

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LOS
COMPONENTES DEL PUENTE SHUMBA, JAÉN – 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. Abigail Paz Benites

ASESOR:

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas

CAJAMARCA - PERÚ

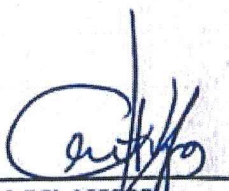
2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

1. Investigador: Abigail Paz Benites
DNI: 72962668
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
2. Asesor: DR. ING. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS
Facultad: INGENIERÍA
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LOS COMPONENTES DEL
PUENTE SHUMBA, JAÉN - 2024"
6. Fecha de evaluación: 02/03/2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 20 %
9. Código Documento: oid:3117:562913035
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 04/03/2026

 FIRMA DEL ASESOR Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas DNI: 26604421	 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
--	--

Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258801 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 04/03/2026 15:04:00-0500



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0128-2026

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería da a conocer que, a los **nueve días del mes de marzo de 2026**, siendo las diecisiete horas (5:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Vocal : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LOS COMPONENTES DEL PUENTE SHUMBA, JAÉN - 2024*; presentado por la Bachiller en Ingeniería Civil *ABIGAIL PAZ BENITES*, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Filial Jaén, asesorada por el Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y la evaluaron de la siguiente manera:

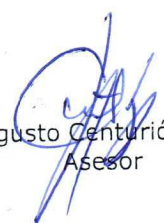
EVALUACIÓN PRIVADA : 6 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 17 PTS DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se la declara APROBADA con el calificativo de 17 (DIECISIETE)
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 18:20 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Presidente


Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Asesor

Copyright © 2026
By Abigail Paz Benites
Todos los derechos reservados

Agradecimiento

A Dios, por permitirme contar con personas tan importantes en mi vida, quienes me guían en mi crecimiento personal y me brindan la fortaleza para avanzar.

A mis abuelos y a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental en mi crianza, enseñándome los valores que me han permitido llegar hasta aquí.

A mi madre, por ser la persona que me sostuvo desde el primer momento, por ser aquella guerrera que se esfuerza cada día por vernos alcanzar nuestras metas y nuestra felicidad.

A mis hermanas, por sus palabras de aliento y elogios, que siempre han sido un estímulo constante para creer en mí misma.

A Cristhiam, por su amor y por hacerme ver lo grandiosa que soy, incluso en los momentos de duda; por estar siempre a mi lado, apoyándome y haciéndome sentir capaz de alcanzar todas mis metas.

A los docentes que han sido parte de este proceso, quienes, con su dedicación y pasión por la enseñanza, han logrado despertar en mí el amor por mi carrera y me han motivado a seguir adelante.

A mi asesor, el Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas por su amabilidad, humildad y excelente trato. Gracias por brindarme la confianza necesaria para desarrollar mi proyecto de tesis y por su constante apoyo, que me permitió llegar a la culminación de este trabajo.

A todos ustedes, gracias por acompañarme en el camino de hacer posible este logro. ¡Este éxito es tan mío como de ustedes!

Abigail Paz Benites

Dedicatoria

A toda mi familia, quienes son los autores principales de todo mi crecimiento personal y profesional, los que se encargan día a día de darme fortaleza y seguridad para luchar constantemente y lograr cada objetivo.

TABLA DE CONTENIDOS

Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
RESUMEN.....	xiii
Abstract	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.3. Hipótesis general.....	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Alcances o delimitación de la investigación	3
1.6. Limitaciones.....	4
1.7. Objetivos	4
1.7.1. Objetivo general	4
1.7.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes teóricos	5
2.1.1. A nivel internacional	5
2.1.2. A nivel nacional.....	6
2.1.3. A nivel local	7
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Puentes	8

2.2.2. Patologías constructivas	11
2.2.3. Inspección de puentes	16
2.2.4. Pruebas en los componentes de un puente	35
2.3. Términos básicos	36
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	38
3.1. Ubicación geográfica y época	38
3.1.1. Ubicación geográfica.....	38
3.1.2. Época de la investigación.....	40
3.2. Enfoque, tipo, nivel, diseño y método de la investigación	40
3.2.1. Enfoque de investigación	40
3.2.2. Tipo de investigación	40
3.2.3. Nivel de investigación.....	40
3.2.4. Diseño de investigación	40
3.2.5. Método de investigación	40
3.3. Población, muestra y unidad de análisis	41
3.3.1. Población.....	41
3.3.2. Muestra.....	41
3.3.3. Unidad de análisis	41
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos	41
3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos	41
3.5. Técnicas de análisis e interpretación de datos	41
3.5.1. Técnicas de análisis.....	41
3.5.2. Interpretación de resultados	42
3.6. Procedimiento	42

3.6.1. Levantamiento topográfico	42
3.6.1. Identificación de elementos e inspección.....	44
3.6.2. Registros fotográficos e identificación de patologías en campo	45
3.6.3. Aplicación de ensayos no destructivos	45
3.6.4. Registro de la información	45
3.6.5. Cálculo de la condición estadística de los elementos y del puente	45
3.7. Operacionalización de variables	56
3.8. Matriz de consistencia.....	55
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS	56
4.1. Resultados de evaluación de las patologías	56
4.1. Resultados de Ensayo de Esclerometría	81
4.2. Proponer alternativas de solución ante patologías identificadas.....	81
5. CAPÍTULO V.	85
5.1. Discusión de resultados.....	85
6. CAPÍTULO VI.	90
6.1. Conclusiones	90
6.2. Recomendaciones	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXOS	96

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de Lesiones del concreto armado	14
Tabla 2 Condición estadística de los elementos	29
Tabla 3 Condición global del puente.....	31
Tabla 4 Coordenadas “Puente Shumba”	39
Tabla 5 Elementos evaluados	44
Tabla 6 Condición de elementos del puente Shumba, según evaluación de campo	46
Tabla 7 Ajustes según porcentaje de umbral	47
Tabla 8 Suma por elemento comenzando por la condición 5 hasta que la suma exceda de 100%	48
Tabla 9 Reajuste de valores hasta sumas 100% desde la condición más desfavorable.....	49
Tabla 10 Condición estadística de cada elemento, utilizando el quinto momento.....	52
Tabla 11 Factor de importancia de cada elemento	53
Tabla 12 Contribución de cada componente	54
Tabla 13 Condición estadística global del puente	55
Tabla 14 Operacionalización de variables.....	56
Tabla 15 Matriz de consistencia	55
Tabla 16 Resultados de Losa de concreto	56
Tabla 17 Resumen de condición	57
Tabla 18 Resultados de Vigas principales de concreto armado	58
Tabla 19 Resumen de condición	59
Tabla 20 Resultados de Vigas secundarias de concreto	60
Tabla 21 Resumen de condición	61
Tabla 22 Resultados de estribos de concreto simple	62
Tabla 23 Resumen de condición	63
Tabla 24 Resultados de las alas de los estribos de concreto simple.....	64
Tabla 25 Resumen de condición	65
Tabla 26 Resultados de zapatas de concreto simple.....	66
Tabla 27 Resumen de condición	67
Tabla 28 Resultados de vereda de concreto	68
Tabla 29 Resumen de condición	69

Tabla 30 Resultados de apoyo deslizante de acero	70
Tabla 31 Resumen de condición	71
Tabla 32 Resultados de apoyo articulado de acero	72
Tabla 33 Resumen de condición	73
Tabla 34 Resultados de junta de expansión.....	74
Tabla 35 Resumen de condición	75
Tabla 36 Resultados de baranda de concreto	76
Tabla 37 Resumen de condición	78
Tabla 38 Resumen de condición estadística de los componentes evaluados	79
Tabla 39 Resultados de esclerometría	81
Tabla 40 Alternativas de solución	82

