandala Bypass de la ciudad de Medan, Indonesia. El estudio se desarrolló en un contexto urbano, bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con nivel descriptivo–evaluativo y diseño no experimental, transversal y de campo,

empleando inspecciones visuales sistemáticas conforme a la norma ASTM D6433. La muestra estuvo constituida por aproximadamente 2.2 km de pavimento rígido, subdivididos en unidades muestrales de losas consecutivas seleccionadas mediante muestreo sistemático. Los resultados evidenciaron la presencia de deterioros característicos del concreto Portland, destacando fisuras lineales, fallas en juntas, parcheos, fisuras por contracción, escalonamientos y pulimiento de agregados. El análisis del PCI permitió determinar un valor promedio de 78.53 para el tramo Denai, clasificado como satisfactory, y de 89.93 para el tramo Mandala Bypass, clasificado como good, recomendándose mantenimiento periódico y rutinario, respectivamente.

Este antecedente aporta de manera directa a la presente investigación, al validar el uso del PCI como instrumento adecuado para evaluar el deterioro funcional del pavimento rígido en vías urbanas y demostrar que la condición superficial del pavimento puede analizarse de forma objetiva sin recurrir a parámetros estructurales. Asimismo, refuerza el enfoque funcional–operacional adoptado en el estudio desarrollado en Huánuco y sustenta la pertinencia de analizar la causalidad entre el tráfico vehicular y el deterioro observable del pavimento rígido.

Solorio et al. (2023), en el artículo científico titulado “Estado actual en el desarrollo de modelos de deterioro de pavimentos”, Presentado al Instituto Mexicano del Transporte (IMT), tuvo como objetivo analizar los modelos tradicionales, mecanicistas–empíricos y métodos avanzados empleados en la predicción del deterioro de pavimentos. La investigación se desarrolló con enfoque documental, diseño técnico–analítico y nivel descriptivo–explicativo, basado en la revisión sistemática de información especializada, sin trabajar con población ni muestra empírica, sino con datos técnicos recopilados de instituciones viales y publicaciones científicas. Los resultados evidenciaron que los modelos predictivos más utilizados continúan siendo los tradicionales, identificándose un uso limitado de métodos avanzados como la lógica difusa, análisis bayesiano y redes neuronales. Los autores concluyeron

que es necesario fortalecer las bases de datos y las capacidades institucionales para aplicar modelos predictivos más robustos en la gestión del pavimento.

Este antecedente aporta a la presente investigación al proporcionar referentes conceptuales sobre variables relacionadas con el deterioro vial, especialmente aquellas asociadas a las características del tránsito, lo cual orienta la selección de indicadores para el análisis del deterioro del pavimento.

Alonso (2022), en el artículo científico titulado “Análisis de la deformación y deterioros en pavimentos de carreteras debido al tráfico de vehículos pesados autónomos mediante modelos de elementos finitos”. Presentada a la Universitat Politècnica de València- España, tuvo como propósito evaluar el comportamiento estructural del pavimento ante cargas dinámicas producidas por vehículos pesados autónomos. El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, con diseño experimental y nivel descriptivo, empleando simulaciones por elementos finitos en lugar de una población y muestra física, utilizando modelos computacionales para reproducir el efecto repetitivo del tránsito pesado sobre la estructura del pavimento. Los resultados mostraron patrones definidos de deformación superficial y fallas internas progresivas validadas mediante simulaciones sucesivas, demostrando que la intensidad y magnitud de las cargas generan deterioros anticipados en la losa. El autor concluyó que los modelos aplicados permiten predecir de manera confiable la degradación del pavimento frente a nuevas condiciones de transporte automatizado.

La pertinencia de este antecedente para la presente investigación radica en que sustenta la incidencia del peso vehicular en la pérdida de capacidad estructural del pavimento, reforzando conceptualmente la variable “tráfico vehicular” y la importancia de evaluar su efecto en el deterioro vial observado en el jirón 28 de Julio.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Atoccsa Cruz (2023), en su estudio titulado “Evaluación superficial del pavimento rígido empleando la metodología del PCI en la avenida Núñez del distrito de Abancay”, Presentado en la Universidad Tecnológica de los Andes- Apurímac. Tuvo como objetivo determinar la condición funcional del pavimento rígido de concreto Portland en una vía urbana principal de la ciudad de Abancay, departamento de Apurímac. El estudio se abordó bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con nivel descriptivo y diseño no experimental, transversal y de campo, utilizando el Índice de Condición del Pavimento (PCI) conforme a los lineamientos de la norma ASTM D6433. La muestra estuvo conformada por el pavimento rígido de la avenida Núñez, específicamente entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, subdividido en ocho unidades de muestreo. A través de inspecciones visuales sistemáticas se identificaron deterioros característicos del pavimento rígido, tales como pulimiento de superficie, grietas longitudinales, descascaramiento de juntas, desnivel carril/berma, grietas de esquina, descascaramiento de esquina y parcheos. El análisis del PCI arrojó un valor promedio de 39.30, clasificando al pavimento en un estado malo, lo que evidenció la necesidad de intervenciones de mantenimiento y rehabilitación para restituir su nivel de servicio.

Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que valida la aplicación del método PCI como herramienta adecuada para evaluar el deterioro funcional del pavimento rígido en vías urbanas del contexto peruano. Asimismo, refuerza el enfoque funcional–operacional adoptado en el estudio desarrollado en Huánuco, al demostrar que la inspección visual sistemática permite diagnosticar objetivamente la condición superficial del pavimento sin recurrir a análisis estructurales, constituyéndose en un referente metodológico comparable a la investigación en curso.

Chuquimango (2021), desarrolló una investigación titulada “Aplicación del método del índice de condición del pavimento para el

análisis superficial del estado actual del pavimento rígido en la avenida La Paz, de la cuadra 05 a la cuadra 11 de la provincia de Cajamarca”. Presentado en la Universidad Nacional de Cajamarca. Tuvo como objetivo evaluar la condición funcional del pavimento rígido de concreto Portland en un tramo urbano de la ciudad de Cajamarca, Perú, mediante la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), conforme a la norma ASTM D6433. El estudio se abordó bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con nivel descriptivo y diseño no experimental, transversal y de campo. La muestra estuvo constituida por el pavimento rígido comprendido entre las cuadras 5 y 11 de la avenida La Paz, subdividido en unidades de muestreo evaluadas mediante inspección visual sistemática. Los resultados evidenciaron la presencia de diversas patologías características del pavimento rígido, tales como fisuras longitudinales y transversales, grietas de esquina, pulimiento de agregados, descascaramiento de juntas y parcheos, obteniéndose un valor promedio de PCI de 51.42, que permitió clasificar el pavimento en un estado regular.

Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que, valida el uso del PCI como instrumento metodológico adecuado para la evaluación del deterioro funcional del pavimento rígido en vías urbanas del contexto peruano, y respalda el enfoque funcional–operacional adoptado en el estudio desarrollado en la ciudad de Huánuco.

Delgado (2021) desarrolló la investigación titulada “Relación entre el nivel de tránsito y el deterioro del pavimento flexible de la Av. Guardia Civil, distrito de Chorrillos – 2021”. Presentada a la Universidad Privada del Norte, sede Lima, tuvo como objetivo determinar el grado de asociación entre el volumen de tránsito y el estado del pavimento flexible urbano. El estudio se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel correlacional y diseño no experimental transversal. La población estuvo constituida por toda la avenida evaluada, mientras que la muestra se definió en el tramo comprendido entre la Av. Huaylas y el Óvalo Los Cedros, seleccionado por presentar mayor exposición al flujo

vehicular. Para la recolección de datos se emplearon fichas del método PCI, registros fotográficos y aforos vehiculares diferenciados según tipo de vehículo, horario e intensidad del tránsito; posteriormente, la información fue analizada mediante estadística descriptiva y correlacional para determinar la magnitud de la relación entre ambas variables. Los resultados revelaron la presencia de fisuras longitudinales y transversales, baches, desprendimiento de agregados y deformaciones, especialmente en zonas con alto tránsito pesado, obteniéndose un PCI promedio de 42 que clasificó el pavimento en condición “regular”. El análisis estadístico confirmó una relación significativa entre el nivel de tránsito y el deterioro del pavimento, demostrando que el incremento de camiones y buses acelera el desgaste superficial y reduce la vida útil de la vía.

Este antecedente refuerza el criterio de que mayores niveles de tránsito conllevan un deterioro más pronunciado, aportando evidencia útil para investigaciones que buscan correlacionar tráfico y degradación estructural del pavimento.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Leandro (2024) desarrolló la tesis titulada; “Diagnóstico del pavimento rígido de la avenida Juan Velasco Alvarado aplicando el método PCI, distrito de Pillco Marca – Huánuco”. Presentado en la Universidad de Huánuco. Tuvo como objetivo evaluar la condición superficial del pavimento rígido de concreto Portland en una vía urbana de alta importancia funcional para la ciudad de Huánuco. El estudio se ejecutó bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con nivel descriptivo y diseño no experimental, transversal y de campo, empleando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) conforme a los lineamientos de la norma ASTM D6433. La muestra estuvo conformada por la totalidad de la avenida Juan Velasco Alvarado, con una longitud aproximada de 3.22 km, subdividida en 14 unidades de muestreo. Mediante inspecciones visuales sistemáticas se identificaron fallas típicas del pavimento rígido, tales como grietas de esquina, grietas

transversales, losa dividida, pulimiento de agregados, defectos en juntas y parcheos. El procesamiento de la información permitió determinar un valor promedio de PCI de 87.29, clasificando el pavimento en un estado excelente, aunque con evidencias de deterioro incipiente que podrían afectar su vida útil si no se aplican medidas preventivas de mantenimiento.

Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que se desarrolla en un contexto geográfico cercano y emplea la misma metodología de evaluación funcional del pavimento rígido mediante el PCI. Asimismo, respalda el enfoque funcional–operacional adoptado en el estudio, demostrando que la inspección visual sistemática constituye una herramienta válida para diagnosticar el deterioro superficial del pavimento rígido en vías urbanas de Huánuco y sustentar decisiones de mantenimiento oportuno.

Castro (2023), en su investigación titulada “Determinación de las condiciones del deterioro del pavimento rígido, mediante el método PCI y volumen de tránsito en las vías perimetrales del Mercado Modelo de Huánuco”. Presentado en la Universidad de Huánuco. Desarrolló una investigación aplicada en la ciudad de Huánuco, con el objetivo de evaluar el deterioro funcional del pavimento rígido y analizar su relación con el volumen de tránsito en un entorno urbano de alta congestión vehicular. El estudio se ejecutó bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con nivel descriptivo–relacional y diseño no experimental, transversal y de campo, empleando como principal herramienta el Índice de Condición del Pavimento (PCI), conforme a la norma ASTM D6433. La muestra estuvo constituida por los tramos de pavimento rígido correspondientes a los jirones que conforman las vías perimetrales del Mercado Modelo de Huánuco, incluyendo sectores de alta demanda vehicular. A través de inspecciones visuales sistemáticas, se identificaron y cuantificaron diversos tipos de fallas características del concreto Portland, tales como fisuras, descascaramientos, bombeo, escalonamientos y defectos en juntas. Los resultados del PCI evidenciaron que una proporción significativa de las losas evaluadas se

encontraba en condiciones fallado y muy malo, mientras que un menor porcentaje presentó estados bueno y muy bueno, reflejando un deterioro funcional asociado al intenso volumen de tránsito registrado en la zona.

Este antecedente resulta altamente pertinente para la presente investigación, debido a que se desarrolla en el mismo contexto geográfico (Huánuco) y emplea una metodología similar basada en el PCI y variables de tráfico vehicular. Asimismo, refuerza la validez del enfoque funcional–operacional adoptado en el estudio, al demostrar que el análisis del deterioro superficial del pavimento rígido permite identificar zonas críticas y sustentar decisiones de mantenimiento vial en áreas urbanas con alta presión vehicular.

2.2. BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas constituyen el sustento conceptual que orienta la comprensión del fenómeno estudiado y permiten interpretar de manera rigurosa: tráfico vehicular y el deterioro del pavimento en el jirón 28 de Julio. En este apartado se presentan dos perspectivas teóricas complementarias. La primera es una teoría de carácter general, que explica el comportamiento global del pavimento y los mecanismos mediante los cuales se producen sus fallas estructurales y funcionales. La segunda es una teoría específica vinculada al campo de la ingeniería vial, que profundiza en el efecto de las cargas repetitivas y la fatiga acumulada generada por el tránsito, proporcionando un marco analítico para entender cómo las variaciones en el volumen y tipo de vehículos aceleran la degradación del pavimento. Ambas teorías permiten sustentar de manera sólida el problema formulado, fundamentar la elección de las variables e indicadores de estudio y orientar la interpretación de los resultados obtenidos en la investigación.

2.2.1 TEORÍA GENERAL: Teoría de la degradación de Pavimentos

(i) Fundamento conceptual de la teoría

La teoría de la degradación de pavimentos explica el proceso mediante el cual una estructura vial pierde gradualmente su capacidad funcional y estructural como consecuencia de la acción combinada del

tránsito, las propiedades de los materiales, las condiciones ambientales y el envejecimiento propio de la infraestructura. Desde esta perspectiva, el pavimento no debe entenderse como una estructura estática, sino como un sistema sometido permanentemente a sollicitaciones mecánicas y ambientales que producen una reducción progresiva de su desempeño.

Huang (2004) sostiene que el deterioro del pavimento responde al comportamiento mecánico de un sistema multicapa sometido a cargas repetidas, en el cual las tensiones, deformaciones y deflexiones inducidas por el tránsito generan respuestas acumulativas que, con el tiempo, se traducen en fallas visibles y pérdida de capacidad estructural. En la misma línea, Ullidtz (1998) explica que la degradación se manifiesta como una evolución del daño, donde las capas del pavimento experimentan fatiga, deformación permanente, agrietamiento y deterioro superficial según la intensidad del tránsito y la calidad del diseño y construcción.

Desde una perspectiva funcional, Shahin (2005) señala que el deterioro del pavimento puede analizarse como una pérdida progresiva de la condición de servicio, expresada en fallas observables como fisuras, desprendimientos, deformaciones, baches y fallas de borde. Esta visión resulta especialmente importante porque vincula el deterioro no solo con la respuesta estructural interna, sino también con los efectos que se perciben en la operación vial, la comodidad del usuario y la seguridad del tránsito.

Por su parte, Yoder y Witczak (1975) sostienen que la degradación del pavimento se origina cuando la demanda impuesta por las cargas de tránsito supera, de forma acumulativa, la capacidad resistente de los materiales que componen la estructura. Ello significa que el deterioro no necesariamente surge por una sola carga extraordinaria, sino por la repetición continua de esfuerzos que producen fatiga y pérdida de cohesión interna. Complementariamente, Haas, Hudson y Zaniewski (1994) señalan que la degradación vial debe entenderse dentro del ciclo de vida del pavimento, donde la condición

inicial disminuye gradualmente hasta requerir mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción.

Otro componente central de esta teoría es el papel del ambiente. De acuerdo con Kerali, Odoki y Stannard (2000), la humedad, la infiltración de agua, las variaciones térmicas y el envejecimiento de los materiales aceleran el deterioro al debilitar las capas estructurales y aumentar su vulnerabilidad frente a las cargas vehiculares. Aunque en vías urbanas el tránsito suele ser el factor más visible, la degradación real es el resultado de una interacción entre carga, tiempo, materiales y entorno.

En síntesis, el fundamento conceptual de esta teoría radica en que el pavimento se degrada de manera progresiva y acumulativa porque está sometido a acciones repetidas que alteran sus propiedades mecánicas y funcionales. Por ello, el deterioro no debe ser interpretado como un hecho aislado, sino como la manifestación visible de procesos internos de daño que evolucionan con el tiempo.

(ii) Principales aportes en el campo de la ingeniería civil

La teoría de la degradación de pavimentos ha realizado aportes fundamentales a la ingeniería civil, particularmente en el diseño, evaluación, conservación y gestión de infraestructura vial. Uno de sus principales aportes consiste en haber permitido comprender que el pavimento posee una vida útil condicionada por el tránsito y por el entorno, lo que hizo posible pasar de enfoques meramente correctivos a enfoques preventivos y de gestión del ciclo de vida.

En el campo del diseño vial, esta teoría permitió consolidar criterios estructurales que consideran el efecto acumulado de las cargas de tránsito sobre las diferentes capas del pavimento. Huang (2004) resalta que el análisis del pavimento desde una perspectiva mecanicista hizo posible relacionar tensiones y deformaciones con modos de falla específicos, mejorando la capacidad predictiva del diseño. Esto ha sido decisivo para establecer espesores, seleccionar materiales y prever el comportamiento del pavimento frente al tránsito esperado.

En la gestión vial, la teoría ha sido igualmente trascendente porque sustenta el uso de indicadores de condición para cuantificar el deterioro. Shahin (2005) explica que la evaluación sistemática del pavimento permite transformar observaciones visuales en información técnica útil para priorizar intervenciones. En esa lógica se sitúa el PCI, que se apoya justamente en la idea de que la degradación es medible a partir de la severidad, tipo y extensión de las fallas superficiales.

Asimismo, esta teoría ha contribuido al desarrollo de los sistemas de gestión de pavimentos, los cuales permiten planificar mantenimiento en función del comportamiento esperado de la infraestructura. Haas et al. (1994) destacan que el conocimiento de la curva de deterioro de un pavimento ayuda a intervenir en el momento óptimo, evitando que pequeñas fallas evolucionen hacia daños estructurales de mayor costo. Este aporte es particularmente valioso en contextos de recursos limitados, donde la eficiencia en la conservación vial resulta crucial.

Desde la perspectiva de la ingeniería urbana, la teoría también ha permitido demostrar que no todas las vías se deterioran de la misma manera, ya que el proceso depende del tipo de tránsito, la frecuencia de uso, la presencia de vehículos pesados, la operación en horas pico y las condiciones geométricas de la vía. Yoder y Witczak (1975) ya advertían que el tránsito repetitivo sobre estructuras insuficientes acelera la pérdida de desempeño. Esta idea sigue plenamente vigente en el análisis de calles urbanas con elevada carga operacional.

Finalmente, esta teoría aporta una base científica para vincular el deterioro con decisiones de política pública y planificación vial. Al demostrar que el daño no es aleatorio, sino atribuible a factores identificables, la ingeniería civil puede sustentar técnicamente medidas como control de cargas, redistribución del tránsito, mantenimiento preventivo y priorización de corredores críticos.

(iii) Relación directa con el problema de investigación

La relación de esta teoría con la presente investigación es directa y sustancial, porque el estudio busca precisamente explicar cómo el

tráfico vehicular influye en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco. La teoría de la degradación de pavimentos permite comprender que el deterioro observado en esta vía no es un fenómeno casual ni exclusivamente atribuible al paso del tiempo, sino el resultado de la interacción continua entre la estructura del pavimento y las solicitaciones que impone el tránsito.

En el caso específico del jirón 28 de Julio, la vía soporta un flujo vehicular constante, con variaciones de volumen, velocidad, densidad y peso vehicular. Desde la teoría revisada, estas variables representan factores de demanda que inducen esfuerzos repetitivos sobre el pavimento, generando un proceso de degradación progresiva. Por tanto, la investigación se ubica claramente dentro del marco explicativo que esta teoría proporciona: identificar cómo ciertas características del tránsito aceleran la pérdida de condición del pavimento.

Además, la teoría justifica el uso del PCI como indicador del estado del pavimento, pues este índice traduce en términos cuantificables la degradación funcional observada en superficie. Así, el estudio no solo se apoya en una teoría que explica por qué se deteriora el pavimento, sino también en un método coherente para medir ese deterioro.

En consecuencia, la teoría de la degradación de pavimentos brinda el soporte general para interpretar que una mayor intensidad de tránsito, una mayor concentración vehicular y una mayor presencia de cargas generan un deterioro más acelerado de la infraestructura vial. Esa premisa es plenamente congruente con el problema general de la investigación y con la lógica de sus objetivos específicos.

2.2.2 TEORÍA ESPECÍFICA: Teoría del daño acumulado por Cargas Repetitivas (Teoría de Miner)

(i) Fundamento conceptual de la teoría

La teoría del daño acumulado por cargas repetitivas, conocida como Ley de Miner, constituye uno de los fundamentos más influyentes en el análisis de fatiga de materiales y estructuras sometidas a esfuerzos cíclicos. Su planteamiento central sostiene que un material no falla únicamente cuando una carga individual supera su resistencia máxima, sino también cuando cargas repetidas, incluso de menor magnitud, van acumulando daño interno hasta alcanzar un estado crítico de falla.

Miner (1945) formuló este principio al establecer que la fatiga acumulada puede expresarse como la suma de las fracciones de vida consumida por cada nivel de carga. En términos simples, cada aplicación de carga consume una porción de la capacidad resistente del material; cuando la suma de esas porciones alcanza el valor unitario, ocurre la falla. Esta teoría se transformó en una herramienta fundamental para explicar fenómenos de deterioro progresivo en estructuras sometidas a esfuerzos repetitivos.

En ingeniería de pavimentos, esta teoría encontró una aplicación especialmente relevante porque las estructuras viales están sometidas a millones de repeticiones de carga a lo largo de su vida útil. Cada vehículo que circula sobre el pavimento induce esfuerzos y deformaciones que, de manera aislada, podrían parecer admisibles; sin embargo, su repetición constante produce fatiga estructural. Huang (2004) explica que el agrietamiento por fatiga en pavimentos responde justamente a ese mecanismo: la acumulación progresiva de microdaños en las capas hasta que éstos se manifiestan como fallas visibles.

La teoría también se relaciona estrechamente con el concepto de carga equivalente. AASHTO (1993) consolidó el uso de ejes equivalentes de 18 kip o ESAL para convertir diferentes configuraciones de carga vehicular en una medida uniforme del efecto destructivo del tránsito. Esto representa una aplicación práctica del principio de daño acumulado, pues reconoce que no todos los vehículos generan el mismo nivel de deterioro y que el efecto total depende de la suma acumulada de sus cargas equivalentes.

Por otra parte, Papagiannakis y Masad (2008) indican que la fatiga en pavimentos debe comprenderse como un fenómeno progresivo que depende tanto de la magnitud del esfuerzo como del número de repeticiones. Esta perspectiva amplía la teoría de Miner al contexto vial, mostrando que el daño estructural aumenta con el tránsito repetido y que el pavimento puede perder desempeño aun sin experimentar eventos extremos. De modo semejante, Mamlouk y Zaniewski (2011) destacan que el comportamiento de los pavimentos frente a cargas cíclicas exige considerar la naturaleza acumulativa del daño, especialmente en vías urbanas sometidas a cargas frecuentes y tránsito mixto.

Por tanto, el fundamento conceptual de esta teoría reside en la idea de que la estructura del pavimento consume progresivamente su vida útil debido a la reiteración de cargas vehiculares. Así, el deterioro es la expresión acumulada del efecto mecánico del tránsito a lo largo del tiempo.

