

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Evaluación de los elementos estructurales y su vulnerabilidad  
en el comportamiento del puente Rancho, departamento –  
Huánuco – 2024”**

---

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

**AUTORA: Ramos Ramos, Yamely Roselin**

**ASESOR: Martinez Fabian, Efrain Raul**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2025**

# U

## TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras

## AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

## CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

## DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

## DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74407740

## DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22486921

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-5177-380X

## DATOS DE LOS JURADOS:

| Nº | APELLIDOS Y NOMBRES                 | GRADO                                                                           | DNI      | Código ORCID        |
|----|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| 1  | Jacha Rojas, Johnny Prudencio       | Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible                                | 40895876 | 0000-0001-7920-1304 |
| 2  | Valdivieso Echevarria, Martin Cesar | Maestro en gestión pública                                                      | 22416570 | 0000-0002-0579-5135 |
| 3  | Trujillo Ariza, Yelen Lisseth       | Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental | 70502371 | 0000-0002-5650-3745 |

# D

# H

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:30 horas del día **viernes 14 de noviembre de 2025**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS       | PRESIDENTE |
| ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA | SECRETARIO |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA       | VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2236-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y SU VULNERABILIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DEL PUENTE RANCHO, DEPARTAMENTO- HUÁNUCO-2024",, presentado por el (la) Bachiller. Bach Yamely Roselin RAMOS RAMOS, 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 Mayoría con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 17:30 horas del día **14** del mes de **noviembre** del año **2025**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
DNI: 40895876  
ORCID: 0000-0001-7920-1304  
**PRESIDENTE**

  
MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA  
DNI: 22416570  
ORCID: 0000-0002-0579-5135  
**SECRETARIO (A)**

  
MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA  
DNI: 70502371  
ORCID: 0000-0002-5650-3745  
**VOCAL**



VICERRECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YAMELY ROSELIN RAMOS RAMOS , de la investigación titulada "EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y SU VULNERABILIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DEL PUENTE RANCHO, DEPARTAMENTO - HUÁNUCO - 2024", con asesor(a) EFRAIN RAUL MARTINEZ FABIAN, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1841-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % 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, 03 de septiembre de 2025



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



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

## 24. Ramos Ramos, Yamely Roselin.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe)

Fuente de Internet

7%

2

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

4%

3

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

Ante todo, agradecer a Dios el regalo de la vida, que me permite continuar mi educación y me brinda una familia maravillosa

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios por darme buena salud y conectarme con las personas adecuadas que me ayudaron a realizar este proyecto. A mis padres: les agradezco su apoyo incondicional y la fuerte moral que me han inculcado para convertirme en una persona digna y profesional. Para mi asesor, quien me guio en el desarrollo de este trabajo de investigación. Gracias a grandes mentores, tuve el privilegio de aprender de y para toda la institución sobre toda la información que recibía.

## ÍNDICE

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA .....                              | II   |
| AGRADECIMIENTOS.....                           | III  |
| ÍNDICE .....                                   | IV   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                          | VII  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                         | VIII |
| RESUMEN.....                                   | IX   |
| ABSTRACT .....                                 | X    |
| INTRODUCCIÓN.....                              | XI   |
| CAPÍTULO I.....                                | 12   |
| DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....                 | 12   |
| 1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....              | 12   |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....             | 13   |
| 1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....                  | 13   |
| 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....             | 13   |
| 1.3. OBJETIVOS .....                           | 13   |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....                  | 13   |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....             | 13   |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN .....                       | 14   |
| 1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....             | 14   |
| 1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....            | 14   |
| 1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....        | 14   |
| 1.5. LIMITACIONES .....                        | 15   |
| 1.6. VIABILIDAD.....                           | 15   |
| CAPÍTULO II.....                               | 16   |
| MARCO TEÓRICO .....                            | 16   |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....     | 16   |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....       | 16   |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....           | 17   |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....               | 19   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....                      | 20   |
| 2.2.1. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL EN PUENTES ..... | 20   |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2. SEGÚN SU NATURALEZA DE LOS DAÑOS O PATOLOGÍAS .....    | 23 |
| 2.2.3. SEGÚN SU NATURALEZA DE LAS PATOLOGÍAS .....            | 23 |
| 2.2.4. PATOLOGÍA ESTRUCTURAL .....                            | 24 |
| 2.2.5. TIPOS DE LESIONES DEL CONCRETO EN PUENTES .....        | 25 |
| 2.2.6. LESIONES MECÁNICAS .....                               | 25 |
| 2.2.7. OXIDACIÓN .....                                        | 25 |
| 2.2.8. SOBRECARGA .....                                       | 26 |
| 2.2.9. DEFLEXIÓN (PANDEO) .....                               | 26 |
| 2.2.10. CONTROL DE FISURACIÓN EN EL CONCRETO EN PUENTES ..... | 26 |
| 2.2.11. MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES .....                     | 26 |
| 2.2.12. ESTUDIO DE TRÁFICO .....                              | 26 |
| 2.2.13. INSPECCIÓN .....                                      | 27 |
| 2.2.14. PAUTAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....         | 27 |
| 2.2.15. EVALUACIÓN .....                                      | 29 |
| 2.2.16. PARTES FUNDAMENTALES DE UN PUENTE .....               | 29 |
| 2.2.17. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS .....                           | 30 |
| 2.2.18. PRUEBA DEL ESCLERÓMETRO .....                         | 30 |
| 2.2.19. PUENTE ALTO .....                                     | 30 |
| 2.2.20. SUPERESTRUCTURA .....                                 | 30 |
| 2.2.21. OBRAS COMPLEMENTARIAS .....                           | 31 |
| 2.2.22. VULNERABILIDAD .....                                  | 32 |
| 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....                          | 32 |
| 2.4. HIPÓTESIS .....                                          | 35 |
| 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....                                | 35 |
| 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA .....                             | 35 |
| 2.5. VARIABLES .....                                          | 35 |
| 2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....                             | 35 |
| 2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....                           | 35 |
| 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....                    | 36 |
| CAPÍTULO III .....                                            | 37 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....                         | 37 |
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                              | 37 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1. ENFOQUE .....                                                       | 37 |
| 3.1.2. ALCANCE O NIVEL .....                                               | 38 |
| 3.1.3. DISEÑO .....                                                        | 38 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                             | 39 |
| 3.2.1. POBLACIÓN .....                                                     | 39 |
| 3.2.2. MUESTRA .....                                                       | 39 |
| 3.3. 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE<br>DATOS .....         | 39 |
| 3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....                           | 40 |
| 3.5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS<br>DATOS .....      | 40 |
| 3.6. ASPECTOS ÉTICOS .....                                                 | 40 |
| CAPÍTULO IV .....                                                          | 41 |
| RESULTADOS .....                                                           | 41 |
| 4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS .....                                         | 41 |
| 4.2. RESULTADOS INFERENCIALES .....                                        | 52 |
| CAPÍTULO V .....                                                           | 55 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....                                              | 55 |
| 5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE<br>INVESTIGACIÓN ..... | 55 |
| CONCLUSIONES .....                                                         | 57 |
| RECOMENDACIONES .....                                                      | 58 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                           | 59 |
| ANEXOS .....                                                               | 65 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Tabla 1 Cuadro de información.....   | 41 |
| Tabla 2 Elementos de patología ..... | 42 |
| Tabla 3 Nivel de significancia ..... | 53 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| Figura 1 Proceso de daños .....         | 28 |
| Figura 2 Cimentación de un puente ..... | 29 |

## RESUMEN

Esta investigación se centró en evaluar la vulnerabilidad de los elementos estructurales del puente Rancho, ubicado en el departamento de Huánuco, durante el año 2024. Se identificaron las principales patologías que afectan la infraestructura y se analizaron las causas que las originan.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, lo que permitió recopilar y analizar información relevante sobre el estado del puente. Se realizaron inspecciones detalladas y se aplicaron técnicas de evaluación con el fin de determinar su capacidad de carga y su resistencia ante condiciones dinámicas, como sismos, así como frente a fenómenos naturales como huaicos.

Los resultados mostraron que algunos elementos de soporte del puente presentaban daños que podrían afectar su seguridad y funcionamiento. A partir de ello, se plantearon recomendaciones orientadas a reducir estos riesgos, incluyendo la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y la consideración de mejoras estructurales para reforzar la integridad de la infraestructura.

En conclusión, esta investigación no solo ofreció un diagnóstico detallado sobre el estado actual del puente Rancho, sino que también propuso medidas concretas para mejorar su seguridad, protegiendo a los usuarios y contribuyendo a prolongar la vida útil del puente.

**Palabras clave:** Puente rancho, vulnerabilidad, evaluación, estructura, elementos estructurales.

## ABSTRACT

This research focused on evaluating the vulnerability of the structural elements of the Rancho Bridge, located in the Huánuco region, during 2024. The main pathologies affecting the infrastructure were identified, along with the underlying causes.

The study followed a quantitative approach, which allowed for the collection and analysis of relevant data on the bridge's condition. Detailed inspections were carried out, and evaluation techniques were applied to determine its load-bearing capacity and resistance to dynamic conditions, such as earthquakes, as well as natural events like landslides.

The results showed that some of the bridge's support elements were damaged, potentially compromising its safety and functionality. Based on these findings, recommendations were made to mitigate these risks, including the implementation of a preventive maintenance program and consideration of structural improvements to reinforce the bridge's integrity.

In conclusion, this research not only provided a detailed assessment of the current condition of the Rancho Bridge but also proposed concrete measures to enhance its safety, protect users, and extend the lifespan of the infrastructure.

**Keywords:** Ranch bridge, vulnerability, assessment, structure, structural elements.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación propuso realizar una Evaluación de los elementos estructurales y su vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024. En consecuencia, para reducir las patologías, primero debemos identificar los problemas, sus causas profundas y determinar las posibles implicaciones.

El presente trabajo de investigación consta de los siguientes capítulos:

El Capítulo I aborda el planteamiento y formulación del problema, junto con los objetivos, hipótesis, variables, justificación e importancia, los cuales permiten comprender la relevancia del estudio.

En el Capítulo II se desarrolla el marco teórico, que incluye antecedentes, bases conceptuales y aspectos profesionales, lo que facilita la recopilación de información de distintas fuentes secundarias para obtener una visión más amplia del tema investigado.

El Capítulo III describe la metodología, definida con un enfoque cuantitativo y un nivel correlacional, además de precisar las técnicas y métodos aplicados en el análisis de datos, así como en la evaluación de los elementos estructurales y su vulnerabilidad en el Puente Rancho, Huánuco – 2024.

El Capítulo IV contiene el análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de datos.

El Capítulo V presenta la discusión de resultados, donde se detallan los hallazgos y se contrastan con otros estudios.

Por último, se exponen las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos que complementan la investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

El desarrollo económico y social de un país depende en gran medida de la infraestructura vial, y los puentes son elementos clave para mantener la conectividad y la seguridad en las carreteras. Sin embargo, estas estructuras son también de las más vulnerables de la red, ya que se enfrentan a condiciones climáticas adversas, tránsito pesado constante y desgaste con el tiempo. Según el Banco Mundial (2019), alrededor del 40% de los puentes en América Latina presentan algún nivel de deterioro que afecta su funcionamiento y seguridad.

En Perú, la situación es especialmente delicada debido a la antigüedad de muchas estructuras y a la falta de mantenimiento adecuado. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020) señala que más del 30% de los puentes del país requieren atención inmediata para evitar colapsos y garantizar su operatividad. Esta problemática repercute negativamente en la seguridad vial y en el transporte de mercancías, afectando la economía regional y nacional (Sánchez, 2019). Además, un informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2021) indica que el 45% de los puentes presentan deficiencias estructurales que ponen en riesgo a los usuarios, tanto peatones como conductores.

El Puente Rancho, ubicado en el distrito de Chinchao, provincia y departamento de Huánuco, enfrenta esta misma problemática. Se encuentra en una zona donde las temperaturas varían entre 14°C en invierno y 26°C en verano, lo que contribuye al desgaste de sus materiales y a la aparición de daños estructurales. Según el Centro Peruano de Estudios de Infraestructura (CPEI, 2022), más del 60% de los puentes situados en climas extremos sufren un deterioro acelerado debido a la expansión y contracción térmica de los materiales. Por ello, resulta imprescindible realizar una evaluación detallada del estado del Puente Rancho, con el fin de determinar su nivel de

vulnerabilidad y definir estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo que aseguren su seguridad y prolonguen su vida útil.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

PG: ¿Cuál es la relación entre las condiciones de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

PE1: ¿Cómo se relaciona el nivel de deterioro de los elementos estructurales con el grado de vulnerabilidad del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?

