

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Patologías del pavimento rígido en términos del PCI y su efecto en la transitabilidad de la avenida amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023”

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

AUTOR: Benzaquen Silva, Sergio Enrique

ASESOR: Diestra Rodríguez, Alexander

HUÁNUCO – PERÚ

2024

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 del transporte

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71435090

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41478459

Grado/Título: Maestro en ciencias de la educación con mención en docencia en educación superior e investigación.

Código ORCID: 0000-0002-5764-9121

H

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tuanama Lavi, José Wicley	Maestro en gerencia pública	05860064	0000-0002-5148-6384
2	Bustillos Cotrado, José Antonio	Maestro en educación, mención: investigación y docencia superior	71319601	0000-0003-2573-226X
3	Trujillo Arana, Jimmy Grimaldo	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en gerencia de sistemas y tecnologías de información	41696973	0009-0004-8233-6989



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

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
FILIAL LEONCIO PRADO

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

En la ciudad de Tingo María, siendo las **14:00** horas del día **Martes 05 de Noviembre de 2024**, en el Aula 302 – EDIF2 de la Filial Leoncio Prado, 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. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI | PRESIDENTE |
| ● MG. JOSE ANTONIO BUSTILLOS COTRADO | SECRETARIO |
| ● MG. JIMMY GRIMALDO TRUJILLO ARANA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2222-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN TÉRMINOS DEL PCI Y SU EFECTO EN LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA AMAZONAS, CIUDAD DE TINGO MARÍA, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2023". presentado por el (la) Bachiller. **Sergio Enrique, BENZAQUEN SILVA** 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 **15** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47).

Siendo las 15:00 horas del día martes 05 de noviembre de 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
DNI 05860064
COD ORCID 0000-0002-5148-6384

Secretario

MG. JOSE ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
DNI 71319601
COD ORCID 0000-0003-2573-226X

Vocal

MG. JIMMY GRIMALDO TRUJILLO ARANA
DNI 41696973
COD ORCID 0009-0004-8233-6989



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: SERGIO ENRIQUE BENZAQUEN SILVA, de la investigación titulada "Patologías del pavimento rígido en términos del PCI y su efecto en la transitabilidad de la Avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023", con asesor ALEXANDER DIESTRA RODRÍGUEZ, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2329-2022-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % 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, 10 de septiembre de 2024



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

6. BENZAQUEN SILVA, SERGIO ENRIQUE.docx.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	ing.una.py Fuente de Internet	2%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	1%



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mis padres, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido el faro que ha iluminado cada paso de mi camino hacia esta meta. A mis amigos, por su inquebrantable compañía y por infundir alegría y humor en los momentos más desafiantes. A mis profesores, cuyas sabiduría y apoyo han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal. A todos aquellos que han sido parte de este viaje, gracias por su confianza, paciencia y aliento. Esta tesis no solo representa mi esfuerzo, sino también el fruto de la colaboración, el aprendizaje compartido y el amor por el conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento se extiende a mi tutor MG. ALEXANDER DIESTRA RODRIGUEZ, cuya dedicación incansable y sabiduría guiaron cada paso de este proceso académico. Su mentoría no solo enriqueció este trabajo, sino que también dejó una marca indeleble en mi formación profesional. También deseo expresar mi gratitud a mi esposa por su constante estímulo y valioso tiempo que fue motivo para el desarrollo de este proyecto. A cada individuo que contribuyó, ya sea con su tiempo, conocimientos o palabras de aliento, les estoy sinceramente agradecido. Este logro es el resultado de una red de apoyo generosa y comprometida que ha dejado una huella perdurable en mi trayectoria académica.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESÚMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.3. OBJETIVOS.....	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	20
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.6.1. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	22
1.6.2. VIABILIDAD ÉTICA.....	22
1.6.3. VIABILIDAD OPERATIVA.....	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	26

2.2.	BASES TEÓRICAS	27
2.2.1.	PAVIMENTO	27
2.2.2.	PAVIMENTO RÍGIDO	28
2.2.3.	TRANSITABILIDAD.....	46
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	49
2.4.	HIPÓTESIS.....	51
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	51
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	51
2.5.	VARIABLES	52
2.5.1.	VARIABLE 1.....	52
2.5.2.	VARIABLE 2.....	52
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	52
CAPÍTULO III.....		55
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		55
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	55
3.1.1.	ENFOQUE	55
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	55
3.1.3.	DISEÑO	56
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	57
3.2.1.	POBLACIÓN	57
3.2.2.	MUESTRA.....	57
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS (CUADROS Y/O GRÁFICOS)	58
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..	59
CAPÍTULO IV.....		61
RESULTADOS.....		61
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	61
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS...74	
4.2.1.	VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL.....	77
4.2.2.	VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL.....	78
4.2.3.	PCI	78

CAPÍTULO V.....	81
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	81
5.1. PRINCIPALES EVIDENCIAS	81
5.2. CONTRASTE CON OTROS ESTUDIOS	83
5.3. FORTALEZAS Y LIMITACIONES.....	87
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de Severidad de la Losa.....	33
Tabla 2 Niveles de severidad de la patología de Escala.....	36
Tabla 3 Nivel de severidad de las grietas	46
Tabla 4 Operacionalización de las variables.....	53
Tabla 5 Valores del PCI de la cuadra 1 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	65
Tabla 6 Cálculo del PCI para la cuadra 1 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	65
Tabla 7 Valores del PCI de la cuadra 3 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	66
Tabla 8 Cálculo del PCI para la cuadra 3 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	66
Tabla 9 Valores del PCI de la cuadra 5 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	66
Tabla 10 Cálculo del PCI para la cuadra 5 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María	67
Tabla 11 Valores del PCI de la cuadra 7 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	67
Tabla 12 Cálculo del PCI para la cuadra 7 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María	67
Tabla 13 Valores del PCI de la cuadra 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	68
Tabla 14 Cálculo del PCI para la cuadra 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María	68
Tabla 15 Valores finales para el PCI en las cuadras 1,3,5,7 y 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.....	69
Tabla 16 Resultados obtenidos en correspondencia con los problemas de investigación	69
Tabla 17 Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 1 de la	

avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María	71
Tabla 18 Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 3 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María	71
Tabla 19 Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 5 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María	72
Tabla 20 Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 7 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María	73
Tabla 21 Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 9 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María	73
Tabla 22 Valores de la velocidad media temporal y la velocidad media espacial que alcanzan los vehículos en las cuadras 1,3,5,7 y 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María	74
Tabla 23 Valores obtenidos de las variables en estudio	75
Tabla 24 Valores estadísticos de las variables Velocidad media temporal, Velocidad media espacial y PCI.....	75
Tabla 25 Prueba de normalidad de las variables Velocidad media temporal, Velocidad media espacial y PCI.....	77
Tabla 26 Correlación entre la Velocidad media temporal y el PCI	79
Tabla 27 Correlación entre la Velocidad media espacial y el PCI.....	80
Tabla 28 Resumen de las correlaciones	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estado actual de las patologías que presenta el pavimento rígido de la Av. Amazonas en la ciudad de Tingo María.....	17
Figura 2 Blowup/Buckling de baja severidad	31
Figura 3 Datos de Grieta de esquina en sus tres tipos de severidad.....	32
Figura 4 Daños de losa dividida en tres tipos de severidad.....	33
Figura 5 Grietas de durabilidad de baja, mediana y alta intensidad.....	34
Figura 6 Escala de severidad baja.....	35
Figura 7 Escala de severidad media.....	35
Figura 8 Escala de severidad alta.....	36
Figura 9 Daños de sello de junta en sus tres tipos de severidad.....	37
Figura 10 Desnivel carril/ berma de baja severidad	38
Figura 11 Desnivel carril/ berma de severidad media.....	38
Figura 12 Desnivel carril/ berma de severidad alta	38
Figura 13 Daños de grieta lineal en sus tres tipos de severidad.....	39
Figura 14 Daños de parche (Grande) en sus tres tipos de severidad.....	41
Figura 15 Daños de parche (pequeño) en dos tipos de severidad.....	42
Figura 16 Daños de parche (pequeño) en dos tipos de severidad.....	43
Figura 17 Daño de popouts	43
Figura 18 Daño por bombeo	45
Figura 19 Daño de punzonamiento de severidad H.....	45
Figura 20 Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico.....	64
Figura 21 Histograma de los valores de la Velocidad media temporal	76
Figura 22 Histograma de los valores de la Velocidad media espacial	76
Figura 23 Histograma de los valores del PCI.....	77

RESÚMEN

La investigación titulada Patologías del pavimento rígido en términos del PCI y su efecto en la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco -2023 se estructura en varias secciones: planteamiento del problema, marco teórico, marco metodológico, resultados, discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones. Este estudio descriptivo relacional, aplicado, cuantitativo y no experimental utiliza una muestra no probabilística para analizar y comprender la relación entre la transitabilidad, expresada en la velocidad media temporal y la velocidad media espacial, y el Índice de Condición del Pavimento (PCI), mediante la aplicación de pruebas estadísticas descriptivas e inferenciales. La investigación identifica que las patologías más comunes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas son el bacheo grande y el punzonamiento, con una severidad clasificada como media y una densidad del 12%. El PCI promedio es de 40.8%, categorizado como regular, lo que afecta significativamente la transitabilidad de la avenida. La idea central es evaluar cómo las condiciones del pavimento influyen en la eficiencia del tránsito en una vía crucial en Tingo María. Se concluye que las patologías identificadas y su severidad contribuyen a una condición de pavimento regular, impactando negativamente la calidad del tránsito en la avenida Amazonas y subrayando la necesidad de intervenciones para mejorar las condiciones del pavimento y, consecuentemente, la transitabilidad en la zona estudiada.

Palabras clave: Patologías, pavimento, términos efecto, avenida, ciudad.

ABSTRACT

The research titled Pathologies of Rigid Pavement in Terms of PCI and Its Effect on the Transitability of Amazonas Avenue, City of Tingo María, Rupa Rupa District, Leoncio Prado Province, Huánuco Department is structured into several sections: problem statement, theoretical framework, methodological framework, results, discussion of results, conclusions, and recommendations. This descriptive relational, applied, quantitative, and non-experimental study uses a non-probabilistic sample to analyze and understand the relationship between transitability, expressed in terms of temporal mean speed and spatial mean speed, and the Pavement Condition Index (PCI), through the application of appropriate statistical tests. The research identifies that the most common pathologies in the rigid pavement of Amazonas Avenue are large patches and punching, with a severity classified as medium and a density of 12%. The average PCI is 40.8%, categorized as regular, which significantly affects the transitability of the avenue. The central idea is to evaluate how pavement conditions influence the efficiency of traffic on a crucial road in Tingo María. It is concluded that the identified pathologies and their severity contribute to a regular pavement condition, negatively impacting the quality of traffic on Amazonas Avenue and highlighting the need for interventions to improve pavement conditions and consequently the transitability in the studied area

Keywords: Pathologies, pavement, effect terms, avenue, city.

INTRODUCCIÓN

El deterioro de la infraestructura vial se considera una problemática crítica que afecta la movilidad, la estabilidad y la eficiencia del transporte urbano. Algunas patologías en el pavimento, tales como grietas, baches y deformaciones, no solo representan un riesgo para los usuarios de la carretera, sino que también disminuyen la transitabilidad e incrementan los costos de mantenimiento y operación de los vehículos. En muchas ciudades y países, el rápido auge del parque vehicular y la insuficiente inversión en el mantenimiento de las vías han exacerbado este problema, resultando en un pavimento en malas condiciones que requiere atención urgente.

La evaluación del estado del pavimento es esencial para planificar, determinar y dar prioridad las actividades de mantenimiento y rehabilitación. Tradicionalmente, el Índice de Condición del Pavimento (PCI) se ha utilizado como una medida estándar para cuantificar el estado de las vías. Sin embargo, es igualmente importante considerar cómo las condiciones del pavimento afectan la velocidad de los vehículos, tanto temporalmente como espacialmente. Esto puede proporcionar una visión más holística de la eficiencia del sistema de transporte y de la experiencia del usuario.

El problema central de esta investigación se puede formular de la siguiente manera: ¿Cómo afectan las fallas del pavimento a las velocidades medias temporal y espacial de los vehículos, y cómo se correlacionan estas variables con el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María?, a partir de esto la investigación se justifica porque parte de la necesidad de comprender mejor la relación entre las condiciones del pavimento y la dinámica del tráfico. Al cuantificar cómo las fallas del pavimento influyen en las velocidades de los vehículos, se pueden desarrollar estrategias

En esta investigación se establece como objetivo evaluar la influencia de las fallas del pavimento en las velocidades medias temporal y espacial de los vehículos y analizar cómo estas variables se correlacionan con el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Los objetivos específicos incluyen, describir las fallas del pavimento, Calcular las velocidades medias temporal y espacial

de los vehículos que transitan por estas calles, Determinar el PCI de las calles estudiadas, Evaluar la correlación entre las fallas del pavimento, las velocidades medias temporal y espacial, y el PCI y Proponer recomendaciones para el cuidado, conservación y la mejora de la infraestructura vial basada en los hallazgos de la investigación.

Esta investigación está estructurada en varias secciones que cubren los diferentes aspectos del estudio; Introducción: Presenta el contexto, se describe el problema, a su vez se formula problema, la justificación, los objetivos y la síntesis del contenido, Revisión de la Literatura: explora estudios previos relacionados con las fallas del pavimento, la evaluación del PCI y el análisis de velocidades medias temporal y espacial, en el apartado Metodológico: detalla los métodos y técnicas empleados para la recolección y analizar datos, resultados: presenta los hallazgos empíricos de la investigación, discusión: analiza hallazgos en el contexto de la literatura existente y las conclusiones y recomendaciones: donde se resume las conclusiones principales y ofrece recomendaciones prácticas.

Para llevar a cabo esta investigación, se emplearon los siguientes métodos y técnicas; Recolección de Datos de Campo: se realizaron inspecciones visuales y mediciones de las fallas del pavimento en varias carreteras seleccionadas. Los datos se recopilaban utilizando herramientas de evaluación de pavimentos del PCI, Cálculo de Velocidades Medias: se utilizaron dispositivos electrónicos de GPS dentro de los vehículos a lo largo de su recorrido por las calles analizadas para registrar las velocidades temporales y espaciales de los vehículos. Para la determinación del PCI se utilizó el método estándar de cálculo del PCI, que incluye la evaluación de diferentes tipos de fallas y su gravedad, para obtener un índice que representa el estado general del pavimento. En lo que respecta al Análisis Estadístico descriptivo e inferencial se utilizó el programa SPSS y se aplicó la correlación de Pearson para evaluar la relación entre las fallas del pavimento, las velocidades medias temporal y espacial, y el PCI.

Las principales fuentes de información utilizadas en esta investigación incluyen: Datos Primarios recopilados directamente a través de inspecciones

de campo, mediciones de velocidad y encuestas, Datos Secundarios recopilados de información existente de estudios previos, informes de agencias gubernamentales y publicaciones académicas sobre pavimentos y tráfico y la Literatura Académica de artículos de revistas científicas, libros y tesis relacionadas con el estado del pavimento y la dinámica del tráfico.

Durante la realización de esta investigación, se encontraron varias limitaciones y problemas, entre los que se incluyen la Variabilidad en las Condiciones del Tráfico como las fluctuaciones en el volumen de tráfico y las condiciones climáticas durante el periodo de estudio pudieron influir en las velocidades registradas, introduciendo variabilidad en los datos.

A través de este estudio, se espera proporcionar una comprensión más profunda de cómo las fallas del pavimento afectan las velocidades medias temporal y espacial de los vehículos y cómo estas variables se relacionan con el PCI. Dentro de los hallazgos preliminares se tiene que, hay una correlación significativa entre el estado del pavimento y la transitabilidad en términos de la velocidad media temporal y la velocidad media espacial, lo cual tiene implicaciones importantes para la gestión de la infraestructura vial.

Las conclusiones principales de la investigación incluyen:

1. Relación Entre Fallas y Transitabilidad: Las fallas del pavimento tienen un impacto significativo en la transitabilidad de los vehículos, afectando tanto la velocidad media temporal como la velocidad media espacial.
2. Importancia del PCI: El PCI es una herramienta útil para evaluar el estado del pavimento, y su relación con las velocidades medias proporciona una medida adicional para la planificación del mantenimiento.
3. Recomendaciones de Mantenimiento: Basado en los hallazgos, se pueden proponer estrategias de mantenimiento que prioricen las reparaciones en áreas donde las fallas del pavimento afectan más gravemente las velocidades de los vehículos, mejorando así la transitabilidad y por ende la seguridad y la eficiencia del transporte en estas vías.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial las características de la red vial de una ciudad en términos de amplitud y calidad determinan en gran medida las interacciones que realizan sus pobladores dentro de ella, y condicionan su desarrollo económico-social. Entonces si una ciudad sea grande, mediana o pequeña tiene sus calles y avenidas debidamente pavimentadas y en buen estado, esto va a permitir que el tránsito y transporte urbano sea seguro, económico y rápido, lo que favorece su desarrollo en términos económicos y sociales. Por el contrario, la falta de mantenimiento del pavimento, especialmente la presencia de baches aumenta las limitaciones de velocidad y la congestión en la vía (Bull,2003).