Índice de figuras

Figura 1	Procedimiento para determinar condición estadística	30
Figura 2	Mapa de la Región Cajamarca y Provincia de Jaén.....	38
Figura 3	Ubicación del puente Shumba, Carretera Jaén – San Ignacio	39
Figura 4	Vista en planta del puente Shumba.....	43
Figura 5	Elevación del puente Shumba.....	44
Figura 6	Condición de Losa de Concreto según patologías evaluadas	57
Figura 7	Condición de Vigas Principales de Concreto según patologías.....	59
Figura 8	Condición de Vigas Secundarias de Concreto según patologías	61
Figura 9	Condición de Elevación cuerpo del estribo según patologías	63
Figura 10	Condición de Elevación alas del estribo según patologías	65
Figura 11	Condición de Zapatas de Estribos según patologías	67
Figura 12	Condición de Vereda de Concreto según patologías.....	69
Figura 13	Condición de Apoyo Deslizante de Acero según patologías	71
Figura 14	Condición de Apoyo Articulado de Acero según patologías	73
Figura 15	Condición de Junta de Expansión según patologías	75
Figura 16	Condición de Baranda de Concreto según patologías	78
Figura 17	Vista del Puente “Shumba” desde acceso derecho	120
Figura 18	Levantamiento topográfico – vista acceso derecho	120
Figura 19	Levantamiento topográfico – vista acceso izquierdo.....	121
Figura 20	Presencia de suciedad y humedad en losa de concreto.....	121
Figura 21	Presencia de erosión superficial y desprendimientos de concreto en losa....	122
Figura 22	Presencia de desprendimiento con exposición de armaduras en losa.....	122
Figura 23	Presencia de desprendimiento de concreto con exposición de armadura en losa.....	123
Figura 24	Presencia de suciedad, humedad, eflorescencias y erosión en vigas principales.....	123
Figura 25	Presencia de humedad, suciedad, eflorescencias y erosión en vigas principales.....	124
Figura 26	Presencia de desprendimiento de concreto, eflorescencia en esquina de viga principal	124

Figura 27	Presencia de fisura de 0.2mm, desprendimiento, erosión y eflorescencia en viga principal	125
Figura 28	Presencia de eflorescencia, desprendimiento, humedad, suciedad en viga principal.....	125
Figura 29	Presencia de suciedad, humedad, eflorescencia y desprendimiento en borde de vigas secundarias.....	126
Figura 30	Presencia de humedad, suciedad, moho, hongos, grieta en estribo derecho	126
Figura 31	Presencia de erosión superficial y grieta de 250mm de espesor en estribo derecho	127
Figura 32	Grieta de 10mm en cajuela de estribo derecho	127
Figura 33	Desprendimiento de concreto con exposición de agregados y erosión en estribo izquierdo	128
Figura 34	Presencia de grieta y desprendimiento en estribo izquierdo.....	128
Figura 35	Erosión superficial y fisura de 0.30mm de espesor en estribo izquierdo	129
Figura 36	Presencia de humedad, suciedad, moho y hongos en alero aguas arriba – estribo izquierdo	129
Figura 37	Suciedad, humedad, moho, hongos, erosión en alero aguas abajo de estribo izquierdo.....	130
Figura 38	Desprendimiento con exposición de agregados en alero aguas abajo de estribo izquierdo.....	130
Figura 39	Suciedad, humedad, moho, hongos, fisuras y erosión en alero aguas arriba del estribo derecho	131
Figura 40	Erosión, desprendimiento, hongos, moho, humedad en aguas abajo del estribo derecho	131
Figura 41	Erosión y desprendimiento en zapata de estribo derecho	132
Figura 42	Grieta de 40mm en zapata de estribo derecho	132
Figura 43	Presencia de erosión y desprendimiento de concreto en zapata de estribo izquierdo	133
Figura 44	Presencia de suciedad, humedad y fisura de 0.25mm en la vereda de concreto aguas arriba.....	133
Figura 45	Presencia de grietas de 2.00mm en vereda aguas abajo	134

Figura 46	Grieta de 1.30mm en vereda aguas abajo	134
Figura 47	Presencia de desprendimiento en soporte, corrosión y oxidación en apoyo deslizante de acero	135
Figura 48	Desprendimiento en soporte, oxidación y corrosión severa en apoyo articulado de acero	135
Figura 49	Desprendimiento de material, grietas y fisuras en junta de expansión en acceso derecho	136
Figura 50	Presencia de humedad, suciedad, desprendimiento de material en junta de expansión izquierda.....	136
Figura 51	Presencia de suciedad, humedad, erosión, fisuras en baranda aguas arriba.....	137
Figura 52	Erosión y grieta de 2.00mm de espesor en baranda de concreto aguas arriba.....	137
Figura 53	Presencia de suciedad, humedad, erosión en baranda de concreto aguas abajo	138
Figura 54	Desprendimiento con exposición de armaduras y corrosión en baranda de concreto aguas abajo	138
Figura 55	Presencia de desprendimiento y pérdida de sección en baranda de concreto aguas abajo.....	139

RESUMEN

El puente Shumba, ubicado en el km 43 de la carretera Jaén–San Ignacio, presenta lesiones físicas, mecánicas, químicas y biológicas; por lo que, se evaluaron las patologías de sus componentes. El estudio fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicado, nivel descriptivo, con un diseño no experimental de corte transversal, y un método hipotético-deductivo y de medición. El desarrollo de la investigación fue a través de la observación directa, la recopilación de datos y el diagnóstico del problema. Se identificaron, clasificaron y evaluaron las patologías existentes en los componentes; siendo la erosión la patología más predominante en condición preocupante, en elementos de la subestructura como zapatas con un área afectada de 39.96% y estribos con 35.44%; en elementos de la superestructura como losa de concreto la humedad con 41.66%, en vigas principales y secundarias la suciedad con áreas de afectación de 52.29% y 26.54%, respectivamente. Además, se determinó que el apoyo de acero deslizante presentó (oxidación 24.35% y corrosión 15.97%) y el articulado (oxidación 27.50% y corrosión 14.58%). Otro elemento crítico fueron las juntas de expansión, ya que presentaron desprendimiento en su totalidad. Se ejecutó el ensayo no destructivo de esclerometría según ASTM C-805 obteniéndose, en la losa de concreto ($f'c = 280.12 \text{ kg/cm}^2$), vigas principales ($f'c = 297.00 \text{ kg/cm}^2$) y estribo derecho ($f'c = 167.46 \text{ kg/cm}^2$). Por lo que, se concluyó que elementos importantes como los anteriormente mencionados se encuentran en una condición que varía entre preocupante y mala; requiriendo de intervenciones mayores; esto ayudó a determinar y clasificar la condición global estadística del puente Shumba; la cual resultó como MALA debido a la severidad de las patologías halladas en sus componentes. Por ello, se han propuesto alternativas de solución a fin de mitigar, corregir y prevenir el progreso de estos daños.

Palabras clave: patologías estructurales, puentes, inspección visual, condición estadística, subestructura.

Abstract

The Shumba Bridge, located at km 43 of the Jaén–San Ignacio highway, presents physical, mechanical, chemical, and biological damage; therefore, the pathologies of its components were evaluated. The study followed a quantitative approach, applied type, descriptive level, with a non-experimental cross-sectional design and a hypothetical–deductive and measurement method. The research was carried out through direct observation, data collection, and problem diagnosis. The existing pathologies in the bridge components were identified, classified, and evaluated, with erosion being the most predominant in a concerning condition, particularly in substructure elements such as footings with an affected area of 39.96% and abutments with 35.44%. In superstructure elements, moisture was found in the concrete deck with 41.66%, while dirt accumulation affected the main and secondary girders with areas of 52.29% and 26.54%, respectively. Furthermore, it was determined that the sliding steel bearing presented oxidation (24.35%) and corrosion (15.97%), while the articulated bearing showed oxidation (27.50%) and corrosion (14.58%). Another critical element was the expansion joints, which exhibited complete detachment. A non-destructive rebound hammer test was conducted according to ASTM C805, obtaining compressive strength values in the concrete deck ($f'_c = 280.12 \text{ kg/cm}^2$), main girders ($f'_c = 297.00 \text{ kg/cm}^2$), and the right abutment ($f'_c = 167.46 \text{ kg/cm}^2$). It was concluded that important elements such as those mentioned above are in a condition ranging from concerning to poor, requiring major interventions. This allowed the determination and classification of the overall statistical condition of the Shumba Bridge, which was rated as poor due to the severity of the pathologies found in its components. Therefore, alternative solutions have been proposed to mitigate, correct, and prevent the progression of these damages.