PE2: ¿Cuál es la correlación entre la magnitud del impacto de eventos extremos y la vulnerabilidad estructural del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?

PE3: ¿De qué manera los factores de carga, ambientales y geotécnicos influyen en la relación entre los elementos estructurales y la vulnerabilidad del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

OG: Determinar la relación entre las condiciones de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

OE1: Analizar la relación entre el nivel de deterioro de los elementos estructurales y el grado de vulnerabilidad del puente Rancho, departamento – Huánuco - 2024.

OE2: Evaluar la correlación entre la magnitud del impacto de eventos extremos y la vulnerabilidad estructural del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.

OE3: Identificar la influencia de los factores de carga, ambientales y geotécnicos en la relación entre los elementos estructurales y la vulnerabilidad del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

##### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La investigación se orientó a analizar la relación existente entre los elementos estructurales y la vulnerabilidad del puente Rancho. Desde el plano teórico, se sustenta en los fundamentos de la ingeniería estructural y la mecánica de materiales, que señalan que el deterioro de los componentes estructurales incide de manera directa en la estabilidad y seguridad de las obras frente a eventos extremos como sismos o crecidas fluviales.

##### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

El Puente Rancho cuenta con más de 30 años de funcionamiento y actualmente evidencia fallas significativas en sus elementos estructurales, lo que se refleja en un elevado porcentaje de zonas afectadas y un alto nivel de vulnerabilidad. Resulta fundamental determinar y evaluar las patologías presentes en sus componentes, con el fin de establecer su grado de vulnerabilidad. Los resultados serán presentados a la Municipalidad Provincial de Huánuco, de manera que puedan servir como sustento para la toma de decisiones relacionadas con la reparación, el mantenimiento o una eventual reconstrucción.

##### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

La metodología adoptada en esta investigación se justifica por su relevancia en el ámbito de la ingeniería civil, específicamente en la evaluación de los elementos estructurales y la determinación de su

vulnerabilidad en el comportamiento de los puentes. Esta evaluación es fundamental para identificar deficiencias y proponer soluciones adecuadas que garanticen la seguridad y la funcionalidad de estas infraestructuras críticas.

### **1.5. LIMITACIONES**

La investigación se desarrolló únicamente en el ámbito superficial de los elementos estructurales del puente, ya que las cimentaciones profundas fueron consideradas casos particulares que demandaban un análisis más detallado. No se efectuó evaluación de las fundaciones ni del comportamiento del suelo, y tampoco se incluyó el estudio de la socavación en los estribos.

### **1.6. VIABILIDAD**

La presente investigación es viable técnica, económica y operativamente, debido a que se dispone de libre acceso al Puente Rancho para la recolección de datos in situ, se cuenta con el financiamiento propio para cubrir los gastos logísticos y se emplean instrumentos metodológicos de inspección visual que no requieren equipos de alta complejidad ni ensayos destructivos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Carrillo (2021), trabajo de investigación “Evaluación Evaluación de efectos de impactos en llaves de corte de puentes chilenos”, Tesis de Pre grado de la Universidad de Chile, Santiago de Chile. el estudio tuvo como propósito proponer recomendaciones para el diseño de topes sísmicos, presentar una metodología de modelado en el software de elementos finitos ANSYS, analizar los efectos de impacto sobre dichos topes y plantear un procedimiento de cálculo para la capacidad de llaves internas y externas. Los resultados indican que el programa ANSYS LS-DYNA logra predecir las capacidades obtenidas en los ensayos experimentales con un margen de error promedio de 3.4Hc. Además, el software permite generar curvas de fuerza-desplazamiento y representa los modos de falla de manera consistente con los observados en los experimentos. Se concluye que las llaves de corte deberían diseñarse con juntas resilientes, limitando la capacidad máxima para evitar daños en la infraestructura, y privilegiar un mecanismo de falla dúctil que permita disipar la energía cinética producto del impacto.

Noriega (2021), la investigación "Evaluación de la capacidad de carga en puentes de concreto reforzado y preesforzado considerando efectos de deterioro por corrosión debido a factores ambientales", Tesis de Pre grado de la Universidad de los Andes, Bogotá. tuvo como finalidad evaluar la capacidad portante de puentes de concreto reforzado y preesforzado bajo los efectos de la corrosión. Los hallazgos muestran que, en general, la corrosión no incide de manera significativa en la reducción de la capacidad estructural; no obstante, se evidenció que puede intensificarse y convertirse en un problema crítico cuando el diseño no cumple con las normas establecidas. Además, el estudio permite proyectar la variación de la capacidad de carga a lo largo del

tiempo y definir los intervalos en los que resulta necesario aplicar refuerzos, constituyéndose en un insumo clave para los sistemas actuales de gestión de puentes. En síntesis, se concluye que la corrosión producida por carbonatación no genera pérdidas relevantes frente a las estructuras expuestas a condiciones ambientales más agresivas.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Garay y Trejo (2021), "Determinación y evaluación de las patologías del concreto en los elementos estructurales del puente número 8, Huaraz - 2021", Tesis de Pre grado de la Universidad Cesar Vallejo, Huaraz. el objetivo del estudio fue evaluar el estado de diversos puentes y viaductos en Brasil mediante fichas técnicas, estudios de nivel y ensayos de esclerometría y capacidad admisible, con el fin de identificar deficiencias en la resistencia y posibles patologías estructurales. Los resultados mostraron valores de resistencia entre 480 y 540 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad admisible de 1.43 kg/cm<sup>2</sup> en la estructura, destacando que la mayor afectación se presentó en la unidad 14, parapeto 1, con un 20.87% de impacto en un área de 14.03 m<sup>2</sup>, mientras que en otras unidades se identificaron fisuras con niveles de severidad clasificados como "buenos", como en la vereda 1 (6.41% en 14.40 m<sup>2</sup>), la vereda 2 (10.35%) y el parapeto 2 (13.53% en 14.03 m<sup>2</sup>). En conclusión, se determinó que la unidad más comprometida es la 14, específicamente en el parapeto 1, donde se concentra la patología más significativa, evidenciando la necesidad de priorizar acciones de mantenimiento en dicha zona.

Castro (2021), "Determinación y evaluación de las patologías del puente Víctor Raúl de la Provincia de Talara, departamento de Piura - 2021", Tesis de Pre grado de la Universidad Cesar Vallejo, Piura. el estudio tuvo como objetivo identificar las patologías que afectan al Puente Víctor Raúl, ubicado en la provincia de Talara, departamento de Piura, durante el año 2021. Los resultados evidenciaron que la condición estadística estructural del puente obtuvo un valor de 2.98, el cual corresponde al rango de 2.00 – 2.99 establecido por el Ministerio de

Transportes y Comunicaciones en la Tabla de rangos para la Inspección y Evaluación de Puentes. Se concluyó que la evaluación se realizó aplicando fichas de inspección en campo, debido a que, según informes de la entidad competente, hacía varios años no se ejecutaba una revisión de esta infraestructura. El mayor reto en la determinación de la condición del puente fue el procesamiento de los datos estadísticos, que requirió un procedimiento exhaustivo, confirmando finalmente que el estado estructural del Puente Víctor Raúl es de condición regular, con un valor de 2.98.

Chicalla y Roque (2023), "Evaluación estructural para determinar el estado situacional del puente Yaravico, distrito Moquegua, Moquegua 2022", Tesis de Pre grado de la Universidad Privada de Tacna, Tacna. El objetivo del estudio fue evaluar estructuralmente el Puente Yaravico, ubicado en el distrito de Moquegua, con el fin de determinar su estado situacional. Los resultados indicaron que el puente cumple con las normas y especificaciones necesarias para su uso, aunque se recomendaron mejoras para incrementar su capacidad portante y prolongar su vida útil; se evaluaron vigas, losas, estribos y elementos portantes, aplicando la prueba de esclerometría para verificar la homogeneidad del concreto y utilizando el software CSI Bridge para analizar su comportamiento estructural, lo que permitió obtener valores de fuerzas cortantes, momentos y desplazamientos. Como conclusión, la inspección visual reveló socavación en la base del pilar central causada por las fuertes lluvias y huaicos de los ríos Moquegua y Huaracane, afectando la superestructura (vigas y tablero), además de observarse acumulación de sedimentos en los estribos; finalmente, el levantamiento topográfico determinó que el puente tiene una luz total de 76 m, dividida en dos tramos, y una sección transversal de 9.2 m, confirmando la necesidad de reforzar zonas críticas para garantizar su durabilidad.

Maquera y Carrasco (2021), "Evaluación estructural del puente los Baños del distrito las Yaras, Tacna 2021", Tesis de Pre grado de la Universidad Privada de Tacna, Tacna. la investigación tuvo como

objetivo evaluar estructuralmente la superestructura del Puente Los Baños, ubicado en el distrito de Las Yaras, ciudad de Tacna. Para ello, se analizaron los elementos principales de la estructura —vigas, losa, estribos y apoyos— mediante la aplicación del ensayo de esclerómetro, con el fin de determinar la uniformidad del concreto. Asimismo, se empleó el software CSI Bridge, lo que permitió obtener resultados sobre el comportamiento estructural del puente y calcular los valores de cortante, momento y desplazamiento. Los hallazgos del estudio revelaron que, a partir del levantamiento topográfico de campo, el puente presenta una luz total de 60 m dividida en tres tramos, con una sección transversal de 7.2 m y un peralte de 1 m en la superestructura. Los ensayos con esclerómetro confirmaron la uniformidad del concreto, mientras que el análisis estructural bajo el método LRFD determinó que la superestructura alcanza un momento máximo de 1782.32 ton·m y una fuerza cortante de 560.39 ton, concluyéndose que el puente presenta un comportamiento estructural adecuado.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Robles (2022), “Determinación del grado de socavación producido por el Río Higuera a los estribos del puente Daniel Alomía Robles, Huánuco - 2021”, Tesis de Pre grado de la Universidad de Huánuco, Huánuco. el estudio tuvo como objetivo determinar el grado de socavación ocasionado por el río Higuera en los estribos del puente Daniel Alomía Robles. Para ello, se realizó una modelación hidráulica con el software HEC-RAS, aplicando las ecuaciones de Hire y Froehlich, siendo esta última la que ofreció resultados más representativos. Los cálculos mostraron que, para un periodo de retorno de 50 años, la socavación alcanzó 3.99 m en el estribo izquierdo y 1.61 m en el derecho; para un periodo de 100 años, 3.61 m y 2.25 m respectivamente; y para 300 años, valores similares, confirmando la tendencia de afectación. Como conclusión, el uso de HEC-RAS permitió aplicar ambos métodos y estimar la profundidad de socavación en los estribos, evidenciando que el método de Froehlich resulta el más confiable. No

obstante, se identificó que el cálculo local de la socavación puede presentar limitaciones debido a la ausencia de un estudio específico de las condiciones particulares de cada estribo, aunque constituye una herramienta valiosa para fines de diseño y análisis.

Vela (2020), “Evaluación del estado del puente Huallaga km. 00+310 carretera central pe 3n, a efectos de su intervención preventiva-2020”, Tesis de Pre grado de la Universidad de nacional Hermilio Valdizán, Huánuco. La investigación tuvo como objetivo evaluar el estado del puente Huallaga, ubicado en el km 000+310 de la carretera central PE-3N, con el propósito de determinar la necesidad de una intervención preventiva en el año 2020. Los resultados permitieron identificar la condición actual del puente y, a partir de ello, proponer el tipo y la oportunidad de intervención necesaria, lo que además evidencia la problemática general de la infraestructura pública en nuestro medio, en especial la vial en su componente de puentes, considerando que este es el principal acceso a la ciudad de Huánuco y a las localidades del centro oriente del país. Se concluye que el puente presenta una condición global regular; no obstante, de manera individual, los elementos de la superestructura y subestructura se encuentran en condición buena, mientras que los apoyos muestran un estado de regular a malo. La clasificación global de regular se explica porque otros componentes del puente, como la carpeta asfáltica, las veredas y las barandas, aunque no tienen gran peso estructural presentan un estado deficiente, lo que finalmente afecta la evaluación integral de la infraestructura.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL EN PUENTES**

La evaluación se realizará conforme a lo indicado en el Manual de Puentes 2018 del MTC, tomando en cuenta la tipología del puente, los materiales utilizados, el sistema estructural y el diseño sismorresistente.