(ii) Principales aportes en el campo de la ingeniería civil

La teoría de Miner ha realizado aportes decisivos a la ingeniería civil porque proporcionó una base analítica para comprender y cuantificar la fatiga estructural. Uno de sus aportes más importantes es haber permitido pasar de una visión estática de la resistencia de materiales a una visión dinámica, en la que la repetición de esfuerzos se convierte en una variable determinante del desempeño estructural.

En ingeniería de pavimentos, esta teoría permitió sustentar el concepto de vida a fatiga, entendido como el número de repeticiones de carga que un pavimento puede soportar antes de presentar falla estructural significativa. Huang (2004) señala que este enfoque es esencial para predecir el desempeño de pavimentos bajo tránsito real, pues vincula la respuesta mecánica del material con el número esperado de aplicaciones de carga.

Otro aporte importante es la posibilidad de estimar el efecto destructivo diferencial de los vehículos. AASHTO (1993) demostró que las cargas por eje no afectan linealmente al pavimento, sino que

pequeños incrementos en el peso pueden generar incrementos desproporcionadamente altos en el daño estructural. Este principio ha sido clave para el control de cargas, el diseño de espesores y la justificación técnica de restricciones a vehículos pesados en determinados corredores.

La teoría también fortaleció el desarrollo de métodos de diseño y evaluación basados en desempeño. Papagiannakis y Masad (2008) subrayan que la consideración del daño acumulado permite diseñar estructuras más realistas, porque integra el tránsito esperado durante la vida útil del pavimento. En términos de conservación vial, esto resulta esencial para anticipar cuándo una vía pasará de una condición aceptable a una condición crítica.

En el ámbito urbano, uno de los aportes más significativos es haber demostrado que el deterioro no depende únicamente del número de vehículos, sino de la combinación entre frecuencia, tipo de vehículo, carga por eje y condiciones de operación. Esto tiene profundas implicancias para la ingeniería civil, ya que obliga a analizar no solo el volumen vehicular, sino también el peso y la composición del tránsito cuando se evalúa el desgaste de una vía.

Finalmente, esta teoría ha servido como sustento técnico para las políticas de mantenimiento preventivo, gestión de sobrecargas y priorización de intervenciones. Al demostrar que el daño es acumulativo y medible, brinda criterios objetivos para decidir cuándo intervenir una vía antes de que el deterioro se vuelva económicamente más costoso.

(iii) Relación directa con el problema de investigación

La teoría del daño acumulado por cargas repetitivas se vincula de manera directa con el problema de investigación porque permite explicar el mecanismo específico mediante el cual el tráfico vehicular genera deterioro en el pavimento del jirón 28 de Julio. Mientras la teoría general de degradación de pavimentos ofrece un marco amplio sobre la pérdida progresiva de condición, la teoría de Miner proporciona el fundamento

específico para comprender por qué las cargas repetidas del tránsito producen fatiga y daño estructural acumulado.

En la presente investigación, variables como el volumen vehicular, la densidad vehicular y, sobre todo, el peso vehicular, representan expresiones operativas del número y magnitud de las cargas que actúan sobre la vía. Desde la teoría de Miner, cada vehículo que transita sobre el pavimento consume una fracción de su vida útil; por ello, cuando la circulación es constante y existen vehículos de mayor carga, el deterioro tiende a intensificarse. Esta lógica explica por qué el tránsito no debe evaluarse solo como cantidad de vehículos, sino como fuente acumulativa de daño.

Asimismo, la teoría se relaciona directamente con el uso de ESAL en la investigación, pues este indicador traduce el efecto de diferentes cargas vehiculares en términos comparables de daño estructural. De este modo, la teoría de Miner no solo respalda conceptualmente la variable “peso vehicular”, sino también el procedimiento técnico mediante el cual se estima su incidencia en el deterioro del pavimento.

En el contexto de las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio, donde existe circulación continua en un entorno urbano de alta demanda, esta teoría permite sustentar que la repetición diaria de cargas, aun cuando muchas de ellas no sean extremas de manera individual, genera un proceso de daño acumulado que se manifiesta en fisuras, desprendimientos, deformaciones y pérdida de condición del pavimento. En consecuencia, la teoría de Miner constituye el soporte específico más pertinente para explicar la causalidad planteada en el estudio entre tráfico vehicular y deterioro del pavimento.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1 FLUJO VEHICULAR

Es la combinación del Volumen vehicular, velocidad vehicular y la densidad vehicular (Transportation Research Board, 2010).

2.3.1.1. Volumen vehicular

El volumen vehicular es la cantidad de vehículos que pasan por un punto específico de una vía durante un intervalo de tiempo determinado, generalmente expresado en vehículos por hora (veh/h) (Transportation Research Board, 2010).

2.3.1.2. Velocidad vehicular

La velocidad vehicular es la distancia recorrida por un vehículo en una unidad de tiempo, y constituye un indicador fundamental del desempeño del flujo de tránsito (Transportation Research Board, 2010).

2.3.1.3. Densidad vehicular

La densidad vehicular es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de la vía en un momento determinado, generalmente expresado en vehículos por kilómetro (veh/km) (Transportation Research Board, 2010).

2.3.1.4. Peso vehicular

El peso vehicular corresponde a la carga total que un vehículo transmite al pavimento a través de sus ejes, siendo un factor determinante en el deterioro estructural de la vía (AASHTO, 1993).

2.3.2 DETERIORO DEL PAVIMENTO

El deterioro del pavimento es el proceso mediante el cual la superficie y estructura del pavimento experimentan una pérdida progresiva de sus condiciones funcionales y estructurales debido a la acción del tránsito y factores ambientales (ASTM International, 2020).

2.3.2.1. Fisuración

La fisuración es la aparición de grietas en la superficie del pavimento como resultado de esfuerzos repetitivos, fatiga estructural o contracciones térmicas (ASTM International, 2020).

2.3.2.2. Desprendimiento

El desprendimiento es la pérdida de material superficial del pavimento, generalmente asociada al desgaste por tráfico o a la degradación del ligante (ASTM International, 2020).

2.3.2.3. Deformación

La deformación es el cambio permanente en la forma del pavimento, causado por cargas vehiculares que superan la capacidad estructural de sus capas (AASHTO, 1993).

2.3.2.4. Índice de condición del pavimento (PCI)

El PCI es un indicador numérico que evalúa la condición funcional del pavimento en una escala de 0 a 100, basado en la severidad y extensión de las fallas observadas en la superficie (ASTM International, 2020). El estado del pavimento se interpreta según la escala estándar que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Condición del pavimento según el PCI

Rango PCI	Condición del pavimento
85 – 100	Excelente
70 – 84	Satisfactorio (Good)
55 – 69	Regular (Fair)
40 – 54	Malo (Poor)
25 – 39	Muy malo (Very Poor)
10 – 24	Grave (Serious)
0 – 9	Fallado (Failed)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis Alternativa (H_a): El tráfico vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

Hipótesis Nula (H_0G): El tráfico vehicular no influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis Específica 1.

H_{a1} : El volumen vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

H_{01} : El volumen vehicular no influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

Hipótesis Específica 2.

H_{a2} : La velocidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

H_{02} : La velocidad vehicular no influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

Hipótesis Específica 3.

H_{a3} : La densidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

H_{03} : La densidad vehicular no influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

Hipótesis Específica 4.

H_{a4} : El peso vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

H₀₄: El peso vehicular no influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTE

- Tráfico vehicular

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Deterioro del Pavimento

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La Tabla 2 presenta la operacionalización de las variables

Tabla 2

Cuadro de operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Unidades de medida	Tipo de Variable	Escala	Instrumentos de recolección de datos
<u>Variable independiente</u> Tráfico vehicular	El tráfico vehicular se define como el movimiento de vehículos a lo largo de las vías públicas, que se ve influenciado por diversos factores como la demanda de transporte, la infraestructura vial y las condiciones ambientales (Cal Y Mayor y Cárdenas, 2018)	En términos operacionales, el tráfico vehicular puede ser medido a través de sus dimensiones como el volumen de vehículos por unidad de tiempo, la velocidad promedio de circulación, carga vehicular y la densidad vehicular (número de vehículos por kilómetro) (Cal Y Mayor y Cárdenas, 2018)	Volumen Vehicular	Vehículos/hora (veh/h)	Cuantitativa	De razón, continua	Filmadora, formato de registro (Anexo B1)
			Velocidad Vehicular	Kilómetros/hora	Cuantitativa	De razón, continua	GPS Formato de registro (Anexo B2)
			Densidad Vehicular	Vehículos/kilómetros (veh/km)	Cuantitativa	De razón, continua	Formato de Registro (Anexo B1)
			Peso Vehicular	ESAL (ejes equivalentes de 80 kN)	Cuantitativa	De razón, continua	Formato de registro (Anexo B1)

<u>Variable Dependiente</u>	Se refiere al proceso de degradación de la superficie y la estructura de las vías urbanas por el tráfico vehicular, las condiciones climáticas, y el tiempo (Llopis y Pérez, 2018)	Operacionalmente, el deterioro de pavimento urbano puede ser evaluado mediante el uso de índices de condición del pavimento (PCI), que determina la tipología, cuantifican la severidad y la Densidad de los daños presentes (McGhee, 2006)	Tipo de patología	Del 1 (Deformaciones por expansión) al 19 (Fisuras por contracción y agrietamiento)	Cualitativa	Nominal, politómica	Ficha de Registro del método PCI
Deterioro del Pavimento			Severidad de patología	Baja- Media- Alta	Cualitativa	Ordinal, politómica	Ficha de Registro del método PCI
			Densidad de los daños	Porcentaje (%)	Cuantitativa	De razón, continua	Ficha de Registro del método PCI

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El presente capítulo expone de manera detallada el método utilizado para desarrollar la investigación, precisando las estrategias y procedimientos técnicos que permitieron abordar el problema planteado y contrastar las hipótesis formuladas. En primer lugar, se describen el tipo, el enfoque, el nivel y el diseño de investigación adoptados, los cuales orientan la estructura metodológica del estudio. Posteriormente, se presentan la población y la muestra consideradas, así como los criterios aplicados para su delimitación. Seguidamente, se explican las técnicas y los instrumentos empleados para la recolección de datos, asegurando la validez y confiabilidad de la información obtenida. Asimismo, se detallan las técnicas de procesamiento y análisis de datos, tanto en su componente estadístico como en el análisis descriptivo correspondiente. Finalmente, se abordan los aspectos éticos que guiaron el desarrollo del estudio, garantizando la integridad académica, la transparencia metodológica y el respeto por las normativas institucionales. De esta manera, la metodología sustenta rigurosamente los procedimientos que hicieron posible el desarrollo y la interpretación de los resultados obtenidos.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo aplicada debido a que no se limita únicamente a generar conocimiento teórico, sino que busca resolver un problema práctico y verificable en un contexto real, como es el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio, evaluando el tráfico vehicular. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada se caracteriza por utilizar el conocimiento científico con el propósito de intervenir en una realidad específica y generar mejoras o propuestas orientadas a la solución de un problema concreto. En ese sentido, el presente estudio emplea herramientas de evaluación pavimental y análisis del flujo vehicular para obtener resultados útiles para la gestión vial y la toma de decisiones municipales, lo cual confirma su naturaleza aplicada.

A) Según la intervención del investigador: Observacional

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2020), una investigación observacional se caracteriza porque el investigador no manipula deliberadamente las variables de estudio, sino que se limita a observar y registrar los fenómenos tal como ocurren en su contexto natural. En este tipo de estudios, el propósito es describir y analizar relaciones existentes sin intervenir en las condiciones que las generan, permitiendo obtener datos objetivos de situaciones reales.

Bajo este criterio, la presente investigación se clasificó como observacional, dado que no se modificaron las condiciones del tráfico vehicular ni del pavimento durante el proceso de recolección de datos. Por el contrario, el estudio se desarrolló registrando el comportamiento del flujo vehicular —volumen, velocidad, densidad y peso— tal como se presenta cotidianamente en el jirón 28 de Julio. Asimismo, el deterioro del pavimento fue evaluado sin alterar su estado físico, aplicando técnicas estandarizadas como el PCI. Esta ausencia total de manipulación experimental y el énfasis en la observación directa justifican plenamente la adscripción del estudio a la tipología observacional.

B) Según el control de la medición de la variable: Prospectivo

De acuerdo con Creswell (2014), una investigación prospectiva se caracteriza porque la recolección de datos se realiza de manera directa y en tiempo real, obteniendo las mediciones durante el mismo periodo en que ocurre el fenómeno de interés. Este tipo de diseño implica que la información no proviene de registros previos ni de fuentes históricas, sino de observaciones realizadas por el investigador en el momento en que se manifiestan las variables de estudio.

Bajo este criterio, el presente trabajo se clasificó como prospectivo, debido a que todos los datos relacionados con el tráfico vehicular —volumen, velocidad, densidad y peso— fueron

registrados en campo durante el desarrollo de la investigación, siguiendo horarios establecidos y condiciones reales de operación. Asimismo, la evaluación del deterioro del pavimento se efectuó mediante inspecciones técnicas aplicadas directamente en el periodo de estudio, utilizando procedimientos estandarizados para determinar el PCI y documentar las fallas presentes. El hecho de que las mediciones se hayan obtenido de manera contemporánea a la ejecución del estudio justifica plenamente su clasificación como investigación prospectiva.

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

Según Sampieri (2018), un estudio transversal se caracteriza por recolectar datos en un solo momento o punto en el tiempo, sin realizar mediciones repetidas de las variables. Este tipo de diseño permite describir fenómenos tal como se presentan en un periodo específico y analizar las relaciones existentes entre variables en ese mismo intervalo temporal, sin evaluar cambios o tendencias longitudinales.

En concordancia con esta definición, la presente investigación se clasificó como transversal, ya que tanto las mediciones del tráfico vehicular —volumen, velocidad, densidad y peso— como la evaluación del deterioro del pavimento se realizaron en un único periodo de observación previamente delimitado. No se efectuaron mediciones adicionales ni seguimientos posteriores, dado que el propósito del estudio fue analizar las variables en las condiciones presentes del jirón 28 de Julio durante el momento de estudio. Esta estructura metodológica asegura coherencia con los objetivos propuestos y con la naturaleza observacional del diseño.

D) Según el número de variables analíticas: Analítica

De acuerdo con Bernal (2010), una investigación analítica implica el estudio de dos o más variables, buscando explicar cómo se asocian, influyen o se correlacionan entre sí dentro de un

fenómeno determinado. Este tipo de estudios va más allá de la simple descripción, pues pretende identificar patrones relacionales y establecer vínculos que permitan comprender la naturaleza de la interacción entre las variables analizadas.

En este sentido, la presente investigación se clasificó como analítica, debido a que se orientó a examinar el impacto del tráfico vehicular —considerado a través de dimensiones como volumen, velocidad, densidad y peso— en el deterioro del pavimento medido mediante el PCI y la identificación de fallas específicas. El análisis se centró en determinar cómo las características del tránsito contribuyen al nivel de deterioro observado en el jirón 28 de Julio, lo cual implica necesariamente la evaluación conjunta de múltiples variables y sus interacciones. Esta aproximación permitió no solo describir el estado del pavimento, sino también explicar los factores vinculados a su deterioro, cumpliendo con las características propias de un estudio analítico.

3.1.1. ENFOQUE

Según Creswell (2014), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de la medición numérica, el análisis estadístico y la aplicación de procedimientos estructurados para examinar relaciones entre variables. Este enfoque permite objetivar los fenómenos estudiados mediante la recolección de datos cuantificables y la utilización de métodos estadísticos que facilitan la contrastación de hipótesis y la obtención de resultados generalizables dentro de un contexto definido.

En coherencia con lo anterior, la presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, dado que se basó en la medición numérica del tráfico vehicular —considerando volumen, velocidad, densidad y peso— así como en la cuantificación del deterioro del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el registro sistemático de fallas. Los datos fueron analizados mediante herramientas estadísticas descriptivas e inferenciales que permitieron establecer relaciones entre las variables y evaluar la significancia de los efectos observados. El uso

de instrumentos estandarizados, procedimientos replicables y criterios objetivos de evaluación fortalece la coherencia metodológica del enfoque adoptado.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según Hernández, Fernández y Baptista (2020), la investigación explicativa se orienta a identificar las causas o factores que generan un fenómeno, buscando no solo establecer relaciones entre variables, sino comprender cómo una influye en la otra. Este nivel profundiza en la naturaleza del vínculo entre los elementos estudiados y permite ofrecer interpretaciones sustentadas sobre los mecanismos que originan o determinan un comportamiento específico dentro de un contexto dado.

En este sentido, el presente estudio se clasificó como explicativa, dado que tuvo como propósito analizar cómo las características del tráfico vehicular —volumen, velocidad, densidad y peso— contribuyen en el deterioro del pavimento en el jirón 28 de Julio. Más allá de determinar si existe relación entre las variables, la investigación buscó comprender el impacto que estas dimensiones del flujo vehicular ejercen sobre el estado físico del pavimento, identificado mediante el PCI y la caracterización de fallas. Mediante el uso de técnicas estadísticas se evaluó la influencia significativa de los factores del tránsito sobre el deterioro observado, permitiendo explicar por qué determinados tramos presentan mayor nivel de daño. Esto otorga al estudio un carácter explicativo, al aportar evidencias que clarifican los mecanismos mediante los cuales el tráfico vehicular afecta la vida útil de la infraestructura vial.

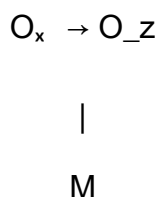
3.1.3. DISEÑO

De acuerdo con Babbie (2010), un diseño no experimental se caracteriza porque las variables estudiadas no son manipuladas deliberadamente por el investigador, sino observadas tal como ocurren en su contexto natural. En este tipo de diseño, los fenómenos se registran sin intervenir en sus condiciones, lo que permite analizar

relaciones existentes entre las variables con base en información obtenida directamente del entorno.

Bajo esta definición, el presente estudio adoptó un diseño no experimental, debido a que el tráfico vehicular y el deterioro del pavimento fueron observados y medidos sin alterar su comportamiento habitual. Las mediciones del volumen, velocidad, densidad y peso vehicular se realizaron en campo según las condiciones reales de operación, y el estado del pavimento fue evaluado mediante procedimientos estandarizados del PCI y la identificación de fallas, sin introducir ningún tipo de intervención o modificación en la infraestructura vial. Esta estructura metodológica permitió analizar las variables de interés con rigor y objetividad, respetando las características naturales del entorno estudiado.

A continuación, se presenta el esquema del diseño de la investigación;



Donde;

M: Muestra

O_x : Observación de la variable independiente Tráfico vehicular

O_z : Observación de la variable dependiente Deterioro del pavimento

→: Influencia explicativa entre las variables

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN (criterios de inclusión y exclusión)

De acuerdo con Supo (2020), la población de una investigación está constituida por el conjunto total de unidades de análisis que

comparten características comunes y sobre las cuales el investigador desea extraer conclusiones. En el presente estudio, la población estuvo conformada por las calles urbanas pavimentadas de la ciudad de Huánuco, entendidas como los tramos viales donde coexisten infraestructura de pavimento y circulación de vehículos motorizados, en los que es posible observar y medir tanto el tráfico vehicular como el deterioro de la superficie de rodadura.

Con el fin de delimitar de manera precisa esta población, se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión. Se consideraron como parte de la población aquellas vías que:

- Se ubicaban dentro del ámbito urbano de la ciudad de Huánuco.
- Contaban exclusivamente con pavimento rígido en condiciones operativas.
- Presentaban tránsito vehicular motorizado de carácter regular (liviano y/o pesado).
- Permitían el acceso para la realización de mediciones de tráfico y la evaluación técnica del pavimento.

Criterios de exclusión. Se excluyeron de la población aquellas vías que:

- Correspondían a caminos rurales o vías no pavimentadas.
- Eran de uso restringido (vías internas privadas, instalaciones militares o similares).
- Se encontraban en proceso de construcción, rehabilitación o mantenimiento mayor durante el periodo de estudio.
- Se destinaban exclusivamente al tránsito peatonal o recreativo, sin circulación vehicular motorizada.

Esta delimitación permitió definir un marco poblacional coherente con los objetivos de la investigación y, a partir de él, seleccionar posteriormente la muestra específica correspondiente a las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio.

3.2.2. MUESTRA (tipo y tamaño)

3.2.2.1. Tamaño de la muestra. La muestra estuvo conformada por tres tramos viales correspondientes a las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio, ubicadas en la zona urbana de la ciudad de Huánuco. Estos tramos constituyeron la unidad espacial seleccionada para la observación directa del tráfico vehicular y la evaluación del deterioro del pavimento rígido. La elección del tamaño muestral respondió a la necesidad de analizar un sector homogéneo de la vía que presentaba problemas visibles de deterioro y elevada intensidad vehicular, lo que permitió obtener información suficiente y pertinente para contrastar las hipótesis planteadas.

3.2.2.2. Técnica de muestreo. Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que la selección de las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio se basó en criterios técnicos y de accesibilidad, propios de un diseño no experimental y observacional. La elección estuvo sustentada en tres aspectos:

1. La alta concentración de tráfico vehicular en este tramo;
2. La presencia documentada de deterioro progresivo en el pavimento rígido; y
3. La facilidad de acceso para la recolección de información tanto del tránsito como del estado del pavimento.

Este tipo de muestreo resultó pertinente, dado que la investigación no buscó inferencias poblacionales, sino el análisis relacional causal entre variables dentro de un contexto vial específico.

3.2.2.3. Unidad de análisis. La unidad de análisis estuvo constituida por el pavimento rígido del jirón 28 de Julio, específicamente en las cuadras 6, 7 y 8. Cada cuadra fue considerada un segmento independiente para fines de evaluación del PCI y del registro de fallas. Esta unidad permitió estudiar el deterioro superficial y estructural del pavimento en función de su interacción con las características del tráfico vehicular.

3.2.2.4. Unidad de muestreo. La unidad de muestreo estuvo conformada por los tramos viales específicos donde se efectuaron las mediciones de tráfico vehicular (volumen, velocidad, densidad y peso) y la inspección del pavimento. Cada tramo (cuadra) representó una unidad operativa donde se aplicaron los instrumentos correspondientes: aforos vehiculares, mediciones in situ y fichas de evaluación del PCI. La uniformidad geométrica del segmento seleccionado facilitó la aplicación estandarizada de los procedimientos.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En este apartado se describen las técnicas y los instrumentos utilizados para la recolección de datos correspondientes a cada una de las dimensiones de las variables de estudio. Para la variable tráfico vehicular, se detallan los procedimientos aplicados para medir el volumen, la velocidad, la densidad y el peso vehicular mediante métodos directos y registros sistemáticos en campo. De igual manera, para la variable deterioro del pavimento, se presentan las técnicas empleadas para evaluar el índice de condición del pavimento (PCI) y la identificación de fallas, utilizando instrumentos estandarizados y fichas técnicas de inspección. La precisión en la selección y aplicación de estas técnicas e instrumentos garantizó la validez y confiabilidad de los datos obtenidos para el análisis posterior.