En el país, el problema de la infraestructura vial de las ciudades se puede abarcar desde la amplitud de ésta, es decir que parte de la ciudad tiene acceso a vialidades y de estas que parte están pavimentadas y con mantenimiento, y es en el mantenimiento donde se hace más visible la problemática expuesta, ya que de la reducida cantidad de vías pavimentadas que se tienen, éstas no reciben un adecuado mantenimiento y es así como las consecuencias se acrecientan con el tiempo. Por ejemplo, en las calles de la ciudad de Piura, la velocidad comercial de los vehículos es muy baja (de 10 a 12 km/h), su confiabilidad suele ser baja y las unidades no brindan seguridad a los usuarios. Esto se debe a la mala calidad de las vías por las que circulan (Castro,2003).

Es importante destacar, que el gerente de la Fundación Transitemos Flórez, en una entrevista realizada en el año 2012, declaró que el Perú contaba para ese entonces con 2 millones de automóviles, de los cuales un millón 500 mil se encuentran en Lima. Aseverando también que la ciudad de Sao Paulo tiene 19 millones de habitantes y 8 millones de vehículos circulan por sus calles, pero la velocidad promedio de desplazamiento es de 26

kilómetros por hora, principalmente debido al estado de las vías. En contraste, asegura que la capital tiene 9 millones de habitantes y se mueve a un promedio de 14 kilómetros por hora precisamente debido a las malas condiciones de algunas vías.

En la región central del Perú, también se presenta una constante en el mal estado de las vías urbanas, particularmente en la ciudad de Huánuco donde se demostró a través de un estudio, que el nivel de servicio en las intersecciones del jirón Dos de Mayo cercano al centro de la ciudad tiene una clasificación de tipo D. (Picoy, 2021), lo que significa, entre otros aspectos, que la velocidad de recorrido es baja (10-15 Km/hora) asociado básicamente al mal estado de las calles, en términos de baches, fisuras, grietas y otras fallas que condicionan el recorrido.

La ciudad de Tingo María, como muchas ciudades medianas del Perú, con 46,191 habitantes, según el Censo INEI (2017), tiene sus principales avenidas y calles con pavimento rígido o flexible, que en su mayoría no reciben mantenimiento a lo largo de su vida útil, presentando diversas patologías a nivel funcional como estructural, que afectan la transitabilidad en estas vías. De acuerdo con un reportaje publicado por el diario Perú 21 en el año 2020, se hizo la reseña sobre la existencia en la zona cercana a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), de un gran bache que ocasionaba que los vehículos se desviaran al otro carril cuando no había mucho tránsito. Sin embargo, en el pasado, estas grietas causaron accidentes que involucraron la muerte de varias personas. Aseverando además que este tipo de baches también se pueden observar en las pistas de la ciudad de Tingo María, especialmente en la avenida Amazonas, donde circulan los camiones pesados provenientes de las ciudades aledañas como Huánuco, Lima, entre otras.

Tal es el caso de la Avenida Amazonas que aborda el estudio en el que se presentan diversas patologías que afectan la transitabilidad en esta vía, como se observa en la siguiente figura;

Figura 1

Estado actual de las patologías que presenta el pavimento rígido de la Av. Amazonas en la ciudad de Tingo María



En consecuencia, el estado de este pavimento afecta a toda la población que diariamente tienen que transitar por estas vías, afectando la transitabilidad de los vehículos y las externalidades que ello significa.

Ahora bien, las afectaciones a la población de la problemática expuesta son varias, sin embargo, este estudio estará centrado en los que respecta a las demoras o retrasos que sufren los vehículos al transitar por estas vías lo que se manifiesta en la disminución de las velocidades de recorrido. De manera que, el problema de esta investigación se enfocará en la evaluación de las patologías de esta vía y analizar cómo estas patologías afectan la transitabilidad en términos de velocidad de los vehículos en su recorrido.

Sin duda, conocer el estado de este pavimento, que en este caso será usando el método del PCI, permitirá un acercamiento a la solución del problema, ya que esta evaluación podrá servir como diagnóstico a las entidades encargadas de la gestión de estas vías y también se establecerán algunas recomendaciones a partir de los resultados y conclusiones generados, las cuales estarán dirigidas básicamente a la transitabilidad de la vía,

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo afectan las patologías del pavimento rígido en términos del PCI a la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Problema específico 1

¿Qué tipos de patologías son más incidentes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

Problema específico 2

¿Cuál es la severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

Problema específico 3

¿Cuál es la densidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

Problema específico 4

¿De cuánto es el PCI y cómo afecta la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar cómo afectan las patologías del pavimento rígido en términos del PCI a la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo Específico N 1

Identificar qué clases de patologías son más incidentes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

Objetivo Específico N 2

Determinar cuál es la severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

Objetivo Específico 3

Calcular la densidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

Objetivo Específico N 4

Estimar el PCI y cómo afecta la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En lo teórico se justifica el estudio toda vez que aborda la brecha que se tiene en la investigación de la problemática expuesta a nivel local, es decir no hay investigaciones similares para la ciudad de Tingo María, los resultados a los que se llegue podrán servir para la discusión con los resultados que presentan los estudios considerados en nuestros antecedentes y que sirva como antecedente para futuros estudios en esta línea de investigación. Respecto a la justificación o importancia de una investigación, Hernández et al (2014), afirman que; la investigación puede ser útil de varias maneras como: contribuir a solucionar alguna problemática social, a desarrollar una teoría o a generar nuevas preguntas de investigación; en el caso de este estudio, su importancia radica en que servirá para la discusión de resultados con otras investigaciones que abordan problemáticas similares y así ampliar el conocimiento en función a los hallazgos que puedan obtenerse de la misma.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

En la práctica, evaluar el estado de la transitabilidad y del resultado conocer la condición del pavimento de la vía estudiada va a facilitar a las entidades encargadas de su gestión, para que a partir de ello se propongan acciones que permitan mejorar esta condición y disminuir los efectos negativos que en la actualidad se presentan, especialmente en este aspecto en términos de la velocidad de recorrido.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La metodología utilizada relaciona básicamente el estado de una vía con la transitabilidad de la misma, como lo hacen diversos estudios, sin embargo, aquí se propone enfocarse en la transitabilidad relacionada a la velocidad con que circulan los vehículos en la vía, pero con la precisión que esta velocidad se analizará desde las características

microscópicas del flujo del tránsito expresado en la velocidad media temporal y la velocidad media espacial.

De los usuarios, clientes y beneficiarios

Los resultados, conclusiones y recomendaciones a que se llegaron en nuestro estudio podrán ser usados por los alumnos que realicen estudios e investigaciones en el tema, asimismo los clientes podrán ser las instituciones o empresas relacionadas con la gestión de estas vías, sea la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado que podrá usar el estudio como insumo para la toma de decisiones respecto a estas vías ya que, no solo es la encargada de la gestión de las vías urbanas sino también del tránsito en ellas, y justamente son estas dos variables (vías y tránsito) que abarca el estudio, y finalmente los beneficiarios serían los pobladores de la ciudad de Tingo María, en el caso de que la Municipalidad tome acciones y mejore la transitabilidad de las vías.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Los factores externos, tales como las condiciones climáticas y el tráfico vehicular, pueden haber tenido una influencia significativa en los resultados del estudio. Aunque se implementaron medidas de control rigurosas durante la recolección de datos para mitigar estos efectos, no se puede descartar completamente su impacto. Las variaciones en el clima, como la temperatura, la precipitación y las condiciones de congelación y deshielo, así como los patrones de tráfico, incluyendo la frecuencia y el peso de los vehículos, podrían haber introducido variables adicionales que afectan la integridad del pavimento y, por ende, los resultados del análisis. La ausencia de datos históricos sobre el estado del pavimento representa una limitación significativa para el estudio. Esta carencia dificulta considerablemente la evaluación de las tendencias de deterioro a lo largo del tiempo, impidiendo una comprensión profunda y longitudinal de los cambios en la condición del pavimento. Sin datos históricos detallados, es desafiante identificar de manera precisa las causas subyacentes de los problemas observados. Esta falta de información histórica limita la capacidad para establecer correlaciones sólidas y para

desarrollar modelos predictivos que puedan anticipar futuros deterioros, afectando la planificación de mantenimiento y las estrategias de mitigación a largo plazo.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD ECONÓMICA

En el aspecto económico se tiene garantizada la viabilidad del estudio toda vez que los recursos necesarios para su ejecución fueron asumidos en su totalidad con fondos propios del autor.

1.6.2. VIABILIDAD ÉTICA

El desarrollo de la investigación estuvo regido por el respeto a los principios éticos, especialmente con la no afectación a instituciones, personas o animales, asimismo el tratamiento que se les dio a los resultados que se obtuvieron, manteniéndose en el ámbito académico, resguardando la privacidad y confidencialidad requeridas, también se respetó la autoría de terceros, que al ser incorporados en nuestro estudio fueron debidamente citados, aspectos que determinaron la viabilidad ética del estudio.

1.6.3. VIABILIDAD OPERATIVA

El fácil acceso a la muestra, la disposición del personal e instrumentos requerido para el levantamiento de datos que se tuvieron garantizaron la viabilidad operativa para la etapa del desarrollo de nuestro estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Monsalve et al. (2022), presentaron un artículo científico relacionado a patologías de la estructura vial del pavimento rígido. La investigación fue de tipo cualitativa utilizando una metodología interpretativa. En las conclusiones el autor expone que, se observó y analizó que las carreteras no cuentan con estructuras y diseños adecuados para su funcionamiento, y están construidas sobre subestructuras que no pueden soportar los esfuerzos del tránsito vehicular. Por otra parte, pudo determinar que las causas del deterioro de las carreteras se deben al diseño deficiente de las mismas, lo cual produce hundimiento, problemas de drenaje, fatiga del concreto por cargas pesadas continuas, modulación deficiente de las losas, así como también espesor insuficiente y retención de agua tanto en los hundimientos como en las grietas.

Parga et al (2021), presentaron un estudio con el objetivo de hacer una evaluación sobre las condiciones del pavimento rígido en un segmento de vía de la ciudad de Ibagué departamento del Tolima. Concluyeron que, la caracterización del tramo vial investigado permitió determinar el tráfico estimado tipo 1 (NT1). Esta clasificación permite mostrar la relación entre las necesidades viales y la calidad de la mampostería, así como la formulación de diseños que sirvan en la construcción de nuevos pavimentos duros. Se concluyó que el PCI de los 12 subtramos viales que conforman toda el área de estudio se encontraba en general en muy mal estado, con 4 tramos en estado normal y 2 en mal estado. Las secciones restantes se encuentran en muy malas y graves condiciones. Afecciones médicas recurrentes, como la degradación del sellador, los residuos del disco, las incrustaciones grandes, los golpes y las sacudidas. Se han identificado las losas que

necesitan una intervención inmediata para garantizar la seguridad. Se recomienda establecer un plan de gestión de mantenimiento de aceras que establezca la frecuencia de coordinación de las inspecciones visuales de las aceras para gestionar adecuadamente las condiciones reales y determinar las acciones de mantenimiento adecuadas.

Badillo et al (2020), presentaron una investigación teniendo como propósito hacer un diagnóstico mediante el método PCI el estado del pavimento rígido en un tramo de la carretera de la ciudad de Ibagué - Tolima. En su estudio concluyeron que, el deterioro o la patología, como daños en el sellado de juntas, grietas lineales, grietas en las esquinas y manchas grandes, se observan con mayor frecuencia en la sección de inspección. Es muy importante señalar que los parches de conectividad en las instalaciones públicas presentan malas condiciones. Si no se realiza el mantenimiento preventivo adecuado, el pavimento exhibirá una función estructural inadecuada y no cumplirá con los estándares requeridos. Por lo tanto, debe ser renovado en consecuencia. Finalmente, recomiendan hacer un seguimiento al mantenimiento oportuno por cuanto las obras de drenaje tienen un significado especial como fundamento del progreso y el bienestar sociales, y juegan un papel muy importante en diversos caminos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

En primer lugar, se tiene el trabajo realizado por Yap y Sandoval (2020), quienes desarrollaron un estudio para evaluar el grado de incidencia de las patologías del concreto hidráulico de los pavimentos rígidos en la transitabilidad de las vías. Estos autores utilizaron una metodología PCI para determinar el estado operativo de pavimentos rígidos en relación con su condición, indicadores de integridad estructural y su severidad, así como sugerir soluciones a patologías. Para lograr este objetivo se utilizaron métodos descriptivos y analíticos no experimentales, ya que el estudio de las condiciones del concreto se realiza sin utilizar pruebas de laboratorio, y este se basa en la inspección visual y personal. Concluyendo que la vía en estudio presenta una calificación de Bueno, que va en un rango de 70 a 55, este resultado indica que el daño observado no afecta completamente la transitabilidad.

Asimismo, López y García (2020), desarrollaron un estudio con el objetivo de hacer una evaluación acerca del nivel de impacto de las patologías del concreto hidráulico del pavimento rígido en un tramo de la ciudad de Lima. Se estableció como una investigación explicativa con un nivel descriptivo y diseño no experimental. Como conclusiones estos autores lograron determinar que el estado del pavimento de la vía en estudio, en lo referente a su estado de conservación es bueno. Con respecto al grado de impacto o incidencia evaluado según la escala del PCI, se concluyó que es muy favorable.

Por su parte, los autores Espinoza y Miranda (2020), presentaron su investigación dirigida a evaluar las diferentes patologías que presentaba el pavimento rígido correspondiente a una avenida ubicada en Ancash. Este estudio se establece como una investigación descriptiva, aplicando un diseño no experimental de tipo transversal. En sus resultados se determinó la patología presente teniendo una proporción importante de impactos y también se pudieron encontrar 13 fallas en todo el tramo de estudio, lo cual totalizó 845 daños en la sumatoria de todas las secciones estudiadas, lo que resultó con un valor de condición para cada sección y un promedio de condición del pavimento de 60.53%, este resultado se considera muy favorable dentro de los rangos de clasificación. Se concluye que los sellos de junta es la patología de mayor incidencia en el deterioro de la carretera.

De igual manera Palomino (2021) llevó a cabo un análisis de las patologías presentes en el pavimento rígido y su impacto en la condición operativa de la superficie de rodadura en un Jirón de Ayacucho. El estudio se desarrolló bajo una metodología descriptiva, utilizando un enfoque cualitativo y un diseño no experimental transversal. Se calculó el PCI, lo que permitió identificar su patología, su gravedad y densidad. A partir de estos datos, se concluyó que las grietas lineales son la patología más frecuente en la capa de desgaste. En cuanto al estado del pavimento del Jr. evaluado, se determinó que es Regular, con un PCI ponderado de 54. De esta manera se tiene que los defectos detectados

son funcionales, lo cual implica que se debe priorizar el mantenimiento en el tiempo prudencial para evitar complicaciones y patologías de mayor magnitud en la vía.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Se tiene el trabajo de Alvarado (2021), quien realizó su investigación sobre una evaluación para plantear el mejoramiento de un pavimento rígido utilizando el Método PCI en una calle ubicada en la ciudad de Huánuco. Luego de aplicada la metodología del PCI y obtener los datos de forma exhaustiva en área de estudio, se puede concluir que el pavimento presenta un 6,25% en excelente estado, 12,5% en buen estado, 25% en muy buen estado, 31,25% en regular estado, 25% en muy mal estado, con lo cual se establece un promedio de PCI igual a 54. De igual manera el autor determinó que los daños presentes en la vía son las grietas lineales, la losa dividida, el desconchamiento, pulimento de agregados, punzonamientos, parches grandes, las grietas de esquina y descascaramiento de junta.

Nieto y Ricaldi (2021), en este estudio los autores tuvieron como propósito hacer una evaluación para identificar la incidencia de las patologías del concreto de los pavimentos rígidos en la mencionada avenida, para ello aplicaron como método el PCI (índice de condición del pavimento). En su estudio aplicaron una metodología de tipo descriptiva, no experimental y de corte transversal. El resultado fue una condición de pavimento de 44.80%, con una calificación de REGULAR. Se identificaron 8 fallas en todo el tramo, resultando la de mayor frecuencia el pulimento de agregados con 33.03%. Se recomienda realizar rutinas de mantenimiento correctivo y preventivo para extender la vida útil de la vía. Además, se sugiere que los entes municipales del distrito de Yanacancha realicen un estudio basado en el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual ha evaluado la estructura del pavimento de concreto de dicha vía como REGULAR. Debido a esta calificación, es necesario realizar tareas de cuidado rutinario, correctivo y preventivo para restaurar las características originales del diseño y extender su vida

útil. Asimismo, se propone establecer un plan de cuidado preventivo de las avenidas para reducir los costos de reparación y minimizar el impacto en la movilidad, dado que, económicamente, es más rentable conservar que reparar.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PAVIMENTO

Un pavimento es una estructura que se coloca sobre el suelo de un terreno para que los vehículos puedan pasar. Un diseño de pavimento adecuado tiene como objetivo garantizar que los usuarios de las vías circulen de manera segura y confortable en un tiempo eficiente. Además, distribuye la carga del tráfico, lo que permite que la estructura del pavimento se mantenga en buen estado para el tiempo previsto (Menéndez, 2009).