## **Importancia de la Evaluación en Puentes:**

La evaluación rigurosa de los elementos estructurales es esencial para prevenir fallas catastróficas y garantizar la durabilidad de los puentes a lo largo del tiempo

## **Elementos Estructurales en Puentes**

### **Tipos de Estructural**

Los puentes pueden tener diversos tipos estructurales en función de su diseño y uso, es la disposición arquitectónica y estructural que especifica cómo se construirá el puente, las vigas cajón tienen una sección transversal cerrada; las vigas en voladizo se extienden desde un único punto de apoyo; las vigas de celosía distribuyen las cargas mediante una estructura de celosía; los puentes arco tienen una forma curva; los puentes colgantes se sostienen mediante cables desde torres; los puentes atirantados utilizan cables inclinados y tirantes verticales; y los puentes flotantes se mueven con las mareas, el tipo de construcción elegido viene determinado por elementos como la longitud del puente, el entorno, el peso que debe soportar, así como por consideraciones estéticas y económicas (Seminario, 2004).

## **Métodos de Evaluación Estructural Aplicados a Puentes**

### **Inspección Visual:**

La inspección visual es el método inicial y más común para evaluar la condición superficial de los elementos estructurales en puentes.

### **Pruebas No Destructivas:**

Las pruebas no destructivas, como la medición ultrasónica y la radiografía, son herramientas fundamentales para evaluar la integridad interna de los elementos estructurales sin ocasionarles daños.

### **Modelado Estructural:**

El uso de análisis por elementos finitos permite comprender con

mayor detalle el comportamiento de las estructuras y su capacidad de carga ante diferentes condiciones.

### **Evaluación Exitosa en Puentes Similares:**

Estudios previos han demostrado que realizar evaluaciones completas de los elementos estructurales contribuye a mejorar de manera significativa la seguridad y el desempeño de los puentes.

### **Patología causados**

Según Pérez y Yauri (2013), los daños en una construcción pueden originarse durante o después de la acción de fuerzas externas o agentes naturales, como sismos, inundaciones o deslizamientos de tierra.

También existen daños que no necesariamente provienen de la naturaleza, sino del uso inadecuado de las estructuras, como cuando se les exige soportar un peso mayor al que fueron diseñadas. Aunque en muchos casos los daños son inevitables, sí es posible reducirlos: no podemos evitar que ocurra un fenómeno natural, pero sí impedir que se transforme en un desastre. Para lograrlo, es fundamental proyectar estructuras menos vulnerables, corrigiendo errores en el diseño, la elección de materiales y la construcción.

Según Riva (2006), cuando se habla de patologías en las construcciones se hace referencia a problemas, anomalías o desgastes que pueden detectarse mediante un análisis detallado de los procesos constructivos. Dichas patologías representan una pérdida de durabilidad en las estructuras de concreto, manifestándose en daños o deterioros que afectan su estabilidad y desempeño. Estos pueden estar presentes desde la etapa de diseño o construcción, aparecer a lo largo de la vida útil de la edificación, o surgir como consecuencia de accidentes o situaciones imprevistas. Los signos más comunes de este desgaste incluyen fisuras, cambios de color, deformaciones, fallas y reducción de la capacidad de los elementos estructurales.

## **2.2.2. SEGÚN SU NATURALEZA DE LOS DAÑOS O PATOLOGÍAS**

### **Lesiones Físicas**

Se denominan así porque aparecen como consecuencia de fenómenos regidos por leyes físicas. Entre las más frecuentes se encuentran la erosión, la humedad y la acumulación de suciedad.

### **Suciedad**

Cuando se emplean materiales porosos, estos tienden a absorber líquidos o gases de manera similar a una esponja. Si a ello se suma la exposición constante de la estructura a la contaminación ambiental, es común que se formen manchas e impurezas en las fachadas.

### **Erosión**

La erosión se produce principalmente por la acción de agentes externos, como el agua y los cambios de temperatura. El líquido se congela y aumenta su volumen, generando fisuras o desgastes en el material.

## **2.2.3. SEGÚN SU NATURALEZA DE LAS PATOLOGÍAS**

### **Lesiones mecánicas**

Se consideran lesiones mecánicas aquellas que aparecen por una sobrecarga en alguno de los elementos de la estructura, o por la acción de fuerzas externas o internas, vinculadas al diseño, la construcción o el uso de la edificación.

### **Fisuras:**

Las fisuras son separaciones parciales entre componentes que pueden presentarse en distintas formas: diagonales, verticales, transversales o longitudinales. Aunque se asemejan a las grietas, su origen y evolución son diferentes; en el hormigón armado suelen aparecer porque el acero de refuerzo permite ciertos movimientos de deformación (Broto Comerma, 2006).

### **Desprendimientos:**

Separación incontrolada de componentes esenciales del edificio como resultado de sucesos específicos como tormentas, terremotos y asentamientos, así como de sucesos locales como fracturas y procesos físicos y químicos (Broto Comerma, 2006).

### **Erosión:**

Es la separación involuntaria de partes de la edificación provocada por factores como grietas, procesos físicos o químicos, o por eventos específicos como tormentas, sismos o asentamientos (Broto Comerma, 2006).

### **Deformaciones:**

Cualquier cambio morfológico provocado por la aplicación directa de una carga externa a una pieza estructural.

### **Corrosión del acero en el concreto**

La terminología de la ASTM (G15) define la corrosión como la reacción química o electroquímica entre un material, usualmente un metal y su medio ambiente, que produce un deterioro del material y de sus propiedades.

## **2.2.4. PATOLOGÍA ESTRUCTURAL**

Según Panozo (2007), la patología estructural se refiere al análisis del comportamiento de las estructuras cuando presentan señales de fallas o un desempeño inadecuado, identificando sus causas y proponiendo soluciones que permitan restablecer la seguridad de la edificación.

### **Patologías en puentes**

En el caso de los puentes, las patologías corresponden a daños que pueden originarse desde la etapa de construcción o como consecuencia de la exposición a diferentes agentes. Estos problemas

pueden llevar al deterioro o incluso al colapso de la estructura, ocasionando pérdidas económicas y humanas, por lo que requieren un mantenimiento programado para asegurar su conservación.

#### **2.2.5. TIPOS DE LESIONES DEL CONCRETO EN PUENTES**

Las lesiones constructivas que pueden presentarse en una edificación son muy variadas, debido a la diversidad de materiales y sistemas que se emplean en su construcción.

##### **Cambios de humedad**

Esta puede manifestarse de distintas formas según su origen. Se reconocen cinco tipos principales: humedad de obra, capilar, de filtración, de condensación y accidental. Cada una afecta de manera distinta los elementos estructurales y, si no se controla, acelera su deterioro.

##### **Exposición de agua en la estructura**

La exposición del agua en la estructura puede provocar que la armadura quede al descubierto y se corroa, debilitando con el tiempo la sección de acero y comprometiendo la seguridad de la construcción.

#### **2.2.6. LESIONES MECÁNICAS**

El concreto tiene la capacidad de responder ante fuerzas externas, ya sea a través de esfuerzos de tensión o compresión, dependiendo de las condiciones de la carga. Cuando se aplica un esfuerzo directo sobre un elemento estructural, este se deforma. Si la carga es excesiva, la deformación puede originar fisuras y grietas, siendo este fenómeno una de las principales causas de daño en elementos de concreto (Sánchez de Guzman, 2011).

#### **2.2.7. OXIDACIÓN**

Es un proceso natural que afecta principalmente al hierro y al acero, donde las superficies metálicas pierden material y se transforman a nivel

molecular, debilitando su resistencia con el tiempo.

#### **2.2.8. SOBRECARGA**

Las sobrecargas ocurren cuando los elementos estructurales reciben un peso mayor al previsto en su diseño. El acero, al ser un material elástico, puede recuperar su forma hasta cierto límite conocido como punto de fluencia; más allá de este, se produce una deformación plástica permanente que altera su capacidad de trabajo.

#### **2.2.9. DEFLEXIÓN (PANDEO)**

Cuando un elemento estructural se somete a sobrecargas, puede llegar al pandeo o deformación excesiva, lo que provoca la pérdida parcial o total de su capacidad de sostén, especialmente en miembros sometidos a compresión.

#### **2.2.10. CONTROL DE FISURACIÓN EN EL CONCRETO EN PUENTES**

(A.C.I, 224). Las fisuras en el concreto pueden reflejar problemas estructurales importantes y afectar la apariencia de una obra. Estas pueden originarse por diferentes causas, y su estudio muestra cómo el concreto responde a cargas de tracción y compresión, desarrollando microfisuras en las uniones entre agregados y mortero.

#### **2.2.11. MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES**

(M.D.P, 2016). Establece lineamientos generales para la elaboración de proyectos, considerando cargas, resistencia de materiales, deformaciones y métodos de análisis que aseguren estabilidad y seguridad durante la vida útil de la estructura.

#### **2.2.12. ESTUDIO DE TRÁFICO**

(M.D.P, 2016). Permite conocer el volumen y clasificación de vehículos que circulan diariamente por un puente, así como proyectar el crecimiento futuro. Su objetivo principal es determinar el Índice Medio

Diario (IMD) y verificar si la estructura soporta adecuadamente las cargas previstas.

### **2.2.13. INSPECCIÓN**

evalúa todos los componentes de la estructura, desde la cimentación hasta los accesos. Para evitar subjetividad, se emplean catálogos de deterioro que unifican criterios y permiten precisar con mayor objetividad el estado de conservación del puente (Matute y Pulido, 2012).

### **2.2.14. PAUTAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **MANTENIMIENTO RUTINARIO**

Las labores de conservación de los puentes pueden clasificarse en ordinarias y extraordinarias, según se realicen de manera periódica o únicamente cuando el deterioro del elemento lo haga necesario. Las actividades extraordinarias abarcan desde la reparación de concreto dañado hasta la sustitución de juntas, sistemas de impermeabilización y otros componentes del equipamiento. En cambio, las tareas ordinarias se centran principalmente en labores de inspección, limpieza y pintura, pudiendo ser ejecutadas directamente por el personal de las residencias de mantenimiento (Vences, 2004).

#### **ACCIONES MÁS COMUNES**

Las actividades más habituales dentro del mantenimiento rutinario son la señalización, la pintura de barandillas y la limpieza de desagües y juntas (Vences, 2004).

Barreras de seguridad y barandillas. El mantenimiento y renovación de las barreras de seguridad doble-onda en las estructuras está sujeto a los mismos condicionantes que en el resto de la carretera (Vences, 2004).

Aceras y canalizaciones. La corrosión de los anclajes que unen las piezas a la estructura, los movimientos diferenciales, los usos de explotación distintos a los previstos, entre otros factores, generan reparaciones que en muchos casos resultan costosas y complejas. Además, el concreto utilizado en estos elementos suele ser de menor calidad que el de la estructura principal, lo que incrementa los problemas de deterioro en aceras e impostas (Vences, 2004).

### **PLAN DE CONTROL DE CALIDAD Y SEGURIDAD**

En el plan de gestión de la calidad y la seguridad se incluye todo lo que garantiza la descripción de todas las operaciones de construcción, ya sean en la obra o fuera de ella, incluidas las de proveedores, fabricantes y subcontratistas (Aquino y Hernández, 2004, p.251).

El organigrama de la empresa muestra su estructura general, jerarquía de autoridad y reconocimiento. Se designa un responsable de seguridad y calidad, quien responde directamente ante el contratista, y a cada miembro se le asignan funciones, deberes y autoridad delegada. Además, se establece el procedimiento para que el supervisor externo verifique los materiales de la obra, junto con la validación de los ensayos de laboratorio de materiales y suelos según los planes previamente archivados (Aquino y Hernández, 2004).

**Figura 1**

*Proceso de daños*



*Nota.* Tomado de Slideshare (2016).