Keywords: Structural pathologies, bridges, visual inspection, statistical condition, substructure.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los puentes han sido una de las estructuras complejas más relevantes para el desarrollo de la humanidad. Desde tiempos antiguos, han desempeñado un papel crucial en permitir los intercambios que dieron paso a las más grandes civilizaciones y sociedades modernas. Su funcionalidad y desempeño son el resultado de años de desarrollo en ingeniería e investigación. Aun así, estas impresionantes construcciones no son inmunes a sufrir patologías y desgastes, sean nuevas o viejas, pues, como toda infraestructura, cumplen ciclos de vida que en algún momento requieren procesos de renovación o mantenimiento (Escobar y Martínez, 2022).

Los componentes de los puentes se ven afectados por patologías comunes; las cuales son consecuencia de las condiciones ambientales a las que están expuestos, los sobreesfuerzos a los que están sometidos, del incremento o cambio de cargas de servicio respecto a las consideradas en el diseño original, procesos constructivos o de montaje inadecuados, el escaso mantenimiento, entre otras causas (Mendoza Rodríguez, 2020).

En Colombia, se realizó una inspección visual de patologías del puente vehicular ubicado en la calle 13 Av. Américas con Carrera 50 en la localidad de Puente Aranda, debido a que es una zona con alto flujo vehicular, lo que generó deterioros en la estructura afectando su vida útil; de acuerdo al diagnóstico obtenido se identificaron patologías congénitas, patologías contraídas y patologías accidentales que a su vez se clasificaron en químicas, físicas, mecánicas y biológicas, todas estas influyendo en el deterioro del puente. Para alargar la vida útil de la estructura dieron como propuesta realizar mantenimientos periódicos (Cabrera y Beltrán, 2019).

En el Perú contamos con normas para la preservación de los puentes y uno de los principales objetivos de la guía para inspección, evaluación y mantenimiento de puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones es preservar la transitabilidad y permitir la fluidez del tránsito atendiendo deterioros en elementos estructurales y no estructurales visibles en los puentes (MTC, 2019, pág. 4).

En estudios realizados en el Perú se mostró que, en el año 2000 hubo un total de 2985 puentes, estando el 40% de ellos en buen estado y el 60% en estado crítico. En 2010,

el número de puentes existentes aumentó a 3395, se realizó una nueva evaluación y resultó que 60% estaba operativo y 40% en mal estado. En 2019 en todo el Perú había 3436 puentes, de esta cantidad un 40% se encontró en buen estado mientras que el 60% restante en mal estado; es decir, el deterioro en los puentes fue progresivo, por lo que, se concluyó que 2076 puentes estaban señalados como no aptos y solo 1359 funcionaban en óptimas condiciones (Peralta, 2020).

El fenómeno El Niño entre los años 1997 y 1998, fue uno de los eventos climáticos más intensos registrados en la costa del Pacífico Sudamericano, el Perú fue víctima de lluvias intensas, inundaciones y crecidas extremas de ríos que produjeron daños severos en las infraestructuras viales, incluyendo carreteras y puentes. Un caso representativo fue el colapso del Puente Bolognesi sobre el río Piura, cuya estructura cedió ante el gran incremento del caudal, evidenciando la vulnerabilidad de los puentes frente a este tipo de eventos y procesos de socavación profunda (French y Mechler, 2017).

De manera similar, en el 2017 el evento denominado El Niño Costero, caracterizado por intensas lluvias e inundaciones en la costa peruana, provocó daños significativos en los puentes al activar procesos de erosión, socavación de cimientos y alteraciones en el drenaje. Recientes investigaciones registraron que estas condiciones incrementaron la vulnerabilidad de los sistemas estructurales ante cargas hidráulicas no previstas, indicando la necesidad de evaluar técnicamente las patologías y la condición de estas infraestructuras para garantizar su seguridad (Rollenbeck et al., 2022).

En la provincia de Jaén al igual que en distintas ciudades del Perú existen puentes que no llevan un proceso de inspección, evaluación y mantenimiento de acuerdo a la Guía de Inspección, Evaluación y Mantenimiento de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; lo que conlleva a que estos se encuentren en mal estado.

Así como es el caso del puente Shumba, el cual se ejecutó en 1974 y está ubicado en el km 43 de la carretera Jaén – San Ignacio, en el tramo PK 21 – PK 47 de la Red Vial Nacional Longitudinal de la Selva Norte Ruta PE – 5N, perteneciente al distrito de Bellavista, Provincia de Jaén.

A simple vista se observó que el puente Shumba no cuenta con mantenimiento, pues los daños y el deterioro de este son evidentes en sus componentes; esto ocasiona fallas en la estructura y trae consigo pérdidas de vidas humanas y daños materiales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la condición de las patologías físicas y mecánicas en los componentes del puente Shumba, Jaén - 2024?

1.3. Hipótesis general

Las patologías físicas y mecánicas en los componentes del puente Shumba están en condición mala, de acuerdo a su grado de severidad.

1.4. Justificación de la investigación

La investigación se justifica debido a la necesidad de determinar la condición del Puente Shumba mediante la evaluación de las patologías físicas y mecánicas presentes en sus componentes, considerando que esta infraestructura forma parte de la Red Vial Nacional y cumple una función estratégica para la conectividad de la provincia de Jaén. La ausencia de inspecciones y evaluaciones conforme a la Guía para Inspección, Evaluación y Mantenimiento de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2019) limita el conocimiento de su estado actual y dificulta la toma de decisiones referentes al mantenimiento. La identificación y análisis de lesiones como fisuras, corrosión, desgaste superficial y lesiones mecánicas permitió establecer el nivel de condición, la identificación de riesgos estructurales y generar información confiable que aporte a la planificación de intervenciones preventivas y correctivas, optimizando recursos y fortaleciendo la gestión de la infraestructura vial.

1.5. Alcances o delimitación de la investigación

- El área de estudio fue el puente Shumba, ubicado en el kilómetro 43 de la carretera Jaén – San Ignacio; la investigación se realizó durante los meses noviembre y diciembre del 2024.
- La investigación se centró en la identificación, clasificación y evaluación de las patologías físicas y mecánicas presentes en los componentes del puente con el propósito de determinar su condición actual en el periodo de estudio. Además, se realizaron ensayos de esclerometría en componentes como losa de concreto, vigas principales y estribo derecho.
- La evaluación se realizó utilizando la Guía para Inspección, Evaluación y Mantenimiento de puentes (MTC,2016).

1.6. Limitaciones

- No se realizaron ensayos de los suelos de cimentación que permitan evaluar con mayor precisión la capacidad portante o posibles asentamientos.
- No se ejecutaron estudios hidrológicos ni modelamientos hidráulicos que permitan conocer el comportamiento del cauce en eventos extremos.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar las patologías físicas y mecánicas de los componentes del puente Shumba, Jaén – 2024.