De acuerdo con lo que afirma Menéndez (2009), para tener un diseño de pavimento adecuado, primero se debe investigar el suelo sobre el que se construirá. A continuación, se deben especificar el tipo de superficie de rodadura y los componentes estructurales para elegir los materiales necesarios. Luego, es necesario conocer el tráfico que se espera en la zona actual y futura, teniendo en cuenta el ciclo de vida previsto. Todo esto se puede diseñar según los diferentes tipos de pavimento y elegir el mejor teniendo en cuenta elementos como: costos, mantenimiento y tipo de ejecución.

Asimismo, el Instituto del Asfalto, la AASHTO-93 y la PCA proponen las tres metodologías más comunes para el diseño de pavimentos, según se reseña en la Norma CE.010. Adicionalmente, también se indica que cualquier proyecto en Perú puede diseñarse utilizando cualquier otro método de diseño propuesto siempre y cuando se expliquen los conceptos y aspectos técnicos necesarios para su aplicación al final del informe técnico. Asimismo, los pavimentos se pueden clasificar según sus materiales y, a su vez, se pueden subclassificar según si tienen o no refuerzos. Se explicarán los dos tipos

de pavimento más comunes a continuación, teniendo un mayor enfoque en el pavimento de tipo rígido (Solano et al, 2021).

2.2.2. PAVIMENTO RÍGIDO

Un pavimento rígido se compone de una o dos capas de materiales que están directamente apoyadas en el suelo. Se compone de una segunda capa de material granular, una losa de concreto simple o armado que se puede apoyar directamente sobre la base del suelo o sobre una subbase (Solano et al, 2021).

De acuerdo con la definición que hace el Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC, 2015), está constituido con cemento Pórtland como aglomerante, agregados y en algunos casos de aditivos (p.38).

Con respecto a los elementos que lo conforman, el autor Miranda (2010) los describe de la siguiente manera:

La capa de rodadura, que es la parte superior de un pavimento. Esta puede ser de losa de concreto de cemento Portland (rígido), que ayudan a sostener el tránsito directamente.

Base, al ser una pavimentación de tipo rígida, se coloca esta capa seguidamente debajo de las losas de hormigón, pero cuando la capa subrasante es de alta capacidad de soporte, puede no ser necesaria. Su propósito es ofrecer una base uniforme y proporcionar una plataforma adecuada para la colocación y compactación del material. Para que tenga también una función drenante, debe ser un componente permeable. Para ello, es necesario que los materiales utilizados no sean finos y generalmente se requiere colocar otra capa intermedia.

Esta capa no está afectada por las condiciones de bombeo y actúa como una plataforma de trabajo y superficie de rodadura para las máquinas pavimentadoras. Si el flujo es lento, especialmente con vehículos pesados, las losas pueden colocarse directamente sobre la capa subrasante en lugar de esta capa.

Subbases granulares hechas de material tamizado o parcialmente triturado, suelos estabilizados con cemento y otros; se utilizan con frecuencia.

Subrasante, es necesario que esta capa sea capaz de resistir los esfuerzos transmitidos por el pavimento. Tiene un impacto tanto a nivel de comportamiento del pavimento como en el diseño del grosor de las capas que conforman el pavimento. Establece la altura requerida para la subrasante y resguarda el pavimento, preservando su integridad incluso en ambientes de alta humedad, al asegurar un soporte uniforme y duradero. Los materiales utilizados para la capa subrasante deben ser suelos que se puedan compactar, alcanzando un grado de compactación mínimo del 95 % (Miranda,2010).

Las juntas, éstas sirven para conservar las tensiones de la losa causadas debido a las contracciones y expansiones pavimento dentro de los límites permitidos del concreto, o para disipar la rigidez causada por agrietamientos debajo de las losas. Según las pautas para evaluar la bondad de un pavimento, son cruciales para garantizar la duración de la estructura (Miranda,2010).

Cabe señalar que, en el tipo de pavimentación rígida, se distinguen tres tipos: pavimento de concreto simple con juntas, pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas, y pavimento de concreto con refuerzo continuo. Sin embargo, debido a que poseen un desempeño eficiente y a los períodos de diseño que se utilizan comúnmente, el pavimento de concreto con juntas es el más adecuado para la realidad nacional (Miranda,2010).

2.2.2.1. PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Según lo definido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC] (2015), las patologías en el concreto se refieren al análisis metódico de los distintos procesos y características de estas patologías, daños o defectos que puede presentar el concreto, así como a la identificación de sus causas, consecuencias y las alternativas de solución para tratarlas.

De este modo, se tiene que, para poder evaluar las patologías del pavimento rígido, se aplican diversas metodologías, sin embargo, para el presente estudio se tomará en cuenta el método del PCI, conocido como Present Condition Index, referido en el ASTM D 6433-99. El PCI se utiliza en la representación de las degradaciones en la superficie que se muestran en los pavimentos flexibles y de hormigón.

En opinión de Vásquez (2002), para inspeccionar daños en el pavimento, es necesario analizar la calidad del tráfico o del viaje. Esto permite determinar el alcance de los daños en el concreto, como las corrugaciones y las intersecciones con la vía férrea. Para determinar la gravedad de la calidad del tráfico, se debe tener en cuenta los siguientes niveles:

Bajo (L): Puede sentir vibraciones en el automóvil (olas, etc.), pero no tiene que reducir la velocidad por comodidad o seguridad. Alternativamente, una sola abolladura o doblez puede hacer que el vehículo rebote levemente sin molestias.

Medio (M): Hay mucha vibración en el vehículo, por comodidad y seguridad, es necesario reducir la velocidad. Un solo golpe o doblez puede causar un gran rebote que puede causar molestia.

Alto (H): Suelen presentarse vibraciones muy fuertes en el vehículo, y tienes que reducir la velocidad considerablemente para tu comodidad y seguridad. Alternativamente, los baches y las curvas individuales podrían causar un impacto excesivo en el vehículo, lo que provocaría graves incomodidades o aumentaría la probabilidad de riesgos y daños graves al vehículo (Vásquez,2002).

2.2.2.2. BLOW UP/ BUCKLING

Cuando hace calor, es probable que aparezcan fuelles o arrugas. Esto generalmente se debe a que las grietas o las juntas

cruzadas no son lo suficientemente anchas para permitir que la junta se expanda. El ancho insuficiente es el resultado de la entrada de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Si el estiramiento no alivia la presión lo suficiente, los bordes de la placa pueden moverse hacia arriba (torcerse) o desmoronarse contiguo de la junta. También puede ocurrir en los bordes de desagües y canaletas (Vásquez, 2002)

Figura 2
Blowup/Buckling de baja severidad



Nota. Imagen extraída autoría de Yap y Sandoval (2020)

Nivel de Severidad

El nivel L: Se refiere a la calidad del tráfico que resulta en una severidad menor.

- Nivel M: Genera una calidad de tráfico moderada.
- Nivel H: Calidad del tráfico con alta severidad (Vásquez, 2002)

2.2.2.3. GRIETA DE ESQUINA

Según Vásquez (2002) las grietas en las esquinas son fisuras que se extienden por debajo de la media de la extensión de cada borde de la losa desde la esquina. La Figura 3 ilustra este tipo de patología.

Figura 3

Datos de Grieta de esquina en sus tres tipos de severidad



Nota. Imagen extraída autoría de Yap y Sandoval (2020)

Niveles de Severidad

Nivel L: Las grietas se definen como grietas de baja severidad con poco o ningún agrietamiento en el área entre la grieta y la junta.

Nivel M: Definida como fisuración moderada o el área entre la fisura y la junta que muestra fisuración moderada (M).

Nivel H: Se define como una fisura muy fuerte, en la cual la zona entre la junta y la fisura presenta una gran cantidad de fisuras (Vásquez, 2002).

2.2.2.4. LOSA DIVIDIDA

Este daño ocurre cuando una losa se fractura quedando 4 o más fragmentos debido a una sobrecarga o soporte insuficiente, como se ilustra en la Figura 4. Se clasifica como una grieta de esquina grave en el caso que la totalidad de los fragmentos están contenidos dentro de la grieta de la esquina (Vásquez, 2002).

Figura 4
Daños de losa dividida en tres tipos de severidad



Nota. Figura extraída de la autoría de Yap y Sandoval (2020)

Niveles de severidad de la losa

Estos se describen en la tabla 1

Tabla 1
Niveles de Severidad de la Losa

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 a más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Nota. Figura extraída de la autoría de Yap y Sandoval (2020)

2.2.2.5. GRIETA DE DURABILIDAD “D”

Estos tipos de grietas surgen como resultado de la expansión masiva del agregado como resultado del proceso de congelación y descongelación. Con el tiempo, el concreto se rompe gradualmente. Este daño suele manifestarse como grietas paralelas o adyacentes a las juntas o grietas lineales. En este caso, el concreto suele saturarse cerca de las juntas y grietas, por lo que se ven con frecuencia depósitos oscuros alrededor de las grietas "D". Este tipo de trastorno termina destruyendo completamente la placa (Vásquez, 2002).

Niveles de Severidad

Nivel L: Grietas tipo "D" que afectan menos del 15% de la superficie de la losa. La mayoría de estas grietas se han cerrado, aunque algunas piezas pueden haberse desprendido.

Nivel M: Se presenta una de las siguientes situaciones: 1. Grietas tipo "D" que cubren menos del 15% de la superficie de la losa, con la mayoría de las grietas separándose o desprendiéndose con facilidad. 2. Grietas tipo "D" que afectan más del 15% de la superficie, donde la mayoría están cerradas, pero algunas están rotas o son fáciles de remover.

Nivel H: Grietas tipo "D" que abarcan más del 15% de la superficie, con la mayoría de los fragmentos sueltos o que pueden ser retirados fácilmente (Vásquez, 2002).

Figura 5

Grietas de durabilidad de baja, mediana y alta intensidad



Nota. Imagen extraída de los autores Yap y Sandoval (2020)

2.2.2.6. ESCALA

La patología de escala se refiere a las diferencias de altura en las juntas, como se muestra a continuación (Vásquez, 2002).

Figura 6
Escala de severidad baja

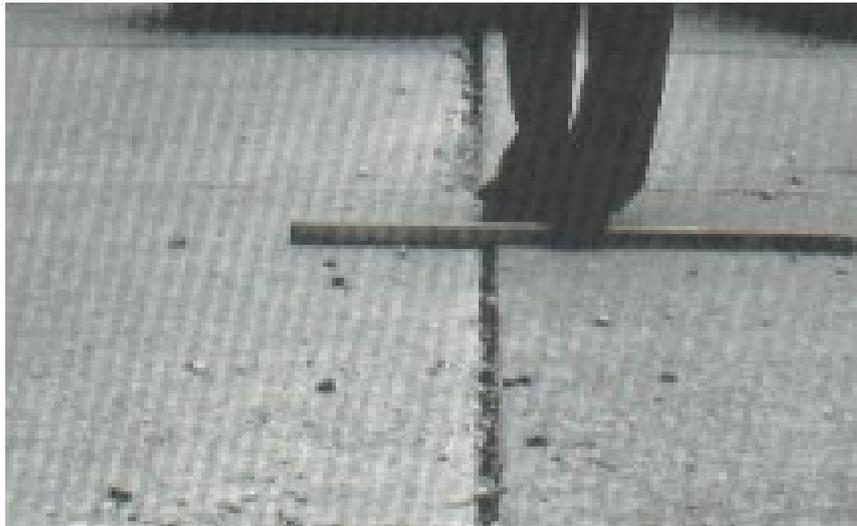
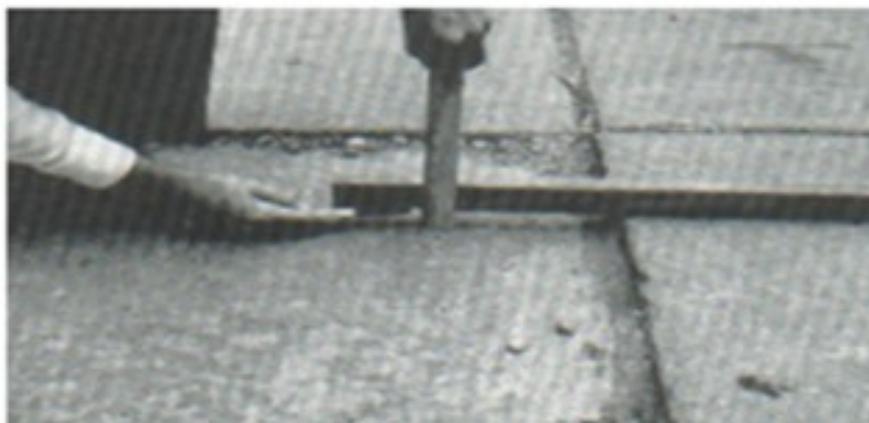


Figura 7
Escala de severidad media



Nota. Imagen referencial extraída de los autores Yap y Sandoval (2020)

Figura 8
Escala de severidad alta



Nota. Imagen extraída de los autores Yap y Sandoval (2020)

Niveles de severidad

Están determinados por la diferencia de separación entre las grietas o juntas como se indican en la tabla 2 (Vásquez, 2002).

Tabla 2
Niveles de severidad de la patología de Escala

Nivel de severidad	Diferencia en Elevación
L	3 a 10 mm
M	1 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

Nota. Datos referenciales extraídos de Yap y Sandoval (2020)

2.2.2.7. SELLO DE JUNTA

Esta patología se refiere a la entrada de agua excesiva o la acumulación de suciedad o piedras en las juntas. De manera que, al acumularse el material incompresible puede detener la expansión de la losa y provocar que las orillas de las juntas se pandeen, se levanten o se despeguen. Esta gravedad puede evitarse con el relleno adecuado. De hecho, la pérdida del sellador, la extrusión del sellador, el endurecimiento (oxidación) del relleno, el desgaste de adherencia en los bordes de la madera, la falta de sellador o la falta de junta son algunos de los tipos de daños en las juntas (Vásquez, 2002).

Niveles de Severidad

Nivel L: El estado del mortero en toda la sección es en general bueno. Está en buenas condiciones presenta únicamente daños mínimos.

M: Toda la sección está en buenas condiciones con uno o más tipos de daños moderados. El sellador debe ser reemplazado dentro de dos años.

H: La condición de toda la sección es generalmente pobre con una o más de las lesiones anteriores y el grado es relativamente severo. El sellador debe ser reemplazado inmediatamente (Vásquez, 2002).

Figura 9

Daños de sello de junta en sus tres tipos de severidad



Nota. Imágenes extraídas de Yap y Sandoval (2020)

2.2.2.8. DESNIVEL CARRIL / BERMA

El desnivel de pendiente, carril/berma es la diferencia entre el arcén y la deposición o erosión de sedimentos. Esta diferencia de altura puede ser un problema de seguridad generado por una mayor entrada de agua (Vásquez, 2002).

Figura 10

Desnivel carril/ berma de baja severidad



Nota. Imagen extraída de los autores Yap y Sandoval (2020)

Figura 11

Desnivel carril/ berma de severidad media



Nota. Imágenes extraídas de Yap y Sandoval (2020)

Figura 12

Desnivel carril/ berma de severidad alta



Nota. Imágenes extraídas de Yap y Sandoval (2020)

Niveles de Severidad

L: La diferencia entre el borde de la carretera y el borde de la carretera es de 25,0 mm a 51,0 mm.

M: Diferencia de nivel de 51,0 mm a 102,0 mm.

H: La diferencia de nivel es superior a 102,0 mm. (Vásquez, 2002).

2.2.2.9. GRIETA LINEAL

Estas fallas fragmentan la losa en dos o tres partes suelen originarse por una combinación de cargas de tráfico repetidas y fallas térmicas o de gradientes de humedad. De este modo, las losas divididas en 4 o más se cuentan como losas divididas. Las grietas menos severas generalmente se deben a deformaciones o fricciones, y no se consideran daños estructurales significativos. Por otra parte, las fisuras finas que tienen varios metros de longitud y no abarcan toda la longitud del panel, se cuentan como grietas por y contracción (Yap y Sandoval, 2020)

Figura 13

Daños de grieta lineal en sus tres tipos de severidad



Nota. Imagen referencial tomada de Yap y Sandoval (2020)

Niveles de Severidad

Losas sin refuerzo

Nivel L: Se clasifica cuando las grietas tienen un ancho por debajo de 12.0 mm, o si están selladas con un material de relleno en buenas condiciones. En este nivel, no se utiliza una escala para medir la severidad.

Nivel M: Se aplica en los siguientes casos: 1. Grietas no selladas con un ancho que varía entre 12.0 mm y 51.0 mm. 2. Grietas no selladas de cualquier ancho, hasta 51.0 mm, con una profundidad menor a 10.0 mm. 3. Grietas selladas de cualquier ancho con una profundidad inferior a 10.0 mm.

Nivel H: Se establece bajo las siguientes condiciones: 1. Grietas no selladas con un ancho mayor a 51.0 mm. 2. Grietas, selladas o no selladas, de cualquier ancho con una profundidad superior a 10.0 mm. (Yap y Sandoval, 2020).

Losas con refuerzo

Nivel L: Se clasifica cuando hay fisuras no selladas teniendo entre 3.0 mm y 25.0 mm de ancho, o grietas selladas de cualquier ancho con un material de relleno en buen estado. No se utiliza una escala para medir la severidad.

Nivel M: Se identifica en los siguientes casos: 1. Grietas no selladas con un ancho que varía entre 25.0 mm y 76.0 mm sin escala. 2. Grietas no selladas de cualquier ancho hasta 76.0 mm con una escala menor a 10.0 mm. 3. Grietas selladas de cualquier ancho con una escala hasta 10.0 mm.