### 2.2.15. EVALUACIÓN

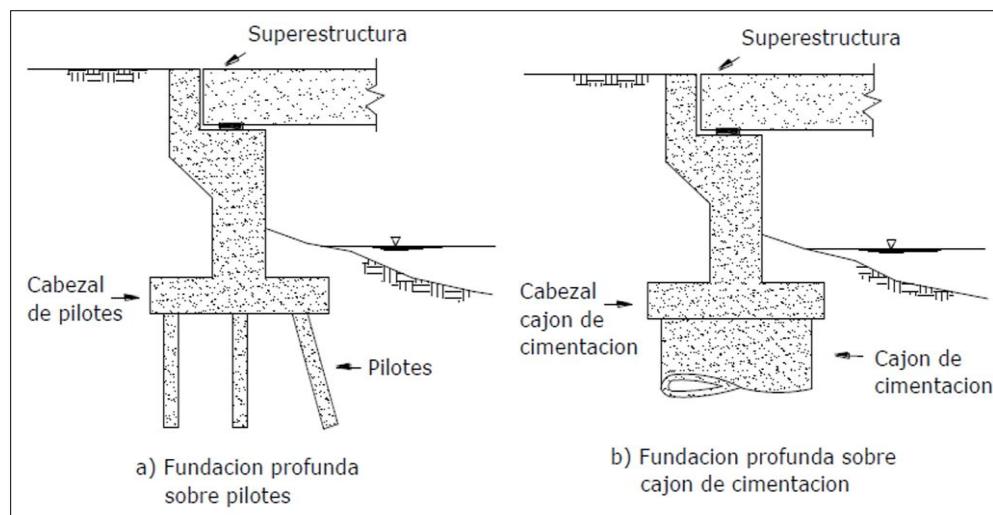
La evaluación de la capacidad de carga de un puente permite verificar si su estructura soporta de forma segura el tránsito de vehículos autorizados y si requiere restricciones o señalización especial. Este análisis también ayuda a planificar mantenimientos preventivos y garantizar la seguridad de los usuarios.

#### PUENTE:

Un puente es una estructura planificada y construida para permitir que personas, coches u objetos se desplacen con seguridad y eficacia por encima de barreras naturales o artificiales como ríos, valles, carreteras, vías férreas u otras masas de agua, y terrenos irregulares, los puentes son componentes fundamentales de las infraestructuras de transporte, ya que unen lugares dispares y permiten el flujo de bienes y personas (Seminario, 2004).

**Figura 2**

*Cimentación de un puente*



*Nota.* Farfán C. (2018)

### 2.2.16. PARTES FUNDAMENTALES DE UN PUENTE

La superestructura de un puente está formada por el tablero, que soporta directamente las cargas, y por elementos como vigas, armaduras, cables, bóvedas y arcos, los cuales se encargan de

transmitir esas cargas hacia los apoyos. Por su parte, la infraestructura incluye los pilares, que actúan como apoyos centrales, los estribos en los extremos que sostienen directamente la superestructura, y los cimientos, que trasladan todos los esfuerzos al terreno.

#### **2.2.17. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

Los estudios topográficos son esenciales en ingeniería civil y otras áreas, ya que permiten representar gráficamente el terreno, mostrando sus características tanto naturales como construidas por el ser humano (MTC, 2016).

#### **2.2.18. PRUEBA DEL ESCLERÓMETRO**

La prueba del martillo de rebote, ideada por Ernst Schmidt y también llamada prueba de martillo de impacto o esclerómetro, se basa en el principio de que la reacción de rebote de una masa elástica varía según la dureza de la superficie que golpea.

#### **2.2.19. PUENTE ALTO**

Por ejemplo, el puente Saikai refleja las tendencias arquitectónicas de su época; su diseño estructural permite construir un paso seguro hacia la otra orilla, salvando ríos, valles, estrechos y otros obstáculos.

#### **2.2.20. SUPERESTRUCTURA**

En ingeniería civil, la superestructura se refiere a la parte de una construcción que se encuentra por encima del nivel del suelo y es visible externamente. Esta sección incluye elementos como paredes, techos y columnas que conforman la estructura principal del edificio (El Mundo Infinito, 2016).

### **SISTEMA ESTRUCTURAL DEL TABLERO**

El sistema estructural del tablero de un puente está compuesto por elementos como la losa de concreto y las vigas transversales, los cuales

garantizan la estabilidad y transmisión de cargas hacia la estructura principal (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2016).

### **SISTEMA DE VIGAS DEL TABLERO**

El sistema de vigas del tablero en un puente está compuesto por vigas longitudinales y transversales que distribuyen las cargas hacia los elementos principales de la estructura, garantizando su estabilidad y resistencia (Hambly, 1991).

### **LA INFRAESTRUCTURA**

La infraestructura vial incluye carreteras, puentes y túneles, que facilitan un tránsito seguro y eficiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2008).

#### **2.2.21. OBRAS COMPLEMENTARIAS**

##### **BARANDAS**

Son elementos de seguridad diseñados para proteger a los usuarios de caídas y garantizar su seguridad durante el tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2018).

##### **DRENAJE**

Estructuras y técnicas utilizadas para evacuar las aguas superficiales y subterráneas, asegurando la estabilidad y funcionalidad de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2011).

##### **LOSAS DE TRANSICIÓN**

Son estructuras de hormigón armado que reducen las diferencias de asentamiento entre el puente y el terraplén, garantizando una transición segura (Panadero y Sánchez, 2014).

##### **JUNTA DE DILATACIÓN**

Las juntas de dilatación en puentes permiten absorber los

movimientos estructurales ocasionados por cambios térmicos, asentamientos y cargas dinámicas, evitando daños en la estructura (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2018).

#### **2.2.22. VULNERABILIDAD**

Capacidad de un elemento o conjunto de elementos para resistir un peligro, ya sea en aspectos físicos, sociales, económicos, culturales o institucionales (INDECI, 2011).

#### **RIESGO SÍSMICO**

El riesgo sísmico combina la peligrosidad sísmica, la vulnerabilidad de las estructuras y la exposición de la población para evaluar las posibles pérdidas ante un terremoto (Mendoza & Tavera, 2005).

#### **ESTADO LÍMITE POR DESPLAZAMIENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA**

La situación en la que los movimientos de la superestructura, provocados por la actividad sísmica, pueden ocasionar daños de distinta magnitud se conoce como estado límite debido a los desplazamientos de la superestructura. Las vigas de la superestructura pueden colapsar si estos desplazamientos son lo suficientemente grandes como para hacer que pierdan su apoyo (Caltrans, 2006).

### **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

**Ancho de puente:** Dimensión horizontal del puente que discurre perpendicular a su longitud, establece la cantidad de espacio disponible para el tráfico de automóviles y peatones (Duan y Chen, 2019).

**Longitud del Tablero:** Longitud medida, en el eje longitudinal del tablero, entre los bordes extremos de la losa del tablero (Manual de Puentes 2018).

**Berma:** Franja vertical junto a la carretera que delimita la zona de rodadura y sirve como área de seguridad para vehículos en caso de emergencia (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

**Calzada:** Sección de una carretera o puente destinada al tráfico de vehículos, la calzada de un puente de losa contiene los carriles de circulación y puede ser de asfalto o de otro tipo de pavimento (Zhao y Tonias, 2017).

**Corrosión:** Son ladrillos de arcilla con adición de aserrín, formados durante el aserrado en forma de residuos sólidos que se forman en gran cantidad, que provocan cambios en las propiedades físicas y mineralógicas, aumento de la densidad, cristalinidad y porosidad (Duan y Chen, 2019).

**Desgaste vial:** El desgaste vial es la degradación del pavimento causada por el tráfico y factores abrasivos o erosivos, manifestándose como una deficiencia de ligante y mortero, especialmente en zonas de alto tráfico (Miranda, 2011).

**Espesor de losa:** La losa es la parte superior del puente, la superficie por la que circulan los coches y los peatones, el grosor de la losa está relacionado con su dimensión vertical e influye en su capacidad de carga y resistencia (Bosio et. al, 1994).

**Estribos:** Apoyos en los extremos de un puente, cuya función es sostener la superestructura, transferir las cargas al terreno y mantener el relleno de los accesos (MTC, 2016).

**Junta:** Espacio entre dos partes de la obra que permite la expansión o contracción debido a los cambios de temperatura (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

**Losas de tablero:** Se ubican entre vigas longitudinales o entre vigas longitudinales y diafragmas transversales, formando parte del tablero del puente (Miranda, 2011).

**Longitud del Puente:** Es la longitud total de la estructura del puente de principio a fin, especifica la longitud del puente en relación con la carretera o el río que atraviesa (Barket y Pucket, 2021).

**Luz Libre:** altura libre, medida de manera vertical u horizontal, desde la base del puente hasta cualquier punto sin obstrucciones (Dirección General de Carreteras y Ferrocarriles MTC, 2006).

**Pavimento:** una superficie creada por el hombre que hace que un suelo esté nivelado y firme. Puede estar compuesto de madera, asfalto o cemento. Dependiendo del material, puede utilizarse para diversos fines, como aparcamientos, parques y terrazas (Morales, C, 2017).

**Patología vial:** La patología vial es la degradación de los pavimentos urbanos, que se manifiesta en forma de grietas y baches. Afecta al tráfico y requiere ajustes estructurales para evitar daños importantes y gastos adicionales (Córdova y Cruz, 2020).

**Pilares:** La función principal de los apoyos intermedios es transferir pesos al suelo y soportar la superestructura (MTC, 2016).

**Puentes:** Estructura que debe salvar un obstáculo natural o artificial o un accidente geográfico. Su luz libre es igual o superior a 6,00 m y está situado por encima o por debajo de una carretera o forma parte de ella (Córdova y Cruz, 2020).

**Subestructura:** Para soportar la superestructura y la calzada y garantizar la estabilidad de la construcción, la subestructura, también conocida como infraestructura, está formada por componentes que incluyen soportes, estribos, pilares y cimientos (Álvarez y Icaza, 2012).

**Tablero:** Zona sobre la que van los coches y que está nivelada con la vía a la que se unirán; está soportada estructuralmente por otros componentes principales como arcos, cerchas, pórticos y cables (Córdova y Cruz, 2020).

**Vereda:** La pasarela es la única parte del puente accesible a pie. Para que los peatones se sientan seguros y cómodos en el puente, su anchura y diseño son cruciales (Alarcón, 2018).

**Vigas de apoyo:** Componente horizontal que recibe directamente los extremos de las vigas de la superestructura. Sobre ella se colocan los apoyos, como las placas de neopreno, los apoyos de balancín o los apoyos de rodillo. Dado que la pendiente de la losa de apoyo es mayor cerca de la línea central

de la superestructura, se construyen pedestales sobre ella cuando es necesario para soportar las vigas (Sieca y Cepredenac, 2010).

**Volado:** El voladizo puede alterarse, lo que repercute en la distribución de la carga y la estabilidad del puente. El estribo es la parte del puente que se extiende más allá de los pilares o apoyos (Alarcón, 2018).).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

HG: Existe una relación significativa entre el estado de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, de manera que un mayor deterioro de los elementos estructurales incrementa su vulnerabilidad.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

HE1: La relación es significativa entre el nivel de deterioro de los elementos estructurales y el grado de vulnerabilidad del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.

HE2: La correlación es significativa entre la magnitud del impacto de eventos extremos y la vulnerabilidad estructural del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.

HE3: La influencia de los factores de carga, ambientales y geotécnicos es significativa en la relación entre los elementos estructurales y la vulnerabilidad del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Elementos estructurales.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Vulnerabilidad en el comportamiento del puente.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLE                                                                       | DEFINICIÓN CONCEPTUAL                                                                                                                                                                                                                                                                   | DEFINICIÓN OPERACIONAL                                                                                                                                                                                                                                       | DIMENSIONES                                                                                   | INDICADORES                                                                                                                                                                                       | INSTRUMENTOS                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b><br>Elementos estructurales.                     | Según el autor (McCormac et al., 2012) Los elementos estructurales son los componentes fundamentales de una construcción (vigas, columnas, losas, arcos, estribos, entre otros) que trabajan de manera conjunta para proporcionar estabilidad, resistencia y seguridad a la estructura. | Según el autor (Hibbeler, 2011) Se refiere a la identificación, caracterización y evaluación del estado físico y funcional de los elementos que componen el puente, considerando su capacidad de soportar cargas y resistir esfuerzos a lo largo del tiempo. | Integridad estructural<br>Capacidad de carga<br>Materiales y desgaste<br>Conexiones y uniones | Presencia de grietas, fisuras o deformaciones<br><br>Resistencia a cargas estáticas y dinámicas<br><br>Estado de los materiales (corrosión, erosión)<br><br>Estado de uniones, pernos, soldaduras | Inspección visual, pruebas no destructivas.<br><br>Modelado estructural (ANSYS, elementos finitos)<br>Pruebas de laboratorio, inspección visual.<br><br>Inspección visual, pruebas no destructivas. |
| <b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b><br>Vulnerabilidad en el comportamiento del puente | La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad del puente a fallas o daños cuando está expuesto a cargas normales, eventos extremos (sismos, inundaciones, huaicos) o al deterioro progresivo de sus elementos estructurales.                                            | Se mide a través del análisis del desempeño del puente ante diferentes condiciones de carga y factores ambientales, determinando los niveles de riesgo asociados a fallas estructurales y pérdida de funcionalidad.                                          | Resistencia estructural.<br>Seguridad funcional<br>Durabilidad<br>Confiabilidad operativa     | Capacidad de soportar cargas sin falla.<br>Riesgo de colapso o daño ante cargas o fenómenos naturales<br>Grado de deterioro de materiales y elementos.                                            | Modelado estructural, ensayo de carga<br>Inspección, análisis de vulnerabilidad<br>Pruebas no destructivas, inspección visual<br>Registros de mantenimiento, entrevistas con responsables           |

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación aplicada tiene como finalidad resolver problemas prácticos o generar conocimientos que puedan implementarse en la realidad, a diferencia de la investigación básica, que busca comprender los principios fundamentales (Quezada, 2010).