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de las patologías que presentan los componentes del puente Shumba.
- Clasificar la condición del puente Shumba bajo los parámetros de las patologías físicas y mecánicas presentes en sus componentes.
- Determinar los puntos de intervención en los componentes del puente Shumba.
- Proponer alternativas de solución ante las patologías identificadas en el puente Shumba.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. A nivel internacional

- Cárdenas (2020), en su investigación **“Análisis patológico del puente vehicular ubicado sobre el río Guamal en el Municipio de San Carlos de Guaroa”**, examinó las condiciones del puente ubicado sobre el río Guamal para evaluar las patologías de cada uno de los elementos que conforman a dicho puente, haciendo seguimiento de la norma propuesta por el INVIAS (Manual para la inspección visual de puentes y pontones, octubre del 2006), NTC 5551 (Durabilidad de estructuras de concreto), GTC 110 (Guía para la inspección visual de soldadores) y la NTC 2120 (Guía para la inspección de soldadura mediante ensayos no destructivos). Posterior al análisis realizado por el autor en campo, obtuvo que debido a la humedad se encontraron rastros de musgo y hongos que de extenderse causarían daños mecánicos y físicos a la estructura del puente; además, identificó otras lesiones como fisuras, desprendimiento de material, carbonatación, taponamiento; y este concluyó que al no realizarse un mantenimiento periódico en el puente se han generado distintos daños mecánicos y físicos en sus componentes, lo que afecta al correcto funcionamiento y propiedades de cada elemento.
- Gia (2020), en su investigación **“Patologías del puente Río Quera en la vía E59, que enlaza la provincia de El Oro y Azuay”**, a fin de realizar un análisis de las patologías estructurales del estado actual del puente y presentar una propuesta de mantenimiento correctivo, realizó una visita técnica in situ y utilizó una ficha de inspección visual de patologías de puentes, que a la vez fue propuesta debido a que no contaba con un formato normado; la cual dio como resultados que los daños más graves se encontraron en los estribos y equipamientos; concluyendo que las patologías físicas presentes en el puente más resaltantes fueron la humedad y los cambios volumétricos, finalmente determinó que el índice de daños corresponde a 2,1; por lo tanto, el puente necesita una reparación. Ante estos resultados el autor dio como propuesta realizar reparaciones para conservar el buen funcionamiento del puente en conjunto.

- Cabrera y Beltrán (2019), en su investigación: **“Estudio de Patologías Estructurales de los puentes Vehiculares en La Calle 13 Avenida Américas con Carrera 50 – Localidad de Puente Aranda en la Ciudad de Bogotá”**, para determinar las causas de las diferentes patologías encontradas, realizaron una inspección ocular, emplearon una metodología y desarrollo de los parámetros del SIPUCOL (Sistema de Administración de Puentes en Colombia) y realizaron un análisis en el que calificaron con una escala de 0-5 el estado de los elementos que conforman los puentes en investigación; tras la ejecución de la investigación se identificaron patologías existentes tales como la eflorescencia, lixiviación de aguas blandas, fisuras, grietas, carbonatación y corrosión. Determinaron que los elementos con mayores daños encontrados fueron las vigas, estribos y elementos no estructurales; recalcaron además que algunas de estas se hallaron en estado de severidad por ende disminuyen la vida útil de las estructuras; por lo que, plantearon procesos para controlar, disminuir o prevenir la presencia de patologías encontradas a fin de mejorar el estado de los puentes en estudio.

2.1.2. A nivel nacional

- Blas y Domínguez (2023), en su investigación **“Evaluación de las patologías en los elementos estructurales y su incidencia en el comportamiento estructural del puente Jangas – Huaraz, 2022”**, con enfoque mixto, de nivel descriptivo y diseño no experimental, utilizaron como instrumento una ficha de registro con la que lograron identificar patologías en el puente tales como: fisuras, desprendimientos, grietas, impactos, desgaste superficial, desprendimiento de capa de rodadura, desintegración de carpeta asfáltica, humedad y eflorescencia. Además, registraron que las patologías con mayor daño fueron fisuras con presencia en las 12 estructuras con un área total de 100.7 m², desgaste superficial con 57.3 m², desprendimiento de rodadura con 43.7 m², desintegración de la capa asfáltica con 38.6 m², grietas con 30.0 m², humedad 39.8 m² y eflorescencia 32.9 m². Por lo que, concluyeron que estas patologías están reduciendo las capacidades estructurales de los elementos del puente.
- Arrobas y Gutiérrez (2020), en su investigación: **“Diagnóstico de Patologías y su incidencia en una propuesta de mantenimiento del puente Picota, provincia de Picota, departamento de San Martín - 2019”**, ejecutaron una investigación de tipo aplicada con nivel descriptivo, logrando identificar las patologías existentes en el puente Picota y

señalando que los elementos que presentaron patologías en grado severo fueron los pilares de concreto armado donde tuvo el 80% de eflorescencia, un 8% en desgaste y un 2% en fisuras < 1.5 mm. Finalmente determinaron la condición estadística del puente Picota con un valor de 3.16, concluyendo así que este puente se encuentra en Mala Condición y recomendaron una intervención de mantenimiento con suma urgencia.

- Talledo (2019), en su investigación: **“Determinación y Evaluación de las Patologías del Concreto Armado en los Elementos Estructurales del Puente Independencia (Long.227m) – distrito de Catacaos – provincia Piura, departamento de Piura, febrero 2019”**, emplea la metodología SCAP según la Guía de inspección, evaluación y mantenimiento del MTC para evaluar y determinar las patologías existentes en el concreto armado y el nivel de severidad de estas en los elementos estructurales del puente; al realizar la investigación obtuvo que el 60% de los componentes presentaron patologías como: eflorescencias, grietas, erosión por abrasión y fracturas, siendo esta última la de mayor preocupación. Es así que concluyó que la condición global del puente fue de 3.44, encontrándose en Mal Estado.

2.1.3. A nivel local

- Concha (2024), en su investigación: **“Identificación de las patologías en los elementos estructurales del puente vehicular Orellana, en la ciudad de Jaén – 2023”**, inició realizando planos del puente, para luego identificar las distintas patologías en los elementos estructurales del puente; obtuvo en la subestructura como patología física predominante la suciedad con un área de 32.42 m², entre las patologías mecánicas a las fisuras con 4.33 m², como patologías químicas la oxidación y corrosión (0.69 m²) y entre las patologías biológicas la más hallada fueron los microorganismos con 43.29 m²; presentando una condición regular. Así mismo, en la superestructura se hallaron patologías como suciedad con 178.82 m², desprendimientos con un área de 57.72 m², corrosión (29.86 m²) y eflorescencias con 64.00 m², obteniendo una condición preocupante. Concluyó así que el puente presentó mala condición. Debido a esto, planteó alternativas de solución en función a las causas de cada patología y recomendó acciones de reparación.
- Moreno (2013), en su investigación **“Nivel de deterioro estructural en el puente de concreto “Puente Orellana” – Jaén”**, determinó el nivel de deterioro de la superestructura y subestructura del puente haciendo uso de Guía para Inspección de Puentes del MTC;

mediante una inspección visual general logró definir el estado de los componentes de puente, pues estos presentaban distintos daños, deterioros o también denominados patologías tales como: agrietamientos, desgaste, corrosión en acero. Concluyó que la superestructura se encontró en Estado Regular de acuerdo al índice de condición de estructuras que la conforman, ya que se obtuvo un valor de índice condición del puente de 3.16; así mismo, la subestructura del puente Orellana presentó un Estado Regular según su índice de condición de estructuras, dando como resultado un índice de condición del puente de 3.31. Finalmente, recomendó realizar un mantenimiento rutinario para evitar la proliferación de deterioro en las estructuras del puente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Puentes

- Definición

Un puente es una estructura necesaria para cruzar un obstáculo natural o artificial o un accidente geográfico, y tiene como mínimo una luz libre de 6.00 metros; además, forma parte o conforma un tramo de una vía, pudiendo estar sobre o por debajo de esta (MTC, 2018).

- Componentes

- **Superestructura:** se encarga de soportar las acciones del tráfico y transmitirlas a la subestructura; es lo que conforma el mecanismo resistente del mismo, depende del tipo de puente, puede ser el tablero de puentes de tramo recto (de concreto, metálico o mixto), el tablero más el arco en un puente arco, en un puente atirantado los tirantes y el pilote, o el sistema de cables y pilotes en un puente colgante. Además, lo conforman también elementos funcionales como las juntas, pavimento, pretilas e impermeabilización (MTC, 2019).
- **Subestructura:** está compuesto por los elementos que se encargan de transmitir las cargas de la superestructura a las cimentaciones, estos pueden ser estribos, apoyos, pilas, terraplenes, etc. (MTC, 2019).
- **Viga:** son los elementos estructurales longitudinales, forman parte de la superestructura y tienen como principal función transmitir las cargas del tablero hacia los apoyos. Pueden ser de concreto armado, pretensado o acero estructural; trabajan a flexión y cortante (Zhao, 2019).