Nivel H: Se define cuando se presentan como condiciones las siguientes: 1. Grietas no selladas con un ancho mayor a 76.0 mm. 2. Grietas selladas o no selladas de cualquier ancho con una escala superior a 10.0 mm (Vásquez, 2002).

2.2.2.10. PARCHEO (GRANDE)

Un parche es un lugar donde se ha eliminado la cubierta original y se ha utilizado una nueva. Por lo tanto, la excavación de servicios públicos es un área donde se reemplaza el asfalto original para instalar o hacer el mantenimiento de infraestructuras subterráneas. La severidad de estas excavaciones se clasifica de manera similar a la de los parches convencionales (Vásquez,2002)

Niveles de severidad

Nivel L: Se presenta un funcionamiento correcto del parche y ha sufrido poco o ningún daño.

Nivel M: Cuando los bordes del parche están moderadamente deteriorados o descascarados. Es necesario retirar la materia del parche con gran esfuerzo.

Nivel H: El parche sufre graves daños. El reemplazo es necesario en un estado de deterioro (Vásquez,2002)

Figura 14

Daños de parche (Grande) en sus tres tipos de severidad



Nota. imágenes referenciales extraídas de Yap y Sandoval (2020)

2.2.2.11. PARCHEO (PEQUEÑO)

Se refiere a aquellas áreas donde se ha quitado la cobertura original y se reemplazó con material de relleno, como se observa en la Figura 15.

Figura 15

Daños de parche (pequeño) en dos tipos de severidad



Nota. Imágenes referenciales tomadas de Yap y Sandoval (2020)

Niveles de Severidad

Nivel L: El parche está funcionando correctamente y ha sufrido poco o ningún daño.

Nivel M: cuando el parche presenta un deterioro moderado. En este caso, la materia del parche se puede retirar con mucho esfuerzo.

Nivel H: El parche está en muy mal estado. El reemplazo es necesario si el daño se extiende (Yap y Sandoval,2020).

2.2.2.12. PULIMENTO DE AGREGADOS

La exposición continua al tráfico causa este daño. En este caso, la adherencia del neumático disminuye significativamente debido a la superficie más suave de los agregados. Además, que la rugosidad del pavimento no tiene un impacto significativo para reducir la velocidad del vehículo. si el porcentaje de agregado esparcido sobre la superficie es pequeño, es por ello que el acabado de agregado cubre el concreto y es casi insignificante y dócil al tacto. Cuando resultado de la prueba de resistencia al deslizamiento es más bajo o ha disminuido significativamente en comparación con otras evaluaciones anteriores, es lo que indica esta patología (Yap y Sandoval, 2020)

Daño de pulimento de agregados

Figura 16

Daños de parche (pequeño) en dos tipos de severidad



Nota. Imagen referencial de los autores Yap y Sandoval (2020)

Niveles de Severidad

Los grados de severidad no están definidos. Sin embargo, primeramente, para registrarlo en un inventario de condiciones y clasificarlo como un defecto, el grado de pulimento debe ser relevante (Yap y Sandoval, 2020)

2.2.2.13. POPOUTS

Son pedazos de pavimento pequeños que se desprenden de la superficie. Esto podría ser el resultado de partículas blandas o trozos de madera que se han roto o desgastado por el tráfico, como se muestra en la Figura 17. Sus tamaños oscilan desde 13.0 mm hasta 52.0 mm de espesor y oscilan desde 25.0 mm hasta 102,0 mm de diámetro (Yap y Sandoval, 2020)

Figura 17

Daño de popouts



Nota. Imagen referencial tomada de Yap y Sandoval (2020)

Niveles de Severidad

Los grados de impacto no están definidos. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes de que se considere como daño. La densidad promedio debe superar los tres popout por metro cuadrado a lo largo de la superficie de la losa (Yap y Sandoval, 2020).

2.2.2.14. BOMBEO

El bombeo se define como la eliminación del material base de la placa a través de juntas o grietas. Esto se produce por el desvío de la losa debido a la carga, como se ilustra en la Figura 18. De manera que, conforme una carga fluye a través de las juntas entre los paneles, el agua es empujada primero debajo del panel frontal y luego nuevamente debajo del panel posterior. Este accionar constante finalmente erosiona y elimina las partículas del suelo, lo que lleva a una pérdida gradual de tracción. Es así como esta patología se puede identificar por la suciedad superficial del pavimento cerca de juntas o grietas y signos de sustrato o subbase. Además, que el bombeo cerca de la junta se debe a un sellado deficiente en la junta e indica pérdida de soporte y en última instancia, la tensión repetida conduce al agrietamiento (Yap y Sandoval,2020)

Niveles de Severidad

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia

Figura 18
Daño por bombeo



Nota. Imagen referencial tomada de Yap y Sandoval (2020)

2.2.2.15. PUNZONAMIENTO

Este daño es una zona de la losa que se rompe. Tiene muchas formas, principalmente se caracteriza al presentar una grieta y una junta poco espaciadas o dos grietas a menos de 5 pies una de la otra. Se puede ver claramente en la Figura 19. Este daño puede ser causado debido a cargamento pesado frecuente, insuficiente espesor de la losa, pérdida del soporte de los cimientos o defectos estructurales del concreto localizados (como hormigueros) (Yap y Sandoval,2020)

Figura 19
Daño de punzonamiento de severidad H



Nota. Imagen referencial extraída de Yap y Sandoval (2020)

Nivel de severidad

Se detallan en la siguiente tabla

Tabla 3
Nivel de severidad de las grietas

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de Pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Nota. Valores de referencia extraídos de Yap y Sandoval (2020)

2.2.3. TRANSITABILIDAD

En Perú, la transpirabilidad se entiende como la condición de una vía que está disponible para ser utilizada. Esto implica que una carretera específica es accesible para el tráfico y no ha sido cerrada al tránsito público debido a emergencias viales que hayan interrumpido su recorrido en algún tramo o sector, o por daños significativos causados por fenómenos naturales, como deslizamientos de tierra, desprendimientos de rocas, pérdida de la plataforma de la carretera, o erosión (MTC, 2008).

2.2.3.1. VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL

De acuerdo con Carl & Cárdenas (2018), representa el promedio aritmético de la velocidad de todos los vehículos, o de una muestra de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo determinado. Por lo tanto, se afirma que existe una variación temporal en las velocidades de los vehículos.

La velocidad media temporal para datos de velocidades de punto no agrupadas se define matemáticamente como:

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \dots (E_1)$$

Donde:

V_t = Velocidad media temporal

V_i = Velocidad del vehículo i

n = número total de vehículos observados o tamaño de la muestra

Para los datos de velocidades de punto agrupados, la velocidad media temporal se calcula como:

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i v_i)}{n} \dots (E_2)$$

Donde:

m = número de grupos de velocidad

f_i = número de vehículos en el grupo de velocidad i

V_i = Velocidad de punto del grupo i

$$n = \sum_{i=1}^m f_i$$

2.2.3.2. VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL

Se puede definir como la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos en un tramo de carretera o calle en un momento dado. En consecuencia, se afirma que hay una distribución espacial de velocidades de punto. De esta manera, la velocidad media espacial se puede calcular dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos empleados por los vehículos en recorrerla para un espacio o distancia específicos (Carl & Cárdenas, 2018), Esto es:

$$V_t = \frac{d}{t} \dots (E_3)$$

Donde:

Vt = velocidad media espacial

d = distancia dada o recorrida

t = tiempo promedio de recorrido

Esto es:

$$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

$$\bar{v}_e = \frac{d}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}}$$

$$= \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{d}\right)}$$

El tiempo empleado por un vehículo i en recorrer la distancia d es:

$$t_i = \frac{d}{v_i}$$

De donde:

$$d = v_i t_i$$

Por lo tanto:

$$\bar{v}_e = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{v_i t_i}\right)}$$

$$\bar{v}_e = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{v_i}\right)} \dots (E_4)$$

Esta última expresión se conoce como media armónica en estadística descriptiva, que es la media estadística que mejor

describe un evento en particular. Por lo tanto, la velocidad media espacial es el indicador más adecuado para el análisis de flujos de vehículos. Además, se menciona la relación entre la velocidad media temporal y la velocidad media espacial, como lo demuestra la ecuación siguiente (Carl & Cárdenas, 2018).

$$\bar{v}_t = \bar{v}_e + \frac{S_e^2}{\bar{v}_e} \dots (E_5)$$

Donde:

S_t^2 = variancia de la distribución de velocidades en el tiempo.

Cuyo valor, para datos agrupados, es igual a;

$$s_t^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i(v_i - \bar{v}_t)^2}{n}$$

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Para las definiciones de estos términos se ha utilizado como fuente referencial el “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial” del MTC-2008.

- a) **Agrietamiento:** se refiere a las grietas que aparecen en una superficie (MTC,2008)
- b) **Base:** capa de material procesado y seleccionado que es colocado de intermedio de la superficie de rodadura y la parte superior de una subbase o subrasante. Esta capa también puede estar hecha de una mezcla asfáltica o puede estar hecha con tratamientos diseñados (MTC,2008).
- c) **Capa de rodadura:** El propósito de esta capa superior del pavimento, formada por mezclas bituminosas, es permitir una circulación cómoda, segura y económica (MTC, 2008).
- d) **Cemento Portland:** Conglomerante o cemento hidráulico producido por pulverización de Clinker, que se compone principalmente de silicato

cálcico hidráulico y suele incluir sulfato de calcio y caliza durante la molienda (MTC,2008).

- e) **Concreto:** Combinación de materia aglomerante con agregados finos y gruesos. En ocasiones, se añaden aditivos para dotar al material de características adicionales, mientras que en otros casos se adicionan para optimizar las que ya tiene (MTC,2008).
- f) **Concreto Portland:** combinación de material aglomerante (agua y cemento Portland) agregados gruesos y finos. Pueden contener aditivos para agregar cualidades que no tienen o para mejorarlas (MTC,2008).
- g) **Curado de concreto:** Proceso producido en el fraguado y/o endurecimiento del concreto o mortero, donde se controlan las condiciones ambientales, particularmente la temperatura y la humedad (MTC,2008).
- h) **Deterioro por desgaste:** El daño del pavimento es causado principalmente por el tránsito y los agentes abrasivos o erosivos. Se manifiesta como la pérdida del mortero y el ligante. Normalmente se encuentran en las áreas donde circulan los automóviles (MTC,2008).
- i) **Fatiga:** Disminución progresiva de la firmeza de un material como resultado de solicitaciones repetidas (MTC,2008).
- j) **Grieta:** es una fractura que puede provenir de una variedad de fuentes y tener como diámetro de ancho superior a 3 milímetros. Puede estar orientado de manera transversal o longitudinal al eje de la carretera (MTC,2008).
- k) **Junta:** Es el espacio definido a través de dos cortes contiguos de una estructura para permitir su expansión o contracción debido a las variaciones de temperatura del entorno (MTC,2008).
- l) **Niveles de servicio:** Son indicadores que miden y evalúan el estado de servicio de una carretera, y se utilizan como parámetros admisibles hasta donde pueden evolucionar las condiciones superficial, funcional, estructural y de seguridad de la vía. Cada ruta tiene sus propios indicadores, que difieren de acuerdo con los elementos financieros y

técnicos, dentro de un marco general que busca la satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y la rentabilidad de los recursos disponibles (MTC,2008).

- m) **Pavimento Flexible:** está hecho de materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y posiblemente aditivos (MTC,2008).
- n) **Pavimento Rígido:** está hecho de cemento Pórtland como aglomerante, agregados y, dependiendo de la situación, aditivos (MTC,2008).
- o) **Subbase:** es una capa ubicada en la parte inferior de la capa de base y forma parte de la estructura de un pavimento (MTC,2008).
- p) **Subrasante:** La superficie final de la carretera a nivel de movimiento de tierras, ya sea en corte o relleno, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o el afirmado (MTC,2008).
- q) **Transitabilidad:** Grado de desempeño de la infraestructura vial que determina la eficiencia con la que se facilita el flujo de tráfico (MTC,2008).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las patologías del pavimento rígido en términos del PCI afectan significativamente la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

2.4.2.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Las fisuras y grietas son las patologías más incidentes en el pavimento de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

2.4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

La severidad de las patologías del pavimento de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023 es alta.

2.4.2.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

La densidad de las patologías del pavimento de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023 es del 40%.

2.4.2.4. HIPÓTESIS ESPECÍFICA N.º 4

El PCI es menor que 45 y afecta significativamente la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE 1

Patologías del concreto rígido

2.5.2. VARIABLE 2

Transitabilidad

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Para realizar el estudio de la variable, se estableció su definición operacional a través de dimensiones e indicadores que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4
Operacionalización de las variables

Variable	Definición teórica	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Tipo de variable	Instrumento
Variable 1 Patologías del pavimento rígido	La patología del concreto se define como el estudio sistemático de los procesos y características de la enfermedad, daños o defectos que puede sufrir el concreto, las causas, consecuencias y los remedios para tratarlas (MTC, 2015, p.34)	De los distintos métodos que analizan las patologías de los pavimentos en este estudio usaremos el método PCI (Pavement Condition Index o Índice de Condición del Pavimento) que en su parte de las patologías del pavimento rígido los operacionaliza en 19 fallas, de las cuales analizaremos 14 que son las que aplican en el pavimento en estudio	Blow up / Buckling	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Grieta de esquina	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Losa dividida	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Grieta de durabilidad "D"	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Escala	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Sello de junta	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Desnivel Carril / Berma	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Grieta lineal	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Parqueo (grande)	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Parqueo (pequeño)	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Pulimento de agregados	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Popouts	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
			Bombeo	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI
Punzonamiento.	Severidad, Densidad	Cuantitativa	Formato PCI			
Nivel de servicio de la infraestructura	La transitabilidad se caracteriza por la aptitud		Km/hr	Cuantitativa	Hoja de registro	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

El estudio estuvo bajo el paradigma Positivista y tuvo un enfoque cuantitativo, Considerando que los datos que se han recopilado, procesado y analizado son de tipo cuantitativo. En opinión de (Borja, 2012), el enfoque cuantitativo plantea que la recolección y análisis de datos es una forma confiable de conocer la realidad, lo que permitiría responder las diferentes interrogantes de la investigación y comprobar las hipótesis planteadas. En estas investigaciones se busca patrones de comportamiento en una población mediante mediciones numéricas, conteos y, a menudo, estadísticas.

En este particular, la información recolectada en el estudio fue procesada y analizada en el marco de la estadística descriptiva y la estadística inferencial.

Así mismo se considera a esta investigación de tipo Aplicada, de acuerdo con lo que definen Hernández et al (2014), se enfoca en la resolución de problemas prácticos específicos, utilizando conocimientos y técnicas científicas. Su propósito es aplicar los hallazgos de la investigación para mejorar situaciones concretas, desarrollar nuevas tecnologías, o formular estrategias eficaces en diversos campos. En el caso de este estudio, se aplicaron las teorías establecidas en el método PCI y de las características del flujo del tránsito en términos de velocidad media temporal y la velocidad media espacial a efectos de resolver el problema de investigación.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación de acuerdo con su alcance es descriptiva-relacional. En el nivel descriptivo según afirman Hernández, et al. (2014), el objetivo es identificar las características y características principales

de cada fenómeno analizado, y en el nivel relacional el propósito es establecer el nivel de afectación de una variable hacia la otra. En este caso, se describieron los daños y patologías del pavimento de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María y se relacionaron con la transitabilidad de los vehículos (en velocidad media temporal y velocidad media espacial).

3.1.3. DISEÑO

Según el autor Palella y Martins (2012), el estudio no experimental se define como aquel que se hace sin alterar deliberadamente ninguna variable, es decir que no se reemplaza deliberadamente, sino que se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y, en un tiempo determinado se analizan.

En este estudio se empleó el diseño no experimental. Se apreció la realidad del pavimento en su estado natural y también de las velocidades con que discurren los vehículos en la vía, sin intervenir ni manipular ninguna de estas variables

Esquema de Investigación

Patologías del Pavimento Rígido (O1)

↓

↔

↓

Transitabilidad (O2)

Donde:

O1 representa la medición relacionada a las patologías del pavimento rígido

O2 representa la medición de la transitabilidad

↔ representa la correlación entre ambas variables

En este caso, el objetivo es determinar si existe una relación significativa entre las patologías del pavimento rígido (variable 1) y la transitabilidad (variable 2). Para ello se miden ambas variables (sin manipularlas), y luego se calcula el coeficiente de correlación para establecer si hay una asociación entre ellas, y si es así, cuál es la dirección (positiva o negativa) y la fuerza de dicha relación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Palella y Martins (2012) indican que la población es el conjunto de unidades de las que se desea obtener información para elaborar conclusiones (p.83). De manera que, representa la totalidad del fenómeno en estudio, donde las entidades de la población comparten una característica común que se investiga y de la cual surgen los datos para el análisis. Para el presente estudio, la población estuvo conformada por todas cuadras de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.

3.2.2. MUESTRA

En lo referente a la muestra para el estudio, Palella y Martins (2012), se describe como una sección o subsección de la población que debe tener características reproducibles de manera precisa. De acuerdo con esta definición, las muestras se dividen en dos categorías principales: muestras no probabilísticas y muestras probabilísticas.