En este caso, el estudio se centra en conocer el estado actual del Puente Rancho en Huánuco, identificando los daños y el nivel de vulnerabilidad de sus elementos estructurales. El objetivo es proponer medidas de mantenimiento y reforzamiento que mejoren su seguridad y prolonguen su vida útil, ofreciendo información valiosa a las autoridades responsables de la gestión de puentes y contribuyendo a decisiones orientadas a proteger esta infraestructura.

##### **3.1.1. ENFOQUE**

El método cuantitativo sigue un proceso ordenado y secuencial, compuesto por pasos que deben cumplirse en el orden establecido, aunque algunos nombres de las etapas pueden ajustarse. Este proceso comienza con una idea que se va concretando progresivamente; una vez definida, se formulan las preguntas y objetivos de la investigación, se revisa la bibliografía disponible y se construye el marco teórico (Hernández et al., 2010).

En esta investigación se optó por el enfoque cuantitativo, centrado en la recolección y análisis de datos numéricos. Para ello, es fundamental inspeccionar el puente Rancho y determinar su estado actual, recopilando información sobre su historial, expedientes técnicos, planos posteriores a la construcción y registros de inspecciones anteriores.

### 3.1.2. ALCANCE O NIVEL

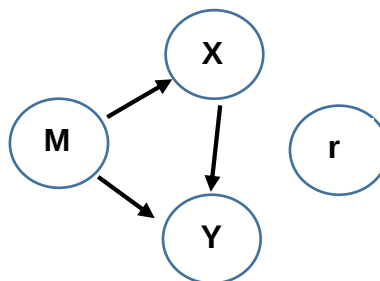
Según Hernández y Mendoza (2018), este tipo de investigación tiene como objetivo determinar el grado de asociación o relación entre dos o más conceptos, categorías o variables dentro de un contexto determinado.

El estudio es de nivel correlacional, ya que busca comprender cómo se relacionan las variables en análisis dentro del contexto del puente Rancho. Para ello, se realizaron inspecciones visuales detalladas en distintos puntos de la estructura, lo que permitió identificar las áreas más vulnerables y evaluar los daños existentes.

### 3.1.3. DISEÑO

El diseño no experimental es un tipo de investigación en el que el investigador no interviene ni altera las variables del estudio, sino que se limita a observarlas tal como se presentan en la realidad (Pino Gotuzzo, 2018).

El diseño empleado corresponde al no experimental, ya que no se realizó manipulación de variables. En este tipo de investigación, el puente fue observado y analizado en su propio contexto, recolectando la información directamente en campo y respetando sus condiciones naturales. Esto permitió obtener datos reales y objetivos sobre su estado estructural, sin alterar las características del fenómeno estudiado.



**Donde:**

M : Muestra.

X : Elementos estructurales.

Y : vulnerabilidad en el comportamiento del puente.

r : relación entre las variables.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

Se compone de vigas, pilares, cimentación, tableros, largueros de los elementos estructurales del puente Rancho, que pertenecen al departamento de Huánuco.

Arias (2012), el enfoque riguroso y metódico adoptado en la búsqueda de la comprensión y la explicación de los acontecimientos es una característica que distingue al conocimiento científico. Una investigación científica eficaz requiere una recopilación minuciosa de componentes, temas y recursos directamente relacionados con el objeto de estudio para poder extraer conclusiones; esta recopilación minuciosa sirve de base sólida sobre la que se construye el proceso de investigación.

### **3.2.2. MUESTRA**

La muestra son la calidad del elemento estructural del puente Rancho del departamento de Huánuco.

Según la facilidad del estudio, la muestra es un subconjunto escogido de la población que puede elegirse al azar o por conveniencia (Tamayo, 2001):

## **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La investigación utilizó diferentes técnicas e instrumentos para recolectar información confiable y relevante. Entre ellos, se empleó la observación directa, lo que permitió identificar con precisión las características del objeto de estudio en su entorno real. Además, se usaron fichas de observación y registros fotográficos como herramientas de apoyo para documentar y organizar los hallazgos de manera sistemática. Estos métodos permitieron recopilar datos tanto cuantitativos como cualitativos, esenciales para analizar las variables de la investigación.

### **3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la recolección de datos se emplearon la observación estructurada y la revisión documental. La observación estructurada permitió examinar el objeto de estudio siguiendo parámetros previamente definidos, lo que ayudó a mantener la objetividad de los resultados. Por su parte, la revisión documental facilitó el análisis de antecedentes, normas y estudios previos relacionados con la investigación, proporcionando un marco teórico que enriqueció la interpretación de la información obtenida en campo.

### **3.5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Las técnicas utilizadas para analizar e interpretar los datos se centraron en un enfoque de campo, ya que la observación y el registro de información se realizaron directamente en el lugar donde se encontraba la estructura. Este método permitió evaluar las condiciones reales de los componentes en su entorno natural. Además, el trabajo se desarrolló tanto de manera individual como en colaboración con un equipo, lo que contribuyó a obtener resultados más completos y confiables.

### **3.6. ASPECTOS ÉTICOS**

La investigación se desarrolló respetando principios éticos fundamentales que garantizaron la transparencia y validez del proceso. En primer lugar, se cuidó la veracidad de la información, evitando cualquier tipo de manipulación de los datos. Asimismo, se mantuvo la confidencialidad y el respeto hacia los participantes y las instituciones involucradas, asegurando que los resultados se utilicen exclusivamente con fines académicos. Y se reconocieron adecuadamente las fuentes consultadas mediante referencias bibliográficas, previniendo el plagio y garantizando la originalidad del trabajo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

El puente Rancho se encuentra en el Km 000+23 de la carretera Huánuco – Tingo María (Ruta Nacional PE 18A), entre los distritos de Chinchao, provincia de Pachitea, Huánuco. Es un puente reticulado de aproximadamente 50,50 metros de longitud, con calzada de 5,00 m y barandas metálicas con pasamanos de 0,93 m de altura. La superficie de rodadura consiste en una carpeta asfáltica sobre losa de concreto armado.

#### ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS DATOS OBTENIDOS

**Tabla 1**

*Cuadro de información*

| Nombre del puente         | Puente Rancho | Tramo Carretera | Huánuco-Tingo María |
|---------------------------|---------------|-----------------|---------------------|
| <b>Tipo de Puente</b>     | Reticulado    | Dpto. Político  | Huánuco             |
| <b>Sobre</b>              | Rio           | Dpto. Vial      | Huánuco             |
| <b>Altitud (msnm)</b>     | 1789 msnm     | Provincia       | Pachitea            |
| <b>Longitud total (m)</b> | 50.50 m       | Distrito        | Chinchao            |
| <b>Ancho de calzada</b>   | 5.00 m        | Población       | Pte, Rancho         |
| <b>Ruta</b>               | PE- 18A       | Kilometraje     | Km 000+23           |

*Nota.* Distancia y ubicación características del puente.

#### EVALUACIÓN DEL PUENTE

Se empleó el enfoque SCAP para evaluar el estado general del puente y cumplir con los objetivos del estudio. Para ello, se seleccionaron 13 elementos representativos de la superestructura, a los cuales se les asignaron porcentajes dentro de seis parámetros (de 0 a 5) según el nivel de deterioro o gravedad de los daños identificados durante la inspección.

En la tabla siguiente se presentan estos 13 elementos de la superestructura, la estructura, los apoyos y otros componentes relevantes del puente.

**Tabla 2**

*Elementos de patología*

| Ítem | Elemento                                                    | Código |
|------|-------------------------------------------------------------|--------|
| A    | Losa de concreto armado (Refuerzo longitudinal)             | 101    |
| B    | Arriostres de Acero                                         | 162    |
| C    | Bridas superior e inferior, Montantes y Diagonales de Acero | 160    |
| D    | Viga Transversales y Lagueros de Acero                      | 161    |
| E    | Elevación Cuerpo del Estado de Concreto Armado              | 202    |
| F    | Capa Asfalto                                                | 301    |
| G    | Vereda Concreto                                             | 311    |
| H    | Apoyo fijo Neopreno                                         | 321    |
| I    | Planchas Deslizantes                                        | 341    |
| J    | Barandas de Acero                                           | 353    |
| K    | Drenaje Tubería PVC                                         | 372    |
| L    | Márgenes del río                                            | 401    |
| M    | Visibilidad                                                 | 530    |

*Nota.* Condiciones estructurales del puente.

### **LOSA DE CONCRETO ARMADO (REFUERZO LONGITUDINAL) (101)**

Este componente está en condiciones regular; no hay daños estructurales visibles por el momento, y la cara inferior del concreto presenta pocos daños superficiales.

### **CONDICIONES:**

Excelente: Elementos sin deterioro visible. Se califica 0 %.

Buen estado: Pueden aparecer cambios de color, desgaste superficial, desprendimientos menores ( $\leq 6$  mm) y fisuras pequeñas ( $\leq 1.5$  mm). Se califica 90 %.

Moderado: Rajaduras menores a 3 mm y desprendimientos de hasta 12 mm, sin exposición de armaduras. Se califica 10 %.

Regular: Fisuras hasta 5 mm, desprendimientos de hasta 20 mm, con exposición parcial de armaduras y corrosión ligera ( $< 10$  %). Se califica 0 %.

Deterioro avanzado: Fisuras mayores a 5 mm, desprendimientos  $> 20$  mm, corrosión severa con pérdida de sección  $> 10$  %, requiere análisis estructural. Se califica 10 %.

Pésimo: Deterioro grave que compromete la funcionalidad. Se califica 10 %.

### **ARRIOSTRES DE ACERO (162)**

La pintura de estas estructuras está deteriorada, con decoloración y desprendimientos por pérdida de adherencia entre capas. En algunas zonas se observan indicios de óxido, aunque sin afectar la sección del material.

#### **Condiciones:**

Excelente: Elemento en buen estado de conservación, sin daños significativos. Se califica 80 %.

Buen estado: Pintura deteriorada y oxidación superficial sin corrosión profunda. Se califica 80 %, mientras que la parte inferior se califica 30 %.

Moderado: Corrosión superficial con picaduras incipientes, pequeñas rajaduras no críticas y deterioro por impacto sin afectar la capacidad portante. Se califica 80 %.

Regular: Pérdida de sección de hasta 10 % por corrosión localizada, rajaduras por sobreesfuerzo, impacto con efecto limitado, defectos menores

en soldaduras y omisiones de conexiones menores al 10 %. No requiere verificación estructural. Se califica 0 %.

Deterioro avanzado: Corrosión extensa con pérdida de sección mayor al 10 %, rajaduras por fatiga, pandeo y deflexión perceptible, impactos que afectan la capacidad portante, omisión de conexiones y soldaduras defectuosas mayores al 10 %. Requiere verificación estructural. Se califica 0 %.

Pésimo: Deterioro grave que compromete la funcionalidad del elemento. Se califica 80 %.

### **BRIDAS SUPERIOR E INFERIOR, MONTANTES Y DIAGONALES DE ACERO (160)**

Al igual que los elementos anteriores, presentan decoloración y desprendimiento de pintura por pérdida de adherencia entre capas. Además, se observa oxidación superficial sin afectación de la sección y acumulación de residuos en las bridas inferiores.

#### **CONDICIONES:**

Elemento en buen estado de conservación. Se califica en un 0% esta condición.

Pintura en mal estado y oxidación superficial, sin corrosión. Se califica en un 80 % esta condición. Y la parte inferior Se califica en un 30 % esta condición.

Corrosión superficial y se han formado o están por formarse picaduras superficiales. Rajaduras no asociadas a un esfuerzo principal. Deterioro por impacto, sin afectar la capacidad portante del elemento. Se califica en un 20 % esta condición.