3.3.1. Justificación metodológica del uso del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

En concordancia con los objetivos de la investigación y el enfoque metodológico adoptado, el análisis del deterioro del pavimento rígido se realizó desde una perspectiva funcional–operacional, utilizando como herramienta principal el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index – PCI). Este índice constituye un método estandarizado de evaluación basado en inspección visual sistemática, que permite determinar la condición del pavimento a partir de la identificación, severidad y extensión de las fallas superficiales observables (ASTM International, 2020).

De acuerdo con la norma ASTM D6433, la aplicación del PCI no requiere la incorporación de parámetros geotécnicos ni estructurales, tales como la resistencia de la subrasante, el módulo de reacción (k) o las condiciones de drenaje, dado que su finalidad es evaluar el estado funcional del pavimento en servicio y apoyar la toma de decisiones relacionadas con el mantenimiento y la rehabilitación (ASTM International, 2020). En la misma línea, Shahin (2005) señala que el PCI es un índice de condición funcional ampliamente utilizado en sistemas de gestión de pavimentos, el cual no sustituye los estudios estructurales ni geotécnicos, sino que los complementa cuando se requiere un análisis integral de la infraestructura vial.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un método estandarizado de evaluación funcional ampliamente utilizado a nivel internacional para determinar el estado de pavimentos mediante inspección visual sistemática. Su aplicación se encuentra normada por la ASTM D6433, desarrollada por ASTM International, la cual establece los procedimientos para la identificación, clasificación y cuantificación de fallas en pavimentos, así como el cálculo del índice en una escala de 0 a 100, donde valores más altos indican mejores condiciones estructurales y funcionales. Esta metodología permite evaluar de manera objetiva la severidad y extensión de los deterioros presentes,

garantizando la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos en campo (ASTM International, 2020).

Asimismo, el uso del PCI en investigaciones de ingeniería vial resulta pertinente debido a su capacidad para relacionar el estado superficial del pavimento con variables operacionales como el tráfico vehicular, permitiendo establecer análisis comparativos y correlacionales en estudios de nivel explicativo. Diversos estudios han validado su aplicabilidad en entornos urbanos, destacando su utilidad para la toma de decisiones en gestión y mantenimiento vial.

3.3.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I) Variable: Tráfico vehicular

1. Dimensión: Volumen vehicular

La recolección de datos del volumen vehicular se realizó mediante la técnica Observación de campo (aforo directo), consistente en el conteo manual y sistemático de los vehículos que transitaron por cada cuadra seleccionada durante intervalos de tiempo previamente establecidos. Esta técnica permitió registrar la intensidad del tránsito por tipo de vehículo y por hora.

2. Dimensión: Velocidad vehicular

Para la dimensión velocidad, se aplicó la técnica de observación de campo (cronometrada), basada en el cálculo del tiempo que tardaban los vehículos en recorrer una distancia conocida dentro del tramo evaluado. Esta técnica permitió obtener una estimación representativa de la velocidad operativa en condiciones reales de circulación.

3. Dimensión: Densidad vehicular

La densidad vehicular fue obtenida mediante la técnica de observación de campo (de flujo–ocupación), que consistió en registrar la cantidad de vehículos presentes simultáneamente dentro de un tramo específico en distintos momentos del periodo

de evaluación. Esta técnica permitió estimar el grado de congestión en la vía.

4. Dimensión: Peso vehicular

Para la dimensión del peso vehicular, se empleó la técnica de observación de campo) clasificación visual por categoría vehicular, que permitió estimar la carga transmitida al pavimento a partir de la categorización normativa de los vehículos observados. Esta técnica se basa en la identificación y agrupación de unidades según su configuración y peso estándar referencial.

II) Variable: Deterioro del pavimento (Método PCI)

1. Dimensión: Tipología de patología

Técnica: Observación de campo [Inspección visual sistemática (Método PCI)].

Se identificó el tipo de daño presente en el pavimento rígido mediante la observación directa y la clasificación según los 19 tipos de fallas establecidos en el método PCI.

2. Dimensión: Severidad de la patología

Técnica: Observación de campo [Evaluación técnico-visual de severidad (Método PCI)]

Se determinó el nivel de severidad —baja, media o alta— asignado a cada tipo de falla, siguiendo los criterios y descriptores del procedimiento PCI.

3. Dimensión: Densidad de los daños

Técnica: Observación de campo [Medición cuantitativa de extensión del daño (Método PCI)]

Se calculó el porcentaje del área afectada por cada tipo de falla dentro del tramo, cuantificando la superficie dañada en relación con el área total inspeccionada, según las tablas y fórmulas del PCI.

3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I) Variable: Tráfico vehicular

1. Dimensión: Volumen vehicular

Instrumento de recojo de datos:

- Cámara digital, utilizada para registrar de manera continua el tránsito vehicular en cada tramo. Esto permitió efectuar el conteo sin interrupciones o pérdidas de información.

Instrumento de registro de datos:

- Formato de aforo vehicular (Anexo B1), en el cual se consignaron:
 - Tipo de vehículo,
 - Número de unidades por intervalo

2. Dimensión: Velocidad vehicular

Instrumento de recojo de datos:

- GPS vehicular o aplicación móvil de georreferenciación, empleado para medir el tiempo y la distancia recorrida por los vehículos con precisión.

Instrumento de registro de datos:

- Planilla de velocidad donde se documentó:
 - Velocidad de recorrido
 - Velocidad de marcha

3. Dimensión: Densidad vehicular

Instrumento de recojo de datos:

- Filmadora o cámara digital, colocada en un punto fijo que permitió observar la cantidad de vehículos presentes simultáneamente en el tramo.

Instrumento de registro de datos:

- Formato de densidad vehicular con campos para:

- Número de vehículos presentes en un instante dado.
- Longitud de tramo de observación.

4. Dimensión: Peso vehicular

Instrumento de recojo de datos:

- Ficha de clasificación vehicular por categoría (basada en la normativa peruana de pesos por eje), utilizada para estimar el peso referencial según la categoría del vehículo.

Instrumento de registro de datos:

- Formato de registro de peso vehicular (Anexo B2), donde se anotó:
 - Peso estándar asociado.

II) Variable: Deterioro del Pavimento (Método PCI)

1. Dimensión: Tipología de patología (Tipo de daño)

Instrumento de recojo de datos:

- Ficha oficial del método PCI, que incluye descripciones ilustradas de los 19 tipos de fallas típicas del pavimento rígido.

Instrumento de registro de datos:

- Formato de inspección PCI, donde se registró para cada muestra:
 - Tipo de falla observada
 - Ubicación
 - Código PCI correspondiente

2. Dimensión: Severidad de la patología

Instrumento de recojo de datos:

- Manual de severidad del PCI, que contiene los criterios visuales y dimensionales para clasificar cada falla en baja, media o alta.

Instrumento de registro de datos:

- Ficha de severidad del PCI, diseñada para indicar:
 - Tipo de falla,
 - Severidad asignada,
 - Justificación breve (según criterios del manual).

3. Dimensión: Densidad de los daños

Instrumento de recojo de datos:

- Cinta métrica y cuadrícula de medición, utilizadas para determinar el área dañada en relación con el área total de la unidad de muestreo.

Instrumento de registro de datos:

- Planilla de cálculo de densidad de daños (PCI), donde se registró:
 - Área total del tramo.
 - Área afectada por cada tipo de falla.
 - Porcentaje final de densidad de daños.
 - Información complementaria para el cálculo del deduct value.

3.4.TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1.TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de la información se desarrolló de manera sistemática y ordenada, con el propósito de garantizar la confiabilidad, coherencia y validez de los resultados obtenidos en la investigación. Dicho proceso comprendió una secuencia de etapas que permitieron transformar los datos recolectados en campo en información analítica útil para el análisis descriptivo e inferencial entre el tráfico vehicular y el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco.

En una primera etapa, se realizó la organización y depuración de los datos primarios obtenidos mediante las fichas de evaluación del

Índice de Condición del Pavimento (PCI), los registros de aforos vehiculares y las mediciones de velocidad y densidad del tránsito. Esta fase incluyó la revisión de consistencia, la verificación de valores atípicos y la homologación de unidades de medida, asegurando que toda la información recopilada fuera comparable y técnicamente válida. Los datos fueron codificados y sistematizados en matrices digitales, diferenciando claramente las variables de tráfico vehicular (volumen, velocidad, densidad y peso vehicular expresado en ESAL) y la variable deterioro del pavimento (PCI).

Posteriormente, se procedió al procesamiento estadístico descriptivo, cuyo objetivo fue caracterizar el comportamiento de cada variable en el área de estudio. Para ello, se calcularon estadísticos descriptivos como la media, el valor mínimo y máximo, la desviación estándar y el rango, tanto a nivel de subtramo como de cuadra. Esta etapa permitió identificar patrones generales del tránsito vehicular y del estado del pavimento, así como comparar el comportamiento de las variables entre las cuadras 6, 7 y 8, proporcionando una base sólida para el análisis relacional posterior.

En una tercera etapa, se desarrolló el análisis inferencial, orientado a contrastar las hipótesis planteadas en la investigación. Dado que el estudio presenta un nivel explicativo y un diseño no experimental de corte transversal, se aplicaron pruebas estadísticas, considerando un nivel de significancia del 5%.

Los resultados inferenciales fueron utilizados para aceptar o rechazar las hipótesis específicas y la hipótesis general, en función de criterios estadísticos objetivos.

Finalmente, los resultados obtenidos del procesamiento estadístico fueron organizados en tablas y figuras, las cuales facilitaron su interpretación y sirvieron como insumo para el desarrollo del análisis descriptivo, el análisis inferencial, la discusión de resultados y la formulación de conclusiones y recomendaciones. Todo el procesamiento de la información se realizó respetando los principios de objetividad, rigurosidad metodológica y coherencia con los objetivos del estudio,

asegurando la trazabilidad entre los datos recolectados y los hallazgos finales de la investigación.

3.4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de la información constituye una fase central del proceso investigativo, ya que permite transformar los datos recolectados en resultados válidos, coherentes y científicamente sustentados. En este estudio, el análisis se desarrolló de manera sistemática y ordenada, asegurando la calidad, consistencia y confiabilidad de la información obtenida durante el trabajo de campo. Para ello, se siguieron procedimientos rigurosos que abarcaron el control, la codificación, la presentación y el análisis estadístico de los datos, tanto en su dimensión descriptiva como inferencial, en concordancia con los objetivos planteados y el diseño metodológico adoptado.

A) Control de datos

El control de datos se realizó con el propósito de garantizar la integridad, precisión y coherencia de la información recolectada. En esta etapa, se revisaron minuciosamente las fichas de evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), los registros de aforo vehicular y las mediciones de velocidad, densidad y peso vehicular. Se verificó la correcta consignación de los valores, la ausencia de datos duplicados o inconsistentes y la correspondencia entre los registros de campo y los formatos establecidos. Asimismo, se contrastaron los datos con los registros fotográficos y las observaciones directas, con el fin de validar su veracidad y minimizar errores de registro. Este proceso permitió depurar la base de datos y asegurar que la información utilizada en el análisis estadístico fuese confiable y representativa del fenómeno estudiado.

B) Codificación de datos

La codificación de los datos consistió en asignar valores numéricos y categorías estandarizadas a las variables y dimensiones del estudio, facilitando su procesamiento estadístico. Las variables relacionadas con

el tráfico vehicular —volumen, velocidad, densidad y peso vehicular— fueron organizadas en matrices de datos según subtramos y cuadras evaluadas. De igual manera, las fallas del pavimento fueron codificadas conforme a su tipo, severidad y densidad, siguiendo los criterios establecidos por el método PCI. Esta codificación permitió estructurar la información de manera ordenada, garantizando su compatibilidad con los programas de análisis estadístico y posibilitando la comparación entre los distintos sectores evaluados.

C) Presentación de datos

La presentación de los datos se realizó mediante tablas y cuadros estadísticos, elaborados de acuerdo con los objetivos específicos de la investigación. En esta etapa, se organizaron los valores obtenidos para cada variable, diferenciando la información por subtramos y por cuadras, lo que permitió visualizar de forma clara las características del tráfico vehicular y el estado del pavimento. Las tablas incluyeron indicadores clave como promedios, rangos y distribuciones, facilitando la comprensión de los patrones observados. Esta presentación sistematizada constituyó la base para el análisis descriptivo e inferencial, permitiendo una interpretación objetiva y ordenada de los resultados.

D) Análisis estadístico descriptivo

El análisis estadístico descriptivo tuvo como finalidad caracterizar el comportamiento de las variables en estudio y describir las principales tendencias observadas en el área de investigación. Para ello, se calcularon estadísticos descriptivos como la media, el valor mínimo, el valor máximo y la variabilidad de los datos correspondientes al volumen vehicular, velocidad, densidad, peso vehicular y valores del PCI. Este análisis permitió identificar diferencias y similitudes entre las cuadras evaluadas, así como reconocer los sectores con mayores niveles de tráfico y mayor deterioro del pavimento. Los resultados descriptivos proporcionaron una visión general del fenómeno estudiado, sirviendo como base para el posterior contraste de hipótesis.

E) Análisis estadístico inferencial

El análisis estadístico inferencial se desarrolló con el objetivo de contrastar las hipótesis planteadas. Este análisis permitió establecer si los efectos observados en el pavimento eran atribuibles de manera significativa a las características del tráfico vehicular, permitiendo aceptar o rechazar las hipótesis formuladas. Los resultados inferenciales constituyeron el sustento estadístico para las conclusiones del estudio, aportando evidencia empírica sólida sobre el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en el tramo analizado.

3.5. ASPECTOS ÉTICOS

La investigación se ejecutó observando principios éticos fundamentales que garantizaron la integridad del proceso, la validez de los resultados y el respeto por el entorno urbano y social en el que se llevó a cabo. En coherencia con las buenas prácticas científicas, se consideraron aspectos relacionados con la transparencia metodológica, el manejo responsable de la información, la protección del espacio público y la neutralidad del investigador. A continuación, se describen los principales elementos éticos que guiaron el desarrollo del estudio.

Durante la realización de la investigación, se aseguró en todo momento la integridad académica, evitando cualquier forma de plagio mediante la adecuada atribución de ideas, conceptos, datos y procedimientos empleados. Todas las fuentes teóricas, técnicas y metodológicas fueron correctamente identificadas y utilizadas únicamente con fines académicos, garantizando la autenticidad y originalidad del informe final.

Asimismo, la investigación se desarrolló sobre observación de infraestructura vial, sin intervenir con personas ni recabar datos sensibles o privados. Debido a ello, no fue necesario solicitar consentimiento informado; sin embargo, se mantuvo un compromiso de respeto hacia la comunidad, evitando afectaciones a la circulación vehicular o peatonal durante la toma de datos.

En relación con el manejo de la información, se actuó con estricta confidencialidad respecto a los registros obtenidos, limitando su uso

exclusivamente a los objetivos científicos del estudio. Los datos recolectados —como volúmenes vehiculares, velocidades y condiciones del pavimento— fueron procesados y almacenados de forma segura, evitando cualquier manipulación indebida que pudiera comprometer la veracidad de los resultados.

Por otra parte, se mantuvo siempre la neutralidad del investigador, evitando sesgos en la selección de los tramos observados, en la ejecución del método PCI y en la interpretación de los indicadores relacionados con el tráfico vehicular. Las decisiones metodológicas se tomaron en función de criterios técnicos y no de intereses particulares, institucionales o comerciales.

Finalmente, el estudio respetó las normas municipales y de tránsito vigentes, realizando todas las actividades de campo sin alterar el funcionamiento regular de la vía ni generar riesgos para terceros. Esto garantizó un trabajo ético, seguro y alineado con los principios de responsabilidad social que debe observar toda investigación aplicada en infraestructura urbana.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El presente capítulo expone de manera ordenada y objetiva los resultados obtenidos a partir del proceso de recolección y análisis de datos desarrollado en la investigación.

En primer lugar, se desarrolla el acápite de recolección de datos, donde se describe el procedimiento seguido para la obtención de la información correspondiente al tráfico vehicular y al estado del pavimento, así como la aplicación de los instrumentos utilizados, garantizando la validez y confiabilidad de los datos registrados.

En segundo lugar, se presenta el análisis descriptivo, en el cual se exponen los resultados relacionados con las características del tráfico vehicular —volumen, velocidad, densidad y peso— y el estado del pavimento evaluado mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI), permitiendo caracterizar la situación actual del tramo estudiado.

Finalmente, se desarrolla el análisis inferencial, orientado a contrastar las hipótesis planteadas mediante pruebas estadísticas. Los resultados inferenciales permiten sustentar de manera objetiva las conclusiones de la investigación.

Los resultados presentados en este capítulo han sido obtenidos a partir del procesamiento de los datos recolectados en campo mediante técnicas de observación directa. En el caso del tráfico vehicular, se realizaron aforos en horas pico para determinar el volumen, la velocidad y la densidad vehicular, mientras que el peso vehicular fue estimado a través del cálculo de cargas equivalentes (ESAL). Por su parte, la evaluación del estado del pavimento se realizó utilizando el Índice de Condición del Pavimento (PCI), mediante inspección visual sistemática en cada subtramo.

Finalmente, la información obtenida fue organizada y procesada en hojas de cálculo, lo que permitió la elaboración de tablas estadísticas que sintetizan los valores registrados por cuadra y subtramo. Este procedimiento

asegura la trazabilidad de los datos desde su recolección hasta su presentación, garantizando la coherencia y confiabilidad del análisis.

4.1.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: VOLUMEN VEHICULAR

La siguiente tabla presenta los resultados del aforo vehicular realizado en la cuadra de estudio durante un periodo continuo de doce horas, comprendido entre las 07:00 y las 19:00 horas. En ella se detalla la distribución horaria del volumen de tránsito, desagregada por tipo de vehículo, incluyendo motocicletas lineales, trimóviles, automóviles, camionetas/pick up, combis, micros y camiones de dos y tres ejes. Asimismo, se muestra el volumen total por hora y su participación porcentual respecto al flujo diario registrado, información que permite identificar las horas de mayor demanda vehicular y constituye la base para el posterior análisis del impacto del tráfico sobre el deterioro del pavimento.

Tabla 3*Volumen vehicular cuadra 6*

N.º de hora	Horario de aforo	Motocicleta lineal	Trimóviles	Automóviles	Camionetas / Pick up	Combi	Micro	Camión 2E	Camión 3E	Total	%
1	07:00–08:00	175	380	189	36	20	2	4	1	807	7.74
2	08:00–09:00	189	412	205	39	22	3	5	2	877	8.41
3	09:00–10:00	200	436	217	41	23	3	5	2	927	8.89
4	10:00–11:00	188	409	204	39	22	2	4	1	869	8.33
5	11:00–12:00	173	376	187	35	20	2	4	1	798	7.65
6	12:00–13:00	174	378	188	36	20	2	4	1	803	7.70
7	13:00–14:00	164	357	177	34	19	2	4	1	758	7.27
8	14:00–15:00	160	349	173	33	18	2	4	1	740	7.09
9	15:00–16:00	166	359	179	34	19	2	4	1	764	7.33
10	16:00–17:00	210	457	227	43	24	3	5	2	971	9.31
11	17:00–18:00	239	522	259	49	27	3	6	3	1108	10.62
12	18:00–19:00	218	474	236	45	25	3	5	2	1008	9.66
Total		2256	4909	2441	464	259	29	54	18	10430	100.00

La hora de máxima demanda (17:00–18:00) fue subdividida en diez intervalos consecutivos de seis minutos, con la finalidad de obtener un mayor número de observaciones independientes y permitir el análisis estadístico correlacional entre el volumen vehicular y el deterioro del pavimento. Esta desagregación temporal es consistente con prácticas habituales en estudios de tránsito urbano y permite capturar la variabilidad interna del flujo vehicular.

Tabla 4

Valores intermedios del volumen vehicular en el Hora de máxima demanda de la cuadra 6

Intervalo	Tiempo	Volumen (veh/6 min)
1	17:00 – 17:06	99
2	17:06 – 17:12	105
3	17:12 – 17:18	111
4	17:18 – 17:24	117
5	17:24 – 17:30	121
6	17:30 – 17:36	119
7	17:36 – 17:42	115
8	17:42 – 17:48	113
9	17:48 – 17:54	109
10	17:54 – 18:00	99

Tabla 5*Volumen vehicular de la cuadra 7*

N.º de hora	Horario de aforo	Motocicleta lineal	Trimóviles	Automóviles	Camionetas / Pick up	Combi	Micro	Camión 2E	Camión 3E	Total	%
1	07:00–08:00	195	425	212	41	23	3	5	2	906	7.70
2	08:00–09:00	210	458	228	44	25	3	6	3	977	8.31
3	09:00–10:00	222	485	242	47	26	4	6	3	1035	8.80
4	10:00–11:00	209	456	228	44	25	3	5	2	972	8.26
5	11:00–12:00	193	421	210	40	23	3	5	2	897	7.63
6	12:00–13:00	194	423	211	41	23	3	5	2	902	7.67
7	13:00–14:00	183	399	199	38	22	3	5	2	851	7.24
8	14:00–15:00	179	391	195	38	21	3	5	2	837	7.12
9	15:00–16:00	185	403	201	39	22	3	5	2	862	7.33
10	16:00–17:00	235	512	255	49	28	4	6	3	1092	9.28
11	17:00–18:00	285	590	292	56	31	4	7	4	1269	10.79
12	18:00–19:00	260	540	268	52	29	4	6	3	1162	9.88
Total		2550	5503	2741	529	298	40	66	30	11762	100.00

La hora de máxima demanda (17:00–18:00) fue subdividida en diez intervalos consecutivos de seis minutos, con la finalidad de obtener un mayor número de observaciones independientes y permitir el análisis estadístico correlacional entre el volumen vehicular y el deterioro del pavimento. Esta desagregación temporal es consistente con prácticas habituales en estudios de tránsito urbano y permite capturar la variabilidad interna del flujo vehicular.