En este particular se utilizó el muestreo no probabilístico e intencional a conveniencia del criterio del investigador, quedando establecida por 5 cuadras de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María, por intención porque fueron escogidas las cuadras que representen con mayor intensidad las patologías que fueron materia del estudio.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la Observación estructurada. La Observación estructura o sistemática, se realiza utilizando los elementos técnicos adecuados, como fichas, cuadros, tablas, entre otros (Palella y Martins, 2012).

Para el estudio de las patologías del pavimento se utilizó el método PCI (Pavement Concrete Index) que ya tiene definido todo un procedimiento, y como instrumento para el recojo de datos se emplearon los formatos establecidos, para el estudio de las velocidades de los vehículos se utilizaron hojas de registro (ver tabla 1 del numeral 2.6).

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS (CUADROS Y/O GRÁFICOS)

Para procesar la información se utilizó como técnicas el estudio estadístico y el análisis de contenido descriptivo de la siguiente manera:

Se realizó una descripción de los datos a través de gráficos, tablas y cuadros donde se estableció como criterio de análisis la frecuencia de ocurrencia de las variables en estudio, en este caso las fallas del pavimento y las velocidades de los vehículos.

Se analizaron los valores en función a la puntuación y distribución de frecuencia para cada variable.

Para el análisis de la información se realizó el siguiente esquema metodológico:

1. Categorización analítica de los datos.

a. Se procesó la información a través de la base de datos para organizarla y proceder a la organización de la información.

2. Sistematización y tabulación de los datos.

a. Se tabuló la información utilizando tablas o cuadros de resumen de resultados, donde se determinan las convergencias y divergencias entre las variables de estudio.

Las tablas obtenidas se presentan en el apartado correspondiente a los Resultados.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Análisis de Datos

Para el análisis de datos de este estudio, se utilizó tanto la estadística descriptiva como la estadística inferencial.

Estadística Descriptiva

Ésta se considera fundamental para obtener una comprensión general de los datos, ya que permite describir las características de las variables y preparar los datos para la siguiente etapa de análisis inferencial (Brutti, 2021). Se calcularon la media, mediana y moda de las variables Patologías del Pavimento Rígido y Transitabilidad para describir sus valores centrales (Brutti, 2021). Además, se calcularon la varianza y desviación estándar de ambas variables para cuantificar su dispersión o variabilidad (Brutti, 2021). Además, se utilizaron gráficos como histogramas para visualizar el comportamiento de las variables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Estadística Inferencial

Previo a la aplicación de pruebas inferenciales, se pudo aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar si las variables seguían una distribución dentro de los criterios de normalidad.

La prueba de Shapiro-Wilk es adecuada para muestras pequeñas ($n < 50$) y permite evaluar el origen de los datos, es decir, si provienen de una población con distribución normal (QuestionPro, 2022). Esta

prueba fue fundamental para decidir qué tipo de pruebas inferenciales se aplicarían posteriormente (QuestionPro, 2022).

Considerando los resultados de la prueba de normalidad, se aplicarán las siguientes pruebas inferenciales (Fernández & Guitart, s.f.). La prueba de Shapiro-Wilk indicó que los datos tienen distribución normal. Por lo tanto, se aplicó como medida estadística para evaluar la potencia y la dirección de la relación lineal entre las dos variables, el Coeficiente de Pearson el cual permitió analizar la relación entre las Patologías del Pavimento Rígido y la Transitabilidad (Fernández & Guitart, s.f.).

Finalmente, para analizar los datos de este estudio combinó la estadística descriptiva y la estadística inferencial, siguiendo los lineamientos de la literatura científica, para obtener una comprensión integral de las variables y sus relaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El presente estudio se enfocó en analizar las patologías del pavimento rígido en la Avenida Amazonas, situada en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Este análisis se llevó a cabo con el objetivo de comprender la incidencia, severidad y densidad de estas patologías, así como su efecto en la transitabilidad de esta importante vía urbana.

La investigación se desarrolló mediante un meticuloso levantamiento de datos, aplicando como Método el PCI para evaluar el estado del pavimento, así como mediciones de la velocidad media espacial y velocidad media temporal de los vehículos que transitan por la Avenida Amazonas para la evaluación de la transitabilidad. Este enfoque multidimensional permitió obtener una visión integral de la situación del pavimento y su impacto en la circulación vehicular.

Para recopilar los datos necesarios, se seleccionaron cinco tramos específicos de la avenida Amazonas correspondientes a las cuadras 1, 3, 5, 7 y 9 que de acuerdo con una inspección preliminar presentan mayores patologías en su pavimento. En cada uno de estos tramos, se llevó a cabo la medición de diversas variables, las que corresponden al Índice de Condición del Pavimento y también la distancia recorrida por los vehículos, el tiempo empleado en dicho recorrido, así como las velocidades de punto y promedio alcanzadas a efectos del cálculo de la velocidad media espacial y velocidad media temporal de que alcanzan los vehículos en esta vía, lo cual nos permite conocer la transitabilidad, para así hacer el análisis de la relación entre la patologías del pavimento (en términos del PCI) y la transitabilidad de los vehículos en este pavimento (en términos de la velocidad media espacial y la velocidad media temporal de los vehículos)

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Se obtuvieron dos grupos de datos, el primero que corresponden a la variable Patologías del Pavimento Rígido y el segundo que corresponden a la

variable Transitabilidad, el primer grupo está referido a los objetivos específicos 1, 2 y 3 y el segundo grupo está referido al objetivo específico 4, en este sentido se presentarán los datos obtenidos en cada grupo luego ser procesados y asociados a los objetivos específicos correspondientes.

Grupo 1. Datos correspondientes a la variable 'Patologías del Pavimento Rígido

Como se indicó, la variable Patologías del Pavimento Rígido se evaluó con el método del PCI (Índice de Condición de Pavimento) a efectos de conocer las clases de patologías incidentes, la severidad y la densidad de estas patologías, para ello se realizó la evaluación del pavimento rígido de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María, siguiéndose el siguiente procedimiento;

Área de evaluación

De acuerdo con lo planteado en el proyecto de investigación, el área de evaluación comprende las 9 cuadras de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.

Número de Unidades para inspeccionar

Las cuadras analizadas tienen, en promedio, una longitud de 100 metros y un ancho de 9.20 metros, con pavimentos de concreto formados por losas de 5 metros de largo por 4.60 metros de ancho. En total, se obtienen $(9.2 \times 900) / (4.60 \times 5.00) = 360$ losas. De acuerdo con el PCI para vías con capas de rodadura de losas de concreto de cemento Pórtland y losas con una longitud menor a 7.60 m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de 20 ± 8 losas (Vásquez, 2002, pág. 3). Por lo tanto, el número total de unidades de evaluación en la sección (N) será el siguiente:

$$N = 360/20 = 18$$

Ahora bien, al tratarse de un estudio académico se va a tomar 20 losas de cada cuadra consideradas en el análisis, que son las cuadras 1,3,5,7 y 9 como se indica en el siguiente párrafo.

De acuerdo al muestreo indicado en el proyecto de investigación, en el que se indica que; el tipo de muestra que se utilizará será no probabilístico e intencional a conveniencia del criterio del investigador, quedando establecida por las 4 cuadras de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María, por intención porque serán escogidas de las 10 cuadras que tiene esta avenida las que representen con mayor intensidad las patologías que materia de nuestro estudio, en este sentido, el estudio se desarrolló en la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María, tomando como muestras las cuadras 1, 3, 5, 7 y 9 (en total se analizaron 5 cuadras, una más que indicaba el proyecto de tesis)

Las cuadras analizadas en promedio presentan una extensión de 100 metros y un ancho de 9.20 metros, con pavimentos de concreto con losas de 5 metros de longitud por 4.60 metros de ancho, conteniendo cada cuadra 20 losas de concreto en cada lado de la cuadra.

Área de la unidad de muestreo

Vías con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas (Vásquez, 2002, pág. 3). En nuestro caso se tienen losas de 5 metros de longitud (menor a 7.60 metros) en una cantidad de 20 por cada lado de la cuadra y por efectos académicos se estudiaron 20 losas de cada cuadra analizada.

Evaluación de la Condición

Establecidas las unidades y áreas de muestreo, seguidamente se evaluó la Condición del pavimento en sujeción al manual del PCI con el propósito de lograr un valor del PCI confiable. Esta evaluación de la condición incluyó los siguientes elementos:

a. Equipo

- Odómetro manual utilizado para medir las longitudes y áreas afectadas por los daños.

Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo

A continuación, se presentan los valores obtenidos en el campo y en el gabinete respecto a los índices PCI de las cuadras 1, 3, 5, 7 y 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María;

Tabla 5

Valores del PCI de la cuadra 1 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María

Cuadra	Tipo de deterioro	Severidad	N° de Losas	Densidad	Valor de Deducción	
Cuadra 1	2	M	1	5	10.0	
	3	M	12	60	62.0	
	8	B	1	5	4.0	
	8	M	1	5	7.0	
	8	A	1	5	15.0	
	9	A	3	15	25.0	
	10	M	1	5	2.0	
	11	M	5	25	5.0	
	14	A	2	10	30.0	
Moda	8	M		15	62.0	Max.

Tabla 6

Cálculo del PCI para la cuadra 1 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María

Nro.	Valores de Deducción									Total	q	VDC
	62	30	25	15	10	7	5	4	2			
1	62	30	25	15	4.5					136.50	5	68
2	62	30	25	15	2					134.00	4	80
3	62	30	25	2	2					121.00	3	82
4	62	30	2	2	2					98.00	2	66
5	62	2	2	2	2					70.00	1	67

n = 4.49

máximo = 82

PCI = 100 - VDC

máximo = 18

Calificación = Muy Malo

Tabla 7*Valores del PCI de la cuadra 3 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Cuadra	Tipo de deterioro	Severidad	N° de Losas	Densidad	Valor de Deducción
Cuadra 3	3	M	4	20	35.0
	11	A	1	5	5.0
	11	M	5	25	5.0
	14	A	1	5	20.0
	14	M	1	5	15.0
Moda	11,14	M		12	35.0 Max.

Tabla 8*Cálculo del PCI para la cuadra 3 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Nro.	Valores de Deducción					Total	q	VDC
	35	20	15	5	5			
1	35	20	15	5	5	80.00	5	47
2	35	20	15	5	2	77.00	4	45
3	35	20	15	2	2	74.00	3	47
4	35	20	2	2	2	61.00	2	43
5	35	2	2	2	2	43.00	1	42

n = 6.97

máximo= 47

PCI = 100 - VDC

máximo = 53

Calificación = Regular

Tabla 9*Valores del PCI de la cuadra 5 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Cuadra	Tipo de deterioro	Severidad	N° de Losas	Densidad	Valor de Deducción
Cuadra 5	3	M	6	30	45.0
	7	B	1	5	1.0
	7	M	1	5	3.0
	9	B	3	15	5.0
	9	M	4	20	12.0
	9	A	1	5	13.0
	11	B	1	5	5.0
	11	M	3	15	5.0
	14	B	1	5	10.0
	14	M	1	5	15.0
	14	A	3	15	20.0
	19	B	1	5	3.0
	19	M	1	5	4.0
	Moda	9,14	M		10

Tabla 10*Cálculo del PCI para la cuadra 5 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Nro.	Valores de Deducción										Total	q	VDC
	45	20	15	13	12	10	5	5	5	4			
1	45	20	15	13	12	10					115.00	6	66
2	45	20	15	13	12	2					107.00	5	60
3	45	20	15	13	2	2					97.00	4	58
4	45	20	15	2	2	2					86.00	3	56
5	45	20	2	2	2	2					73.00	2	58
6	45	2	2	2	2	2					55.00	1	54

n = 6.05

máximo = 66

PCI = 100 - VDC

máximo = 34

Calificación = Malo

Tabla 11*Valores del PCI de la cuadra 7 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Cuadra	Tipo de deterioro	Severidad	N° de Losas	Densidad	Valor de Deducción	
Cuadra 7	5	M	1	5	5.0	
	7	A	1	5	1.0	
	9	B	1	5	2.0	
	9	M	2	10	7.0	
	9	A	2	10	18.0	
	11	M	7	35	8.0	
	11	A	1	5	7.0	
	14	B	1	5	10.0	
	14	M	2	10	21.0	
	19	M	6	30	13.0	
Moda	9	M		12	21.0	Max.

Tabla 12*Cálculo del PCI para la cuadra 7 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Nro.	Valores de Deducción										Total	q	VDC
	21	18	13	10	8	7	7	5	2	1			
1	21	18	13	10	8	7	7	5	0.52		89.52	8	40
2	21	18	13	10	8	7	7	2	0.52		86.52	7	39
3	21	18	13	10	8	7	2	2	0.52		81.52	6	41
4	21	18	13	10	8	2	2	2	0.52		76.52	5	42
5	21	18	13	10	2	2	2	2	0.52		70.52	4	39
6	21	18	13	2	2	2	2	2	0.52		62.52	3	38
7	21	18	2	2	2	2	2	2	0.52		51.52	2	37
8	21	2	2	2	2	2	2	2	0.52		35.52	1	38

n = 8.26

máximo = 42

PCI = 100 - VDC

máximo = 58

Calificación = Bueno

Tabla 13*Valores del PCI de la cuadra 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Cuadra	Tipo de deterioro	Severidad	N° de Losas	Densidad	Valor de Deducción	
Cuadra 9	2	B	1	5	3.0	
	5	M	8	40	33.0	
	8	M	2	10	8.0	
	9	B	1	5	3.0	
	9	M	1	5	4.0	
	9	A	1	5	10.0	
	11	B	1	5	8.0	
	11	M	4	20	5.0	
	14	B	1	5	10.0	
	14	M	3	15	30.0	
	14	A	2	10	31.0	
Moda	9,14	M		11	33.0	Max.

Tabla 14*Cálculo del PCI para la cuadra 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María*

Nro.	Valores de Deducción									Total	q	VDC	
	33	31	30	10	10	8	8	5	4	3			
1	33	31	30	10	10	8	8	1.7			131.70	7	58
2	33	31	30	10	10	8	2	1.7			125.70	6	59
3	33	31	30	10	10	2	2	1.7			109.00	5	56
4	33	31	30	10	2	2	2	1.7			111.70	4	57
5	33	31	30	2	2	2	2	1.7			103.70	3	58
6	33	31	2	2	2	2	2	1.7			75.70	2	54
7	33	2	2	2	2	2	2	1.7			46.70	1	46

n = 7.34

máximo = 59

PCI = 100 - VDC

máximo = 41

Calificación = Regular

A continuación, se presenta el cuadro resumen de los valores obtenidos del PCI para las cuadras 1,3,5,7y 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María;

Tabla 15

Valores finales para el PCI en las cuadras 1,3,5,7 y 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María

Cuadra	Tipo de deterioro	Severidad	Densidad (%)	PCI	Calificación
1	8	M	15	18	Muy malo
3	11,14	M	12	53	Regular
5	9,14	M	10	34	Malo
7	9	M	12	58	Bueno
9	9,14	M	11	41	Regular
Moda	9,14	M	12	prom= 40.8	

Con los valores obtenidos hasta este punto se alcanzan los primeros 3 objetivos específicos del estudio, asociados a las 3 primeras preguntas específicas, como se muestra en la siguiente tabla;

Tabla 16

Resultados obtenidos en correspondencia con los problemas de investigación

Pregunta específica	Respuesta (objetivo específico)
<p>Problema específico N.º 1</p> <p>¿Qué clases de patologías son más incidentes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?</p>	<p>Las patologías más incidentes son (según el método PCI);</p> <ul style="list-style-type: none"> - El 9 (Parcheo Grande) - El 14 (Punzonamiento)
<p>Problema específico N.º 2</p> <p>¿Cuál es la severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?</p>	<p>La severidad de las patologías en general es Media (M)</p>
<p>Problema específico N.º 3</p> <p>¿Cuál es la densidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?</p>	<p>En promedio, la densidad de las patologías es del 12%</p>

Grupo 2. Datos correspondientes a la variable Transitabilidad

De acuerdo con los objetivos del estudio y a la operacionalización de las variables contenido en el proyecto de tesis donde Verde (2020) indica que la transitabilidad se caracteriza por la aptitud de la vía de permitir la circulación fluida en condiciones de seguridad y a una velocidad adecuada a su categoría de los vehículos y se puede operacionalizar en la velocidad media espacial y la velocidad media temporal, en este sentido se recopiló los datos para determinar la velocidad media espacial y la velocidad media temporal de los vehículos que circulan en la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María.

Unidades de Muestreo

En concordancia con la medición del PCI (indicadas anteriormente) se tomaron como unidades de muestreo las cuadras 1,3,5,7 y 9 de la avenida Amazonas, con el objetivo de correlacionar el PCI con la transitabilidad (en término de la velocidad media espacial y la velocidad media temporal de los vehículos) en cada una de estas cuadras, objetivo general del estudio.