Hay una pérdida de sección perceptible, no mayor del 10 %, debido a corrosión por picaduras profundas y laminación de acero, pero en áreas delimitadas. Presencia de rajaduras asociadas a fenómenos de fatiga de

material. Deterioro por impacto con efecto limitado. Omisión de conexiones no mayor del 10 %. Soldadura defectuosa no mayor del 10 %. No requieren una verificación estructural de su capacidad portante. Se califica en un 0% esta condición.

La corrosión por picaduras y laminación es avanzada, cubriendo áreas extensas, con pérdida de sección mayor del 10%. Distorsión del elemento, por impacto de vehículos afectados su capacidad importante. Omisiones de conexiones o accesorios, mayor de 10 %. Se califica en un 0% esta condición.

En pésimo estado. Se califica en un 20 % esta condición.

### **VIGAS TRANSVERSALES Y LARGUEROS DE ACERO (161)**

Casi todas las vigas de la parte inferior transversales no tienen la pintura correspondiente, aunque hay que decir que no presentan daño alguno, pero si algunas imperfecciones en su superficie sin notarse alguna oxidación de sus partes.

#### **CONDICIONES:**

Los elementos en buen estado de conservación no presentan daños visibles y se califican con un 0 %.

Algunos presentan pintura deteriorada y oxidación superficial sin afectar la sección, mientras que la parte inferior se evalúa en un 30 %.

Otros muestran corrosión superficial con posibles picaduras incipientes, fisuras menores no asociadas a esfuerzos principales y daños por impactos que no comprometen la capacidad portante, siendo calificados en un 20 %.

En ciertos casos, se observa pérdida de sección limitada (menos del 10 %) debido a corrosión profunda o laminación de acero en áreas específicas, fisuras por fatiga, daños por impacto leves y conexiones o soldaduras con defectos menores al 10 %, sin requerir verificación estructural, calificados en 0 %.

Algunos elementos presentan corrosión avanzada por picaduras y laminación, afectando áreas extensas, con deformaciones por impactos que reducen la capacidad del elemento y omisiones en conexiones o accesorios superiores al 10 %, calificados en 0 %.

Los elementos en pésimo estado se califican en un 20 %.

### **ELEVACIÓN CUERPO DEL ESTRIBO DE CONCRETO ARMADO (202)**

Los estribos derecho e izquierdo presentan condiciones similares. Se observan filtraciones de agua en las juntas, lo que ha provocado humedad y la aparición de manchas y moho. No se detectaron daños estructurales que comprometan su estabilidad o resistencia. Además, en las áreas cercanas se aprecia la presencia de vegetación y residuos de basura.

#### **CONDICIONES:**

Elemento en buen estado de conservación, sin deterioros visibles, calificado con un 0 %.

Se puede presentar cierta decoloración, eflorescencia u otros efectos superficiales por la intemperie y abrasión. También podrían existir desprendimientos o fragmentaciones menores de hasta 12 mm y fisuras pequeñas de menos de 1.5 mm. Esta condición se califica en un 85 %.

En algunos casos, pueden aparecer rajaduras menores a 3 mm y desprendimientos del mortero o del concreto de hasta 25 mm de profundidad, sin exponer la armadura ni evidenciar corrosión, calificándose esta situación en un 15 %.

Se pueden observar fisuras de hasta 5 mm, delaminaciones o desprendimientos de concreto de hasta 40 mm, con exposición parcial de la armadura. Puede existir corrosión leve con pérdidas de sección menores al 10 %, sin afectar significativamente la resistencia o funcionalidad del elemento. También puede haber ligeros desplomes o asentamientos que no comprometen el tránsito en la calzada del puente, calificado con un 0 %.

En casos más graves, se presentan rajaduras mayores a 5 mm, desprendimientos de concreto superiores a 40 mm y exposición completa de la armadura con corrosión severa que supera el 10 % de pérdida de sección, lo que requiere un análisis estructural para verificar la capacidad de resistencia y servicio del elemento. Pueden existir desplomes, asentamientos o desplazamientos laterales que afectan el tránsito, calificado con un 0 %.

En estado crítico o pésimo, el elemento se considera seriamente deteriorado y se califica con un 0 %.

### **CAPA ASFALTO (301)**

La carpeta asfáltica presenta un estado muy deteriorado, con zonas donde ha desaparecido, dejando la losa expuesta. Además, en otras partes se observan fisuras, desgaste, descascaramientos y desprendimientos del material.

#### **CONDICIONES:**

El elemento se encuentra en buen estado general, sin daños significativos, y se califica con un 0%. Presenta pequeñas fisuras y desgaste superficial del material sellante, lo cual también se considera leve y recibe un 0%. Las rajaduras menores, que pueden aparecer en los bordes, juntas de asfaltado o por el encogimiento de la losa, muestran un desgaste superficial de los agregados, igualmente calificado con un 0%.

Por otro lado, las rajaduras mayores, causadas por resequedad del asfalto, excesiva deflexión del tablero o desprendimiento de la capa de rodadura, generan fragmentos sueltos, huecos o pérdida de partículas de piedra, además de deformaciones como acanaladuras, depresiones o corrugaciones, y se califica con un 100%.

En términos generales, se estima que el estado del elemento es malo en un 20% y pésimo en un 10% de la evaluación.

## **VEREDA CONCRETO (311)**

A lo largo de ambos lados del puente, las veredas de concreto presentan un estado muy deteriorado. Se aprecia un desgaste considerable y daños por el roce de las llantas de los vehículos, lo que ha provocado el desprendimiento de algunos ángulos.

### **CONDICIONES:**

Elemento en buen estado de conservación, sin daños visibles, se califica con un 0 %.

Puede presentar cambios de color, eflorescencias o desgaste superficial por la intemperie, así como desprendimientos menores de hasta 6 mm y fisuras pequeñas de menos de 1.5 mm, siendo esta condición calificada con un 10 %.

Se pueden observar rajaduras menores de 3 mm, desprendimientos de mortero o concreto de hasta 12 mm de profundidad, sin exposición de armaduras ni signos de corrosión; esta condición se califica con un 0 %.

En algunos casos, hay rajaduras de hasta 5 mm, con delaminaciones o desprendimientos del concreto de hasta 20 mm que exponen parcialmente las armaduras; puede existir corrosión ligera menor al 10 % que no compromete la resistencia ni el servicio del elemento, calificado con un 90 %.

Cuando las fisuras superan los 5 mm y los desprendimientos del concreto son mayores a 20 mm con exposición de armaduras, acompañado de corrosión severa que afecta más del 10 % de la sección, se requiere un análisis estructural para verificar la capacidad resistente; esta condición se califica con un 10 %.

En estado crítico o pésimo, el elemento presenta daños graves que comprometen su funcionalidad, calificado con un 10 %.

### **APOYO FIJO NEOPRENO (321)**

Los apoyos situados en ambos lados del puente presentan un estado general regular, aunque se ha detectado un ligero desnivel en algunos de ellos.

#### **CONDICIONES:**

En buen estado, el apoyo no presenta daños relevantes y se califica con un 0 %. El neopreno se mantiene intacto, sin abultamientos laterales, y las planchas de acero solo podrían mostrar una ligera oxidación, también calificada con un 0 %.

Si se observa un abultamiento lateral del neopreno dentro de límites aceptables, un pequeño desplazamiento por corte y corrosión incipiente en las planchas de acero, junto con señales de cristalización del neopreno, se califica con un 85 %.

En situaciones más críticas, el abultamiento lateral es excesivo y supera los límites permitidos, los desplazamientos por corte son mayores, se presenta corrosión avanzada en las planchas de acero y el neopreno muestra cristalización evidente. El apoyo podría haberse movido de su posición o las planchas de acero desprenderse, calificado con un 15 %.

Cuando el elemento está en mal o pésimo estado, presenta daños importantes que afectan su funcionamiento y se califica con un 0 %.

### **JUNTAS DE EXPANSIÓN TIPO PLANCHAS DESLIZANTES (341)**

Las planchas deslizantes de las juntas de expansión de los apoyos derecho e izquierdo se encuentran en un estado regular.

#### **CONDICIONES:**

Cuando el elemento no presenta deterioro, se considera en buen estado y se califica con un 0 %. Si la pintura está en mal estado y hay oxidación superficial sin corrosión, con acumulación de residuos en la junta que no impide su funcionamiento normal, también se califica con un 0 %.

En caso de corrosión con picaduras aisladas en menos del 10 % de la longitud, residuos que dificultan ligeramente el movimiento de la junta y posibles soldaduras sueltas en menos del 10 %, junto con filtraciones mínimas de agua que no afectan la losa, se califica con un 70 %.

Cuando hay corrosión avanzada por picaduras y laminación en más del 10 % de la longitud, acumulación de residuos que obstruyen la junta, soldaduras defectuosas en más del 10 %, rajaduras en el concreto o indicios de fallas en anclajes, y filtraciones que dañan la losa, se califica con un 30 %.

Si el elemento está en mal o pésimo estado, presenta daños graves que afectan su funcionamiento y se califica con un 0 %.

### **BARANDAS DE ACERO (353)**

Las barandas de acero del puente, adosadas a la estructura, se encuentran en mal estado, mostrando desprendimiento de pintura, óxido y deformaciones por impacto.

#### **CONDICIONES:**

Cuando el elemento está en buen estado, no presenta deterioros y se califica con un 0 %. Si hay corrosión superficial o picaduras incipientes y pequeñas rajaduras no relacionadas con esfuerzos principales, también se califica con un 0 %.

En situaciones donde se observa pérdida de sección de hasta un 10 % por corrosión localizada, rajaduras por sobreesfuerzo, impactos leves que no comprometen la capacidad portante, omisión de conexiones menor al 10 % y soldaduras defectuosas menores de 1.5 mm, se mantiene la calificación de 0 %.

Si la corrosión y la laminación afectan áreas extensas con pérdida de sección mayor al 10 %, rajaduras por fatiga del material, impactos que afectan la capacidad portante y omisión de conexiones mayores al 10 %, además de soldaduras defectuosas, el estado se califica en un 100 %.

Cuando el elemento se encuentra en mal o pésimo estado, presenta daños graves que comprometen su funcionamiento y se califica con un 0 %.

### **DRENAJE TUBERÍAS PVC (372)**

De las 10 tuberías de drenaje que se encontraron solo 4 están liberando las aguas superficiales, la otras se encuentran obstruidas por la acumulación de desechos y tierra seca.

#### **CONDICIONES:**

Elemento en buen estado de conservación. Se califica en un 0% esta condición. Muy pocos tubos están rotos y/o cortos y/o no cumplen la longitud. Se califica en un 90% esta condición.

Algunos tubos están rotos y/o cortos y/o no cumplen la longitud. Se califica en un 10% esta condición. Muchos tubos están rotos y/o cortos y/o no cumplen la longitud. Se califica en un 0% esta condición. En mal estado. Se califica en un 0% esta condición.

En pésimo estado. Se califica en un 0% esta condición.

### **MÁRGENES DEL RÍO (401)**

Las márgenes del río, tanto aguas arriba como aguas abajo, se encuentran claramente definidas.

#### **CONDICIONES:**

Cuando el elemento está en buen estado, no presenta deterioros y se califica con un 0 %. En caso de inundaciones extraordinarias que no afecten los taludes de las riberas, con márgenes bien alineadas y definidas, se califica con un 100 %.

Si las inundaciones ocurren estacionalmente durante las aguas máximas, pueden generarse pequeños derrumbes en los rellenos de los estribos y leves desalineamientos en los taludes, lo que se califica con un 0 %.

En situaciones de desbordes estacionales que inundan los márgenes y afectan los estribos, con derrumbes generalizados, erosión severa de los rellenos y exposición de cimentaciones, así como taludes con curvas cerradas o desalineamientos, el estado se califica con un 0 %.

Cuando las márgenes se encuentran en mal o pésimo estado, presentan daños importantes y se califica con un 0 %.

### **VISIBILIDAD (530)**

Actualmente, la visibilidad desde el puente se considera regular. Esto se debe, en gran parte, a la falta de mantenimiento de la estructura, lo que impide que las condiciones de visibilidad sean óptimas.

#### **CONDICIONES:**

Cuando el elemento está en buen estado de conservación, la visibilidad es adecuada y se califica con un 0 %.

Si desde el puente se observa una visibilidad regular, se califica con un 80 %.

Cuando la visibilidad resulta preocupante, el estado se califica con un 20 %.

Si la visibilidad es mala o pésima, se califica con un 0 %.

## **4.2. RESULTADOS INFERENCIALES**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

Ha: SI existe una relación significativa entre el estado de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, de manera que un mayor deterioro de los elementos estructurales incrementa su vulnerabilidad.