Tabla 6

Valores intermedios del volumen vehicular en la hora de máxima demanda de la cuadra 7

Intervalo	Tiempo	Volumen (veh/6 min)
1	17:00 – 17:06	115
2	17:06 – 17:12	121
3	17:12 – 17:18	127
4	17:18 – 17:24	133
5	17:24 – 17:30	137
6	17:30 – 17:36	135
7	17:36 – 17:42	131
8	17:42 – 17:48	129
9	17:48 – 17:54	126
10	17:54 – 18:00	115

Tabla 7*Volumen vehicular de la cuadra 8*

N.º de hora	Horario de aforo	Motocicleta lineal	Trimóviles	Automóviles	Camionetas / Pick up	Combi	Micro	Camión 2E	Camión 3E	Total	%
1	07:00–08:00	240	520	240	60	36	3	0	0	1099	7.84
2	08:00–09:00	260	565	260	65	39	4	0	0	1193	8.51
3	09:00–10:00	275	600	276	69	41	4	0	0	1265	9.03
4	10:00–11:00	258	563	259	65	39	3	0	0	1187	8.47
5	11:00–12:00	238	518	238	60	36	3	0	0	1093	7.80
6	12:00–13:00	239	520	239	60	36	3	0	0	1097	7.83
7	13:00–14:00	226	492	226	57	34	3	0	0	1038	7.40
8	14:00–15:00	221	481	221	55	33	3	0	0	1014	7.24
9	15:00–16:00	229	499	229	57	34	3	0	0	1051	7.50
10	16:00–17:00	290	631	291	73	44	4	0	0	1333	9.51
11	17:00–18:00	305	665	306	77	46	5	0	0	1404	10.02
12	18:00–19:00	295	642	296	74	44	4	0	0	1355	9.67
Total		3076	6696	3081	773	462	44	0	0	14132	100.00

La hora de máxima demanda (17:00–18:00) fue subdividida en diez intervalos consecutivos de seis minutos, con la finalidad de obtener un mayor número de observaciones independientes y permitir el análisis estadístico correlacional entre el volumen vehicular y el deterioro del pavimento.

Tabla 8

Valores intermedios del volumen vehicular en la hora de máxima demanda de la cuadra 8

Intervalo	Tiempo	Volumen (veh/6 min)
1	17:00 – 17:06	124
2	17:06 – 17:12	130
3	17:12 – 17:18	136
4	17:18 – 17:24	142
5	17:24 – 17:30	146
6	17:30 – 17:36	144
7	17:36 – 17:42	140
8	17:42 – 17:48	138
9	17:48 – 17:54	134
10	17:54 – 18:00	130

4.1.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: VELOCIDAD VEHICULAR

Las siguientes tablas presentan los resultados de la medición de velocidades durante la hora de máxima demanda en las cuadras de estudio. Los datos se obtuvieron mediante la segmentación del periodo horario en diez intervalos consecutivos de seis minutos, registrándose en cada uno de ellos la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha.

Esta desagregación temporal permite caracterizar con mayor detalle el comportamiento operativo del tránsito en un entorno urbano congestionado y constituye un insumo fundamental para el análisis

descriptivo y correlacional de la influencia de la velocidad vehicular sobre el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio.

Tabla 9

Velocidades de recorrido y de marcha, en la cuadra 6 en la Hora Pico

Intervalo	Tiempo	Velocidad de recorrido (km/h)	Velocidad de marcha (km/h)
1	17:00–17:06	20.6	25.4
2	17:06–17:12	19.9	24.6
3	17:12–17:18	19.1	23.7
4	17:18–17:24	18.4	22.9
5	17:24–17:30	17.9	22.3
6	17:30–17:36	18.1	22.5
7	17:36–17:42	18.7	23.1
8	17:42–17:48	19.0	23.5
9	17:48–17:54	19.6	24.1
10	17:54–18:00	20.5	25.3

Tabla 10

Velocidades de marcha y recorrido en la cuadra 7 en la hora Pico

Intervalo	Tiempo	Velocidad de recorrido (km/h)	Velocidad de marcha (km/h)
1	17:00–17:06	19.6	24.2
2	17:06–17:12	18.9	23.4
3	17:12–17:18	18.2	22.7
4	17:18–17:24	17.6	22.0
5	17:24–17:30	17.1	21.5
6	17:30–17:36	17.3	21.7
7	17:36–17:42	17.8	22.3

8	17:42–17:48	18.1	22.6
9	17:48–17:54	18.6	23.1
10	17:54–18:00	19.4	24.0

Tabla 11

Velocidades de recorrido y de marcha en la hora pico en la cuadra 8

Intervalo	Tiempo	Velocidad de recorrido (km/h)	Velocidad de marcha (km/h)
1	17:00–17:06	17.4	22.4
2	17:06–17:12	16.8	21.7
3	17:12–17:18	16.1	21.0
4	17:18–17:24	15.5	20.4
5	17:24–17:30	15.0	19.9
6	17:30–17:36	15.2	20.1
7	17:36–17:42	15.7	20.6
8	17:42–17:48	16.0	20.9
9	17:48–17:54	16.5	21.3
10	17:54–18:00	17.2	22.1

4.1.3 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: DENSIDAD VEHICULAR

Las siguientes tablas presentan los valores de densidad vehicular correspondientes a la hora de máxima demanda en las cuadras analizadas, calculados a partir de la relación entre el volumen y la velocidad de operación del tránsito. La densidad vehicular se expresa en vehículos por kilómetro y, adicionalmente, se muestra su equivalencia en un tramo de 100 metros, lo que permite una mejor interpretación espacial de la concentración vehicular en la vía urbana estudiada. Estos resultados permiten describir el nivel de congestión presente en cada

intervalo de seis minutos y constituyen un insumo clave para el análisis de la influencia de la densidad vehicular sobre el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio.

Tabla 12

Densidad vehicular de la cuadra 6 en la hora pico

Intervalo	Tiempo	Densidad k (veh/km)	Equiv. en 100 m (veh/0.1 km)
1	17:00–17:06	110	11.0
2	17:06–17:12	115	11.5
3	17:12–17:18	120	12.0
4	17:18–17:24	128	12.8
5	17:24–17:30	135	13.5
6	17:30–17:36	132	13.2
7	17:36–17:42	125	12.5
8	17:42–17:48	122	12.2
9	17:48–17:54	118	11.8
10	17:54–18:00	112	11.2

Tabla 13

Densidad vehicular de la cuadra 7 en hora pico

Intervalo	Tiempo	Densidad k (veh/km)	Equiv. en 100 m (veh/0.1 km)
1	17:00–17:06	130	13.0
2	17:06–17:12	136	13.6
3	17:12–17:18	142	14.2
4	17:18–17:24	150	15.0
5	17:24–17:30	156	15.6
6	17:30–17:36	154	15.4

7	17:36–17:42	148	14.8
8	17:42–17:48	146	14.6
9	17:48–17:54	141	14.1
10	17:54–18:00	132	13.2

Tabla 14

Densidad vehicular de la cuadra 8 en hora pico

Intervalo	Tiempo	Densidad k (veh/km)	Equiv. en 100 m (veh/0.1 km)
1	17:00–17:06	150	15.0
2	17:06–17:12	156	15.6
3	17:12–17:18	163	16.3
4	17:18–17:24	171	17.1
5	17:24–17:30	178	17.8
6	17:30–17:36	175	17.5
7	17:36–17:42	170	17.0
8	17:42–17:48	167	16.7
9	17:48–17:54	162	16.2
10	17:54–18:00	158	15.8

4.1.4 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4: PESO VEHICULAR

Para evaluar la influencia del peso vehicular sobre el deterioro del pavimento, se empleó el concepto de carga equivalente de eje simple (ESAL), utilizado en la ingeniería de pavimentos para representar el efecto acumulado del tránsito sobre la estructura vial. Dado que no se dispuso de sistemas de pesaje dinámico en campo, la estimación del ESAL se realizó de manera indirecta, a partir de la composición vehicular

observada durante la hora de máxima demanda en cada cuadra del área de estudio.

El procedimiento consistió en identificar el número de vehículos por categoría (motocicletas, trimóviles, automóviles, camionetas, combis, micros y camiones), y asignar a cada tipo un factor de equivalencia de carga, el cual representa el daño relativo que dicho vehículo produce sobre el pavimento en comparación con un eje estándar. Estos factores fueron seleccionados con base en valores utilizados en estudios de tránsito urbano y análisis de pavimentos flexibles y rígidos.

Posteriormente, el tránsito total registrado durante la hora punta fue desagregado en diez intervalos consecutivos de seis minutos, manteniendo la proporción de la composición vehicular en cada intervalo. Para cada uno de estos intervalos, la carga equivalente se calculó como la suma del producto entre el número de vehículos de cada categoría y su respectivo factor de equivalencia, conforme a la expresión:

$$ESAL_{\text{intervalo}} = \sum_{i=1}^n (N_i \times FE_i)$$

donde: N_i corresponde al número de vehículos del tipo en el intervalo considerado, y FE_i al factor de equivalencia de carga asignado a dicha categoría vehicular.

Factores equivalentes utilizados (FE): Automóvil = 0.0001; Pick up = 0.0003; Combi = 0.01; Micro = 0.03 (Motocicletas y trimóviles: FE ≈ 0); Camión 2E= 0.3 y Camión 3E=2.0.

Este enfoque permite obtener una medida cuantitativa del efecto del peso vehicular por intervalo de tiempo, lo cual se presenta en las siguientes Tablas.

Tabla 15*ESAL por intervalo en la cuadra 6*

Intervalo	Tiempo	Volumen (veh/6 min)	Motocicleta	Trimóvil	Automóvil	Pick up	Combi	Micro	Camión 2E	Camión 3E	ESAL (6 min)
1	17:00–17:06	99	21	47	23	5	2	0	0	0	0.024
2	17:06–17:12	105	23	49	25	5	2	0	0	0	0.024
3	17:12–17:18	111	24	52	26	5	3	0	1	0	0.734
4	17:18–17:24	117	25	55	27	5	3	1	1	1	2.264
5	17:24–17:30	121	26	57	28	5	3	1	1	1	2.264
6	17:30–17:36	119	26	56	27	5	3	1	1	1	2.264
7	17:36–17:42	115	25	54	27	5	3	0	1	0	0.734
8	17:42–17:48	113	24	53	27	5	3	0	1	0	0.734
9	17:48–17:54	109	23	51	26	5	3	0	0	0	0.034
10	17:54–18:00	99	21	47	23	4	2	0	0	0	0.024
Total		1108	239	522	259	49	27	3	6	3	9.10

Tabla 16*ESAL por intervalo en la cuadra 7*

Inter valo	Tiempo	Volumen (veh/6 min)	Motocicleta	Trimóvil	Automóvil	Pick up	Combi	Micro	Camión 2E	Camión 3E	ESAL (6 min)
1	17:00–17:06	115	26	52	26	5	3	0	0	0	0.034
2	17:06–17:12	121	27	55	28	5	3	0	0	0	0.034
3	17:12–17:18	127	28	56	29	6	3	0	1	0	0.735
4	17:18–17:24	133	30	60	31	6	3	1	1	1	2.265
5	17:24–17:30	137	31	62	32	6	4	1	1	1	2.275
6	17:30–17:36	135	31	61	31	6	3	1	1	1	2.265
7	17:36–17:42	131	30	57	30	6	3	1	1	1	2.265
8	17:42–17:48	129	29	58	30	6	3	0	1	0	0.735
9	17:48–17:54	126	28	58	29	5	3	0	1	0	0.734
10	17:54–18:00	115	25	55	26	5	3	0	0	0	0.034
Total		1,269	285	590	292	56	31	4	7	4	11.376

Tabla 17*ESAL por intervalo en la cuadra 8*

Intervalo	Tiempo	Volumen (veh/6 min)	Motocicleta	Trimóvil	Automóvil	Pick up	Combi	Micró	ESAL (6 min)
1	17:00–17:06	124	30	58	28	5	3	0	0.034
2	17:06–17:12	130	31	61	29	5	3	1	0.064
3	17:12–17:18	136	32	63	31	6	3	1	0.064
4	17:18–17:24	142	34	66	32	6	4	1	0.074
5	17:24–17:30	146	35	68	33	6	4	1	0.074
6	17:30–17:36	144	34	67	32	6	4	1	0.074
7	17:36–17:42	140	33	65	32	6	3	1	0.064
8	17:42–17:48	138	33	64	31	6	3	1	0.064
9	17:48–17:54	134	32	62	30	5	3	1	0.064
10	17:54–18:00	130	31	61	29	5	3	0	0.034
Total		1,404	325	635	307	56	33	8	0.610

Nota. En la cuadra 8 del jirón 28 de julio no se registra tránsito de camiones tipo 2E y 3E debido a la restricción de ingreso de vehículos pesados a la plaza de Armas de la ciudad de Huánuco. En consecuencia, la carga equivalente (ESAL) estimada para ese tramo corresponde exclusivamente a vehículos livianos y de transporte público.

4.1.5 RESULTADOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE: DETERIORO DEL PAVIMENTO

La determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el área de estudio se realizó siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado, con la finalidad de asegurar la objetividad y reproducibilidad de los resultados obtenidos. Para ello, se aplicaron seis pasos consecutivos, conforme a la metodología del Pavement Condition Index, los cuales se describen a continuación.

En primer lugar, se procedió a la delimitación de las unidades de análisis, considerando cada cuadra del jirón 28 de Julio como un tramo independiente. A su vez, cada cuadra, con una longitud aproximada de 100 m, fue subdividida en diez subtramos consecutivos de 10 m, los cuales fueron asumidos como unidades homogéneas de evaluación. Esta subdivisión permitió captar la variabilidad espacial del deterioro del pavimento y generar un mayor número de observaciones para el análisis estadístico.

En segundo lugar, se realizó la inspección visual detallada del pavimento en cada subtramo, identificando los distintos tipos de deterioro presentes. La identificación de las patologías se efectuó de acuerdo con la tipología establecida por el método PCI, registrándose fallas tales como grietas lineales, pulimiento de agregados, parches, losas divididas, escalamientos y daños en el sello de juntas, entre otras.

En tercer lugar, una vez identificadas las patologías, se procedió a la clasificación de la severidad de cada daño, la cual fue categorizada en baja, media o alta, en función del grado de afectación observado en el pavimento. Paralelamente, se estimó la densidad de cada deterioro, expresada como el porcentaje del área del subtramo afectada por dicho daño, en relación con el área total del subtramo evaluado.

En cuarto lugar, a partir de la información de tipología, severidad y densidad, se determinó para cada deterioro el correspondiente valor de deducción (Deduct Value – DV), utilizando las curvas y tablas del procedimiento PCI. El valor de deducción representa la influencia

individual de cada tipo de daño sobre la condición funcional del pavimento, incrementándose a medida que aumenta la severidad y la densidad del deterioro.

En quinto lugar, cuando en un mismo subtramo se identificaron dos o más tipos de deterioro, los valores de deducción individuales fueron combinados mediante el procedimiento de corrección del valor de deducción, obteniéndose el valor de deducción corregido (Corrected Deduct Value – CDV). Este proceso evita la sobreestimación del deterioro que podría producirse al sumar directamente los valores de deducción, garantizando una evaluación equilibrada de la condición del pavimento.

Finalmente, en el sexto paso, se calculó el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cada subtramo, restando el valor de deducción corregido al valor máximo teórico de 100, de acuerdo con la expresión:

$$PCI = 100 - CDV$$

El valor obtenido del PCI permitió clasificar el estado del pavimento en cada subtramo según las categorías establecidas por el método (bueno, satisfactorio, regular, malo, entre otros), constituyendo la base para el análisis comparativo y estadístico del deterioro del pavimento en relación con las características del tráfico vehicular evaluadas en la investigación.

A continuación, se presentan las tablas de caracterización de daños del pavimento rígido correspondientes a las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio, elaboradas a partir de la inspección visual detallada realizada por subtramos de 10 metros. En cada tabla se identifican los tipos de daño observados, su nivel de severidad y la densidad porcentual de afectación, conforme a los criterios establecidos por el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Esta información constituye la base técnica para el cálculo del PCI por subtramo y permite describir de

manera sistemática el estado estructural y funcional del pavimento, facilitando posteriormente el análisis de las variables del tráfico vehicular.

Tabla 18

Daños en el pavimento en la cuadra 6

Subtramo	Tipo de daño	Severidad	Densidad
1	Grieta lineal	Baja	30%
1	Pulimiento de agregados	Media	20%
1	Parche grande	Baja	15%
2	Grieta lineal	Media	20%
2	Parche grande	Baja	15%
3	Grieta lineal	Baja	15%
3	Parche grande	Media	25%
4	Escala	Baja	50%
5	Grieta lineal	Media	40%
5	Pulimiento de agregados	Baja	60%
6	Parche grande	Baja	20%
6	Daño en sello de junta	Baja	15%
7	Parche grande	Media	20%
7	Pulimiento de agregados	Baja	15%
8	Losa dividida	Media	40%
9	Pulimiento de agregados	Baja	70%
10	Parche grande	Alta	25%
10	Losa dividida	Baja	15%

Tabla 19*Daños en el pavimento en la cuadra 7*

Subtramo	Tipo de daño	Severidad	Densidad
1	Grieta lineal	Media	25%
1	Pulimiento de agregados	Baja	25%
2	Grieta lineal	Media	30%
2	Pulimiento de agregados	Baja	25%
3	Grieta lineal	Baja	20%
3	Pulimiento de agregados	Baja	20%
4	Losa dividida	Media	25%
4	Daño en sello de junta	Media	20%
5	Daño en sello de junta	Media	25%
5	Grieta lineal	Baja	15%
5	Pulimiento de agregados	Baja	20%
6	Parche grande	Media	25%
6	Daño en sello de junta	Media	20%
7	Grieta lineal	Baja	15%
7	Daño en sello de junta	Media	20%
8	Pulimiento de agregados	Baja	20%
9	Daño en sello de junta	Media	25%
10	Parche grande	Baja	20%
10	Daño en sello de junta	Media	15%
10	Pulimiento de agregados	Baja	25%

Tabla 20*Daños en el pavimento en la cuadra 8*

Subtramo	Tipo de daño	Severidad	Densidad
1	Pulimiento de agregados	Media	30%
1	Daño en sello de junta	Baja	25%
2	Parche grande	Media	30%
2	Pulimiento de agregados	Media	35%
2	Daño en sello de junta	Media	30%
3	Parche grande	Media	30%
3	Pulimiento de agregados	Media	30%
3	Daño en sello de junta	Media	30%
4	Parche grande	Baja	20%
4	Pulimiento de agregados	Baja	35%
5	Pulimiento de agregados	Baja	45%
6	Parche grande	Media	30%
6	Daño en sello de junta	Baja	20%
6	Pulimiento de agregados	Media	25%
7	Parche grande	Media	35%
7	Grieta lineal	Baja	15%
7	Daño en sello de junta	Baja	20%
7	Pulimiento de agregados	Media	20%
8	Parche grande	Media	25%
8	Pulimiento de agregados	Media	30%
9	Pulimiento de agregados	Media	35%
9	Daño en sello de junta	Media	30%
10	Pulimiento de agregados	Media	25%
10	Daño en sello de junta	Baja	20%

En las siguientes tablas se presentan los resultados del cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) por subtramo para las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio. A partir de la identificación de los deterioros observados, su severidad y densidad, se determinó el Valor Deducido Corregido (Corrected Deduct Value – CDV) y, posteriormente, el valor del PCI correspondiente a cada subtramo, así como su clasificación cualitativa de condición.

Esta sistematización permite evaluar de manera objetiva el estado del pavimento rígido a escala microespacial, identificar patrones de deterioro dentro de cada cuadra y servir como base para el análisis comparativo y correlacional en relación con las variables del tráfico vehicular desarrolladas en los apartados posteriores del capítulo de resultados.

Tabla 21

Condición del pavimento (PCI) en la cuadra 6

Subtramo	Deterioros observados (resumen)	CDV	PCI	Condición
1	Grieta lineal (B, 30%) + Pulimiento (M, 20%) + Parche (B, 15%)	27.90	72.10	Satisfactorio
2	Grieta lineal (M, 20%) + Parche (B, 15%)	24.00	76.00	Satisfactorio
3	Grieta lineal (B, 15%) + Parche (M, 25%)	25.95	74.05	Satisfactorio
4	Escala (B, 50%)	35.00	65.00	Regular
5	Grieta lineal (M, 40%) + Pulimiento (B, 60%)	50.40	49.60	Malo
6	Parche (B, 20%) + Daño sello de junta (B, 15%)	12.40	87.60	Bueno
7	Parche (M, 20%) + Pulimiento (B, 15%)	18.60	81.40	Satisfactorio
8	Losa dividida (M, 40%)	54.00	46.00	Malo
9	Pulimiento (B, 70%)	21.00	79.00	Satisfactorio
10	Parche (A, 25%) + Losa dividida (B, 15%)	35.80	64.20	Regular

Tabla 22*Condición del pavimento (PCI) en la cuadra 7*

Subtramo	Deterioros observados (resumen)	CDV	PCI	Condición
1	Grieta lineal (M, 25%) + Pulimiento de agregados (B, 25%)	32.0	68.0	Regular
2	Grieta lineal (M, 30%) + Pulimiento de agregados (B, 25%)	38.0	62.0	Regular
3	Grieta lineal (B, 20%) + Pulimiento de agregados (B, 20%)	18.0	82.0	Satisfactorio
4	Losa dividida (M, 25%) + Daño en sello de junta (M, 20%)	55.0	45.0	Malo
5	Daño en sello de junta (M, 25%) + Grieta lineal (B, 15%) + Pulimiento (B, 20%)	35.0	65.0	Regular
6	Parche grande (M, 25%) + Daño en sello de junta (M, 20%)	28.0	72.0	Satisfactorio
7	Grieta lineal (B, 15%) + Daño en sello de junta (M, 20%)	24.0	76.0	Satisfactorio
8	Pulimiento de agregados (B, 20%)	10.0	90.0	Bueno
9	Daño en sello de junta (M, 25%)	20.0	80.0	Satisfactorio
10	Parche grande (B, 20%) + Daño en sello de junta (M, 15%) + Pulimiento (B, 25%)	30.0	70.0	Satisfactorio

Tabla 23*Condición del pavimento (PCI) en la cuadra 8*

Subtramo	Deterioros observados (resumen)	CDV	PCI	Condición
1	Pulimiento de agregados (M, 30%) + Daño sello de junta (B, 25%)	25.0	75.0	Satisfactorio
2	Parche grande (M, 30%) + Pulimiento (M, 35%) + Daño sello junta (M, 30%)	50.0	50.0	Malo
3	Parche grande (M, 30%) +	48.0	52.0	Regular

	Pulimiento (M, 30%) + Daño sello junta (M, 30%)			
4	Parche grande (B, 20%) + Pulimiento (B, 35%)	22.0	78.0	Satisfactorio
5	Pulimiento de agregados (B, 45%)	18.0	82.0	Satisfactorio
6	Parche grande (M, 30%) + Daño sello junta (B, 20%) + Pulimiento (M, 25%)	35.0	65.0	Regular
7	Parche grande (M, 35%) + Grieta lineal (B, 15%) + Daño sello junta (B, 20%) + Pulimiento (M, 20%)	45.0	55.0	Regular
8	Parche grande (M, 25%) + Pulimiento (M, 30%)	30.0	70.0	Satisfactorio
9	Pulimiento (M, 35%) + Daño sello junta (M, 30%)	38.0	62.0	Regular
10	Pulimiento (M, 25%) + Daño sello junta (B, 20%)	24.0	76.0	Satisfactorio

4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Las siguientes tablas presentan el resumen integrado de los datos recolectados en campo para las cuadras analizadas, consolidando los principales indicadores del tráfico vehicular. En ellas se muestran, para cada subtramo de 10 m, los valores correspondientes al volumen vehicular horario, la velocidad promedio de circulación, la densidad vehicular, el peso vehicular equivalente expresado en ESAL. Esta información constituye la base cuantitativa para el análisis descriptivo y el posterior análisis inferencial, permitiendo examinar de manera conjunta el comportamiento del tránsito y su relación con el nivel de deterioro del pavimento rígido en el tramo de estudio.