Evaluación de la Transitabilidad

Definidas las unidades de muestreo (cuadras 1,3,5,7 y 9 de la avenida Amazonas) se hizo la medición en campo de todos los indicadores que se necesitan para el cálculo de la velocidad media espacial y la velocidad media temporal de los vehículos que por esta vía circulan, siendo estos valores calculados para cada cuadra en análisis, para ello se realizaron 15 recorridos (con diferentes vehículos) a los largo de las 5 cuadras analizadas (considerar que en la avenida Amazonas es de un solo sentido el tránsito, de sur a norte) y en cada recorrido se registraron los siguientes datos, Vehículo, Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio y con estos valores se procedieron a calcular la velocidad media espacial y la velocidad media temporal de cada cuadra analizada, la siguiente tabla muestra los valores recogidos en el campo, con la precisión de que estos valores fueron medidos con un aparato GPS que fue utilizado dentro del vehículo en cada recorrido;

Tabla 17

Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 1 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María

Cuadra	Vehículo	Distancia recorrida (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad instantánea (km/hr)	Velocidad promedio (km/hr)
Cuadra 1	1	167	29	27	21
	2	168	27	29	22
	3	100	18	25	21
	4	107	22	27	18
	5	95	18	26	20
	6	83	18	23	18
	7	89	18	29	19
	8	92	22	27	18
	9	94	16	28	21
	10	87	16	23	20
	11	90	16	26	22
	12	123	26	26	18
	13	73	15	23	19
	14	92	18	27	20
	15	111	21	24	19
	Promedio	105	20	26	20
	Máximo	168	29	29	22
	Mínimo	73	15	23	18

Tabla 18

Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 3 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María

Cuadra	Vehículo	Distancia recorrida (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad instantánea (km/hr)	Velocidad promedio (km/hr)
Cuadra 3	1	84	17	26	19
	2	101	14	33	28
	3	103	15	30	26
	4	106	16	28	24
	5	96	14	29	27
	6	117	16	29	26
	7	93	13	29	28
	8	79	11	29	28
	9	112	14	30	29
	10	106	13	31	29
	11	112	14	31	29
	12	108	13	30	18
	13	93	12	31	30

	14	94	23	28	27
	15	77	12	28	25
	Promedio	98.7	14.5	29.5	26.2
	Máximo	117	23	33	30
	Mínimo	77	11	26	18

Tabla 19

Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 5 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María

Cuadra	Vehículo	Distancia recorrida (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad instantánea (km/hr)	Velocidad promedio (km/hr)
Cuadra 5	1	93	14	29	26
	2	100	12	36	33
	3	103	13	31	28
	4	106	13	33	29
	5	96	13	30	29
	6	95	13	30	29
	7	99	13	33	30
	8	112	13	32	31
	9	107	14	30	30
	10	94	12	33	31
	11	103	11	34	34
	12	95	13	30	28
	13	52	17	29	27
	14	63	11	33	29
	15	91	14	31	25
	Promedio	93.9	13.1	31.6	29.3
	Máximo	112	17	36	34
	Mínimo	52	11	29	25

Tabla 20

Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 7 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María

Cuadra	Vehículo	Distancia recorrida (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad instantánea (km/hr)	Velocidad promedio (km/hr)
Cuadra 7	1	121	15	33	31
	2	97	10	38	35
	3	109	14	32	28
	4	113	13	31	29
	5	95	15	29	28
	6	89	13	30	23
	7	108	19	31	30
	8	117	14	33	23
	9	124	14	37	34
	10	95	14	31	26
	11	104	16	34	25
	12	89	14	33	28
	13	107	14	33	28
	14	98	16	31	26
	15	120	19	34	23
	Promedio	105.7	14.7	32.7	27.8
	Máximo	124	19	38	35
	Mínimo	89	10	29	23

Tabla 21

Valores de Distancia recorrida, Tiempo de recorrido, Velocidad instantánea y Velocidad promedio recogidas en el campo de la cuadra 9 de la avenida Amazonas en la ciudad de Tingo María

Cuadra	Vehículo	Distancia recorrida (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad instantánea (km/hr)	Velocidad promedio (km/hr)
Cuadra 9	1	86	13	27	24
	2	87	10	31	30
	3	95	22	33	31
	4	106	12	33	32
	5	99	12	32	30
	6	103	13	31	31
	7	115	15	32	30
	8	110	17	26	25
	9	96	13	34	29
	10	121	13	34	34
	11	86	11	32	28
	12	117	13	34	32
	13	113	13	34	34

14	90	16	28	25
15	122	15	33	31
Promedio	103.1	13.9	31.6	29.7
Máximo	122	22	34	34
Mínimo	86	10	26	24

Con estos valores se procedió a calcular la velocidad media espacial y la velocidad media temporal correspondiente a las cuadras 1,3,5,7 y 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María, obteniéndose los siguientes resultados;

Tabla 22

Valores de la velocidad media temporal y la velocidad media espacial que alcanzan los vehículos en las cuadras 1,3,5,7 y 9 de la avenida Amazonas de la ciudad de Tingo María

Cuadra	Velocidad media temporal (km/hr)	Velocidad media espacial (km/hr)
1	26.0	18.9
3	29.5	24.6
5	31.6	25.9
7	32.7	26.0
9	31.6	26.8
Promedio	30.3	24.4

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

El objetivo es examinar estadísticamente la asociación entre las patologías del pavimento, expresadas en términos del PCI, y su impacto en la transitabilidad de la Avenida Amazonas (expresada en la velocidad media espacial y la velocidad media temporal). En el análisis inferencial se consideran los siguientes valores de cada variable;

Tabla 23
Valores obtenidos de las variables en estudio

Unidad muestral	Variable 1;	Variable 2; Transitabilidad	
	Patologías del pavimento rígido	Indicador 1; Velocidad media espacial (km/hr)	Indicador 2; Velocidad media temporal (km/hr)
Cuadra 1	18	26.0	18.9
Cuadra 3	53	29.5	24.6
Cuadra 5	34	31.6	25.9
Cuadra 7	58	32.7	26.0
Cuadra 9	41	31.6	26.8

En el análisis se emplearon tanto técnicas de estadística descriptiva como inferencial, con el fin de profundizar en la comprensión de la relación entre la condición del pavimento y la velocidad y fluidez del tráfico vehicular.

Análisis descriptivo

Tabla 24
Valores estadísticos de las variables Velocidad media temporal, Velocidad medial espacial y PCI

		Statistics		
		Velocidad_MT	Velocidad_ME	PCI
N	Valid	5	5	5
	Missing	0	0	0
Mean		30.280	24.440	40.80
Median		31.600	25.900	41.00
Mode		31.6	18.9(a)	18(a)
Std. Deviation		2.6584	3.1958	15.897
Variance		7.067	10.213	252.700
Skewness		-1.333	-1.915	-0.546
Std. Error of Skewness		0.913	0.913	0.913
Kurtosis		1.418	3.786	-0.521
Std. Error of Kurtosis		2.000	2.000	2.000
Range		6.7	7.9	40

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

En resultados de estadísticos descriptivos, se observa que el valor medio de la Velocidad media temporal es de 30.3 km/hr, de la Velocidad media espacial es de 24.44 km/hr y del PCI es de 40.80%, además la desviación de los datos respecto de la Velocidad media temporal es de 2.6584, de la Velocidad media espacial es de 3.1958 y del PCI es de 15.897.

Figura 21

Histograma de los valores de la Velocidad media temporal

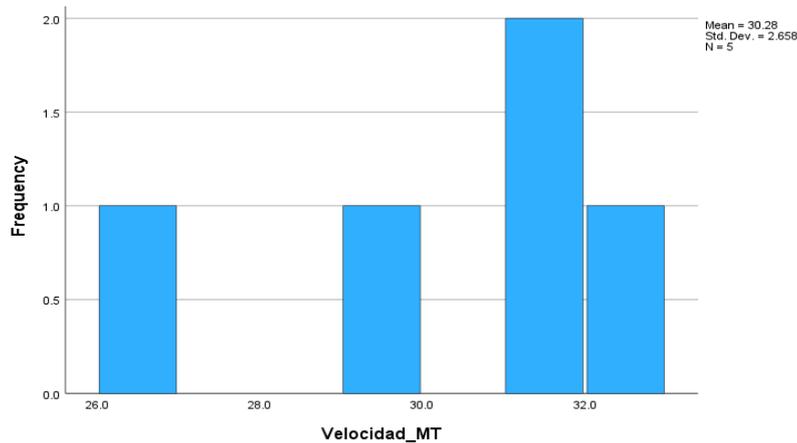


Figura 22

Histograma de los valores de la Velocidad media espacial

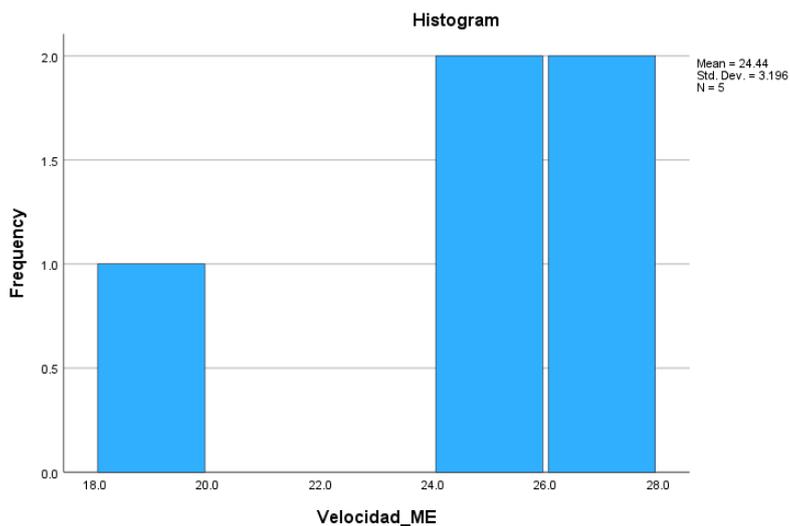
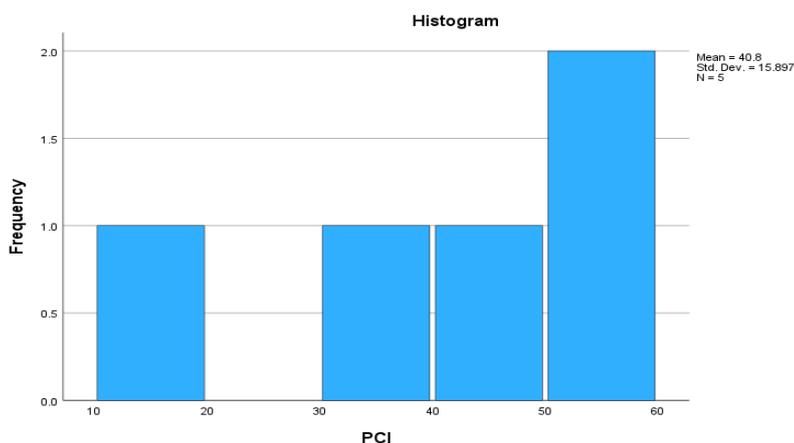


Figura 23
Histograma de los valores del PCI



Análisis inferencial

En el análisis inferencial se consideran los siguientes valores de cada variable analizada según los resultados obtenidos en la tabla 23.

- Prueba de Normalidad

Tabla 25 *Prueba de normalidad de las variables Velocidad media temporal, Velocidad media espacial y PCI*

	Test of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Velocidad_M T	0.290	5	0.196	0.870	5	0.268
Velocidad_M E	0.320	5	0.104	0.765	5	0.040
PCI	0.179	5	0.200*	0.961	5	0.817

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction.

4.2.1. VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL

Análisis: El valor de Shapiro-Wilk para la variable Velocidad media temporal es 0.268. Esto se compara con el nivel de significancia comúnmente usado ($\alpha = 0.05$) para determinar si la distribución de los datos se desvía de una distribución normal.

Interpretación de Resultados: Con un valor p de 0.268, que es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Esto indica que los datos de Velocidad media temporal se distribuyen normalmente, por lo que se puede utilizar la prueba de correlación de Pearson para analizar las relaciones con otras variables.

4.2.2. VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL

Análisis: El valor de Shapiro-Wilk para la variable Velocidad media espacial es 0.04. Este valor se compara con el nivel de significancia utilizado ($\alpha = 0.05$) para evaluar si la distribución de los datos difiere significativamente de una distribución normal.

Interpretación de Resultados: Con un valor p de 0.04, que es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Esto sugiere que los datos de Velocidad media espacial no son normalmente distribuidos, y, por lo tanto, se recomienda utilizar la prueba de correlación de Spearman, que no asume normalidad en los datos.

4.2.3. PCI

Análisis: El valor de Shapiro-Wilk para la variable "PCI" es 0.817. Este valor se evalúa frente al nivel de significancia estándar ($\alpha = 0.05$) para determinar si la distribución de los datos se ajusta a una distribución normal.

Interpretación de Resultados: Con un valor p de 0.817, que es considerablemente mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Esto indica que los datos de "PCI" se distribuyen normalmente, lo que permite el uso de la prueba de correlación de Pearson para explorar las relaciones con otras variables.

- **Prueba de muestras independientes**

Tabla 26

Correlación entre la Velocidad media temporal y el PCI

Correlations			
		Velocidad_MT	PCI
Velocidad_MT	Pearson Correlation	1	0.716
	Sig. (2-tailed)		0.174
	N	5	5
PCI	Pearson Correlation	0.716	1
	Sig. (2-tailed)	0.174	
	N	5	5

Análisis de resultados. El análisis de correlación señala un coeficiente de correlación de 0.716, donde el signo positivo denota relación directa entre las variables y el valor numérico denota la magnitud de la correlación entre las variables Velocidad media temporal y el PCI.

Interpretación de los Resultados. El coeficiente de correlación de Pearson entre la Velocidad media temporal y el PCI es 0.716. Este valor indica una correlación positiva fuerte entre las dos variables. Esto significa que, a medida que la Velocidad media temporal aumenta, el PCI también tiende a aumentar de manera significativa y viceversa. Este grado de correlación sugiere que existe una relación lineal sustancial entre ambas variables, lo que implica que la variación en una de ellas está considerablemente asociada con la variación en la otra. Dado que el valor de 0.716 se aproxima a 1, pero no es exactamente 1, la relación no es perfecta, pero sigue siendo lo suficientemente fuerte como para ser relevante en contextos académicos y prácticos.

Tabla 27
Correlación entre la Velocidad media espacial y el PCI

Correlations				
			Velocidad_ME	PCI
Spearman's rho	Velocidad_ME	Correlation Coefficient	1.000	0.667
		Sig. (2-tailed)	.	0.219
	N		5	5
	PCI	Correlation Coefficient	0.667	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.219	.
	N		5	5

Análisis de resultados. El análisis de correlación muestra un coeficiente de 0.667, donde el signo positivo indica una relación directa entre las variables. El valor numérico del coeficiente refleja la magnitud de la correlación entre la Velocidad media espacial y el PCI, sugiriendo una asociación fuerte entre estas variables.

Interpretación de los Resultados. El coeficiente de correlación de Spearman entre la Velocidad media espacial y el PCI es 0.0,667. Este valor indica una correlación positiva fuerte entre las dos variables. Esto significa que, a medida que la Velocidad media espacial aumenta, el PCI también tiende a aumentar significativamente y viceversa. Este grado de correlación sugiere una relación lineal sustancial entre ambas variables, implicando que la variación en una está considerablemente asociada con la variación en la otra. Aunque el valor de 0.667 no representa una relación perfecta, es lo suficientemente fuerte como para ser relevante tanto en contextos académicos como prácticos.

Tabla 28
Resumen de las correlaciones

Variabes	Correlación de Pearson	Interpretación
<i>Velocidad media temporal – PCI</i>	0.716	Correlación significativa
<i>Velocidad Media espacial - PCI</i>	0.667	Correlación significativa

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRINCIPALES EVIDENCIAS

Hipótesis específica N.º 1 y Resultado 1

Hipótesis: Las fisuras y grietas son las patologías más incidentes en el pavimento de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

Resultado: Las patologías más incidentes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas son el Bacheo grande y el Punzonamiento.

Discusión:

La hipótesis específica N.º 1 establece que las fisuras y grietas serían las patologías más comunes en el pavimento de la avenida Amazonas. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran que el Bacheo grande y el Punzonamiento son las patologías más incidentes. Esto sugiere que las condiciones del pavimento y los factores que causan deterioro en esta avenida podrían ser diferentes a lo anticipado. El Bacheo grande indica áreas de reparación que no han sido adecuadamente mantenidas, y el Punzonamiento sugiere una debilidad estructural en la base del pavimento, lo que podría ser causado por cargas pesadas repetidas y una subbase insuficiente. Es necesario investigar más para entender las causas específicas de estas patologías predominantes y ajustar las estrategias de mantenimiento y reparación en consecuencia.

Hipótesis específica N.º 2 y Resultado 2

Hipótesis: La severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023 es alta.

Resultado: La severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas es Media (M).

Discusión:

La hipótesis específica N.º 2 planteaba que las patologías en el pavimento tendrían una severidad alta. Los resultados obtenidos, sin embargo, indican una severidad media. Esto puede implicar que, aunque las patologías son visibles y afectan la transitabilidad, no han alcanzado un nivel crítico que requiera intervenciones inmediatas de gran magnitud. La severidad media sugiere que el pavimento aún tiene una vida útil razonable, pero necesita mantenimiento constante para prevenir un deterioro más grave. Este hallazgo es importante para planificar estrategias de mantenimiento que puedan abordar estas patologías antes de que se agraven.

Hipótesis específica N.º 3 y Resultado 3

Hipótesis: La densidad de las patologías del pavimento de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023 es del 40%.

Resultado: La densidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas es del 12%.