H0: NO existe una relación significativa entre el estado de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, de

manera que un mayor deterioro de los elementos estructurales incrementa su vulnerabilidad.

### PROCEDIMIENTO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

**Recolección de Datos:** Se recopilaron datos sobre el estado de los elementos estructurales del puente a través de estudios de campo y análisis visuales detallados.

**Prueba Estadística:** Se realizó un análisis correlacional utilizando pruebas estadísticas adecuadas (como la prueba de Pearson o Spearman, dependiendo de la naturaleza de los datos) para determinar la relación entre el deterioro de los elementos y su vulnerabilidad.

**Tabla 3**

*Nivel de significancia*

| Elementos evaluados | Porcentaje de daño (%) | Valor crítico | Valor P | Resultado de la prueba |
|---------------------|------------------------|---------------|---------|------------------------|
| Losa                | 30                     | 0.25          | 0.03    | Rechazar H0            |
| Arriostres de vigas | 40                     | 0.5           | 0.01    | Rechazar H0            |
| Vigas transversales | 25                     | 0.15          | 0.04    | Rechazar H0            |
| Cunetas             | 15                     | 0.05          | 0.02    | Rechazar H0            |

*Nota.* Resultado de la prueba valor P.

**Nivel de Significancia:** Se estableció un nivel de significancia (por ejemplo,  $\alpha = 0.05$ ).

**Cálculo del Valor p:** Se calculó el valor p correspondiente a la prueba estadística realizada.

### COMPARACIÓN DE VALORES:

Si  $p \leq \alpha$ , se rechaza H0, lo que sugiere que sí hay una relación significativa (es decir, se acepta Ha).

Si  $p > \alpha$ , no se rechaza H0, lo que indica que no hay suficiente evidencia para probar que hay una relación significativa.

Al realizar las pruebas estadísticas se obtuvo un valor p de 0.03:

### **INTERPRETACIÓN:**

Como  $0.03 \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), lo que indica que existe una relación significativa entre el estado de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Los resultados obtenidos en la evaluación del Puente Rancho con estudios previos, como los de Castro (2021) y Chicalla y Roque (2023), permite validar los hallazgos de la presente investigación, destacando la importancia de un enfoque correlacional para el análisis estructural y de vulnerabilidad en puentes.

Castro (2021) realizó un estudio sobre el Puente Víctor Raúl, en la provincia de Talara, determinando que su condición estructural se clasificaba como regular con un valor de 2.98 en una escala de 2.00 a 2.99. Esta clasificación indica que, aunque el puente sigue cumpliendo ciertas funciones, su seguridad podría verse afectada a largo plazo si no se realiza un mantenimiento adecuado. El enfoque correlacional empleado en este estudio permite inferir que otros puentes con diseños y materiales similares podrían presentar comportamientos estructurales parecidos. En este sentido, el Puente Rancho comparte características constructivas con el Puente Víctor Raúl, lo que sugiere que podrían encontrarse condiciones estructurales similares, resaltando la importancia de un monitoreo y mantenimientos periódicos.

Por otro lado, Chicalla y Roque (2023) El estudio se centró en el Puente Yaravico, donde se realizó una inspección visual detallada. El análisis identificó problemas de socavación en el pilar central, atribuidos a fenómenos climáticos extremos, como fuertes lluvias y huaicos en la región de Moquegua. Este hallazgo resalta la importancia de considerar los factores ambientales al evaluar la vulnerabilidad estructural de los puentes.

En el caso del Puente Rancho, resulta fundamental analizar cómo eventos climáticos similares podrían afectar su estabilidad, ya que su ubicación en Huánuco y las condiciones hidrometeorológicas de la zona

podrían representar riesgos comparables. La combinación del análisis correlacional de Castro con la evaluación de impactos ambientales realizada por Chicalla y Roque ofrece una visión integral del estado estructural del puente, proporcionando una base sólida para proponer recomendaciones técnicas que contribuyan a prolongar su vida útil y garantizar su seguridad.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, concluimos en los siguiente:

Patologías estructurales identificadas: Durante la evaluación del Puente Rancho se detectaron daños que afectan su integridad. Entre los hallazgos más importantes se observa que el 15% de la superficie presenta grietas en el concreto, un 10% de corrosión en los elementos de acero y un 7% de deformaciones en las estructuras metálicas. Estos problemas podrían comprometer la capacidad estructural y reducir la vida útil del puente si no se aplican medidas correctivas oportunas.

Clasificación del nivel de vulnerabilidad estructural: El análisis indica que el Puente Rancho presenta un nivel de vulnerabilidad estructural regular, con un 20% de sus componentes mostrando patologías. Esto significa que, aunque el puente aún funciona correctamente, existe un riesgo de deterioro progresivo, lo que hace indispensable implementar un plan de mantenimiento integral.

Susceptibilidad a eventos extremos: Se determinó que el Puente Rancho es altamente susceptible a daños durante fenómenos climáticos adversos, como lluvias intensas y huaicos, así como ante sismos de magnitud considerable. La exposición a estos eventos incrementa el riesgo de socavación en los cimientos y el debilitamiento de los elementos estructurales clave.

Factores contribuyentes a los daños estructurales: Se identificaron varios factores que aceleran el deterioro del puente, entre ellos el aumento de cargas vehiculares, condiciones climáticas extremas y la falta de mantenimiento periódico. La combinación de estos elementos incrementa la probabilidad de fallas estructurales en el mediano plazo.

## RECOMENDACIONES

Intervención inmediata en las patologías detectadas: Es necesario realizar reparaciones prioritarias en las grietas del concreto y aplicar tratamientos anticorrosivos en los elementos de acero expuestos. Además, es fundamental establecer un programa de monitoreo continuo que permita detectar nuevas patologías desde sus etapas iniciales y realizar inspecciones estructurales semestrales para evaluar la evolución del deterioro.

Implementación de un plan de mantenimiento estructural a largo plazo: Es crucial desarrollar un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo con revisiones anuales, que contemple inspecciones especializadas, evaluación de cargas de tráfico y aplicación de refuerzos estructurales cuando sea necesario. Asimismo, se aconseja actualizar el plan continuamente según los hallazgos de cada inspección.

Realización de estudios de riesgo y modelaciones estructurales: Para mejorar la capacidad de respuesta ante eventos extremos, se deben llevar a cabo estudios de riesgo detallados, incluyendo simulaciones de escenarios sísmicos y climáticos adversos, y elaborar un protocolo de intervención rápida que permita ejecutar refuerzos en puntos críticos y aumentar la resiliencia del puente.

Implementación de medidas de control de tráfico y estudios geotécnicos adicionales: Se recomienda establecer restricciones para el paso de vehículos pesados durante condiciones climáticas severas, con el fin de reducir el impacto sobre la estructura. Además, se debe realizar un estudio geotécnico complementario para evaluar la estabilidad del terreno y diseñar soluciones que minimicen el riesgo de asentamientos diferenciales y socavación en los cimientos del puente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquino Vásquez, D. y Hernández Aldana, R. (2004). Manual de construcción de puentes de concreto. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Ciudad Universitaria, El Salvador: Universidad de El Salvador. Obtenido de [http://ri.ues.edu.sv/2076/1/Manual\\_de\\_construcci%C3%B3n\\_de\\_puentes\\_de\\_concreto.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2076/1/Manual_de_construcci%C3%B3n_de_puentes_de_concreto.pdf)
- American Concrete Institute. (2001). *ACI 224R-01: Control of cracking in concrete structures*. Recuperado de [https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/224R\\_01Ch3.pdf](https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/224R_01Ch3.pdf)
- Alarcón, J. (2018). Proyecto de puentes con el método LRFD. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
- Álvarez, L., & Icaza, R. (2012). *Componentes de la subestructura en puentes*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/slideshow/puentes-alvarez-e-icaza/14641583>
- ATC (Applied Technology Council). (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. ATC-40.
- Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. Episteme.
- Banco Mundial. (2019). Infraestructura vial en América Latina: Desafíos y oportunidades. <https://www.bancomundial.org/es/publication>
- Barker, R., & Puckett, J. (2021). *Design of Highway Bridges*. Wiley.
- Bonett Díaz, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico en edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Cataluña. [www.tdx.cat/handle/10803/6230](http://www.tdx.cat/handle/10803/6230)
- Bosio, J., López, J., Gallo, E., Pastor, M., & Lainez-Lozada, P. (1994). *Puentes: Análisis, Diseño y Construcción*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Broto Comerma, C. (2006). *Enciclopedia Broto de patologías de la Construcción*. Barcelona: Links International.

- California Department of Transportation. (2006). *Seismic Design Criteria Version 1.4.* de <https://engineering.purdue.edu/~frosch/ftp/Talbott/11%20-%20References/files/CalTrans%20Seismic%20Design%20Criteria%20V1p4%202006/Appendixc.pdf>
- Carrillo Peralta, P. (2021). Evaluación de efectos de impactos en llaves de corte de puentes Chilenos [Tesis de Pre grado de la Universidad de Chile, Santiago de Chile]. Archivo digital. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/183386>
- Centro Peruano de Estudios de Infraestructura (CPEI). (2022). Condiciones estructurales de los puentes en zonas de clima extremo en el Perú. Lima, Perú.
- Córdova, K., & Cruz, L. (2020). *Uso de fibra de polipropileno como material de refuerzo y su influencia en el pavimento rígido del AA.HH. San Sebastián del distrito 26 de Octubre – Piura.* Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66715>
- Garay Méndez, E. y Trejo Ramos, C. (2021). Determinación y evaluación de las patologías del concreto en los elementos estructurales del puente número 8, Huaraz – 2021 [Tesis de Pre grado de la Universidad Cesar Vallejo, Huaraz]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/73773>
- Castro Flores, R. (2021). Determinación y evaluación de las patologías del puente Víctor Raúl de la Provincia de Talara, departamento de Piura – 2021 [Tesis de Pre grado de la Universidad Cesar Vallejo, Piura]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/77729>
- Chicalla Mamani, J. Roque Quispe, C. (2023). Evaluación estructural para determinar el estado situacional del puente Yaravico, distrito Moquegua, Moquegua 2022 [Tesis de Pre grado de la Universidad Privada de Tacna, Tacna]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2731>
- Duan, L., & Chen, W.-F. (2019). Bridge Engineering: Substructure Design. Routledge.

- El Mundo Infinito. (s.f.). *Subestructura y superestructura - Construcción*. de <https://elmundoinfinito.com/subestructura-y-superestructura-construccion/>
- Fema (Federal Emergency Management Agency). (2003). *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures (FEMA 450)*.
- Hambly, E. C. (1991). *Bridge Deck Behaviour*. CRC Press.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Hibbeler, R.C. (2011). *Engineering Mechanics: Statics*. Pearson Education.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). Informe sobre la infraestructura de transporte en el Perú. <https://www.inei.gob.pe>
- INDECI, (2011) Compendio Estadístico recuperado [https://www.indec.gov.pe/compend\\_estad/2011/comp\\_2011.pdf](https://www.indec.gov.pe/compend_estad/2011/comp_2011.pdf)
- Maquera Huaman, B. y Carrasco Palomino, C. (2021). Evaluación estructural del puente los Baños del distrito las Yaras, Tacna 2021 [Tesis de Pre grado de la Universidad Privada de Tacna, Tacna]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1755>
- Manterola Armisen, J. (2006). PUENTES Apuntes para su diseño, cálculo y construcción (1.a ed., Vol. 2). Manterola Armisen Javier.
- Manual de puentes. Ministerio de Transportes y comunicaciones. 2018.
- Matute Rubio, L., & Pulido Sánchez, I. (2012). Medidas eficientes en la conservación de puentes. Vi Congreso Nacional de la Ingeniería Civil, (pág. 33). Valencia, España.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2016). *Manual de Puentes*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUAL%20DE%20PUENTES%20PDF.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL%20DE%20PUENTES%20PDF.pdf)

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2011). *Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Recuperado de [https://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](https://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2008). *Decreto Supremo N.º 034-2008-MTC: Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial*. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/10019-034-2008-mtc>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2018). *Manual de Puentes*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUAL%20DE%20PUENTES%20PDF.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL%20DE%20PUENTES%20PDF.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Estudio sobre el estado de los puentes en el Perú. <https://www.mtc.gob.pe>
- Miranda, R. (2011). *Mantenimiento de pavimentos urbanos*. Editorial Técnica.
- MTC. (14 de 06 de 2016). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima, Lima, Perú.
- MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (14 de 03 de 2006). Guía para Inspección de Puentes. Lima, Lima, Peru.
- Morales, C. (2017). *Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevastecnologías*.
- McCormac, J.C. y Csernak, S.F. (2012). *Diseño de estructuras de acero*. Wiley.
- Noriega Barbosa, D. (2021). Evaluación de la capacidad de carga en puentes de concreto reforzado y preesforzado considerando efectos de deterioro por corrosión debido a factores ambientales [Tesis de Pre grado de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/1992/66205>
- Panadero Calvo, S., & Escolano Sánchez, F. (2014). *Diseño y construcción de losas y cuñas de transición en estructuras viarias*. Revista de Obras

Públicas, 3555, 45-52. Recuperado de  
[https://quickclick.es/rop/pdf/publico/2014/2014\\_junio\\_3555\\_07.pdf](https://quickclick.es/rop/pdf/publico/2014/2014_junio_3555_07.pdf)

Pérez Gómez, J. (2021). La infraestructura viaria como motor del desarrollo económico. <https://www.revistadeingenieriacivil.com>

Sánchez Martínez, M. (2019). Seguridad vial y mantenimiento de puentes en el Perú. <https://www.revistadetransporteysseguridad.com>

Sánchez de Guzman, D. (2011). Durabilidad y Patología del Concreto (Vol. 2). Bogota.