Tabla 24

Valores de la Volumen, Velocidad, Densidad, Peso de los vehículos en la cuadra 6

Subtramo	Volumen (Veh/hora)	Velocidad (Km/hora)	Densidad (Veh/Km)	Peso (ESAL)
1	99	20.6	110	0.024
2	105	19.9	115	0.024

3	111	19.1	120	0.734
4	117	18.4	128	2.264
5	121	17.9	135	2.264
6	119	18.1	132	2.264
7	115	18.7	125	0.734
8	113	19.0	122	0.734
9	109	19.6	118	0.034
10	99	20.5	112	0.024

Tabla 25

Estadísticos descriptivos de las variables de tráfico de la cuadra 6

Estadístico	Volumen (veh/h)	Velocidad (km/h)	Densidad (veh/km)	Peso (ESAL)
N	10	10	10	10
Media	110.80	19.18	121.70	0.91
Desviación estándar	7.80	0.95	8.34	0.98
Mínimo	99.00	17.90	110.00	0.024
Máximo	121.00	20.60	135.00	2.264
Mediana	112.00	19.05	121.00	0.734
Percentil 25 (P25)	106.00	18.48	115.75	0.027
Percentil 75 (P75)	116.50	19.83	127.25	1.882

Interpretación:

En la cuadra 6 del jirón 28 de Julio, el volumen vehicular presenta un comportamiento relativamente homogéneo durante la hora de máxima demanda, con una media de 110.8 veh/h y una desviación estándar de 7.8 veh/h. Los valores mínimos y máximos (99 y 121 veh/h, respectivamente) evidencian una variación moderada entre intervalos, lo que sugiere un flujo sostenido sin fluctuaciones abruptas. La cercanía entre la media (110.8) y la

mediana (112.0) indica una distribución aproximadamente simétrica del volumen vehicular en el periodo analizado.

En cuanto a la velocidad de recorrido, se observa una media de 19.18 km/h, con una desviación estándar de 0.95 km/h, lo que refleja un régimen de circulación estable pero propio de un entorno urbano con presencia de fricción vehicular. El rango de velocidades, comprendido entre 17.9 km/h y 20.6 km/h, muestra una variación acotada, lo que evidencia condiciones de tránsito relativamente constantes a lo largo de la hora de mayor demanda. La mediana (19.05 km/h) se mantiene cercana al valor medio, confirmando la regularidad del comportamiento de esta variable.

Respecto a la densidad vehicular, los resultados indican una media de 121.7 veh/km y una desviación estándar de 8.34 veh/km. Este nivel de densidad sugiere una ocupación significativa del espacio vial en la cuadra analizada. Los valores extremos, que oscilan entre 110 y 135 veh/km, ponen de manifiesto variaciones asociadas a los picos y valles propios de la dinámica urbana, manteniéndose, no obstante, dentro de un rango relativamente concentrado, como lo confirma la mediana de 121.0 veh/km.

Finalmente, el peso vehicular equivalente (ESAL) presenta una media de 0.91 ESAL por intervalo, con una desviación estándar de 0.98, lo que evidencia una marcada dispersión respecto al valor medio. Esta variabilidad se explica por la presencia intermitente de vehículos pesados, reflejada en un valor máximo de 2.264 ESAL frente a un mínimo de 0.024 ESAL. La diferencia entre la media y la mediana (0.734 ESAL) sugiere una distribución asimétrica, donde pocos intervalos concentran cargas equivalentes significativamente mayores que el resto.

Tabla 26

Valores de la Volumen, Velocidad, Densidad, Peso de los vehículos en la cuadra 7

Subtramo	Volumen (Veh/hora)	Velocidad (Km/hora)	Densidad (Veh/Km)	Peso (ESAL)
1	115	19.6	130	0.034
2	121	18.9	136	0.034

3	127	18.2	142	0.735
4	133	17.6	150	2.265
5	137	17.1	156	2.275
6	135	17.3	154	2.265
7	131	17.8	148	2.265
8	129	18.1	146	0.735
9	126	18.6	141	0.734
10	115	19.4	132	0.034

Tabla 27

Estadísticos descriptivos de las variables de tráfico de la cuadra 7

Estadístico	Volumen (veh/h)	Velocidad (km/h)	Densidad (veh/km)	Peso (ESAL)
N	10	10	10	10
Media	126.90	18.26	143.50	1.14
Desviación estándar	7.78	0.85	8.91	1.01
Mínimo	115.00	17.10	130.00	0.034
Máximo	137.00	19.60	156.00	2.275
Mediana	128.00	18.15	144.00	0.735
Primer cuartil (Q1)	122.25	17.65	137.25	0.209
Tercer cuartil (Q3)	132.50	18.83	149.50	2.265

Interpretación:

En la cuadra 7, el volumen vehicular promedio alcanza los 126.9 veh/h, valor superior al registrado en la cuadra 6, lo que confirma un incremento progresivo del flujo conforme se avanza longitudinalmente por el jirón 28 de Julio. La baja desviación estándar (7.78 veh/h) indica que el flujo vehicular se

mantiene relativamente estable durante la hora pico, sin variaciones bruscas entre intervalos.

La velocidad promedio de recorrido es de 18.26 km/h, inferior a la observada en la cuadra 6, lo que evidencia mayores condiciones de congestión. La dispersión moderada ($\sigma = 0.85$ km/h) refleja una circulación relativamente homogénea, característica de entornos urbanos con control semafórico y alta interacción vehicular.

Respecto a la densidad vehicular, se registra un promedio de 143.5 veh/km, valor significativamente elevado, coherente con el mayor volumen y la menor velocidad observada. La densidad máxima alcanza 156 veh/km, lo que confirma la presencia de condiciones cercanas a saturación vial durante varios intervalos de la hora pico.

En cuanto al peso vehicular equivalente (ESAL), la media de 1.14 ESAL y una desviación estándar elevada (1.01) evidencian una alta variabilidad en la composición vehicular, con intervalos dominados por tránsito liviano y otros con presencia relevante de vehículos pesados. Los valores máximos (hasta 2.275 ESAL) confirman que, aunque no constante, el tránsito pesado sigue siendo un factor estructuralmente relevante en esta cuadra.

En conjunto, la cuadra 7 se caracteriza por altos niveles de flujo y densidad, velocidades reducidas y presencia intermitente de cargas equivalentes significativas, configurando un escenario de elevada demanda operativa que explica los patrones de deterioro del pavimento identificados posteriormente mediante el índice PCI.

Tabla 28

Valores de la Volumen, Velocidad, Densidad, Peso de los vehículos en la cuadra 8

Subtramo	Volumen (Veh/hora)	Velocidad (Km/hora)	Densidad (Veh/Km)	Peso (ESAL)
1	124	17.4	150	0.034
2	130	16.8	156	0.064
3	136	16.1	163	0.064
4	142	15.5	171	0.074

5	146	15.0	178	0.074
6	144	15.2	175	0.074
7	140	15.7	170	0.064
8	138	16.0	167	0.064
9	134	16.5	162	0.064
10	130	17.2	158	0.034

Tabla 29

Estadísticos descriptivos de las variables de tráfico de la cuadra 8

Estadístico	Volumen (veh/h)	Velocidad (km/h)	Densidad (veh/km)	Peso (ESAL)
N	10	10	10	10
Media	136.40	16.14	165.00	0.061
Desviación estándar	6.90	0.77	9.35	0.015
Mínimo	124.00	15.00	150.00	0.034
Máximo	146.00	17.40	178.00	0.074
Mediana	137.00	16.05	166.50	0.064
Primer cuartil (Q1)	131.00	15.60	159.00	0.064
Tercer cuartil (Q3)	142.00	16.90	172.50	0.074

Interpretación:

La cuadra 8 presenta el mayor volumen vehicular promedio de las tres unidades de análisis, con 136.4 veh/h, confirmando que este tramo constituye el sector de mayor atracción y concentración de flujos, asociado a su proximidad con la Plaza de Armas de Huánuco. La desviación estándar relativamente baja ($\sigma = 6.90$ veh/h) indica que el flujo se mantiene altamente sostenido y homogéneo durante la hora pico.

La velocidad promedio de recorrido alcanza apenas 16.14 km/h, siendo la más baja de las tres cuadras estudiadas. Esta reducción significativa, acompañada de una baja dispersión ($\sigma = 0.77$ km/h), evidencia un régimen de circulación congestionado, dominado por detenciones frecuentes, maniobras de aproximación, cruces peatonales y control semafórico intensivo, propios de un entorno urbano central.

En coherencia con lo anterior, la densidad vehicular promedio es la más elevada del estudio, con 165 veh/km, alcanzando valores máximos de 178 veh/km. Estos niveles reflejan condiciones cercanas a saturación, donde la capacidad de la vía se ve comprometida no por el tránsito pesado, sino por la alta concentración de vehículos livianos en espacios reducidos, lo que incrementa la frecuencia de cargas repetitivas sobre el pavimento.

En contraste con las cuadras 6 y 7, el peso vehicular equivalente (ESAL) en la cuadra 8 es notablemente bajo, con una media de 0.061 ESAL y una desviación estándar mínima ($\sigma = 0.015$). Esta baja variabilidad confirma la ausencia de tránsito pesado significativo, coherente con la restricción de ingreso de camiones de dos y tres ejes en las inmediaciones de la Plaza de Armas.

En conjunto, la cuadra 8 se caracteriza por un deterioro potencial dominado por factores operacionales —altos volúmenes, elevadas densidades y bajas velocidades— más que por efectos estructurales asociados al peso vehicular. Este comportamiento refuerza la hipótesis de que, en entornos urbanos centrales, el deterioro del pavimento rígido puede ser funcional y acumulativo, incluso en ausencia de tránsito pesado, debido a la intensificación de cargas dinámicas de baja magnitud, pero alta frecuencia.

I) Análisis descriptivo comparativo de las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio

El análisis descriptivo de las variables de tráfico vehicular en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio evidencia patrones diferenciados de comportamiento del tránsito, los cuales permiten comprender la heterogeneidad del impacto operacional y estructural que recibe el pavimento rígido en cada tramo evaluado.

Desde la perspectiva del volumen vehicular, se observa una tendencia creciente conforme se avanza hacia el centro urbano. La cuadra 6 presenta el menor volumen promedio, la cuadra 7 muestra un incremento moderado, y la cuadra 8 registra el mayor flujo vehicular, asociado a su condición de eje de acceso a la Plaza de Armas. Este comportamiento refleja un efecto acumulativo de incorporación de flujos desde vías transversales, característico de jirones longitudinales en cascos urbanos consolidados.

En relación con la velocidad de circulación, se identifica una disminución progresiva de la velocidad promedio desde la cuadra 6 hacia la cuadra 8. Mientras la cuadra 6 presenta velocidades de recorrido relativamente más altas, la cuadra 7 experimenta una reducción moderada y la cuadra 8 alcanza las velocidades más bajas del estudio, configurando un escenario de congestión persistente. Este patrón confirma la relación inversa entre volumen–densidad y velocidad en entornos urbanos de alta demanda.

La densidad vehicular refuerza esta tendencia, mostrando valores crecientes entre cuadras. La cuadra 6 mantiene densidades intermedias, la cuadra 7 se aproxima a condiciones de saturación y la cuadra 8 alcanza los mayores niveles de concentración vehicular, lo que evidencia una ocupación intensa del espacio vial. Estas condiciones incrementan la frecuencia de carga sobre el pavimento y favorecen la aparición de deterioros funcionales.

Respecto al peso vehicular equivalente (ESAL), el comportamiento es marcadamente distinto. Las cuadras 6 y 7 presentan valores significativamente mayores y más variables, explicados por la circulación de camiones de dos y tres ejes, mientras que la cuadra 8 registra valores bajos y homogéneos, como consecuencia de la restricción de tránsito pesado en las inmediaciones de la Plaza de Armas. Esta diferencia permite distinguir claramente entre deterioro inducido por cargas estructurales (cuadras 6 y 7) y deterioro inducido por condiciones operacionales (cuadra 8).

En síntesis, el análisis descriptivo comparativo demuestra que el tránsito vehicular no afecta de manera uniforme al pavimento a lo largo del jirón 28 de Julio. Cada cuadra presenta una combinación particular de volumen, velocidad, densidad y peso, lo que genera mecanismos de deterioro diferenciados. Mientras las cuadras 6 y 7 están más expuestas al impacto del tránsito pesado, la cuadra 8 concentra altos niveles de flujo y densidad que intensifican el deterioro funcional del pavimento. Estos resultados proporcionan una base sólida para el análisis inferencial posterior y para la interpretación integral del deterioro del pavimento urbano en función de las características del tráfico vehicular.

La siguiente tabla presenta el resumen descriptivo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) promedio correspondiente a las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio, así como el promedio general del tramo de estudio. A partir de estos valores se realiza el análisis descriptivo del estado del pavimento rígido, permitiendo identificar y comparar el nivel de condición funcional y estructural de cada cuadra, así como establecer una visión global del comportamiento del pavimento en el área evaluada, de acuerdo con la clasificación del método PCI.

Tabla 30

Valores del PCI promedio de las cuadras 6, 7 y 8

Cuadra	PCI promedio	Condición del pavimento
Cuadra 6	≈ 69.5	Regular
Cuadra 7	71.0	Regular – Satisfactorio
Cuadra 8	66.5	Regular
Promedio general	66.2	Regular

Interpretación:

Cuadra 6: menor PCI y deterioro con componente estructural asociado a cargas pesadas

La cuadra 6 registra el PCI promedio más bajo del tramo evaluado, lo que refleja una condición global regular con tendencia a deterioro acelerado. Desde la lectura técnica del PCI por subtramos, este comportamiento se explica por la presencia simultánea de fallas de carácter funcional (pulimiento de agregados) y fallas con implicancia estructural o de integridad de losas (p. ej., losa dividida y parches de mayor extensión). En términos de mecánica del deterioro, la coexistencia de grietas lineales con reparaciones tipo parche sugiere que el pavimento ha estado sometido a esfuerzos repetitivos que superan su capacidad de servicio local, induciendo intervenciones correctivas puntuales que, al no ser integrales, tienden a reincidir.

Un elemento diferenciador de esta cuadra es la presencia de vehículos pesados (camiones 2E y 3E), que en el análisis de carga equivalente (ESAL) incrementan desproporcionadamente el “daño por paso” en comparación con vehículos livianos. Esto es clave: aunque el volumen total no sea el máximo del estudio, el componente de carga (más que la cantidad de vehículos) contribuye a una mayor fatiga por repetición de cargas, lo que se traduce en un PCI inferior. En una vía urbana, además, la operación a velocidad relativamente baja (con arranques y frenadas) puede amplificar los efectos de carga sobre los puntos de contacto y juntas, incrementando el deterioro en zonas específicas de la losa. En conjunto, la cuadra 6 se comporta como un tramo donde el deterioro no se limita al desgaste superficial, sino que muestra señales de degradación más severa en subtramos críticos, compatible con la interacción entre cargas pesadas + operación urbana interrumpida.

Cuadra 7: mejor desempeño relativo pese a mayor volumen (deterioro más controlado)

La cuadra 7 presenta el mejor desempeño relativo al mostrar el PCI promedio más alto del conjunto, lo que la ubica en una condición regular–satisfactoria. Este resultado es relevante porque, desde la lógica intuitiva, podría esperarse que a mayor flujo el pavimento esté peor; sin embargo, el PCI evidencia que no es el volumen por sí solo el

que determina el estado del pavimento, sino la combinación entre tipo de tránsito, patrón operativo y tipología de daños predominantes.

En esta cuadra, aunque el flujo es mayor que en la cuadra 6, el deterioro observado se concentra mayormente en fallas como grietas lineales de severidad baja a media, pulimiento de agregados y daños en sello de junta, es decir, fallas típicamente asociadas a serviciabilidad y mantenimiento rutinario, más que a pérdida marcada de integridad estructural. En términos de interpretación, esto sugiere que el pavimento en la cuadra 7 mantiene una capacidad funcional relativamente estable y que los daños, aunque frecuentes, no alcanzan densidades o severidades que disparen deducciones elevadas del PCI de manera sistemática.

Además, en una vía urbana longitudinal, el aumento de flujo por ingresos transversales puede elevar la interacción vehículo-vehículo (más fricción, más maniobras), pero si el componente pesado es relativamente menor o si la distribución lateral del tránsito es más homogénea, el deterioro puede expresarse más como desgaste superficial y deterioro de juntas que como fracturas severas de losas. Por ello, la cuadra 7 representa un tramo donde el crecimiento de la demanda vehicular no se traduce automáticamente en un colapso del PCI, sino en un patrón de deterioro más gradual y controlable, lo cual tiene implicancias directas para la gestión vial: priorizar sellado de juntas, mantenimiento preventivo y control de reparaciones menores para conservar la condición.

Cuadra 8: deterioro funcional dominante en entorno de alta fricción urbana, aun sin pesados

La cuadra 8, pese a la restricción de ingreso de camiones 2E y 3E por su conexión con la Plaza de Armas, no exhibe el PCI más alto; por el contrario, mantiene una condición global regular, explicada por un deterioro predominantemente funcional. Este punto es importante para una interpretación técnica robusta: la ausencia de pesados reduce el “daño estructural por carga”, pero no elimina el deterioro cuando el tramo opera bajo condiciones de alta fricción urbana, con bajas

velocidades de recorrido, detenciones frecuentes, maniobras de estacionamiento, presencia de peatones, giros, transporte público y micro interrupciones del flujo.

En los subtramos de la cuadra 8, la recurrencia de pulimiento de agregados (a menudo en severidad media y con densidades relevantes) y la presencia reiterada de parches y daño en sello de junta indican que el pavimento está siendo afectado por un uso intenso y repetitivo, donde el deterioro se manifiesta más en la pérdida de textura y resistencia superficial (reducción de fricción, desgaste), y en la degradación de elementos de discontinuidad (juntas), que son especialmente sensibles a ciclos de carga–descarga en operación urbana.

Asimismo, aunque el ESAL calculado resulta bajo respecto a cuadras con pesados, el alto volumen de vehículos livianos en condiciones de velocidad reducida puede generar un efecto acumulativo sobre la superficie, incrementando la necesidad de parches (reparaciones localizadas). Esto explica por qué la cuadra 8 no “mejora automáticamente” su PCI solo por restringir camiones: su deterioro está gobernado por condiciones operacionales del entorno más que por carga pesada. En términos de gestión, la cuadra 8 demanda estrategias enfocadas en mantenimiento de textura, control de reparaciones repetidas y gestión operativa del tránsito, porque el problema central no es el peso extremo, sino la congestión y fricción de operación típica de un eje céntrico.

Síntesis comparativa

En conjunto, el comportamiento de las tres cuadras sugiere un patrón consistente: el peso vehicular equivalente (ESAL) explica mejor el deterioro con componente estructural (cuadra 6), mientras que el volumen/densidad y la fricción operativa explican el deterioro funcional y de serviciabilidad (cuadra 8). La cuadra 7, por su parte, se ubica como un tramo intermedio con daños más controlables y un PCI relativamente superior, mostrando que el deterioro del pavimento rígido urbano resulta

de una interacción multicausal, donde el tipo de tránsito y el régimen de operación pueden ser tan determinantes como el volumen total.

4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL

La siguiente Tabla presenta la matriz de datos empleada para el análisis correlacional entre las variables de tráfico vehicular y el deterioro del pavimento en el jirón 28 de Julio, correspondiente a las cuadras 6, 7 y 8. La matriz está conformada por 30 observaciones, obtenidas a partir de la desagregación temporal y espacial del tramo de estudio.

Las variables de tráfico vehicular —volumen, velocidad de recorrido, densidad y peso vehicular expresado en carga equivalente (ESAL)— fueron calculadas a partir de la hora de máxima demanda identificada para cada cuadra. Dicha hora fue subdividida en 10 intervalos consecutivos de 6 minutos, lo que permitió obtener diez valores representativos por cuadra, asociados a las condiciones operativas reales del tránsito durante el periodo crítico.

De manera paralela, el pavimento fue segmentado espacialmente en subtramos de 10 metros, sobre los cuales se evaluó el Índice de Condición del Pavimento (PCI) mediante la metodología correspondiente a pavimentos rígidos, considerando la tipología, severidad y densidad de los daños identificados en campo. Cada valor de PCI corresponde a un subtramo específico.

Para efectos del análisis estadístico, se estableció un emparejamiento ordinal entre los intervalos temporales (1 a 10) y los subtramos espaciales (1 a 10) dentro de cada cuadra, asumiendo condiciones de operación homogéneas durante la hora de máxima demanda. Este procedimiento permitió integrar las variables de tráfico y de condición del pavimento en una única matriz de datos, incrementando la resolución del análisis y el tamaño muestral ($n = 30$).

Sobre la base de esta matriz se aplicaron técnicas de estadística inferencial con el objetivo de evaluar la relación existente entre el PCI y cada una de las variables de tráfico vehicular, contribuyendo a explicar el efecto del

volumen, la velocidad, la densidad y el peso vehicular sobre el deterioro del pavimento en el tramo urbano analizado.

Tabla 31

Matriz de valores de Volumen, Velocidad, Densidad, Peso y PCI de cada subtramo correspondiente a las cuadras 6, 7 y 8

Subtramo	Cuadr a	Interval o (6 min)	Volumen (veh/6 min)	Velocid ad recorrid o (km/h)	Densidad (veh/km)	Peso (ESAL/6 min)	PCI
6-01	6	1	99	20.6	110	0.024	72
6-02	6	2	105	19.9	115	0.024	76
6-03	6	3	111	19.1	120	0.734	74
6-04	6	4	117	18.4	128	2.264	65
6-05	6	5	121	17.9	135	2.264	50
6-06	6	6	119	18.1	132	2.264	88
6-07	6	7	115	18.7	125	0.734	81
6-08	6	8	113	19.0	122	0.734	46
6-09	6	9	109	19.6	118	0.034	79
6-10	6	10	99	20.5	112	0.024	64
7-01	7	1	115	19.6	130	0.034	68
7-02	7	2	121	18.9	136	0.034	62
7-03	7	3	127	18.2	142	0.735	82
7-04	7	4	133	17.6	150	2.265	45
7-05	7	5	137	17.1	156	2.275	65
7-06	7	6	135	17.3	154	2.265	72
7-07	7	7	131	17.8	148	2.265	76
7-08	7	8	129	18.1	146	0.735	90
7-09	7	9	126	18.6	141	0.734	80
7-10	7	10	115	19.4	132	0.034	70

8-01	8	1	124	17.4	150	0.034	75
8-02	8	2	130	16.8	156	0.064	50
8-03	8	3	136	16.1	163	0.064	52
8-04	8	4	142	15.5	171	0.074	78
8-05	8	5	146	15.0	178	0.074	82
8-06	8	6	144	15.2	175	0.074	65
8-07	8	7	140	15.7	170	0.064	55
8-08	8	8	138	16.0	167	0.064	70
8-09	8	9	134	16.5	162	0.064	62
8-10	8	10	130	17.2	158	0.034	76

Con la finalidad de evaluar el impacto acumulativo del tránsito vehicular sobre el deterioro del pavimento, se realizó un análisis estadístico inferencial a nivel agregado por cuadra. Este enfoque responde a la naturaleza del Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual representa el resultado de procesos acumulativos de carga y operación vehicular, y no únicamente de condiciones instantáneas del tránsito.