Discusión:

La hipótesis específica N.º 3 sugería una densidad de patologías del 40%, lo que indica una alta frecuencia de fallas en el pavimento. Sin embargo, los resultados muestran una densidad significativamente menor, del 12%. Esta diferencia puede reflejar una mejor condición general del pavimento de lo anticipado o una distribución más localizada de las patologías. Una densidad del 12% todavía requiere atención, pero no implica un estado crítico. Este resultado puede indicar que las áreas problemáticas están más concentradas en ciertas zonas, permitiendo una reparación más focalizada y efectiva.

Hipótesis específica N.º 4 y Resultado 4

Hipótesis: El PCI es menor que 45 y afecta significativamente la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

Resultado: El Índice de Condición del pavimento PCI es en promedio de 40.8 % (Regular) y afecta significativamente la transitabilidad de la avenida Amazonas.

Discusión:

La hipótesis específica N.º 4 planteaba que el PCI sería menor que 45, indicando una condición del pavimento deficiente que afecta la transitabilidad. Los resultados confirman esta hipótesis, con un PCI promedio de 40.8, clasificando el pavimento como de condición "Regular". Este PCI relativamente bajo sugiere que el pavimento necesita mejoras y mantenimiento para evitar un deterioro adicional que podría llevar a condiciones de tránsito más peligrosas y costosas de reparar. La significativa afectación a la transitabilidad subraya la necesidad urgente de intervenciones para mejorar la calidad del pavimento y, por ende, la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía.

5.2. CONTRASTE CON OTROS ESTUDIOS

Al contrastar los resultados hallados con los de Monsalve et al. (2022), es evidente que existe un consenso en cuanto al deterioro del pavimento rígido y las causas subyacentes de este deterioro. Ambos estudios resaltan la importancia de abordar las deficiencias en el diseño y la construcción de las carreteras para prevenir el deterioro prematuro y garantizar su durabilidad a largo plazo. Nuestra investigación complementa los hallazgos de Monsalve et al. al proporcionar datos cuantitativos específicos sobre el estado del pavimento en una ubicación particular. Esto puede ayudar a contextualizar y respaldar las conclusiones cualitativas obtenidas en su estudio. Además, al enfocarnos en un área geográfica específica, podemos ofrecer recomendaciones más concretas y acciones de mejora dirigidas a las autoridades locales responsables del mantenimiento de la vía.

Los resultados de Parga et al (2021) y los nuestros destacan la magnitud del problema del deterioro del pavimento rígido en diferentes áreas urbanas. Tanto en Tingo María como en Ibagué, se evidencia la necesidad urgente de implementar medidas de mantenimiento y rehabilitación para mejorar la

seguridad y la funcionalidad de las vías. La identificación de áreas que requieren una intervención inmediata, así como la recomendación de establecer planes de gestión de mantenimiento, son aspectos comunes en ambos estudios. Esto subraya la importancia de una gestión proactiva del mantenimiento vial con la intención de impedir un deterioro adicional y asegurar la seguridad de los usuarios de la carretera. En conjunto, estos estudios ofrecen una visión integral de los desafíos relacionados con el mantenimiento del pavimento rígido en diferentes contextos urbanos, lo que puede ayudar a informar políticas y decisiones para mejorar la infraestructura vial y garantizar la movilidad segura de la población.

Badillo et al (2020) y nuestro estudio resaltan la importancia del mantenimiento preventivo y considera las obras de drenaje en la preservación del pavimento y en la mejora de las condiciones viales. Además, identifican áreas que requieren una intervención inmediata para que se garantice la seguridad de los usuarios de la vía y prolongar la vida útil del pavimento. La colaboración entre estudios como el nuestro y el de Badillo et al. podría enriquecer la comprensión de los desafíos relacionados con el mantenimiento del pavimento rígido en Ibagué y en otras áreas urbanas. Esto podría conducir a la implementación de estrategias más efectivas para el cuidado y conservación de la infraestructura vial y mejorar la calidad de vida de los residentes locales.

Al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Yap y Sandoval (2020), se pueden identificar varias similitudes y diferencias que proporcionan una visión más completa sobre el estado del pavimento rígido y las necesidades de mantenimiento en diferentes contextos. A pesar de las diferencias en los resultados obtenidos, ambos estudios contribuyen al entendimiento del estado del pavimento rígido y las implicaciones para la transitabilidad de las vías. Mientras que nuestro estudio identificó patologías específicas que requieren atención urgente, los hallazgos de Yap y Sandoval (2020) sugieren que la vía estudiada tiene un nivel de deterioro que no afecta significativamente la transitabilidad. Esta discrepancia resalta la importancia de considerar múltiples perspectivas y enfoques metodológicos al evaluar el

estado del pavimento y planificar medidas de mantenimiento. Además, enfatiza la necesidad de realizar evaluaciones periódicas y detalladas del pavimento para garantizar la seguridad y la funcionalidad de las vías en el tiempo.

Entre nuestros resultados con los obtenidos por López y García (2020), se pueden identificar algunas similitudes y diferencias que ofrecen una perspectiva adicional sobre el estado del pavimento rígido y las patologías del concreto hidráulico en diferentes contextos urbanos. Aunque ambos estudios concluyen que la condición del pavimento es buena o muy buena, es importante tener en cuenta las diferencias en el enfoque metodológico y el contexto geográfico. Mientras que nuestro estudio se basa en una evaluación cuantitativa detallada del estado del pavimento en un área específica, el estudio de López y García (2020) se centra en una evaluación descriptiva más generalizada. Estas diferencias destacan la importancia de considerar múltiples enfoques y fuentes de información al evaluar el estado del pavimento y las necesidades de mantenimiento. Además, resaltan la necesidad de realizar evaluaciones periódicas y detalladas del pavimento para garantizar la seguridad y la funcionalidad de las vías en el tiempo, independientemente de la evaluación inicial que pueda indicar una condición positiva.

La comparación entre nuestros resultados y los de Espinoza y Miranda (2020) resalta la diversidad de desafíos asociados con el mantenimiento del pavimento rígido en diferentes ubicaciones geográficas. Aunque ambos estudios identifican patologías y utilizan el Índice de Condición para evaluar el estado del pavimento, las características específicas de las patologías y las necesidades de mantenimiento pueden variar según el entorno y las condiciones locales. Estas diferencias subrayan la importancia de considerar el contexto geográfico y las características específicas de cada ubicación al planificar y llevar a cabo medidas de mantenimiento vial. Además, resaltan la necesidad de realizar evaluaciones periódicas y detalladas del pavimento para garantizar la seguridad y la funcionalidad de las vías en el tiempo, independientemente de la evaluación inicial que pueda indicar un estado de condición positivo.

Asimismo, la comparación entre nuestros resultados y los de Palomino (2021) destaca la importancia de considerar las características específicas de cada ubicación al evaluar el estado del pavimento y planificar medidas de mantenimiento. Aunque ambos estudios identifican patologías comunes y utilizan el PCI como herramienta de evaluación, las diferencias en las características de las patologías y las condiciones del pavimento pueden influir en las estrategias de mantenimiento necesarias. Estas diferencias subrayan la necesidad de realizar evaluaciones periódicas y detalladas del pavimento en diferentes ubicaciones para garantizar la seguridad y la funcionalidad de las vías en el tiempo. Además, resaltan la importancia de adaptar las estrategias de mantenimiento a las condiciones específicas de cada área, priorizando las acciones necesarias para prevenir complicaciones y patologías de mayor magnitud en el futuro.

Por otro lado, la comparación entre nuestros resultados y los de Alvarado (2021) resalta la importancia de utilizar herramientas objetivas como el Método PCI para evaluar el estado del pavimento y planificar medidas de mejora. Aunque ambos estudios identifican patologías similares, las diferencias en el nivel de deterioro y la distribución de las patologías pueden influir en las estrategias de mantenimiento necesarias. Estas diferencias subrayan la necesidad de adaptar las estrategias de mejora del pavimento a las condiciones específicas de cada área, priorizando las acciones necesarias para abordar las patologías identificadas y garantizar la seguridad y la funcionalidad de las vías en el tiempo. Además, resaltan la importancia de realizar evaluaciones periódicas y detalladas del pavimento para monitorear su estado y prevenir complicaciones y deterioros mayores en el futuro.

Finalmente, al comparar entre nuestros resultados y los de Nieto y Ricaldi (2021) subraya la importancia de evaluar y abordar el estado del pavimento rígido de manera integral y continua. Aunque ambos estudios coinciden en la necesidad de realizar mantenimiento rutinario y preventivo, las diferencias en las cifras específicas y las recomendaciones ofrecidas resaltan la importancia de adaptar las estrategias de mantenimiento a las condiciones y necesidades específicas de cada ubicación. Esto significa la importancia de considerar las recomendaciones específicas de expertos y profesionales

locales al diseñar e implementar planes de mantenimiento vial. Al hacerlo, se pueden maximizar los recursos disponibles y garantizar un enfoque eficaz y sostenible para la gestión de la infraestructura vial en la comunidad.

5.3. FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Fortalezas

Metodología Rigurosa. Si el estudio se llevó a cabo siguiendo una metodología rigurosa y estandarizada para la evaluación del pavimento, esto garantiza la fiabilidad y la validez de los resultados obtenidos.

Amplia Cobertura: El estudio abarcó una amplia extensión de la avenida Amazonas y evaluó diferentes secciones del pavimento, esto proporciona una visión más completa y representativa del estado general de la vía.

Datos Cuantitativos. La utilización de datos cuantitativos, como el PCI y la densidad de las patologías, proporciona una base sólida y objetiva para la evaluación del pavimento, facilitando la toma de decisiones informadas sobre las medidas de mantenimiento y rehabilitación necesarias.

Relevancia Local. El estudio se enfocó en una ubicación específica, como la avenida Amazonas en Tingo María, esto aumenta su relevancia para las autoridades locales y los residentes, lo que podría motivar una acción más rápida y efectiva para abordar los problemas identificados.

Limitaciones

Factores Externos. Los factores externos, como las condiciones climáticas y el tráfico, pueden haber influido en los resultados del estudio, pese a que estos fueron controlados adecuadamente durante la recolección de datos.

Falta de Datos Históricos. La falta de datos históricos sobre el estado del pavimento dificulta la evaluación de la tendencia del deterioro a lo largo del tiempo y la identificación de las causas subyacentes de los problemas.

CONCLUSIONES

En este capítulo, se presentan las conclusiones derivadas de la investigación, las cuales están estrechamente vinculadas con los objetivos planteados al inicio del estudio. La investigación ha buscado analizar y comprender la relación entre diversas variables, específicamente la Transitabilidad, expresada en la Velocidad media temporal, la Velocidad media espacial con el Índice de Condición del Pavimento (PCI), mediante la aplicación de pruebas estadísticas adecuadas. A continuación, se presentan las principales conclusiones a las que se llegaron;

Conclusión 1.

Las patologías son más incidentes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco son el Bacheo grande y el Punzonamiento.

Conclusión 2.

La severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco es Media (M).

Conclusión 3.

La densidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco es del 12%.

Conclusión 4.

El Índice de Condición del pavimento PCI es en promedio de 40.8 % (Regular) y afecta significativamente la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

RECOMENDACIONES

Basándonos en los resultados obtenidos de nuestro estudio sobre las patologías del pavimento rígido en la Avenida Amazonas en Tingo María, y considerando las conclusiones presentadas, aquí hay algunas recomendaciones que podríamos sugerir:

Implementar un programa de mantenimiento rutinario: Dada la incidencia de patologías como bacheo grande, punzonamiento y otros, se recomienda establecer un programa de mantenimiento rutinario que incluya inspecciones regulares para identificar y abordar rápidamente los problemas emergentes en el pavimento. Esto ayudaría a prevenir la progresión de las patologías y a mantener la seguridad vial.

Priorizar el tratamiento de áreas críticas: Las patologías identificadas como las más recurrentes y severas, como el bacheo grande y el punzonamiento, deben recibir atención prioritaria en el plan de mantenimiento. Esto podría incluir la reparación inmediata de estas áreas críticas que disminuyan su deterioro y garanticen la transitabilidad adecuada de la vía.

Realizar un estudio detallado de las condiciones de drenaje: Dado que las patologías del pavimento pueden estar relacionadas con problemas de drenaje, se recomienda realizar un estudio detallado de las condiciones de drenaje en la Avenida Amazonas. Esto ayudaría a identificar áreas con problemas de acumulación de agua y a implementar soluciones adecuadas para mejorar el drenaje y prevenir futuros daños en el pavimento.

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo a largo plazo: Además del mantenimiento rutinario, se sugiere planificar estrategias de mantenimiento preventivo a largo plazo que incluya medidas proactivas para preservar la integridad del pavimento. Esto podría involucrar actividades como sellado de grietas, relleno de baches menores y aplicaciones de selladores de superficie que prolonguen la vida útil del pavimento y reduzcan los gastos de reparación a largo plazo.

Implicar en las acciones preventivas a las autoridades locales y la comunidad: para la planificación y ejecución de medidas de mantenimiento vial es importante la presencia de las autoridades locales y a la comunidad a fin de aportar acciones que beneficien. Esto podría incluir la sensibilización sobre la importancia del mantenimiento del pavimento y ser partícipes en el diagnóstico de caracterización de áreas problemáticas e implementación de soluciones.

La integración de enfoques mixtos en futuras investigaciones permite proporcionar una comprensión más completa de los desafíos y las soluciones relacionadas con el mantenimiento de la infraestructura vial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Estacio, E. R. (2021). *Evaluación y mejoramiento del pavimento rígido por el método PCI en calle Malecón Daniel Alomía Robles-Huánuco–2021*. [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional <https://hdl.handle.net/20.500.12692/77629>
- Badillo Angarita, Y., Carvajal Vargas, Y. E., & Montoya Gómez, G. A. (2020). Diagnóstico patológico del pavimento rígido comprendido entre el k1+ 440 hasta k1+ 920 en la avenida ferrocarril de la Ciudad de Ibagué-Tolima. [Tesis de Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Ibagué] Repositorio Institucional: <https://repository.ucc.edu.co/items/8cc58f79-9ec0-4186-9872-9f6a823e0e05#:~:text=http%3A//hdl.handle.net/20.500.12494/20312>
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú, 26-32. <https://www.academia.edu/33692697>
- Bull, A. (2003). *Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo*. CEPAL.
- Cal, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*. Alpha Editorial.
- Castro Arballo, D. J. (2012). *Propuesta de gestión de pavimentos para la ciudad de Piura*. [Tesis de Pregrado, Universidad De Piura] Repositorio Institucional: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1336/ICI_095.pdf
- Espinoza Sánchez, W. A., y Miranda Salas, H. G. (2020). *Evaluación de las patologías del pavimento rígido en la Av. 31 de Mayo-Catac-Recuay-Ancash–2019*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo] Repositorio institucional: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52673>
- Flórez, A. (2012, marzo 04) *Vehículos en Lima se mueven a una velocidad*

promedio de 14 kilómetros por hora. ANDINA Noticias.
<https://andina.pe/agencia/noticia-vehiculos-lima-se-mueven-a-una-velocidad-promedio-14-kilometros-hora-402647.aspx>

Godoy, A y Ramírez, R. (2006) *Patología De Pavimentos Rígidos de la Ciudad De Asunción*. [Artículo Científico, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, Chile]

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.

Higuera S, C; Pacheco M, O (2010) Patología De Pavimentos Articulados. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 9, No. 17, pp. 75-94 - ISSN 1692-3324 - julio-diciembre de 2010/228 p. Medellín, Colombia.

Instituto Nacional de Estadística e Información [INEI] (2017) *Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017*. www.inei.gob.pe

López Macedo, D. A., y García Arirama, C. D. (2020). Incidencia de las patologías del concreto hidráulico en el pavimento rígido tramo Plaza de Armas-Jirón Leguía y Jirón San Martín en el distrito de Tarapoto.[Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial] Repositorio Institucional:
<https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4019#:~:text=URI%3A>

Menéndez, J. (2012). *Ingeniería de pavimentos materiales, diseño y conservación*. 3ra Edición. Lima, Perú: ICG.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2015). *Manual De Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: Servicios Gráficos Squadrito EIRL. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (mtc.gob.pe)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2008) “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial” RD-18-2013-MTC-14.pdf (minjus.gob.pe)

- Miranda Rebolledo, R. J. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. [Tesis de Pregrado, Universidad Austral de Chile] Repositorio Institucional:
https://www.academia.edu/download/38405574/deterioros_en_pavimentos.pdf
- Monsalve T, K; Rodríguez V, A; Torrado B, F.; Vergara C. J (2022). Patologías de la estructura vial del pavimento rígido. Universidad Francisco de Paula Santander. *Revista Formación Estratégica*.
<https://www.formacionestrategica.com/index.php/foes/article/download/75/47>
- Nieto Mancilla, K. S., & Ricaldi Arias, D. E. (2021). *Análisis de las patologías del pavimento rígido en la avenida la cultura del AH columna Pasco, distrito Yanacancha-Pasco–2021*. [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo] Repositorio Institucional:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/65154>
- Parella S, & Martins P, F. (2012) *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3ra Edición.
- Palomino Espiñal, R. P. (2021). Evaluación de las patologías del pavimento rígido y su incidencia en la condición operacional de la superficie de rodadura del jirón José Carlos Mariátegui, Distrito de San Juan Bautista-Huamanga Ayacucho-2021. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Trujillo] Repositorio Institucional:
<http://repositorio.uct.edu.pe/handle/123456789/1748>
- Parga Benavides, J. M., Rique Porras, R., & Torres Ortega, C. D. (2021). Evaluación del estado del pavimento rígido en el segmento de vía de la carrera 2a entre calles 23 y 28 de la ciudad de Ibagué Tolima. [Tesis de Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Ibagué]
<http://hdl.handle.net/20.500.12494/33553>
- Perú 21. Agencia de Noticias. (2020, enero 29) *Pobladores de Tingo María temen tragedia como en Villa El Salvador por gigantescos baches en carreteras*. <https://peru21.pe/peru/pobladores-de-tingo-maria-temen->

tragedia-como-en-villa-el-salvador-por-gigantescos-baches-en-carreteras-noticia/

Picoy Alvarado, S. (2021) *Análisis del flujo vehicular y el nivel de servicio en el jirón Dos de Mayo aledaño al centro de la Ciudad de Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco-Perú] Repositorio institucional: <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6570>

Solano Cahuaya, L. D; Zapata Chávez, R. S.; Mogollón Rivera, J. E.; Zevillanos Begazo, F. J., y Espinoza Nieto, L. F. (2021) *Análisis comparativo del diseño de espesor de la capa de rodadura de pavimentos rígidos según las metodologías AASHTO 93 y PCA 84*. [Tesis de Bachiller en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería] Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20303>

Vásquez, L. (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. *INGEPAV, February*.