- **Barandas en puentes:** son denominados dispositivos de seguridad, instalados en los bordes de la superestructura y su función es contener y redirigir vehículos y proteger a los peatones evitando salidas accidentales del tablero (AASHTO, 2020).
 - **Junta de expansión:** este elemento tiene la finalidad de permitir las deformaciones longitudinales causadas por los cambios de temperatura, sismos u otras acciones (MTC, 2018).
 - **Losa o Tablero:** elemento que soporta por sí mismo la superficie de rodadura, sobre él se apoyan elementos necesarios para el cumplimiento de su misión funcional, pueden ser barreras, pavimento, balasto, entre otros (MTC, 2019).
 - **Estribos:** son elementos ubicados en los extremos de un puente, su función es soportar la superestructura, transmitir las cargas al suelo de fundación y soportar el relleno del terraplén de acceso, actúan como transición entre el puente y la vía (Chen, 2014)
 - **Calzada del puente:** se refiere a la superficie del tablero que está destinada al tránsito vehicular, su ancho es medido de manera perpendicular al eje longitudinal del puente. Está compuesto por cierto número de carriles y las bermas que forman parte de los accesos de la carretera al puente (MTC, 2018).
 - **Vereda de concreto:** en un puente es un elemento superficial destinado al tránsito peatonal, está integrado al tablero y a la superestructura, garantiza la accesibilidad y seguridad a peatones (AASHTO, 2020).
 - **Cimentación:** se refiere al conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de la superestructura y subestructura al terreno de soporte de manera segura y estable. Puede ser superficial (zapatas) o profundas (pilotes, pilas perforadas o cajones) dependiendo de las condiciones geotécnicas del suelo y de las cargas actuantes (FHWA, 2020).
 - **Apoyos:** a través de ellos se transmiten las cargas del tablero a las pilas y estribos, usualmente son de neopreno zunchado (MTC, 2019).
- **Clasificación**
- **Según la naturaleza de la Vía Soportada:** Pueden ser puentes para carreteras, para trenes, para ferrocarriles, para acueductos, puentes peatonales, y para aviones que existen en los aeropuertos (MTC, 2018).

- **Según el material:** se clasifican teniendo en cuenta el material que constituye a los elementos principales; existen puentes de piedra, madera, sogas, hierro, acero, concreto armado, concreto preesforzado, y de materiales compuestos: fibras de vidrio, fibras de carbón, entre otros (MTC, 2018).
- **Por tipo de sistema estructural:**
 - **Puentes tipo Viga:** Los puentes tipo viga pueden configurarse como tramos simplemente apoyados, tramos isostáticos tipo Gerber o cantiléver, y estructuras continuas o hiperestáticas. En este tipo de puentes, el elemento estructural principal trabaja principalmente a flexión y cortante. Asimismo, los puentes losa se consideran dentro de esta categoría, aunque su comportamiento estructural difiere del de una viga individual o de un sistema de vigas (MTC, 2018).
 - **Puentes en Arco:** pueden ser de tablero superior, de tablero intermedio, y de tablero inferior, de tímpano ligero, tímpano relleno o tipo bóveda; los puentes pórtico son un caso particular de los puentes tipo arco (MTC, 2018).
 - **Los puentes suspendidos:** en esta clasificación tenemos a los puentes colgantes, atirantados o una combinación de ambos sistemas (MTC, 2018).
- **Según la forma de la geometría en planta:** tenemos a los puentes rectos, esviados o curvos (MTC, 2018).
- **Respecto al tiempo de vida previsto**
 - **Puentes definitivos:** deben ser diseñados para una vida en servicio de 75 años (MTC, 2018).
 - **Puentes temporales:** son aquellos cuya utilización debe ser por un tiempo limitado no mayor de 5 años (MTC, 2018).
- **Clasificación de acuerdo a la importancia operativa:** pueden ser importantes, típicos o relativamente menos importantes (MTC, 2018).
- **Para fines del diseño sísmico:** están los que pueden ser críticos, esenciales u otros (MTC, 2018).
- **Según el sistema de construcción:** en esta clasificación se encuentran los puentes segmentales, lanzados, sobre obra falsa y prefabricados (MTC, 2018).

2.2.2. Patologías constructivas

- Definición:

Es el estudio sistemático de procesos y características de las enfermedades, defectos o daños que pueden sufrir los elementos de concreto; es decir, las patologías constructivas estudian sus causas, evoluciones, consecuencias y soluciones (Rivva, 2006).

- Lesiones:

Son las manifestaciones de un problema constructivo, son el síntoma final del proceso patológico, cabe recalcar que las lesiones son el punto de partida de todo estudio patológico, y de su identificación depende elegir el tratamiento adecuado. (Broto, 2006).

De acuerdo a su origen pueden ser:

- **Lesiones físicas:** son causadas por acciones ambientales o fenómenos físicos que afectan a las propiedades del material, en puentes se relacionan con variaciones térmicas, heladas, retracción, condensaciones, etc. Su evolución depende de estos, las causas más comunes son la humedad, erosión y suciedad (Broto, 2006) y (FHWA, 2020).
 - **Humedad:** es producida por la presencia de agua en mayor porcentaje al normal, puede generar variaciones en las características físicas del elemento y por sus causas pueden ser 5 (Broto, 2006):
 - **De obra:** se produce durante la construcción cuando no se controló el proceso de evaporación del agua contenida en el concreto (Broto, 2006).
 - **Humedad capilar:** es el agua que asciende por los elementos verticales y es proveniente de los suelos (Broto, 2006).
 - **Humedad de filtración:** es aquella proveniente del exterior que penetra en los elementos del puente a través de fisuras, juntas deterioradas, sistema de drenaje deficiente o la superficie de la losa (Broto, 2006).
 - **Humedad de condensación:** Se produce cuando el vapor de agua presente en el ambiente se condensa sobre superficies del puente debido a diferencias térmicas,

generando acumulación de humedad en zonas superficiales o internas del concreto (Broto, 2006).

- **Humedad accidental:** es la producida por roturas de conducciones y provoca focos muy puntuales de humedad (Broto, 2006).
- **Erosión:** es la lesión más importante dentro de las lesiones físicas, se debe a la penetración de agua combinada con cambios de temperatura, y sobre todo, helada que rompe superficialmente. Cuanto mayor es el índice de absorción superficial del material y más bruscos son los cambios de temperatura, esta se da con mayor intensidad (Monjo y Maldonado, 2001).
- **Suciedad:** son las partículas en suspensión sobre la superficie de los elementos estructurales; en ocasiones puede llegar a penetrar en los poros superficiales los elementos (Broto, 2006).
- **Lesiones mecánicas:** son la consecuencia de la función soporte de elementos estructurales y afectan a la integridad del conjunto. Se clasifican en deformaciones, grietas, fisuras y desprendimientos (Monjo y Maldonado, 2001).
 - **Deformaciones:** se dan por causas directas como sobrecargas, o causas indirectas como capacidad insuficiente, error de diseño o mala ejecución (Monjo y Maldonado, 2001). Se pueden distinguir los siguientes tipos:
 - **Asientos de cimentaciones:** se debe a fallas del terreno, insuficiente dimensionamiento o aumento de cargas (Monjo y Maldonado, 2001).
 - **Desplomes de muros o pilares:** se puede producir por asientos previos, falta de dimensionamiento o aumento de cargas (Monjo y Maldonado, 2001).
 - **Alabeos:** rotación de elementos por esfuerzos horizontales (Broto, 2006).
 - **Pandeos de muros o pilares:** por ausencia de dimensionamiento o aumento de cargas (Monjo y Maldonado, 2001).
 - **Flechas de vigas:** surgen como consecuencia de la flexión de elementos horizontales por soportar excesos de cargas verticales (Broto, 2006).
 - **Grietas:** son aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, pueden indicar daño estructural potencial y son comúnmente perpendiculares al esfuerzo que las provoca (Monjo y Maldonado, 2001), según la causa pueden ser:

- **Por exceso de carga:** son aquellas grietas que afectan a elementos estructurales al ser sometidos a cargas para las que no están proyectados (Broto, 2006).
 - **Por dilataciones y contracciones higrotérmicas:** estas afectan generalmente a elementos como losas y vigas, también se pueden presentar en las estructuras cuando no se han previsto juntas de dilatación (Broto, 2006).
 - **Fisuras:** se producen en el concreto cuando las tensiones internas superan su resistencia a tracción, generando separaciones parciales del material sin llegar necesariamente a una fractura total; se pueden originar por acciones mecánicas, variaciones térmicas, retracción, procesos químicos o asentamientos y su presencia influye en la durabilidad y comportamiento estructural del elemento (Calavera, 2005; Broto, 2006).
- Asimismo, Monjo y Maldonado (2001) indican que:
- Las fisuras son aberturas generalmente menores a 0.3 mm, y usualmente se asocian a procesos de retracción, dilataciones térmicas o deformaciones leves.
- **Reflejo del soporte:** aparece cuando se da una discontinuidad constructiva, por una junta, por falta de adherencia o por deformación (Broto, 2006).
 - **Inherente al acabado:** en este caso la fisura se produce por movimientos de dilatación-contracción, en caso de tarrajeos u otros acabados (Broto, 2006).
 - **Desprendimiento:** es una lesión que consiste en la pérdida parcial del recubrimiento superficial de un elemento de concreto armado, se suele producir por la acción de esfuerzos internos, procesos de corrosión del acero de refuerzo o deterioro progresivo del material (Calavera, 2005).
 - **Erosiones mecánicas:** son las pérdidas de material superficial debidas a esfuerzos mecánicos, como golpes o rozaduras (Broto, 2006).
 - **Lesiones químicas:** son consecuencia de la aparición de contaminantes químicos en la atmósfera que unidos a agentes meteorológicos complementan su acción con el ataque químico a los materiales que componen el concreto (Monjo y Maldonado, 2001).
 - **Eflorescencias:** la aparición de humedad es su causa directa previa. Los materiales contienen sales solubles que son arrastradas por el agua hacia el exterior durante su evaporación y se cristalizan en la superficie de la estructura manifestándose como manchas blanquecinas (Broto, 2006).

- **Oxidaciones y corrosiones:** son transformaciones moleculares que tiene como consecuencia la perdida de material en la superficie de metales como el hierro y el acero (Broto, 2006).
- **Oxidación:** es la transformación de metales en óxido al entrar en contacto con el oxígeno (Broto, 2006).
- **Corrosión:** naturalmente aparece en estructuras metálicas y las de concreto armado, mayormente se da porque las estructuras mantienen contacto con la humedad (Monjo y Maldonado, 2001).
- **Organismos:** pueden ser animales o plantas, su presencia puede llegar a afectar a la superficie de las estructuras; su proceso patológico es principalmente químico, debido a que segregan sustancias que alteran la estructura química del material en el que se alojan (Broto, 2006).
- **Erosiones:** causan la reacción química de sus componentes con otras sustancias, producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos (Broto, 2006).

Tabla 1

Clasificación de Lesiones del concreto armado

LESIONES DEL CONCRETO ARMADO		
TIPO	CAUSAS	LESIONES
FÍSICAS	Lluvia, viento, heladas, cambios térmicos.	Humedad, suciedad y descascaramientos.
MECÁNICAS	Cargas, empujes, impactos, rozamientos.	Grietas, fisuras, deformaciones, desprendimientos, erosiones, socavaciones.
QUÍMICAS	Humedad, contaminación, organismos.	Oxidación, corrosión, eflorescencia.

- **Causas de las lesiones:**

La causa es el verdadero origen de las lesiones, es por ello que el reconocimiento de la causa patológica es indispensable junto a un adecuado tratamiento, necesario para garantizar la minimización de la patología post recuperación. Las causas del deterioro pueden ser divididas en dos grandes grupos (Ripper y Souza, 1998).

- **Causas intrínsecas:** Son aquellas que tienen origen en los componentes y materiales de la estructura, son provocadas por errores humanos durante la ejecución, otra causa pueden ser los agentes naturales externos como ataques químicos e incluso accidentes (Ripper y Souza, 1998).
- **Causas extrínsecas:** Son independientes de la estructura misma, ya sea por su composición o fallas durante la ejecución, se entienden como factores que agreden las estructuras durante todo el proceso de concepción, ejecución o diseño de vida útil (Ripper y Souza, 1998).

- **Intervenciones sobre las lesiones**

- **Reparación:**

Según (Broto, 2006):

Se da inicio a este proceso una vez conocido y descrito su origen y evolución de la lesión; la reparación implica a un conjunto de actos como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos materiales, con el fin de recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad original. Se realizará en tres etapas:

- Información previa: se tomarán los datos para conseguir una definición física lo más desarrollada posible del elemento a reparar.
- Reconocimiento: se establecerán los daños existentes, ubicación, forma, cuantificación, entre otros.
- Diagnóstico: aquí se tomará la decisión técnica del nivel de actuación que se recomienda llevar a cabo.

- **Restauración:**

(Broto 2006) indica que la restauración se centra en intervenir en los elementos manteniendo siempre su diseño inicial.

- **Rehabilitación:**

Según Broto (2006), esta intervención comprende fases como un estudio patológico con diagnósticos parciales, reparaciones de las distintas unidades constructivas dañadas y una restauración de los distintos elementos y objetos individuales.

- **Prevención:**

El estudio de los procesos patológicos y, sobre todo de sus causas, nos permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos, en la prevención se deberá eliminar las causas indirectas que afecten a la fase previa del proyecto y ejecución, así como el mantenimiento (Broto, 2006).

De este modo, el análisis de las patologías constructivas permite establecer un diagnóstico técnico del estado de los puentes, a partir de la identificación y evaluación de las lesiones físicas y mecánicas presentes en sus componentes. Estas patologías constituyen indicadores directos del nivel de deterioro estructural y funcional de la infraestructura. En tal sentido, los conceptos desarrollados en este apartado sirven de fundamento para la evaluación del Puente Shumba, permitiendo aplicar criterios técnicos objetivos que contribuyan a determinar su condición estructural y a definir la necesidad de intervención.

En ese sentido, el estudio de las patologías constructivas constituye una herramienta fundamental para comprender el estado real de las estructuras de puentes, ya que permite identificar, clasificar y analizar las lesiones físicas, mecánicas y químicas que afectan a sus componentes a lo largo de su vida útil.

La presencia de humedades, fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos y procesos de deterioro mecánico no solo refleja deficiencias asociadas a factores ambientales, constructivos o de mantenimiento, sino que también evidencia posibles afectaciones a la capacidad estructural y funcional del puente.

2.2.3. Inspección de puentes

Es el conjunto de acciones de gabinete y campo, que parten desde la recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post construcción, inspecciones previas, etc.), hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado (MTC, 2019).

2.2.3.1. Metodología SCAP

El empleo del Sistema Computarizado de Administración de Puentes es necesario para conocer la condición del puente de manera global y de cada uno de sus elementos; según este sistema se cataloga el puente según la condición en la que se encuentre, se tienen en cuenta los lineamientos de la “Guía de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. El formato SCAP tiene el objetivo de establecer un inventario del estado actual de los componentes del puente, a fin de armar una base de datos y conocer cuáles son los puentes que merecen prioridad (MTC, 2016).

2.2.3.2. Inspección

Es la acción que se realiza en primera instancia y parte de la recopilación de información sobre el puente y va hasta el registro de datos en campo para conocer el estado del puente en un determinado momento. Se utiliza el formato desarrollado por el Sistema Computarizado de Administración de Puentes que sirve para el registro de información y para la etapa de evaluación (MTC, 2016).

2.2.3.3. Evaluación

Se inicia esta etapa luego de la inspección, aquí se describe a cada uno de los componentes enlistados en la ficha Condición del Puente del formato SCAP. Se asignan calificaciones a cada elemento en porcentajes para cada nivel de condición, según el estado de las patologías que presenten; además, a cada elemento le corresponderá un factor de importancia, perteneciéndole los valores más altos a los elementos de la superestructura y subestructura, entre 1.0 – 0.6, y a los de detalles, cauce y accesos valores entre 0.4 – 0.2 (MTC, 2016).