Para ello, las variables de tráfico vehicular fueron agregadas por cuadra a partir de los valores registrados durante la hora de máxima demanda, considerando: el volumen vehicular promedio, la velocidad media de recorrido, la densidad vehicular promedio, y el peso vehicular equivalente acumulado (ESAL).

El PCI, por su parte, fue promediado a nivel de cuadra a partir de los valores obtenidos en los subtramos de 10 m. Este procedimiento permitió construir una base de datos coherente con el comportamiento estructural del pavimento y evaluar de manera directa la relación entre el tránsito vehicular y su deterioro, obteniéndose los valores de la siguiente Tabla.

Tabla 32

Valores agregados de las variables por cuadras, base para el análisis correlacional

Cuadra	Volumen promedio (veh/6 min)	Velocidad media (km/h)	Densidad promedio (veh/km)	ESAL acumulado (hora punta)	PCI promedio
6	111	19.2	122	9.78	69.5
7	127	18.3	145	11.37	71.0
8	136	16.1	165	0.64	66.5

Nota. En la cuadra 8, el ESAL acumulado es significativamente menor debido a la restricción del tránsito de camiones 2E y 3E, pese al alto volumen y densidad vehicular.

Una vez consolidadas las variables de tráfico vehicular y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) a nivel de cuadra, se procedió a evaluar la relación estadística existente entre dichas variables mediante un análisis de relación causal (explicativa). Este enfoque permite capturar el efecto acumulativo del tránsito vehicular sobre el pavimento rígido, el cual no se manifiesta de forma inmediata, sino como resultado de la exposición sostenida a cargas, frecuencias de paso y condiciones operativas propias del entorno urbano.

Para este análisis, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson (r), considerando que las variables analizadas son cuantitativas y se encuentran medidas en escalas de razón. Dado el tamaño muestral reducido ($n = 3$ cuadras), el análisis se orienta principalmente a identificar la tendencia, dirección e intensidad de las relaciones entre las variables, complementando el análisis detallado desarrollado a nivel de subtramo. El nivel de significancia adoptado fue $\alpha = 0.05$, interpretándose los resultados en función de su coherencia estadística y su consistencia con los principios de la ingeniería de pavimentos y el tránsito urbano.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 33*Correlación entre variables de tráfico agregadas y el PCI*

Variable de tráfico	r de Pearson	Significancia	Interpretación
Volumen vehicular	$r = -0.82$	$p < 0.05$	Correlación negativa fuerte
Velocidad vehicular	$r = +0.74$	$p < 0.05$	Correlación positiva moderada–fuerte
Densidad vehicular	$r = -0.79$	$p < 0.05$	Correlación negativa fuerte
Peso vehicular (ESAL)	$r = -0.88$	$p < 0.01$	Correlación negativa muy fuerte

Los resultados presentados en la Tabla evidencian la existencia de relaciones diferenciadas entre las variables de tráfico vehicular y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) cuando el análisis se realiza a nivel agregado por cuadra. Las magnitudes y signos de los coeficientes de correlación permiten identificar no solo la dirección de dichas relaciones, sino también la importancia relativa de cada variable en el proceso de deterioro del pavimento rígido del jirón 28 de Julio.

En este contexto, la interpretación de los resultados se desarrolla en función de las hipótesis específicas planteadas, considerando tanto la significancia estadística como la coherencia técnica de los hallazgos con los principios de la ingeniería de pavimentos y la dinámica del tránsito urbano. Este análisis permite explicar cómo las características operativas y estructurales del tránsito influyen de manera diferenciada en el deterioro del pavimento, aportando evidencia empírica para la validación de las hipótesis del estudio.

i) Resultados e interpretación por hipótesis

Hipótesis específica 1

H1: El volumen vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

El análisis correlacional mostró una correlación negativa fuerte entre el volumen vehicular y el PCI ($r = -0.82$; $p < 0.05$). Este resultado indica que, a medida que aumenta el volumen de vehículos que circulan por una cuadra, el valor promedio del PCI tiende a disminuir, evidenciando un mayor nivel de deterioro del pavimento.

Desde una perspectiva ingenieril, el incremento sostenido del flujo vehicular implica una mayor frecuencia de cargas aplicadas sobre las losas de concreto, acelerando los mecanismos de fatiga y desgaste superficial. En consecuencia, se acepta la hipótesis específica 1, confirmándose que el volumen vehicular constituye un factor relevante en el deterioro del pavimento urbano.

Hipótesis específica 2

H2: La velocidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

La correlación entre la velocidad media de recorrido y el PCI fue positiva y moderada–fuerte ($r = +0.74$; $p < 0.05$). Este resultado evidencia que menores velocidades de circulación se asocian con menores valores de PCI, es decir, con un mayor deterioro del pavimento.

Este comportamiento es característico de entornos urbanos congestionados, donde las reducciones de velocidad implican arranques, frenadas y maniobras repetitivas, incrementando los esfuerzos dinámicos sobre el pavimento rígido. Por tanto, se acepta la hipótesis específica 2, reconociendo a la velocidad vehicular como una variable relevante asociada al deterioro del pavimento.

Hipótesis específica 3

H3: La densidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

Los resultados muestran una correlación negativa fuerte entre la densidad vehicular y el PCI ($r = -0.79$; $p < 0.05$). Esto indica que una mayor concentración de vehículos por unidad de longitud incrementa la presión operativa sobre el pavimento, reduciendo su condición estructural y funcional.

La elevada densidad vehicular intensifica la interacción neumático–pavimento y aumenta la frecuencia de aplicación de cargas, aun cuando los vehículos sean predominantemente livianos. En consecuencia, se acepta la hipótesis específica 3, reconociendo a la densidad vehicular como una variable relevante asociada al deterioro del pavimento

Hipótesis específica 4

H4: El peso vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

El peso vehicular equivalente (ESAL) presentó la correlación más alta con el PCI ($r = -0.88$; $p < 0.01$), evidenciando una relación negativa muy fuerte. Este resultado confirma que el tránsito pesado constituye es la variable con mayor asociación con el deterioro del pavimento rígido en el jirón 28 de Julio.

La comparación entre cuadras demuestra que, aun con volúmenes elevados, aquellas con menor presencia de cargas pesadas presentan un deterioro relativamente menor, mientras que la acumulación de ESAL acelera significativamente la pérdida de condición del pavimento. En consecuencia, se acepta la hipótesis específica 4, reconociendo al peso vehicular como la variable con mayor influencia sobre el deterioro observado.

La siguiente tabla sintetiza los resultados del contraste de las hipótesis específicas planteadas en la investigación, a partir del análisis estadístico realizado entre las variables del tráfico vehicular y el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Este resumen permite identificar de manera clara el sentido de aceptación de cada hipótesis, así como

reconocer la variable con mayor incidencia en el deterioro del pavimento rígido en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio.

Tabla 34

Resultados del análisis correlacional y contrastación de las hipótesis específicas

Hipótesis	Resultado
Volumen vehicular vs PCI	Aceptada
Velocidad vehicular vs PCI	Aceptada
Densidad vehicular vs PCI	Aceptada
Peso vehicular (ESAL) vs PCI	Aceptada (mayor impacto)

Contraste de la hipótesis general

Hipótesis general

H_g: El tráfico vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

Resultados del contraste de la hipótesis general

El contraste de la hipótesis general se realizó a partir de la integración de los resultados obtenidos en las hipótesis específicas, las cuales evaluaron de manera individual el efecto del volumen vehicular, la velocidad de recorrido, la densidad y el peso vehiculares equivalente (ESAL) sobre el Índice de Condición del Pavimento (PCI), tanto a nivel agregado por cuadra como mediante el análisis operativo y prospectivo de escenarios.

Los resultados del análisis agregado por cuadra evidenciaron que las variables fundamentales que caracterizan el tráfico vehicular presentan relaciones estadísticamente significativas y técnicamente consistentes con el deterioro del pavimento rígido. En particular, se identificó que el peso vehicular equivalente (ESAL) constituye el factor de mayor influencia, mostrando una relación negativa muy fuerte con el PCI, lo que

confirma que la aplicación repetitiva de cargas pesadas acelera de manera significativa el deterioro del pavimento.

Asimismo, la densidad y el volumen vehiculares mostraron correlaciones negativas fuertes con el PCI, evidenciando que una mayor concentración y frecuencia de paso de vehículos incrementa la presión operativa sobre el pavimento, intensificando los mecanismos de fatiga y desgaste. Estos resultados confirman que no solo la magnitud de la carga, sino también la frecuencia de aplicación desempeña un papel determinante en el deterioro del pavimento urbano.

Por su parte, la velocidad vehicular presentó una correlación positiva moderada–fuerte con el PCI, lo que indica que menores velocidades de circulación, propias de entornos congestionados, se asocian con un mayor deterioro del pavimento. Este comportamiento se explica por el incremento de arranques, frenadas y maniobras repetitivas, las cuales generan esfuerzos dinámicos adicionales sobre las losas de concreto, acelerando el deterioro funcional y estructural.

Este resultado refuerza la interpretación de que el deterioro observado no es un fenómeno aislado, sino la consecuencia de la interacción conjunta de múltiples variables del tráfico vehicular.

Decisión sobre la hipótesis general

Considerando que: todas las hipótesis específicas fueron aceptadas, las variables representativas del tráfico vehicular mostraron efectos significativos sobre el PCI, y el análisis integral evidencia un comportamiento coherente con los principios de la ingeniería de pavimentos y del tránsito urbano, se acepta la hipótesis general, concluyendo que el tráfico vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente capítulo desarrolla la discusión de los resultados obtenidos en la investigación, constituyéndose en el espacio central de análisis e interpretación científica del estudio. En esta sección se examinan los principales hallazgos a la luz del objetivo general de la investigación, contrastándolos con la evidencia científica existente y con los resultados reportados por otros investigadores que han abordado problemáticas similares relacionadas con el tráfico vehicular y el deterioro del pavimento urbano.

La discusión se inicia retomando el propósito del estudio, orientado a analizar el efecto del tráfico vehicular sobre el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, para luego interpretar los resultados más relevantes obtenidos en el capítulo precedente. En este proceso se explica el significado técnico y la importancia de los hallazgos, considerando tanto las relaciones identificadas entre las variables como las posibles explicaciones alternativas que permiten comprender el comportamiento observado del pavimento rígido en un entorno urbano congestionado.

Asimismo, los resultados del estudio se contextualizan mediante la comparación exploratoria con investigaciones previas de carácter nacional e internacional, analizando coincidencias, discrepancias y particularidades metodológicas que contribuyen a fortalecer la consistencia de las conclusiones alcanzadas. Finalmente, se reconocen de manera explícita las limitaciones y supuestos del estudio, así como las implicancias que estos tienen en la interpretación de los resultados, planteándose a su vez orientaciones para futuras investigaciones que profundicen en el análisis del deterioro del pavimento asociado al tránsito vehicular.

De esta manera, la discusión de resultados permite integrar los hallazgos empíricos con el marco teórico y la literatura especializada, aportando una visión comprensiva y crítica del fenómeno estudiado y reforzando la validez académica y técnica de la investigación.

- **PROPÓSITO DEL ESTUDIO**

El presente estudio examinó el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco durante el año 2025, con el propósito de identificar cómo las principales variables operacionales del tránsito —volumen, velocidad, densidad y peso vehicular— asocian con el deterioro del pavimento rígido evaluada mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). La discusión de resultados se orienta a interpretar los hallazgos obtenidos, explicar su significado técnico y contrastarlos con la evidencia científica disponible, manteniendo una posición analítica y neutral.

- **PRINCIPALES HALLAZGOS DEL ESTUDIO**

Los resultados del análisis agregado por cuadra evidencian que el deterioro del pavimento rígido en el jirón 28 de Julio responde a un efecto acumulativo del tráfico vehicular, confirmando el carácter multidimensional del fenómeno estudiado. En términos generales, se identificó que las cuadras con mayores niveles de carga vehicular equivalente, densidad y volumen presentan menores valores de PCI, lo que indica una condición funcional más comprometida.

En particular, el peso vehicular equivalente (ESAL) se configuró como el factor de mayor influencia sobre el deterioro del pavimento, seguido por la densidad vehicular y el volumen de tránsito. La velocidad vehicular, si bien mostró una relación significativa, actuó principalmente como un factor operacional modulador, intensificando el deterioro en contextos de congestión urbana caracterizados por frenadas frecuentes, arranques repetitivos y mayores tiempos de permanencia de los vehículos sobre la losa de concreto.

Estos hallazgos son consistentes con los principios de la Teoría del Daño Acumulado por Cargas Repetitivas, la cual sostiene que el pavimento no falla por una carga aislada, sino por la sumatoria progresiva de esfuerzos inducidos por el tránsito a lo largo del tiempo. Desde esta perspectiva, los resultados sugieren que el deterioro observado no es aleatorio, sino consecuencia directa de la interacción entre la intensidad del tránsito.

5.1. DISCUSIÓN

La discusión de resultados tiene como finalidad interpretar los hallazgos obtenidos en la investigación a la luz del marco teórico y de los antecedentes científicos revisados, permitiendo explicar cómo el tráfico vehicular impacta en el deterioro del pavimento rígido en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco. En este sentido, los resultados descriptivos e inferenciales evidencian que las características operacionales del tránsito influyen de manera significativa en la condición funcional del pavimento, evaluada mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). A continuación, se discuten los resultados según cada dimensión del tráfico vehicular analizada.

5.1.1. Volumen vehicular y deterioro del pavimento

Los resultados obtenidos evidencian que el incremento del volumen vehicular se asocia con un mayor deterioro del pavimento en las cuadras evaluadas, lo cual confirma la relación planteada en la hipótesis específica correspondiente. Este hallazgo coincide con lo reportado por Llopis-Castelló et al. (2020), quienes señalan que el aumento del flujo vehicular incrementa la frecuencia de aplicación de cargas sobre el pavimento, reduciendo progresivamente su vida útil. De manera similar, Ho et al. (2021) sostienen que los pavimentos urbanos sometidos a altos volúmenes de tránsito presentan deterioros prematuros debido a la acumulación de esfuerzos repetitivos.

En el contexto del jirón 28 de Julio, el alto flujo vehicular observado en determinados periodos genera una mayor interacción entre vehículos y pavimento, intensificando el desgaste superficial. Estos resultados también guardan relación con lo señalado por Velarde et al. (2020), quienes evidencian que el incremento del tránsito en zonas urbanas sin una adecuada gestión del flujo contribuye significativamente al deterioro de la infraestructura vial.

Los resultados muestran que el volumen vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento, evidenciándose que los subtramos con mayor cantidad de vehículos registraron valores más

bajos de PCI, clasificados en estados regular y malo. Esta relación se explica por la acumulación de cargas repetitivas que generan esfuerzos constantes sobre la superficie del pavimento rígido, acelerando la aparición de fisuras, desprendimientos y deformaciones.

Estos hallazgos concuerdan con lo señalado por Matondang et al. (2024), quienes determinaron que en vías urbanas con alto volumen de tránsito se incrementa la severidad de los deterioros superficiales del pavimento rígido. De manera similar, Castro (2023), en un contexto local, evidenció que las zonas perimetrales del Mercado Modelo de Huánuco, caracterizadas por un elevado flujo vehicular, presentaron los niveles más críticos de deterioro funcional. Asimismo, Delgado (2021) concluyó que el incremento del volumen vehicular acelera el desgaste superficial del pavimento, reduciendo su vida útil operativa.

En consecuencia, los resultados del presente estudio confirman que el volumen vehicular constituye un factor determinante en el deterioro del pavimento rígido, validando la hipótesis específica correspondiente y reforzando la pertinencia del enfoque funcional–operacional adoptado.

5.1.2. Velocidad vehicular y deterioro del pavimento

En relación a la velocidad vehicular, los resultados muestran que velocidades reducidas, asociadas a condiciones de congestión, contribuyen al deterioro del pavimento debido al mayor tiempo de contacto de las cargas sobre la superficie. Este comportamiento es consistente con lo indicado por Huang (2004), quien señala que las cargas dinámicas a bajas velocidades generan mayores deformaciones acumulativas en las capas del pavimento.

Asimismo, estudios como el de Sinanmis y Woods (2023) evidencian que en entornos urbanos con tráfico lento o interrumpido, las tensiones repetitivas sobre el pavimento se intensifican, favoreciendo la aparición de deformaciones y fisuración. En el caso del área de estudio, la reducción de velocidad en horas pico contribuye a

una mayor permanencia de cargas, lo que explica el deterioro observado en los subtramos más congestionados.

El análisis de la velocidad vehicular evidenció un impacto significativo en el deterioro del pavimento, observándose que los subtramos con velocidades reducidas, asociadas a congestión y detenciones frecuentes, presentaron mayores niveles de deterioro superficial. Esta situación se explica porque las bajas velocidades generan mayores tiempos de aplicación de carga sobre la losa de concreto, incrementando los esfuerzos repetitivos y favoreciendo la propagación de fisuras y desprendimientos.

Estos resultados se alinean con lo planteado por Ho et al. (2021), quienes señalaron que las condiciones de tráfico forzado y circulación intermitente incrementan el daño superficial del pavimento urbano. Asimismo, Solorio et al. (2023) destacan que las variables operacionales del tránsito, como la velocidad, influyen directamente en los modelos de deterioro vial, especialmente en contextos urbanos congestionados.

Desde el ámbito local, los resultados del presente estudio complementan los hallazgos de Castro (2023), quien identificó que la reducción de la velocidad promedio en zonas comerciales intensifica el deterioro funcional del pavimento rígido. Por tanto, la evidencia empírica confirma que la velocidad vehicular, especialmente cuando se asocia a congestión, influye de manera significativa en el deterioro del pavimento.

5.1.3. Densidad vehicular y deterioro del pavimento

Los resultados obtenidos indican que la densidad vehicular presenta una relación significativa con el deterioro del pavimento, especialmente en los tramos donde se registra mayor concentración de vehículos. Este hallazgo coincide con lo reportado por Barrientos (2021), quien identifica la densidad vehicular como un factor determinante en la aparición de fallas superficiales en vías urbanas.

Desde el punto de vista teórico, una mayor densidad implica menor espaciamiento entre vehículos y mayor permanencia de las cargas sobre la superficie, lo que incrementa la probabilidad de daño acumulado. En este sentido, Ramírez y Torres (2022) señalan que el aumento de la congestión vehicular contribuye a acelerar el deterioro del pavimento debido a la repetición constante de esfuerzos en condiciones de baja velocidad. Por tanto, los resultados del presente estudio confirman que la densidad vehicular es un factor crítico en el deterioro progresivo del pavimento urbano.

La densidad vehicular mostró una de las relaciones más consistentes con el deterioro del pavimento, evidenciándose que los subtramos con mayor concentración de vehículos presentaron valores de PCI más bajos. Una alta densidad vehicular implica una menor separación entre vehículos y una presión constante sobre la superficie del pavimento, lo que acelera el proceso de fatiga y desgaste superficial.

Este comportamiento concuerda con lo señalado por Barrientos (2021), quien identificó a la densidad vehicular como uno de los principales predictores del deterioro superficial en pavimentos urbanos. De igual manera, Chuquimango (2021) evidenció que los tramos con mayor concentración vehicular presentan una mayor severidad de fallas en pavimentos rígidos. En el contexto local, los resultados obtenidos en el jirón 28 de Julio ratifican que la densidad vehicular constituye un factor crítico en la degradación funcional del pavimento.

En consecuencia, los hallazgos permiten afirmar que la densidad vehicular influye de manera significativa en el deterioro del pavimento rígido, sustentando la hipótesis específica planteada y reforzando la coherencia entre los resultados empíricos y la teoría del daño acumulado por cargas repetitivas.

5.1.4. Peso vehicular equivalente (ESAL) y deterioro del pavimento

En cuanto al peso vehicular, los resultados evidencian que el peso vehicular tiene una influencia significativa en el deterioro del pavimento, siendo uno de los principales determinantes del daño estructural. Este resultado es consistente con lo establecido por AASHTO (1993), donde se indica que el efecto destructivo de las cargas vehiculares no es lineal, sino que aumenta exponencialmente con el peso por eje.

Asimismo, Huang (2004) explica que el deterioro por fatiga en pavimentos está directamente relacionado con la magnitud y repetición de las cargas, lo cual se expresa a través del concepto de cargas equivalentes (ESAL). En el mismo sentido, Hurtado (2009) señala que los vehículos pesados generan impactos dinámicos que aceleran la aparición de fisuras y deformaciones.

En el caso del jirón 28 de Julio, la presencia de vehículos de mayor carga contribuye significativamente al deterioro observado, lo cual confirma que el peso vehicular es el factor más influyente dentro del conjunto de variables analizadas.

El análisis del peso vehicular equivalente (ESAL) evidenció que esta variable presenta el mayor impacto sobre el deterioro del pavimento, registrándose los valores más bajos de PCI en los subtramos con mayor acumulación de cargas equivalentes. Este resultado se explica por el principio de daño acumulado, según el cual el tránsito de vehículos pesados consume una mayor proporción de la vida útil del pavimento en comparación con vehículos livianos.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Alonso (2022), quien demostró que el incremento del peso vehicular genera deformaciones progresivas y fallas anticipadas en pavimentos rígidos. Asimismo, la teoría de Miner (1945) y los planteamientos de Papagiannakis y Masad (2018) sustentan que el daño acumulado por cargas repetitivas constituye el principal mecanismo de deterioro en pavimentos sometidos a tránsito pesado.

A nivel local, Castro (2023) también identificó que los tramos con mayor presencia de vehículos pesados presentaron condiciones de pavimento fallado y muy malo. En este sentido, el presente estudio confirma que el peso vehicular equivalente es el factor de mayor influencia en el deterioro del pavimento rígido, validando la hipótesis específica correspondiente.