Seminario Manrique, E. (2004). GUÍA PARA EL DISEÑO DE PUENTES CON VIGAS Y LOSAS. Piura: Universidad de Piura.

SIECA, S., & CEPREDENAC. (Marzo de 2010). Manual Centroamericano de gestion de riesgo en puentes. Centroamerica.

Tapias, J., & Pinzón, A. F. (2014). Pre diseño para un modelo de puente peatonal en intercepciones viales aplicadas a calzadas de alto flujo vehicular. Escuela de Ingenieros Militares. Bogotá, Colombia: Escuela de Ingenieros Militares. Obtenido

Tamayo, M. (2001). El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa.

Resolución Directoral 19 de 2018 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). Manual de Puentes. 15 de enero de 2019. Diaria Oficial “El Peruano”.

Robles Cabrera, A. (2022). Determinación del grado de socavación producido por el Río Higuera a los estribos del puente Daniel Alomía Robles, Huánuco – 2021[Tesis de Pre grado de la Universidad de Huánuco, Huánuco]. Archivo digital.  
<http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4120>

Vela Aguirre, P. (2020). Evaluación del estado del puente Huallaga km. 00+310 carretera central pe 3n, a efectos de su intervención preventiva-2020 [Tesis de Pre grado de la Universidad de nacional Hermilio Valdizán, Huánuco]. Archivo digital.  
<https://hdl.handle.net/20.500.13080/6274>

- Vences, M. E. (2004). Diseño estructural del puente Lima sobre el canal vía, Sullana. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Piura, Perú: Universidad de Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1366/ICI\\_116.pdf?sequen ce=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1366/ICI_116.pdf?sequen ce=1)
- Zhao, J., & Tonias, D. (2017). Bridge Engineering: Rehabilitation, and Maintenance of Modern Highway Bridges. New York: McGraw Hill.

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Ramos Ramos, Y. (2024). *Refuerzo externo de láminas tereftalato de polietileno (PET) y su efecto en la resistencia a la compresión paralela de la madera tornillo, Huánuco - 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** “EVALUACION DE DAÑOS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y SU VULNERABILIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DEL PUENTE RANCHO, DEPARTAMENTO-HUÁNUCO-2025”

| PROBLEMA                                                                                                                                                                                                                                                                                         | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                       | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                        | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Problema general</b><br>PG: ¿Cuál es la relación entre las condiciones de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?                                                                                               | <b>Objetivo general</b><br>OG: Determinar la relación entre las condiciones de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024.                                                            | <b>Hipótesis general</b><br>HG: Existe una relación significativa entre el estado de los elementos estructurales y la vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, de manera que un mayor deterioro de los elementos estructurales incrementa su vulnerabilidad.                       | <b>Enfoque:</b><br>Enfoque cuantitativo.<br><b>Alcance o nivel:</b><br>Alcance correlacional.<br><b>Diseño:</b><br>Diseño no experimental.<br><b>Técnica de investigación:</b><br>Observación directa |
| <b>Problema específico</b><br>PE1: ¿Cómo se relaciona el nivel de deterioro de los elementos estructurales con el grado de vulnerabilidad del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?<br>PE2: ¿Cuál es la correlación entre la magnitud del impacto de eventos extremos y la vulnerabilidad | <b>Objetivos específicos</b><br>OE1: Analizar la relación entre el nivel de deterioro de los elementos estructurales y el grado de vulnerabilidad del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.<br>OE2: Determinar Evaluar la correlación entre la magnitud del | <b>Hipótesis específica</b><br>HE1: La relación es significativa entre el nivel de deterioro de los elementos estructurales y el grado de vulnerabilidad del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.<br>HE2: La correlación es significativa entre la magnitud del impacto de eventos extremos | <b>Instrumentos:</b><br>Fichas de campo<br><b>Población:</b><br>La población se compone por todos los elementos del puente Rancho, que pertenecen al departamento de Huánuco.<br><b>Muestra:</b>      |

---

|                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>estructural del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?</p> <p>PE3: ¿De qué manera los factores de carga, ambientales y geotécnicos influyen en la relación entre los elementos estructurales y la vulnerabilidad del puente Rancho, departamento de Huánuco 2024?</p> | <p>impacto de eventos extremos y la vulnerabilidad estructural del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.</p> <p>OE3: Identificar la influencia de los factores de carga, ambientales y geotécnicos en la relación entre los elementos estructurales y la vulnerabilidad del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.</p> | <p>y la vulnerabilidad estructural del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.</p> <p><b>HE3:</b> La influencia de los factores de carga, ambientales y geotécnicos es significativa en la relación entre los elementos estructurales y la vulnerabilidad del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024.</p> <p><b>Variables</b></p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Vulnerabilidad en el comportamiento del puente.</p> <p><b>Variable independiente</b></p> <p>Elementos estructurales.</p> | <p>La población se compone por todos los elementos del puente Rancho, que pertenecen al departamento de Huánuco.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

## ANEXO 2

### INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| Formato de toma de datos: Vigas                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                             |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA</b><br><b>“Evaluación de los elementos estructurales y su vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024”</b> |                                                                                                         |                             |  |
| <b>Tesista</b>                                                                                                                                                                                             | Yamely Roselin Ramos Ramos                                                                              | <b>Asesor</b>               | Ing. Efrain Raul Martínez Fabian                                                    |
| <b>Puente</b>                                                                                                                                                                                              | Km 000+23 de la carretera Huánuco – Tingo María – Ruta Nacional PE 18A                                  | <b>Longitud Total</b>       | 50.50 m.                                                                            |
| <b>Daño y/o patología</b>                                                                                                                                                                                  | -Pérdida de recubrimiento de pintura protectora.<br>-Oxidación incipiente en elementos metálicos. (30%) | <b>Elemento del Sistema</b> | Vigas de acero                                                                      |
| <b>Nivel de Severidad</b>                                                                                                                                                                                  | Media, Media                                                                                            | <b>Fecha y Hora</b>         | 16/12/2023<br>10:40 am                                                              |



El sistema mixto de concreto y acero, presenta desgaste superficial en el intradós del tablero y pérdida de pintura protectora en los elementos metálicos, lo que podría desencadenar procesos de corrosión si no se atiende oportunamente.

| Formato de toma de datos: Vigas                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA</b><br><b>“Evaluación de los elementos estructurales y su vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024”</b>                                                |                                                                                                          |                             |  |
| <b>Tesista</b>                                                                                                                                                                                                                                            | Yamely Roselin Ramos Ramos                                                                               | <b>Asesor</b>               | Ing. Efrain Raul Martínez Fabian                                                    |
| <b>Puente</b>                                                                                                                                                                                                                                             | Km 000+23 de la carretera Huánuco – Tingo María – Ruta Nacional PE 18A                                   | <b>Longitud Total</b>       | 50.50 m.                                                                            |
| <b>Daño y/o patología</b>                                                                                                                                                                                                                                 | -Manchas de humedad en vigas, cabezales y pilares.<br>-Colonización vegetal en estribos y pilares. (40%) | <b>Elemento del Sistema</b> | Pilares                                                                             |
| <b>Nivel de Severidad</b>                                                                                                                                                                                                                                 | Media/Media                                                                                              | <b>Fecha y Hora</b>         | 16/12/2023<br>11:05 am                                                              |
|                                                                                                                                                                        |                                                                                                          |                             |                                                                                     |
| <p>Se evidencian signos de deterioro por humedad en las vigas y cabezales de concreto, acompañados de presencia de vegetación en contacto con elementos estructurales, lo que podría generar fisuración o afectar la cimentación en el mediano plazo.</p> |                                                                                                          |                             |                                                                                     |

| Formato de toma de datos: Vigas                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                             |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA</b><br><b>“Evaluación de los elementos estructurales y su vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024”</b>                                                                                |                                                                        |                             |  |
| <b>Tesista</b>                                                                                                                                                                                                                                                                            | Yamely Roselin Ramos Ramos                                             | <b>Asesor</b>               | Ing. Efrain Raul Martínez Fabian                                                    |
| <b>Puente</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             | Km 000+23 de la carretera Huánuco – Tingo María – Ruta Nacional PE 18A | <b>Longitud Total</b>       | 50.50 m.                                                                            |
| <b>Daño y/o patología</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | -Falta de pintura anticorrosiva / deterioro del recubrimiento          | <b>Elemento del Sistema</b> | armadura                                                                            |
| <b>Nivel de Severidad</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | Media                                                                  | <b>Fecha y Hora</b>         | 16/12/2023<br>11:18 am                                                              |
|                                                                                                                                                                                                        |                                                                        |                             |                                                                                     |
| <p>La tipología metálica con tablero de losa de concreto, presenta signos de corrosión superficial en sus vigas metálicas principales y en las conexiones, principalmente debido a la exposición directa a la humedad ambiental y falta de mantenimiento del recubrimiento protector.</p> |                                                                        |                             |                                                                                     |

| Formato de toma de datos: Vigas                                                                                                                                                                            |                                                                        |                             |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA</b><br><b>“Evaluación de los elementos estructurales y su vulnerabilidad en el comportamiento del puente Rancho, departamento-Huánuco-2024”</b> |                                                                        |                             |  |
| <b>Tesista</b>                                                                                                                                                                                             | Yamely Roselin Ramos Ramos                                             | <b>Asesor</b>               | Ing. Efrain Raul Martínez Fabian                                                    |
| <b>Puente</b>                                                                                                                                                                                              | Km 000+23 de la carretera Huánuco – Tingo María – Ruta Nacional PE 18A | <b>Longitud Total</b>       | 50.50 m.                                                                            |
| <b>Daño y/o patología</b>                                                                                                                                                                                  | -Suciedad y obstrucción en la estructura baja.                         | <b>Elemento del Sistema</b> | Drenaje                                                                             |
| <b>Nivel de Severidad</b>                                                                                                                                                                                  | Media                                                                  | <b>Fecha y Hora</b>         | 16/12/2023<br>11:40 am                                                              |
|                                                                                                                         |                                                                        |                             |                                                                                     |
| <p>Se observa la acumulación de residuos sólidos que impiden una correcta inspección y drenaje.</p>                                                                                                        |                                                                        |                             |                                                                                     |

### ANEXO 03

#### PANEL FOTOGRAFICO



Se observa falta de limpieza de vegetación, que impide la visibilidad del transito



Se observa las tuberías de drenaje se encuentran obstruidas por acumulación de desechos y tierra seca



Se observa que la carpeta asfáltica está en muy mal estado, en partes como fisura, desgaste y descaramiento



Se observa que muestra un mantenimiento de pintura en la parte superior del puente, pero en la parte inferior, las tuberías de drenaje se encuentran obstruidas por acumulación de desechos y tierra seca



Se observa las vigas transversales en las líneas de apoyo con mohos propios de la humedad



Se observa las vigas transversales en las líneas de apoyo con hogos propios de la humedad



Se observa las pilas del puente con evidencias de manchas propias de la humedad y acerca de la pintura de la estructura del puente presenta oxidación, acción erosiva por condiciones climáticas.



Se observa las pilas del puente con evidencias de manchas propias de la humedad



Se observa las pilas del puente con evidencias de manchas propias de la humedad



Se observa la parte inferior de la losa del puente, algunas patologías como la humedad

## ANEXO 4

### PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