➤ Nivel de condición o Grados de deterioro para cada elemento

1. Losa de Concreto armado (Refuerzo Transversal) (104)

Unidad de descripción: Losa con vigas

Factor de importancia: 0.6

Descripción:

Este elemento define a superestructuras tipo losa de concreto reforzado con armaduras sin revestimiento especial.

Condición:

Estado Descripción de los grados de severidad de daños

0. El elemento no presenta deterioro

1. Puede haber decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial.
Puede haber disgregación o desprendimiento, no mayor de 6mm de profundidad.
Puede haber fisuración menor de 0.25mm de separación
2. Puede haber fisuras menores de 1.5mm de separación.
Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 12mm de profundidad del concreto, sin exposición de las armaduras o evidencia de corrosión de las mismas.
3. Puede haber rajaduras menores de 5mm de separación.
Puede haber alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 20mm de profundidad, con exposición de armaduras.
Puede haber corrosión en las armaduras, pero con pérdidas de sección menores a 10%, y que no afectan significativamente la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
4. Puede haber rajaduras mayores de 5mm de separación.
Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 20mm de profundidad, con exposición de las armaduras.
Corrosión severa de las armaduras con pérdida significativa de sección de acero, mayores a 10%, como para exigir un análisis estructural para verificar la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
5. Colapso del elemento.

2. Vigas principales de concreto armado (110)

Unidad de descripción: Losa con vigas

Factor de importancia: 1

Descripción:

Este elemento define a unidades de viga de concreto armado

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Puede haber decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Puede haber disgregación o desprendimiento, no mayor de 12mm de profundidad. Puede haber fisuración menor de 0.25mm de separación
2.	Puede haber fisuras menores de 1.5mm de separación. Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 25mm de profundidad del concreto, sin exposición de las armaduras o evidencia de corrosión de las mismas.
3.	Puede haber rajaduras menores de 3mm de separación. Puede haber alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 40mm de profundidad, con exposición de armaduras. Puede haber corrosión en las armaduras, pero con pérdidas de sección menores a 10%, y que no afectan significativamente la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
4.	Puede haber rajaduras mayores de 3mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 40mm de profundidad, con exposición de las armaduras. Corrosión severa de las armaduras con pérdida significativa de sección de acero, mayores a 10%, como para exigir un análisis estructural para verificar la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
5.	Colapso del elemento.

3. Vigas secundarias de concreto armado (111)

Unidad de descripción: Losa con vigas

Factor de importancia: 0.8

Descripción:

Este elemento define a unidades de viga de concreto armado

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Puede haber decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Puede haber disgregación o desprendimiento, no mayor de 12mm de profundidad. Puede haber fisuración menor de 0.25mm de separación
2.	Puede haber fisuras menores de 1.5mm de separación. Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 25mm de profundidad del concreto, sin exposición de las armaduras o evidencia de corrosión de las mismas.
3.	Puede haber rajaduras menores de 3mm de separación. Puede haber alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 40mm de profundidad, con exposición de armaduras. Puede haber corrosión en las armaduras, pero con pérdidas de sección menores a 10%, y que no afectan significativamente la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
4.	Puede haber rajaduras mayores de 3mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 40mm de profundidad, con exposición de las armaduras. Corrosión severa de las armaduras con pérdida significativa de sección de acero, mayores a 10%, como para exigir un análisis estructural para verificar la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
5.	Colapso del elemento.

4. Elevación cuerpo del estribo de concreto simple (201)

Unidad de descripción: Estribo

Factor de importancia: 1

Descripción:

Este elemento define las elevaciones del cuerpo de los estribos construidos en concreto simple.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Puede haber decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Puede haber disgregación o desprendimiento, no mayor de 25mm de profundidad. Puede haber fisuración menor de 1.5mm de separación
2.	Puede haber rajaduras menores de 3mm de separación. Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 50mm de profundidad del concreto.
3.	Puede haber rajaduras menores de 5mm de separación. Puede haber alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 100mm de profundidad. Ligero desplome o asentamiento sin afectar las condiciones de tránsito en calzada del puente.
4.	Puede haber rajaduras mayores de 5mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 100mm de profundidad. Desplomes, asentamiento o desplazamiento lateral que afectan las condiciones de tránsito en la calzada del puente.
5.	Colapso del elemento.

5. Elevación alas del estribo de concreto simple (204)

Unidad de descripción: Estribo

Factor de importancia: 0.6

Descripción:

Este elemento define las elevaciones del cuerpo de los estribos construidos en concreto simple.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Puede haber decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Puede haber disgregación o desprendimiento, no mayor de 25mm de profundidad. Puede haber fisuración menor de 1.5mm de separación
2.	Puede haber rajaduras menores de 3mm de separación. Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 50mm de profundidad del concreto.
3.	Puede haber rajaduras menores de 5mm de separación. Puede haber alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 100mm de profundidad. Ligero desplome o asentamiento sin afectar las condiciones de tránsito en calzada del puente.
4.	Puede haber rajaduras mayores de 5mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 100mm de profundidad. Desplomes, asentamiento o desplazamiento lateral que afectan las condiciones de tránsito en la calzada del puente.
5.	Colapso del elemento.

6. Zapata de concreto simple (215)

Unidad de descripción: Estribo y Pilares

Factor de importancia: 1

Descripción:

Este elemento define las zapatas de los estribos y pilares construidos en concreto simple.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Puede haber decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Puede haber disgregación o desprendimiento, no mayor de 25mm de profundidad. Puede haber fisuración menor de 1.5mm de separación.
2.	Puede haber rajaduras menores de 3mm de separación. Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 50mm de profundidad del concreto.
3.	Puede haber rajaduras menores de 5mm de separación. Puede haber alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 100mm de profundidad. Ligero asentamiento de la cimentación sin afectar las condiciones de tránsito en la calzada del puente. Socavación de la cimentación sin afectar la estabilidad del estribo.
4.	Puede haber rajaduras mayores de 5mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 100mm de profundidad. Asentamiento o desplazamientos de la cimentación que afectan las condiciones de tránsito en la calzada del puente. Socavación de la cimentación que afectan la estabilidad del estribo.
5.	Colapso del elemento.

7. Vereda de concreto (311)

Unidad de descripción: Vereda

Factor de importancia: 0.2

Descripción:

Este elemento define a veredas de concreto reforzado con armaduras Sin revestimiento especial.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Puede haber decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Puede haber disgregación o desprendimiento, no mayor de 6mm de profundidad. Puede haber fisuración menor de 0.25mm de separación.
2.	Puede haber fisuras menores de 1.5mm de separación. Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 12mm de profundidad del concreto, sin exposición de las armaduras o evidencia de corrosión de las mismas.
3.	Puede haber rajaduras menores de 3mm de separación. Puede haber alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 20mm de profundidad, con exposición de armaduras. Puede haber corrosión en las armaduras, pero con pérdidas de sección menores a 10%, y que no afectan significativa mente la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
4.	Puede haber rajaduras mayores de 3mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 20mm de profundidad, con exposición de las armaduras. Corrosión severa de las armaduras con pérdida significativa de sección de acero, mayores a 10%, como para exigir un análisis estructural para verificar la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
5.	Colapso del elemento.

8. Apoyo deslizante acero (323)

Unidad de descripción: Apoyo

Factor de importancia: 0.4

Descripción:

Este elemento describe dispositivos de apoyos para puentes, que pueden desplazarse y rotar dentro de ciertos límites. El material predominante del dispositivo de apoyo es acero forjado o fundido (forged or cast steel) y maquinado.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Mínimo deterioro de los elementos. Puede haber oxidación superficial del acero. No se observa deterioro en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. La lubricación está funcionando apropiadamente.
2.	Puede observarse corrosión incipiente con picaduras. Se observan deterioros menores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. La lubricación está funcionando defectuosamente. Se observa acumulación de desperdicios que obstruyen el libre movimiento de los apoyos. El apoyo puede haberse desplazado ligeramente de su posición.
3.	Hay corrosión avanzada del acero, que traban el libre desplazamiento del apoyo. Se observan deterioros mayores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. Se ha perdido la lubricación del apoyo. El apoyo se ha salido de su posición. Los reparos o topes para el desplazamiento del dispositivo han sido destruidos. La acumulación de desperdicios hace inoperativo al dispositivo de apoyo.
4.	Colapso del elemento.