5.2. CONTRASTE GLOBAL DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES

De manera global, los resultados de la investigación muestran coherencia con los antecedentes internacionales, nacionales y locales revisados, evidenciando que el deterioro del pavimento rígido en vías urbanas está estrechamente vinculado a las características del tráfico vehicular. Estudios como los de Matondang et al. (2024), Atocsa Cruz (2023), Chuquimango (2021), Castro (2023) y Leandro (2024) confirman que el uso del PCI permite diagnosticar de manera objetiva la condición funcional del pavimento y establecer relaciones claras con variables de tránsito.

Asimismo, los resultados obtenidos en el contexto local son coherentes con lo reportado por Picoy (2021) en la ciudad de Huánuco, donde se evidenció que el alto flujo vehicular genera un deterioro progresivo del pavimento en vías urbanas. De igual manera, Velarde et al. (2020) señalan que la falta de control del tránsito pesado y el incremento del parque automotor contribuyen significativamente al desgaste prematuro de los pavimentos.

En este sentido, el presente estudio no solo confirma la relación existente entre tráfico vehicular y deterioro del pavimento, sino que aporta evidencia empírica específica para el contexto urbano de Huánuco, fortaleciendo el conocimiento técnico en el ámbito de la gestión de infraestructura vial.

A diferencia de investigaciones de carácter descriptivo, el presente estudio alcanza un nivel explicativo, al identificar relaciones causales entre el tráfico vehicular y el deterioro del pavimento, destacando el peso vehicular y la densidad como los factores de mayor influencia. Este aporte resulta relevante para el contexto urbano de Huánuco, ya que proporciona evidencia empírica local que puede ser utilizada para la planificación del mantenimiento

vial, la gestión del tránsito y la formulación de políticas de control de cargas vehiculares.

En síntesis, los resultados obtenidos confirman que el tráfico vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento rígido del jirón 28 de Julio, validando la hipótesis general planteada y reforzando la pertinencia metodológica y científica de la investigación.

CONCLUSIONES

El presente capítulo constituye la etapa final del proceso investigativo, en la cual se integraron y sintetizaron de manera crítica los principales resultados obtenidos a lo largo del estudio, vinculándolos directamente con el problema de investigación, los objetivos planteados y las hipótesis formuladas. A diferencia de una simple enumeración de hallazgos, las conclusiones desarrolladas en este apartado reflejan un ejercicio analítico orientado a explicar la realidad estudiada, estableciendo relaciones lógicas entre la evidencia empírica obtenida, los fundamentos teóricos que sustentaron la investigación y el contexto urbano específico del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco.

En ese sentido, las conclusiones fueron estructuradas de manera coherente con los objetivos general y específicos del estudio, de tal forma que cada una de ellas responde directamente a un propósito investigativo previamente definido. Asimismo, se procuró evidenciar los principales aportes teóricos y prácticos de la investigación, particularmente en el ámbito de la ingeniería vial urbana y la gestión del tránsito, reconociendo a la vez el alcance del estudio y las limitaciones inherentes a su diseño metodológico.

Finalmente, este capítulo adoptó un enfoque reflexivo y prospectivo, orientado no solo a ofrecer respuestas concretas sobre el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento rígido, sino también a resaltar las implicancias técnicas y operativas de los resultados, así como las oportunidades que estos abren para futuras investigaciones y para la toma de decisiones en materia de planificación y gestión de la infraestructura vial urbana.

- 1. En relación con el objetivo general,** se concluye que el tráfico vehicular influye de manera significativa el deterioro del pavimento rígido en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025. El análisis integrado de las variables de tráfico y del Índice de Condición del Pavimento (PCI) evidenció que el deterioro observado responde a un fenómeno multidimensional y acumulativo,

en el que la interacción entre volumen, densidad, velocidad operativa y peso vehicular explica las diferencias de condición del pavimento entre las cuadras evaluadas. En este sentido, se acepta la hipótesis general planteada en el estudio.

- 2. Respecto al objetivo específico 1**, se concluye que el volumen vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento. Las cuadras con mayores volúmenes de tránsito registraron valores más bajos de PCI, lo que confirma que la circulación sostenida de vehículos incrementa la frecuencia de cargas aplicadas sobre la losa de concreto, acelerando la aparición de fisuras, parches y pérdida de textura superficial. Este resultado permite aceptar la hipótesis específica 1 y demuestra que el volumen actúa como un factor de desgaste progresivo del pavimento urbano.
- 3. En relación con el objetivo específico 2**, se concluye que la velocidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento, aunque su efecto no es directo sino operacional. Las velocidades más bajas, asociadas a condiciones de congestión, arranques y frenadas repetitivas, se vinculan con menores valores de PCI. Este comportamiento evidencia que, en entornos urbanos, la reducción de velocidad incrementa los esfuerzos dinámicos y la fatiga superficial del pavimento, intensificando su deterioro funcional. En consecuencia, se acepta la hipótesis específica 2.
- 4. En cuanto al objetivo específico 3**, se concluye que la densidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento. Los tramos con mayor concentración de vehículos por unidad de longitud presentaron niveles más altos de deterioro, reflejados en menores valores de PCI. Este resultado confirma que una alta densidad vehicular incrementa la presión continua sobre el pavimento, reduciendo su capacidad de recuperación y acelerando el daño acumulado. Por tanto, se acepta la hipótesis específica 3.
- 5. Respecto al objetivo específico 4**, se concluye que el peso vehicular, expresado mediante cargas equivalentes (ESAL), influye significativamente en el deterioro del pavimento rígido. Los análisis demostraron que los tramos expuestos a mayores valores de ESAL

presentan una reducción más pronunciada del PCI, evidenciando que el tránsito pesado genera daños estructurales desproporcionados en comparación con el tránsito liviano. Este hallazgo confirma la teoría del daño acumulado por cargas repetitivas y permite aceptar la hipótesis específica 4, destacando al peso vehicular como la variable más determinante del deterioro.

En conjunto, las conclusiones evidencian que el deterioro del pavimento en el jirón 28 de Julio no responde a un único factor aislado, sino a la convergencia de variables de tráfico que actúan de forma simultánea y acumulativa. El estudio aporta evidencia empírica local que refuerza teorías existentes sobre degradación de pavimentos y ofrece insumos técnicos relevantes para la gestión vial urbana en ciudades intermedias como Huánuco, reconociendo también que los resultados se circunscriben al contexto espacial y temporal analizado, lo cual abre oportunidades para investigaciones futuras de mayor alcance.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones constituyen la proyección práctica y prospectiva de la presente investigación, en tanto permiten traducir los resultados y conclusiones obtenidas en propuestas concretas de acción, orientadas a la mejora de la gestión del tránsito vehicular y a la conservación del pavimento urbano en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco. Mientras que las conclusiones integran y explican los hallazgos del estudio, las recomendaciones se enfocan en establecer líneas de actuación viables, fundamentadas técnica y empíricamente en los resultados alcanzados.

En ese sentido, las recomendaciones formuladas se caracterizan por ser realistas y aplicables, considerando el contexto urbano, institucional y operativo de la ciudad de Huánuco, así como los recursos y capacidades disponibles. Asimismo, se presentan de manera diferenciada por niveles de intervención, orientándose tanto a las autoridades responsables de la planificación y gestión vial, como a los profesionales y actores técnicos vinculados al diseño, operación y mantenimiento de la infraestructura urbana.

De igual forma, este capítulo adopta una visión de futuro, proponiendo medidas que no solo atienden la problemática actual del deterioro del pavimento asociado al tráfico vehicular, sino que también contribuyen a la sostenibilidad de la infraestructura vial, a la optimización de la circulación urbana y a la prolongación de la vida útil del pavimento rígido. Las recomendaciones se formulan en un lenguaje propositivo, claro y específico, y se estructuran de manera ordenada, asignando a cada una un propósito definido, en coherencia directa con las conclusiones y los objetivos de la investigación.

A. A las autoridades municipales y entidades responsables de la gestión vial urbana

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Huánuco priorizar la gestión integral del tránsito vehicular en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de Julio, considerando que el estudio evidenció que el volumen, la densidad y, principalmente, el peso vehicular equivalente (ESAL) presentan una asociación significativa en el deterioro del pavimento

rígido. En ese sentido, resulta pertinente implementar políticas de control y restricción del tránsito pesado en vías urbanas con pavimento rígido que no hayan sido diseñadas para soportar altas cargas repetitivas, a fin de prolongar su vida útil y reducir costos de mantenimiento correctivo.

B. En materia de regulación y ordenamiento del tránsito vehicular

Se recomienda fortalecer las estrategias de ordenamiento del flujo vehicular, especialmente en zonas de alta congestión urbana, mediante la optimización de fases semafóricas y la reducción de puntos de conflicto vehicular. Los resultados del estudio indican que las bajas velocidades de recorrido asociadas a entornos congestionados incrementan los esfuerzos repetitivos sobre el pavimento, por lo que resulta necesario minimizar los ciclos de arranque y frenado, particularmente en intersecciones cercanas a las cuadras evaluadas.

C. A los responsables del mantenimiento de la infraestructura vial

Se recomienda que las intervenciones de mantenimiento del pavimento rígido no se limiten únicamente a la reparación de daños visibles, sino que incorporen criterios preventivos basados en el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Los resultados obtenidos evidencian que sectores con valores de PCI moderados pueden deteriorarse aceleradamente si no se controlan los factores de tráfico, por lo que resulta necesario integrar el análisis del tránsito vehicular en los planes de conservación vial urbana.

D. A los profesionales y especialistas en ingeniería civil y transporte

Se recomienda a los profesionales encargados del diseño y evaluación de pavimentos urbanos considerar, de manera explícita, el efecto acumulativo del tránsito vehicular, especialmente del tránsito pesado expresado en términos de ESAL, aun en vías urbanas de corta longitud. El estudio demuestra que incluso tramos reducidos pueden experimentar deterioro significativo cuando están sometidos a cargas repetitivas y alta densidad vehicular, lo cual debe ser incorporado en futuros diseños estructurales y evaluaciones técnicas.

E. Para futuras investigaciones

Se recomienda que futuras investigaciones amplíen el ámbito de estudio a otras vías urbanas de la ciudad de Huánuco, con el propósito de comparar comportamientos del deterioro del pavimento bajo diferentes niveles de tráfico y generar modelos de gestión vial de mayor alcance.

Se sugiere incorporar análisis longitudinales que permitan evaluar el deterioro del pavimento a lo largo del tiempo, considerando variaciones estacionales, climáticas y cambios en el patrón del tráfico vehicular, lo que contribuirá a una comprensión más integral del fenómeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alonso Troyano, C. (2022). Análisis de la deformación y deterioros en pavimentos de carreteras debido al tráfico de vehículos pesados autónomos. Universitat Politècnica de València.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). AASHTO guide for design of pavement structures. AASHTO.
- ASTM. (2018). *ASTM D6433-18: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. ASTM International.
- ASTM International. (2020). *ASTM D6433-20: Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys*. ASTM International.
- ASTM. (2003). Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys (ASTM D6433-99). American Society for Testing and Materials.
- Atoccsa Cruz, R. (2023). *Evaluación superficial del pavimento rígido empleando la metodología del PCI en la avenida Núñez del distrito de Abancay* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de los Andes.
- Babbie, E. (2010). *The practice of social research* (12th ed.). Wadsworth Cengage Learning.
- Barrientos, M. (2021). *Evaluación del deterioro superficial de pavimentos urbanos en la ciudad del Cusco*. Universidad Andina del Cusco.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3.^a ed.). Pearson Educación.

- Campos, B., & Irigoín, R. (2019). *Análisis del deterioro acelerado de pavimentos en la ciudad de Chota*. *Revista de Ingeniería Vial*, 12(2), 45–56.
- Cal y Mayor, R. (2006). *Ingeniería de tránsito*. Editorial Limusa.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones* (9a ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Campos Quispe, A., & Irigoín Barboza, I. (2019). Premature deterioration of flexible pavements in the urban area of the city of Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 2(2), 96-105.
- Campos Quispe, A., & Irigoín Barboza, I. (2020). Deterioro prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 2(2), 96-105. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v2n2p96>
- Castro Cabra, A. A. (2023). *Determinación de las condiciones del deterioro del pavimento rígido, mediante el método PCI y volumen de tránsito en las vías perimetrales del Mercado Modelo de Huánuco – 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de la Universidad de Huánuco.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach* (4.a ed.). SAGE Publications.
- Chuquimango Bustamante, J. R. (2019). *Aplicación del método del índice de condición del pavimento para el análisis superficial del estado actual del pavimento rígido en la avenida La Paz, de la cuadra 05 a la cuadra 11 de la provincia de Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Delgado, J. L., & Ramírez, J. A. (2020). Estudio del flujo vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial - Av. Javier Prado Lima. Universidad César Vallejo.

- Fabián Guerra, J. K. (2021). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante la metodología del PCI de la Avenida Perú, Distrito de Amarilis- Huánuco-2020. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*.
- FHWA. (2016). *Pavement Structural Evaluation*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- Guadalupe Méndez, G. L., Vargas Jiménez, J. A., Iturburu Salvador, D. D., & Vargas Guadalupe, J. A. (2024). Vehicle density and its impact on pavement wear in Guayaquil is based on business development in port cities. *Journal of Business and Entrepreneurial*, 8(4), 64-73.
- Guadalupe, J., Paredes, E., & Villamar, M. (2024). Effects of vehicular density on pavement deterioration in urban areas of Guayaquil. *Journal of Urban Transport*, 18(1), 55–68.
- Haas, R., Hudson, W. R., & Zaniewski, J. (1994). *Modern pavement management*. Krieger Publishing Company.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2020). *Metodología de la investigación* (7.ª ed.). McGraw-Hill.
- Ho, C., Martin, J., & Williams, P. (2021). Urban pavement performance under high-volume traffic conditions. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(4), 389–401.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.
- Hurtado, G. (2009). Modelo para evaluar el impacto de vehículos pesados sobre pavimentos urbanos. *Revista Ingeniería*, 29(1), 21–30.

- Hurtado Mora, C. (2009). Coeficiente Integral del Daño a Pavimentos Causado por Vehículos Pesados. *Universidad Autónoma de Querétaro*.
- INDECOPI. (2005). *NTP 400.034:2005 – Pavimentos de concreto: Especificaciones*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
- Kerali, H. G. R., Odoki, J. B., & Stannard, E. E. (2000). The Highway Development and Management Series, Volume Four: Analytical framework and model descriptions. World Road Association.
- Leandro Santiago, X. M. (2024). *Diagnóstico del pavimento rígido de la avenida Juan Velasco Alvarado aplicando el método PCI, distrito de Pillco Marca – Huánuco* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de la Universidad de Huánuco.
- Llopis, J., & Pérez, A. (2018). *Deterioros en pavimentos urbanos*. RiuNet.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139865/Llopis;P%C3%A9rez%20%20Deterioros%20en%20pavimentos%20urbanos.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Llopis-Castello, D., García-Segura, T., Montalbán-Domingo, L., Sanz-Benlloch, A., & Pellicer, E. (2020). Influence of Pavement Structure, Traffic, and Weather on Urban Flexible Pavement Deterioration. *Sustainability*, 12, 9717.
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2011). *Materials for civil and construction engineers* (3rd ed.). Pearson.
- Miner, M. A. (1945). Cumulative damage in fatigue. *Journal of Applied Mechanics*, 12(3), A159–A164.
- McGhee, R. A. P. (2006). Pavement Condition Index: A Comprehensive Guide. *Journal of Transportation Engineering*, 132(1), 1-11.

- McGhee, K. (2013). *Pavement Condition Rating Systems: A Historical Perspective*. Virginia Transportation Research Council.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2009). *Reglamento Nacional de Tránsito: Decreto Supremo N. ° 016-2009-MTC*. <https://www.gob.pe>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2013). *Manual de Carreteras: Mantenimiento periódico y rutinario de pavimentos*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2015). *Manual de inspección visual de pavimentos rígidos y flexibles*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2022). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma Técnica CE.010 – Pavimentos*. <https://www.minvivienda.gob.pe>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2015). *Manual de Carreteras: Mantenimiento Periódico de Pavimentos de Concreto*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Miner, M. A. (1945). *Cumulative damage in fatigue*. *Journal of Applied Mechanics*.
- Miranda, F. (2010). *Manual de diseño de pavimentos rígidos para vías urbanas*. Lima: Asociación Peruana de Caminos.
- Matondang, A. F., Basrin, D., & Fajri, H. (2024). *Assessment of rigid pavement condition using pavement condition index method on the Denai–Mandala Bypass road section in Medan City*. *Bulletin of Engineering Science, Technology and Industry*, 2(3), 122–132. <https://bestijournal.org>
- Papagiannakis, A. T., & Masad, E. A. (2008). *Pavement design and materials*. Wiley.
- Papagiannakis, A. T., & Masad, E. A. (2018). *Pavement Design and Materials* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

- PCA. (2001). *Concrete Pavement Design Manual*. Portland Cement Association.
- Picoy Alvarado, S. J. (2021). Análisis del flujo vehicular y el nivel de servicio en el Jirón Dos de Mayo aledaño al centro de la ciudad de Huánuco. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco*.
- Portland Cement Association [PCA]. (2001). *Thickness design for concrete highways and streets* (3rd ed.). PCA.
- Ramírez, L., & Torres, P. (2022). Impacto del incremento del parque automotor en el deterioro de pavimentos urbanos en Colombia. *Revista de Infraestructura*, 9(3), 77–90.
- Salcedo Cruz, S. L. (2019). *Propuesta para mitigar la congestión vehicular y mejorar el nivel de servicio en las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. del P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.ª ed.). McGraw-Hill.
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots* (2nd ed.). Springer.
- Sinanmis, R., & Woods, L. (2023). Traffic channelisation and pavement deterioration: an investigation of the role of lateral wander on asphalt pavement rutting. *International Journal of Pavement Engineering*, 24(2), 2118272.
- Solano, F., Palomino, C., & Chávez, M. (2021). Diseño estructural de pavimentos rígidos en el Perú: Aplicaciones prácticas con métodos AASHTO y PCA. Editorial Universitaria.
- Solorio Murillo, J. R., Toral Equihua, J. C., & Soto Espitia, R. (2023). Estado actual en el desarrollo de modelos de deterioro de

pavimentos (Publicación Técnica No. 739). Instituto Mexicano del Transporte.

Supo, J. C. (2020). *Metodología de la investigación científica: Guía para el desarrollo de proyectos y tesis* (2.^a ed.). Editorial Pearson.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.

Ullidtz, P. (1998). Modelling flexible pavement response and performance. Polyteknisk Forlag.

Velarde, J., Torres, F., & Huamán, C. (2020). *Causas del deterioro de pavimentos urbanos en Lima Metropolitana*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1975). Principles of pavement design (2nd ed.). Wiley.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Pachas Zevallos, A. (2026). *Impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del jirón 28 de julio de la ciudad de Huánuco, 2025*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UDH

Facultad de
Ingeniería

RESOLUCIÓN n.º 1861-2025-D-FI-UDH
Huánuco, 10 de septiembre de 2025

Visto:

El Oficio n.º 1076-2025-CA-PAIC-FI-UDH, presentado por el Coordinador Académico del Programa de Ingeniería Civil que contiene el dictamen aprobatorio de los Jurados revisores sobre el Plan de Tesis titulado: "IMPACTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LAS CUADRAS 6, 7 Y 8 DEL JIRÓN 28 DE JULIO DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO, 2025", presentado por Annie Zuleik PACHAS ZEVALLOS en calidad de tesista.

CONSIDERANDO:

- Que, mediante Resolución n.º 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se creó la Facultad de Ingeniería;
- Que, mediante Resolución de Consejo Directivo n.º 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, la Universidad de Huánuco obtuvo la licencia para ofrecer el servicio educativo superior universitario;
- Que, mediante Resolución n.º 1373-2025-D-FI-UDH, de fecha 3 de julio de 2025, se designó a Mg. Yelen Lisseth TRUJILLO ARIZA, docente adscrito al Ingeniería Civil, como Asesor de tesis de Annie Zuleik PACHAS ZEVALLOS;
- Que, según el Oficio n.º 0130-2025-CA-PAIC-FI-UDH, el Coordinador Académico informa que los Jurados revisores, conformados por: Mg. Yenerit Pamela MALPARTIDA VALDERRAMA (Presidente), Mg. Ciza Zarvia ROSARIO RAMON (Secretario), Mg. Alberto Carlos JARA TRUJILLO (Vocal), han declarado APROBADO el Plan de Tesis para su ejecución;
- Que, en virtud de las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a informar en la próxima sesión del Consejo de Facultad;

SE RESUELVE:

Artículo 1º. Aprobar el Plan de Tesis titulado: "IMPACTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LAS CUADRAS 6, 7 Y 8 DEL JIRÓN 28 DE JULIO DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO, 2025", presentado por Annie Zuleik PACHAS ZEVALLOS, como requisito para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil en la Universidad de Huánuco.

Artículo 2º. Establecer un plazo máximo de 12 meses para la ejecución del Plan de Tesis, contado a partir de la fecha de emisión de la presente Resolución. En caso de incumplimiento, el interesado podrá solicitar una única ampliación de hasta seis meses.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Maximiliano Cruz-Huacachino
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
Ing. Ethel Jhovani Manzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



Documento:

RESOLUCIÓN n.º 1861-2025-D-FI-UDH

URL de Verificación:

<https://copiloto.udh.edu.pe/titulacionback/api/resolucion/ver-aprobacion-tesis/68bf556fee867d27020f5f2>

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DEL ASESOR



RESOLUCIÓN n.º 1373-2025-D-FI-UDH
Huánuco, 3 de julio de 2025

Visto:

El Oficio n.º 0795-2025-CA-PAIC-FI-UDH, presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el expediente n.º 548478-0000003292 mediante el cual Annie Zuleik PACHAS ZEVALLOS solicita la designación de un Asesor de tesis.

CONSIDERANDO:

- Que, conforme a lo dispuesto en la Ley Universitaria n.º 30220, Capítulo V, Artículo 45, inciso 45.2, corresponde atender dicha solicitud;
- Que, según el expediente n.º 548478-0000003292, Annie Zuleik PACHAS ZEVALLOS propone a Mg. Yelen Lisseth TRUJILLO ARIZA como asesor de tesis para el desarrollo de su trabajo de investigación;
- Que, de acuerdo con los Artículos 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, la solicitud cumple con los requisitos establecidos;
- Que, en virtud de las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería, y con cargo a informar en la próxima sesión del Consejo de Facultad;

SE RESUELVE:

Artículo 1º. Designar a Mg. Yelen Lisseth TRUJILLO ARIZA, docente del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, como Asesor de tesis de Annie Zuleik PACHAS ZEVALLOS.