Verde, C. (2020). *Mantenimiento del servicio de transitabilidad y eficiencia vial reduciendo los tiempos de viajes*. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Yap Flores, A. K., y Sandoval Marichi, J. J. (2020). *Nivel de incidencia de las patologías del concreto hidráulico de los pavimentos rígidos en la transitabilidad de las vías de la ciudad de Picota, distrito de Picota, provincia de Picota, región San Martín, 2018*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial]. Repositorio institucional: <http://hdl.handle.net/11458/3893>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Benzaquen Silva, S. (2024). *Patologías del pavimento rígido en términos del PCI y su efecto en la transitabilidad de la avenida amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1725-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 09 de agosto de 2023

Visto, el Oficio N° 237-2023-C-PAIC.FLP-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN TÉRMINOS DEL PCI Y SU EFECTO EN LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA AMAZONAS, CIUDAD DE TINGO MARÍA, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2023", presentado por el (la) Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA.

CONSIDERANDO:

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

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

Que, mediante Resolución N° 2329-2022-D-FI-UDH, de fecha 22 de noviembre de 2022, perteneciente al Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Alexander Diestra Rodríguez, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado, de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 237-2023-C-PAIC.FLP-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN TÉRMINOS DEL PCI Y SU EFECTO EN LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA AMAZONAS, CIUDAD DE TINGO MARÍA, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2023", presentado por el (la) Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA, integrado por los siguientes docentes: Mg. Joseph Celis Guerra (Presidente), Mg. Jose Antonio Bustillos Cotrado (Secretario) y Mg. Jose Antonio Cardenas Vega (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN TÉRMINOS DEL PCI Y SU EFECTO EN LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA AMAZONAS, CIUDAD DE TINGO MARÍA, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2023", presentado por el (la) Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado, de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Dirección:
Fac. de Ingeniería - PAIC - Avemar - Bp. Guadalupe - Huánuco - Perú.
RUC/VPM/146.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2329-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 22 de noviembre de 2022

Visto, el Oficio N° 214-2022-C-PAIC-FI-FLP-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado y el Expediente N° 377569-0000008306, del Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA, quién solicita cambio de Asesor de Tesis,

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente N° 377569-0000008306, presentado por el (la) Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 615-2021-D-FI-UDH, de fecha 11 de junio de 2021, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA al Mg. Marco Antonio Dueñas Tuesta; el mismo quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 615-2021-D-FI-UDH, de fecha 11 de junio de 2021.

Artículo Segundo. - DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. Sergio Enrique BENZAQUEN SILVA al Mg. Alexander Diestra Rodríguez, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado, Facultad de Ingeniería.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Efraín Manuel Martínez Torres
SECRETARÍA GENERAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bartha Campos Ríos
DECANATO FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:
Fico de Ingeniería – PAIC/FI – Asesor – Wany Espalard – Inmestrado – Archivo
BCK/EM./vra

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACIÓN DEL NIVEL DE INCIDENCIA DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA AMAZONAS, CIUDAD DE TINGO MARÍA, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2023”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo afectan las patologías del pavimento rígido en términos del PCI a la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar cómo afectan las patologías del pavimento rígido en términos del PCI a la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Las patologías del pavimento rígido en términos del PCI afectan significativamente la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.</p>	<p>Enfoque:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Tipo:</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel:</p> <p>Descriptiva-Relacional</p>
<p>Problema específico N.º 1</p> <p>¿Qué clases de patologías son más incidentes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?</p>	<p>Objetivo específico N.º 1</p> <p>Identificar qué clases de patologías son más incidentes en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.</p>	<p>Hipótesis específica N.º 1</p> <p>Las fisuras y grietas son las patologías más incidentes en el pavimento de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.</p>	<p>Diseño:</p> <p>No experimental, transversal</p> <p>Muestra:</p> <p>No probabilística por intención</p>
<p>Problema específico N.º 2</p> <p>¿Cuál es la severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo</p>	<p>Objetivo específico N.º 2</p> <p>Determinar cuál es la severidad de las patologías en el pavimento rígido de la</p>	<p>Hipótesis específica N.º 2</p> <p>La severidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María,</p>	<p>Prueba estadística:</p> <p>Estadística descriptiva y Estadística inferencial con la correlación de Pearson</p>

María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

Problema específico N.º 3

¿Cuál es la densidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

Problema específico N.º 4

¿De cuánto es el PCI y cómo afecta la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023?

avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

Objetivo específico N.º 3

Calcular la densidad de las patologías en el pavimento rígido de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

Objetivo específico N.º 4

Estimar el PCI y cómo afecta la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023 es alta.

Hipótesis específica N.º 3

La densidad de las patologías del pavimento de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023 es del 40%.

Problema específica N.º 4

El PCI es menor que 45 y afecta significativamente la transitabilidad de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2023.

ANEXO 4

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



INSTRUMENTO PARA RECOPIACIÓN DE DATOS DE CAMPO DE LAS VARIABLES VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL Y VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL

TESIS: “PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN TÉRMINOS DEL PCI Y SU EFECTO EN LA
TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA AMAZONAS, CIUDAD DE TINGO MARÍA, DISTRITO DE RUPA-
RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2023”

Fecha: _____

Calle: _____

Cuadra: _____

Clima: _____

Vehículo	Distancia recorrida (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad instantánea (km/hr)	Velocidad promedio (km/hr)	Observación
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

ANEXO 5

INSTRUMENTO PARA RECOPIACIÓN DE DATOS DE CAMPO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO

TESIS: "PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN TÉRMINOS DEL PCI Y SU EFECTO EN LA TRANSITABILIDAD DE LA AVENIDA AMAZONAS, CIUDAD DE TINGO MARÍA, DISTRITO DE RUPA-RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2023"

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI																																																							
LUGAR:						CUADRA																																																	
FECHA:						UNIDAD DE MUESTREO																																																	
REALIZADO POR						ÁREA DE LA UNIDAD:																																																	
TIPOS DE FALLAS								LOCALIZACIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>No.</th><th>Daño</th><th>No.</th><th>Daño</th><th>No.</th><th>Daño</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>21</td><td>Blow up / Buckling.</td><td>27</td><td>Desnivel Carril / Berma.</td><td>34</td><td>Punzonamiento.</td></tr> <tr><td>22</td><td>Grieta de esquina.</td><td>28</td><td>Grieta lineal.</td><td>35</td><td>Cruce de vía férrea</td></tr> <tr><td>23</td><td>Losa dividida.</td><td>29</td><td>Parqueo (grande).</td><td>36</td><td>Desconchamiento</td></tr> <tr><td>24</td><td>Grieta de durabilidad "D".</td><td>30</td><td>Parqueo (pequeño)</td><td>37</td><td>Retracción</td></tr> <tr><td>25</td><td>Escala.</td><td>31</td><td>Fulimento de agregados</td><td>38</td><td>Descascaramiento de esquina</td></tr> <tr><td>26</td><td>Sello de junta.</td><td>32</td><td>Popouts</td><td>39</td><td>Descascaramiento de junta</td></tr> </tbody> </table>								No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño	21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.	22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea	23	Losa dividida.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento	24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción	25	Escala.	31	Fulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina	26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta	<div style="border: 1px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>					
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño																																																		
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.																																																		
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea																																																		
23	Losa dividida.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento																																																		
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción																																																		
25	Escala.	31	Fulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina																																																		
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta																																																		
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDADES DE MUESTRA				NÚMERO MAX. VD																																																	
BAJA	L																																																						
MEDIA	M																																																						
ALTA	H																																																						
		N° DE LOSAS:																																																					
Rango		Clasific.		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																			
100-85	Excelente																																																						
85-70	Muy Bueno	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad																																										
70-55	Bueno		L		L		L		L		L		L																																										
55-40	Regular		M		M		M		M		M		M																																										
40-25	Malo		H		H		H		H		H		H																																										

25-10	Muy malo												
0-0	Fallado												
TOTAL	BAJA												
	MEDIA												
	ALTA												

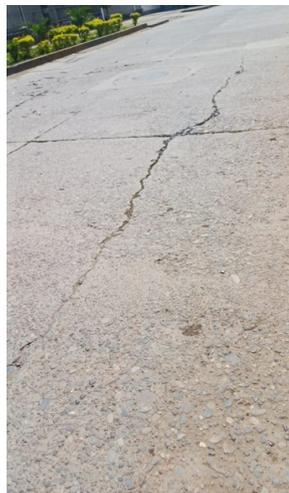
ANEXO 6
FOTOGRAFÍAS
IMÁGENES DE LA CUADRA 1 DE LA AVENIDA
AMAZONAS



Calle 1 de la avenida Amazona, ciudad de Tingo María



FALLA 03 Losa Dividida M (2 paños)



FALLA 03 Losa Dividida M (3 paños)



FALLA 03 Losa Dividida M (3 paños)



FALLA 03 Losa Dividida M (4 paños)



FALLA 08 Grietas Lineales A, FALLA 02, Grieta en esquina M



FALLA 08 Grietas Lineales A



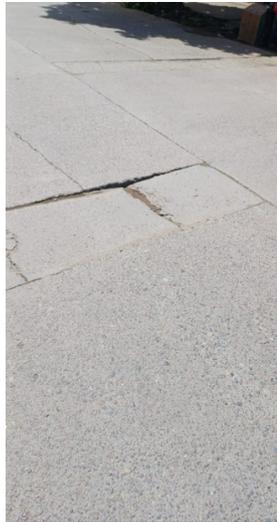
FALLA 08 Grietas Lineales B



FALLA 08 Grietas Lineales M, FALLA 11 Pulimiento de agregados M



FALLA 09 Parche Grande A (2 paños)



FALLA 09 Parche Grande A



FALLA 09 Parcheo Grande A



FALLA 09 Parcheo Grande M



FALLA 10 Parcheo Mediano M



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M (4 paños)



FALLA 14 Punzonamiento A



FALLA 14 Punzonamiento A

IMÁGENES DE LA CUADRA 3 DE LA AVENIDA AMAZONAS



Inicio de la cuadra 3 de la avenida Amazona, ciudad de Tingo María



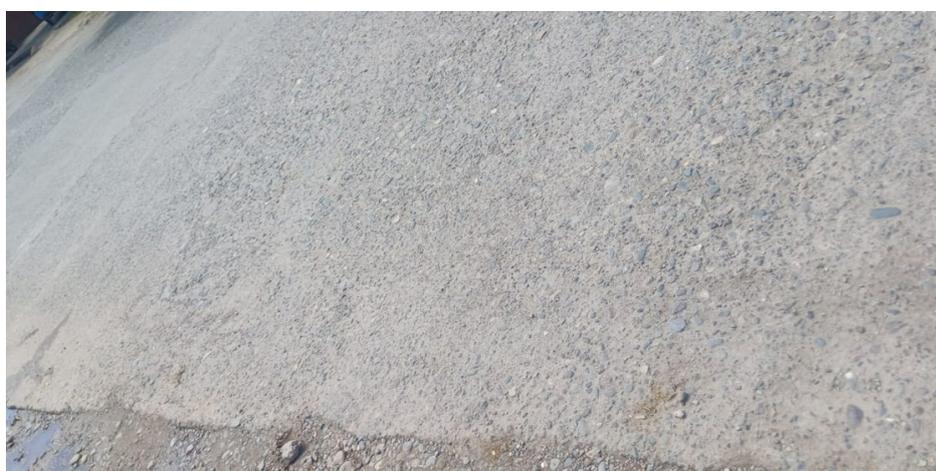
FALLA 03 Losa Dividida M



Losa Dividida M (2 paños), FALLA 11 Pülimiento de Agregados M (3 paños)



FALLA 03 Losa Divivida M, FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 11 Pulimiento de Agregados A



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M (4 paños)



FALLA 14 Punzonamiento A



FALLA 14 Punzonamiento M

IMÁGENES DE LA CUADRA 5 DE LA AVENIDA AMAZONAS



Inicio de la cuadra 5 de la avenida Amazona, ciudad de Tingo María



FALLA 03 Losa Dividida M (2 paños)



FALLA 03 Losa Dividida M (3 paños)



FALLA 03 Losa Dividida M



FALLA 07 Desnivel Carril-Berma B



FALLA 07 Desnivel Carril-Berma M



FALLA 09 Parqueo Grande A



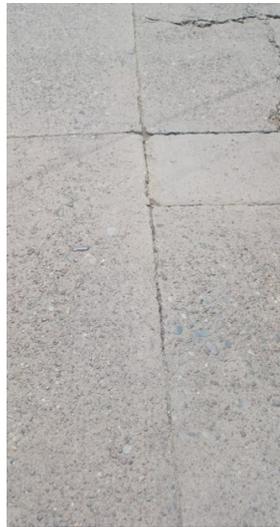
FALLA 09 Parqueo Grande B (2 paños)



FALLA 09 Parqueo Grande B



FALLA 09 Parcheo Grande M (2 paños)



FALLA 09 Parcheo Grande M, FALLA 14 Punzonamiento A



FALLA 09 Parcheo Grande M



FALLA 11 Pulimiento de Agregados B



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M (2 paños)



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M, FALLA 14 Punzonamiento M



FALLA 14 Punzonamiento A, FALLA 11 Pulimiento de agregados M



FALLA 14 Punzonamiento A



FALLA 14 Punzonamiento A



FALLA 14 Punzonamiento B



FALLA 14 Punzonamiento M



FALLA 19 Descascaramiento de Junta B



FALLA 19 Descascaramiento de Junta M

IMÁGENES DE LA CUADRA 7 DE LA AVENIDA AMAZONAS



Inicio de la cuadra 7 de la avenida Amazonas, ciudad de Tingo María



FALLA 05 Escala M



FALLA 07 Desnivel Carril-Berma A



FALLA 09 Parche Grande B



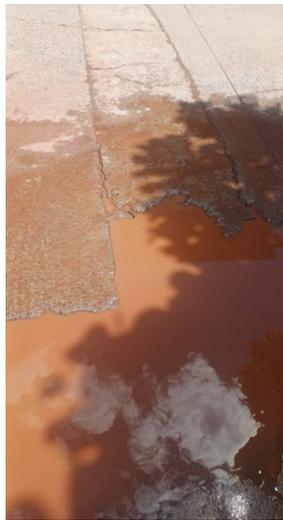
FALLA 09 Parcheo Grande M (2 paños)



FALLA 09 Parcheo Grande A



FALLA 09 Parcheo Grande A



FALLA 09 Parcheo Grande A



FALLA 11 Pulimiento de Agregados A



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M (4 paños)



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 14 Punzonamiento A, FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 14 Punzonamiento B



FALLA 14 Punzonamiento M



FALLA 14 Punzonamiento M



FALLA 19 Descascaramiento de junta M (4 paños)



FALLA 19 Descascaramiento de Junta M, FALLA 11 Pulimiento de agregados A



FALLA 19 Descascaramiento de Junta M

IMÁGENES DE LA CUADRA 9 DE LA AVENIDA AMAZONAS



FALLA 02 Grieta de Esquina B



FALLA 05 Escala M (3 paños), FALLA 11 Pulimiento de agregados M



Imagen 70. FALLA 05 Escala M (4 paños), FALLA 11 Pulimiento de
Agregados M (4 paños)



FALLA 05 Escala M



FALLA 08 Grietas Lineales M



FALLA 09 Parche Grande B, FALLA 08 Grietas Lineales M



FALLA 09 Parche Grande M, FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 09 Parcheo Grande A



FALLA 11 Pulimiento de Agregados B



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M (3 paños)



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 14 Punzonamiento A



FALLA 14 Punzonamiento A



FALLA 14 Punzonamiento B



FALLA 14 Punzonamiento M, FALLA 11 Pulimiento de Agregados M



FALLA 14 Punzonamiento M



FALLA 14 Punzonamiento M

IMÁGENES DEL TESISISTA EN LOS TRABAJOS DE CAMPO