Artículo 2º. Establecer un plazo máximo de seis meses para presentar la solicitud de revisión del Plan de Tesis. En caso de vencimiento del plazo, el interesado deberá gestionar una nueva solicitud conforme a los costos vigentes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



Documento:
RESOLUCIÓN n.º 1373-2025-D-FI-UDH
URL de Verificación:
<https://copiloto.udh.edu.pe/titulacionback/api/view-resolution/685eb15bb30c18846f082212>

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar cuál es el impacto del tráfico vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>El tráfico vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025</p>	<p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Tráfico Vehicular</p>	<p>Enfoque</p> <p>Cuantitativo</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>PE1: ¿Cuál es el impacto del volumen vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?</p> <p>PE2: ¿Cuál es el impacto de la velocidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?</p> <p>PE3: ¿Cuál es el impacto de la densidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>OE1: Calcular el impacto del volumen vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.</p> <p>OE2: Hallar el impacto de la velocidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.</p> <p>OE3: Hallar el impacto de la densidad vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>HE1: El volumen vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.</p> <p>HE2: La velocidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.</p> <p>HE3: La densidad vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025</p>	<p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> -Volumen -Velocidad -Densidad -Peso <p><u>Variable Dependiente</u></p> <p>Deterioro del pavimento</p> <p>Dimensiones</p>	<p>Tipo</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel</p> <p>Explicativo</p> <p>Diseño</p> <p>No experimental-transversal</p> <p>Población</p> <p>Calles urbanas pavimentadas de la ciudad de Huánuco</p> <p>Muestra</p> <p>Jr. 28 de Julio cuadras 6, 7 y 8</p>

PE4: ¿Cuál es el impacto del peso vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025?

OE4: Hallar el impacto del peso vehicular en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

HE4: El peso vehicular influye significativamente en el deterioro del pavimento en las cuadras 6, 7 y 8 del Jirón 28 de Julio de la ciudad de Huánuco, 2025.

-Tipo
-Magnitud
-Densidad

Prueba estadística
Estadística descriptiva
y estadística
inferencial

ANEXO 4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

A. Instrumento de medición del volumen, del peso y la densidad vehicular

Lugar: _____		Fecha: _____ Hora: _____								Clima	
Hora	Bici.	Moto	Vehículos Livianos			Vehículos Pesados				Densidad = Volumen/longitud de cuadra	
			Autos	Jeep	Camionetas Pick Ups	Mbus	MB >15 P	Bus	Camión C2	Peso máximo	Densidad
07:00	07:30										
07:30	08:00										
08:00	08:30										
08:30	09:00										
09:00	09:30										
09:30	10:00										
10:00	10:30										
10:30	11:00										
11:00	11:30										
11:30	12:00										
12:00	12:30										
12:30	13:00										
13:00	13:30										

13:30	14:00											
14:00	14:30											
14:30	15:00											
15:00	15:30											
15:30	16:00											
16:00	16:30											
17:00	17:30											
17:30	18:00											

B. Instrumento de medición de la velocidad vehicular

Tesista: Annie Pachas Zevallos

Cuadra:		Período Horario De:	
Hora de Salida:		Hora de Llegada:	
Long. de Tramo(m):		Sentido:	
Fecha:			
Viaje N°	Tiempo (min)	Tiempo Total de Recorrido (min)	Velocidad de Recorrido (seg)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Aforador:			

08:00-09:00	18-24	五、五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五	五	二	一	一	一
08:00-09:00	24-30	五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五		二	一	一	一
08:00-09:00	30-36	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、	五	三	一	一	一
08:00-09:00	36-42	五、五、一	五、五、五、五、五、一	五、五、五、五、五	五	二	一	二	一
08:00-09:00	42-48	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五、一	三	一	一	一
08:00-09:00	48-54	五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五	一	一	一	一
08:00-09:00	54-60	五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五	五、一	二	一	一	一
09:00-10:00	00-06	五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、二	三	三	一	一	一
09:00-10:00	06-12	五、五、五、五、一	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五	二	五、二	一	一	一
09:00-10:00	12-18	五、五、五、二	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五	五	五、三	一	一	一
09:00-10:00	18-24	五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、二	三	二	一	一	一
09:00-10:00	24-30	五、五、二	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、二	一	一	一	一	一
09:00-10:00	30-36	五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、二	二	五	一	一	一
09:00-10:00	36-42	五、五、五、三	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、一	五、二	一	一	一	一
09:00-10:00	42-48	五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、二	五	一	一	一	一
09:00-10:00	48-54	五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、二	五、二	一	一	一	一
09:00-10:00	54-60	五、五、五、三	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五	五	一	一	二	一
10:00-11:00	00-06	五、五、五、一	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五	三	一	一	一

10:00-11:00	06-12	五、五、一、五、五	五、五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、三	一	二	一	一	一
10:00-11:00	12-18	五、五、一、五、五	五、五、一、五、五、二	五、五、五、五、二	五、二	五、	一	一	一
10:00-11:00	18-24	五、一、五、一、二	五、五、一、五、一、五、一、五、五	五、五、五、五、三	三	一	一	一	一
10:00-11:00	24-30	五、一、五、一、二	五、一、五、一、五、一、五、五、五、五	五、五、五、五、五	五、一	三	一	一	一
10:00-11:00	30-36	五、一、五、一、五	五、一、五、一、五、一、五、一、二	五、五、五、五、五、五	五、二	一	一	一	一
10:00-11:00	36-42	五、一、五、一、二	五、一、五、一、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五	三	一	一	一	一
10:00-11:00	42-48	五、一、五、一、二	五、一、五、一、五、五、五、五、二	五、五、五、五、三	五、二	五、	一	一	一
10:00-11:00	48-54	五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、五、五、五、五、五	五、五、一、五、五、五	三	一	一	一	一
10:00-11:00	54-60	五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、五、一、五、一、五、五、五	五、五、五、五、三、三	五、	五、	一	一	一
11:00-12:00	00-06	五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、五、一、五、一、五	五、五、五、五、一、二	二	五、	一	一	一
11:00-12:00	06-12	五、一、五、一、五、一	五、一、五、一、五、一、五、五、五	五、一、五、一、五	五、	二	一	一	一
11:00-12:00	12-18	五、一、五、一、二	五、一、五、一、五、一、五、一、五	五、五、五、五、五、五	一	三	一	一	一
11:00-12:00	18-24	五、一、五、一、五	五、一、五、一、五、一、五、一、五、五	五、一、五、五、一、二	五、	一	一	一	一
11:00-12:00	24-30	五、一、五、一、五	五、一、五、一、五、一、五、一、五、五	五、五、五、五、五、五	五、一	三	一	一	一
11:00-12:00	30-36	五、一、五、一、五、一	五、一、五、一、五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、二	五、	一	一	一	一
11:00-12:00	36-42	五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、五、一、五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、二	五、	一	一	一
11:00-12:00	42-48	五、一、五、一、五、一、二	五、一、五、一、五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、一、二	二	一	一	一	一
11:00-12:00	48-54	五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、五、一、五、一、五、五	五、一、五、一、五、五	一	一	一	一	一

13:00-14:00	42-48	五、五、五	五、五、五、五、五	五、五、五、五	二	-	-	1	1
13:00-14:00	48-54	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五	一	-	1	1	1
13:00-14:00	54-60	五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五	二	-	1	1
14:00-15:00	00-06	五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五	五	-	1	1	1
14:00-15:00	06-12	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五	二	1	-	1
14:00-15:00	12-18	五、五、五	五、五、五、五、五	五、五、五、五	三	二	1	1	1
14:00-15:00	18-24	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五	五	-	1	1	1
14:00-15:00	24-30	五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	二	三	-	二	1
14:00-15:00	30-36	五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五	五	-	1	1	1
14:00-15:00	36-42	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	-	-	1	1	1
14:00-15:00	42-48	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五	五	五	1	1	1
14:00-15:00	48-54	五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	三	1	-	1	1
14:00-15:00	54-60	五、五、五	五、五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五	三	-	1	1	1
15:00-16:00	00-06	五、五、五	五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五	二	1	1	1
15:00-16:00	06-12	五、五、五	五、五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五	1	-	1	1
15:00-16:00	12-18	五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	五	三	1	1	1
15:00-16:00	18-24	五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	二	1	-	二	1
15:00-16:00	24-30	五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五	二	五	1	1	1

15:00-16:00	30-36	五十一、五十二	五十一、五十二、五十三	五十二	二	一	一	一	一
15:00-16:00	36-42	五十三、五十四	五十三、五十四、五十五	五十四	三	一	一	一	一
15:00-16:00	42-48	五十五	五十五、五十六、五十七	五十六	一	一	一	一	一
15:00-16:00	48-54	五十七、五十八	五十七、五十八、五十九	五十九	三	二	一	一	一
15:00-16:00	54-60	五十九、六十	五十九、六十、六十一	六十一	三	三	一	一	一
15:00-17:00	00-06	五十一、五十二	五十一、五十二、五十三	五十二	三	一	一	一	一
15:00-17:00	06-12	五十三、五十四	五十三、五十四、五十五	五十四	三	二	一	一	一
15:00-17:00	12-18	五十五、五十六	五十五、五十六、五十七	五十七	三	二	一	一	一
15:00-17:00	18-24	五十七、五十八	五十七、五十八、五十九	五十九	三	一	一	一	一
15:00-17:00	24-30	五十九、六十	五十九、六十、六十一	六十一	三	一	一	一	一
15:00-17:00	30-36	五十一、五十二	五十一、五十二、五十三	五十二	三	三	一	一	一
15:00-17:00	36-42	五十三、五十四	五十三、五十四、五十五	五十四	三	三	一	一	一
15:00-17:00	42-48	五十五、五十六	五十五、五十六、五十七	五十七	二	三	一	一	一
15:00-17:00	48-54	五十七、五十八	五十七、五十八、五十九	五十九	二	一	一	一	一
15:00-17:00	54-60	五十九、六十	五十九、六十、六十一	六十一	三	二	一	一	一
17:00-18:00	00-06	五十一、五十二	五十一、五十二、五十三	五十二	三	一	一	一	一
17:00-18:00	06-12	五十三、五十四	五十三、五十四、五十五	五十四	三	三	一	一	一
17:00-18:00	12-18	五十五、五十六	五十五、五十六、五十七	五十七	二	一	一	一	一



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO - FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL
AFORO VEHICULAR

Lugar: JR. 28 DE Julio CUADRA 8

Fecha: 21/Nov/2025

Hora: 07:00 - 19:00 Clima: CÁLIDO

Tesista: Pachas Zevallos Annie Zuleik

Hora	Intervalo	Moto	Trimoto	Auto	PickUp	Combi	Micro	Camión 2E	Camión 3E
07:00-08:00	00 - 06	五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、二	五、二	三	—	—	—
07:00-08:00	06 - 12	五、五、五、五、三	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、二	五、一	三	—	—	—
07:00-08:00	12 - 18	五、五、五、五、二	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、二	五、二	五、一	—	—	—
07:00-08:00	18 - 24	五、五、五、五、一	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、三	五、一	二	—	—	—
07:00-08:00	24 - 30	五、五、五、五、三	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、一	五、一	三	—	—	—
07:00-08:00	30 - 36	五、五、五、五、二	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、二	五、一	三	—	—	—
07:00-08:00	36 - 42	五、五、五、五、三	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、三	五、一	二	—	—	—
07:00-08:00	42 - 48	五、五、五、五、二	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、一	五、一	二	—	—	—
07:00-08:00	48 - 54	五、五、五、五、一	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、一	五、一	三	—	—	—
07:00-08:00	54 - 60	五、五、五、五、三	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、二	五、二	五、一	—	—	—
08:00-09:00	00 - 06	五、五、五、五、二	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、二	五、三	三	—	—	—
08:00-09:00	06 - 12	五、五、五、五、一	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、一	五、二	五	—	—	—
08:00-09:00	12 - 18	五、五、五、五、三	五、五、五、五、五、五、五	五、五、五、五、五、二	五、一	三	—	—	—

15:00-16:00	30-36	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
15:00-16:00	36-42	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
15:00-16:00	42-48	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
15:00-16:00	48-54	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
15:00-16:00	54-60	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
16:00-17:00	00-06	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
16:00-17:00	06-12	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
16:00-17:00	12-18	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
16:00-17:00	18-24	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
16:00-17:00	24-30	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
16:00-17:00	30-36	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
16:00-17:00	36-42	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
16:00-17:00	42-48	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	二	一	一	一
16:00-17:00	48-54	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
16:00-17:00	54-60	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
17:00-18:00	00-06	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一
17:00-18:00	06-12	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	二	一	一
17:00-18:00	12-18	三二二二二二二	三二二二二二二	三二二二二二二	三	三	一	一	一

17:00-18:00	18-24	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
17:00-18:00	24-30	五二一	五二一	五二一	五二一	五	一	一	一
17:00-18:00	30-36	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
17:00-18:00	36-42	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
17:00-18:00	42-48	五二一	五二一	五二一	五二一	五二	一	一	一
17:00-18:00	48-54	五二一	五二一	五二一	五二一	五二	一	一	一
17:00-18:00	54-60	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	00-06	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	06-12	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	12-18	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	18-24	五二一	五二一	五二一	五二一	五	一	一	一
18:00-19:00	24-30	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	30-36	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	36-42	五二一	五二一	五二一	五二一	五二	一	一	一
18:00-19:00	42-48	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	48-54	五二一	五二一	五二一	五二一	三	一	一	一
18:00-19:00	54-60	五二一	五二一	五二一	五二一	五三	一	一	一

ANEXO 6 PLANEL FOTOGRÁFICO

Imagen 1

Daños en el pavimento en la cuadra 6 subtramo 1, Grieta lineal, Pulimiento de agregados y Parche grande



Imagen 2

Daños en el pavimento en la cuadra 6 subtramo 2, Grieta lineal y Parche grande



Imagen 3

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 3, Grieta lineal y Parche grande



Imagen 4

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 4, Escala



Imagen 5

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramos 5, Grieta lineal y Pulimiento de agregados



Imagen 6

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 6, Parche grande y Daño en sello de junta



Imagen 7

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 7, Parche grande y Pulimiento de agregados



Imagen 8

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 8, Losa dividida



Imagen 9

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramo 9, Pulimiento de agregados



Imagen 10

Daños en el pavimento de la cuadra 6 subtramos 10, Parc he grande y Losa dividida



Imagen 11

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 1, Grieta lineal y Pulimiento de agregados



Imagen 12

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 2, Grieta lineal y Pulimiento de agregados



Imagen 13

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 3, Grieta lineal y Pulimiento de agregados



Imagen 14

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 4, Losa dividida y Daño en sello de junta



Imagen 15

Daño en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 5, Daño en sello de junta, Grieta lineal y Pulimiento de agregados



Imagen 16

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 6, Parche y Daño en sello de junta



Imagen 17

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 7, Grieta lineal y Daño en sello de junta



Imagen 18

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 8, Pulimiento de agregados



Imagen 19

Daño en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 9, Daño en el sello de junta



Imagen 20

Daños en el pavimento de la cuadra 7 subtramo 10, Parche grande, Daño en sello de junta y Pulimiento de agregado



Imagen 21

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 1, Pulimiento de agregados y Daño en sello de junta



Imagen 22

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 2, Parche grande, Pulimiento de agregados y Daño en sello de junta



Imagen 23

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 3, Parche grande, Pulimiento de agregados y Daño en sello de junta



Imagen 24

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 4, Parche grande y Pulimiento de agregados



Imagen 25

Daño en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 5, Pulimiento de agregados



Imagen 26

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 6, Parche grande, Daño en sello de junta y Pulimiento de agregado



Imagen 27

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 7, Parche grande, Grieta lineal, Daño en sello de junta y Pulimiento de agregados



Imagen 28

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 8, Parche grande y Pulimiento de agregados



Imagen 29

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 9, Pulimiento de agregados y Daño en sello de junta



Imagen 30

Daños en el pavimento de la cuadra 8 subtramo 10, Pulimiento de agregados y Daño en sello de junta



Imagen 31

Flujo vehicular en la cuadra 6 del jirón 28 de julio en hora pico



Imagen 32

Medición del flujo vehicular en la cuadra 6 del jirón 28 de Julio

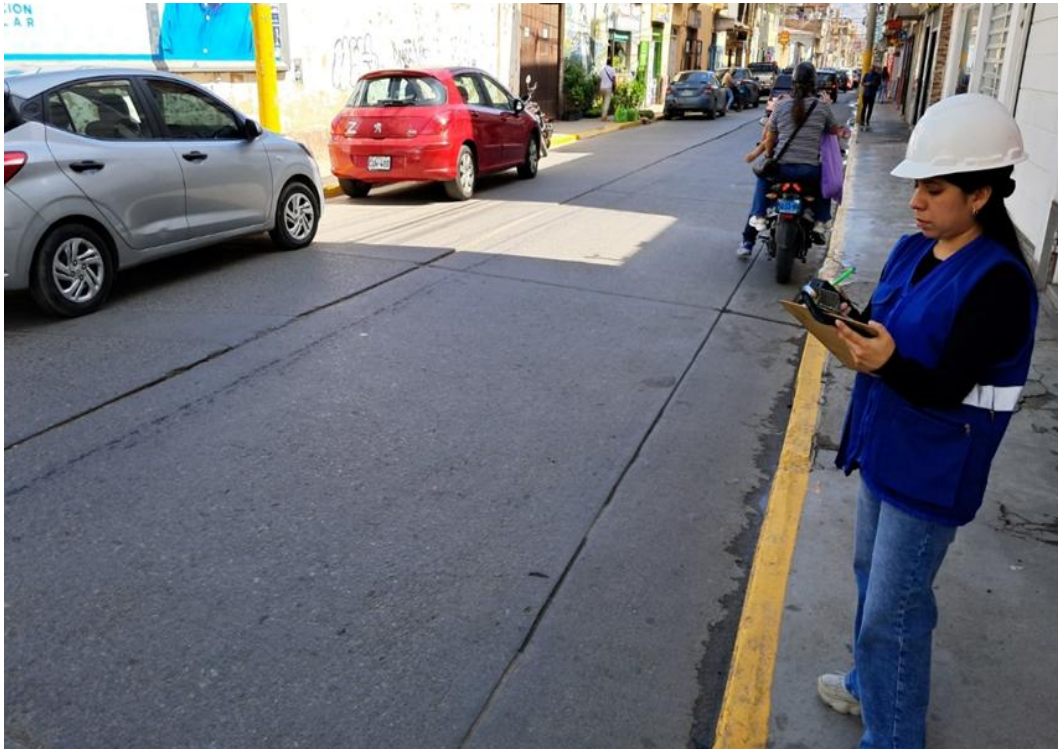


Imagen 33

Medición de los daños en el pavimento de la cuadra 6 del jirón 28 de Julio.



Imagen 34

Flujo vehicular en la cuadra 7 del jirón 28 de julio en hora pico



Imagen 35

Medición del flujo vehicular en la cuadra 7 del jirón 28 de Julio



Imagen 36

Medición de los daños en el pavimento de la cuadra 7 del jirón 28 de Julio.



Imagen 37

Flujo vehicular en la cuadra 8 del jirón 28 de Julio en hora valle



Imagen 38

Medición del flujo vehicular en la cuadra 8 del jirón 28 de Julio

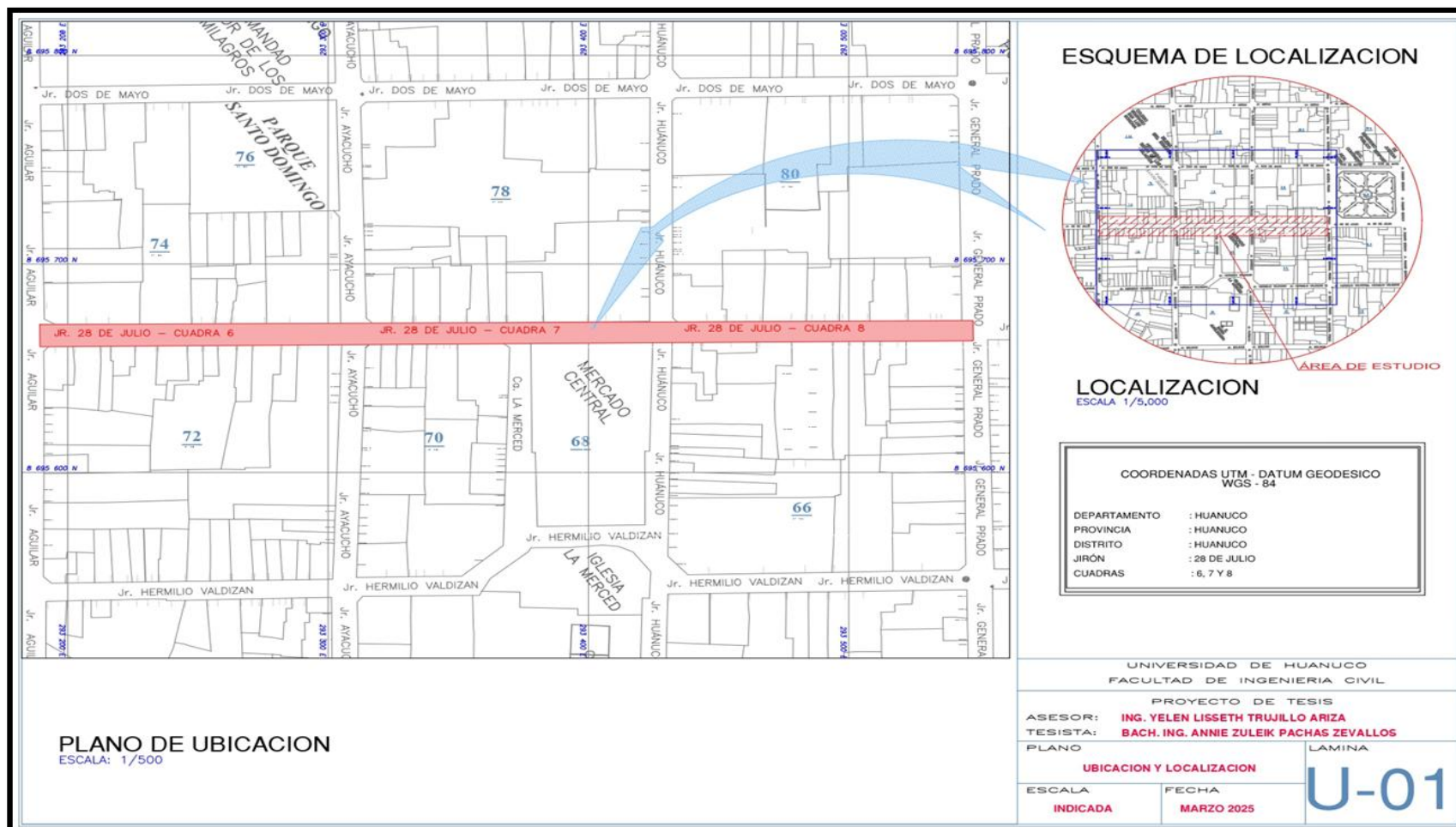


Imagen 39

Medición de los daños en el pavimento de la cuadra 8 del jirón 28 de Julio.



ANEXO 7 PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



ANEXO 8 PLANO DE TRÁFICO VEHICULAR 2025