9. Apoyo articulado de acero (324)

Unidad de descripción: Apoyos

Factor de importancia: 0.4

Descripción:

Este elemento define dispositivos de apoyo para puentes que pueden rotar dentro de ciertos límites. El material predominante es el acero.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Mínimo deterioro de los elementos. Puede haber oxidación superficial del acero. No se observa deterioro en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. La lubricación está funcionando apropiadamente.
2.	Puede observarse corrosión incipiente con picaduras. Se observan deterioros menores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. La lubricación está funcionando defectuosamente. Se observa acumulación de desperdicios que obstruyen la libre rotación del apoyo. El apoyo puede haberse desplazado ligeramente de su posición.
3.	Hay corrosión avanzada del acero, que traban el libre desplazamiento del apoyo. Se observan deterioros mayores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. Se ha perdido la lubricación del apoyo. El apoyo se ha salido de su posición. La acumulación de desperdicios hace inoperativo al dispositivo de apoyo.
4.	Colapso del elemento.

10. Junta de Expansión, Tipo Compresible / Expandible, Sólido (344)

Unidad de descripción: Junta de expansión

Factor de importancia: 0.4

Descripción:

Este elemento define a unidades de juntas de expansión del tipo compresible/expandible sólido.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Desperdicios acumulados en la junta, sin obstruir su normal funcionamiento, incluyendo vaciado de revestimiento en la separación de la junta.
2.	Hay desprendimientos menores del 10% de la longitud de la junta. Filtración o escurrimiento mínimo de agua debajo de la junta, sin provocar daños en la losa.
3.	Hay desprendimientos mayores del 10% de longitud de la junta. Hay deterioros en la junta por abrasión y desgarramientos. Puede haber rajaduras en el concreto, con indicios de falla en los anclajes de los ángulos de refuerzo. Filtración y escurrimiento de agua debajo de la junta, provocando daños en la losa.
4.	Colapso del elemento.

11. Barandas de Concreto (352)

Unidad de descripción: Barandas

Factor de importancia: 0.4

Descripción:

Este elemento describe barandas construidas en concreto armado.

Condición:

Estado	Descripción de los grados de severidad de daños
0.	El elemento no presenta deterioro
1.	Puede haber decoloración) eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Puede haber disgregación o desprendimiento) no mayor de 12mm de profundidad) sin exposición de armaduras o evidencia de corrosión de las mismas. Puede haber fisuración menor de 0.25mm de separación.
2.	Puede haber rajaduras menores de 2mm de separación. Puede haber disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 20mm de profundidad del concreto) con exposición de armaduras. Puede haber corrosión en las armaduras) pero con pérdidas de sección menores a 10%, Y que no afectan significativamente la capacidad resistente y/o servicio del elemento. Deterioro por impacto de vehículos con efecto limitado
3.	Deterioro severo por impacto de vehículos. Puede haber rajaduras mayores de 2mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 20mm de profundidad con exposición de las armaduras. Corrosión severa de las armaduras con pérdida significativa de sección de acero) mayores a 10%) como para exigir un análisis estructural para verificar la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.
4.	Colapso del elemento.

2.2.3.4. Condición Estadística de cada elemento

Hace referencia a un número que califica la condición del elemento. Este es utilizado para el cálculo de la condición del puente, y de ahí para la priorización. Tener en cuenta que puede ocurrir que varias condiciones de campo conduzcan a un mismo valor de condición estadística. La condición del elemento evaluada en campo, se expresa, según se ilustra en la tabla que muestra la imagen, para un puente hipotético, como porcentajes para cada nivel de condición, desde 0 (excelente), hasta 5 (pésima). Así, el elemento 101, tiene el 10% en condición regular, el 40% como bueno y el 50% como excelente (MTC, 2016).

Tabla 2

Condición estadística de los elementos

Elemento	Nivel de la condición						Total %
	5	4	3	2	1	0	
	Pésima	Mala	Preocupante	Regular	Buena	Excelente	
101	0	0	0	10	40	50	100
201	0	20	20	20	20	20	100
301	10	20	50	20	0	0	100
401	2	10	28	30	20	10	100
501	0	0	40	30	20	10	100

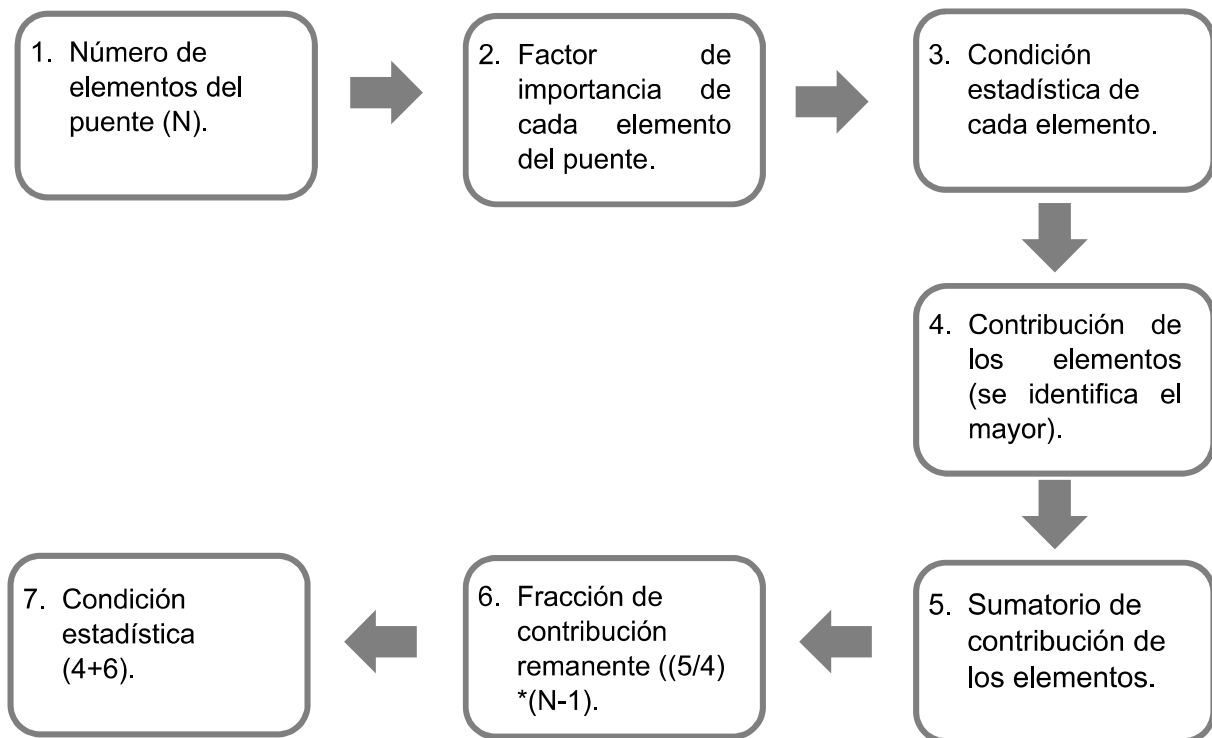
Nota: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016.

2.2.3.5. Condición Estadística del puente

Será el valor que califique la condición del puente; es decir, será el resultado de simplificar las calificaciones dadas a cada elemento y tomando en cuenta el factor de importancia correspondiente a cada elemento. Se obtiene de realizar una serie de pasos planteados en la Guía de inspección de puentes.

Para obtener dicho resultado se debe tener en cuenta lo mostrado en la Figura 1.

Figura 1
Procedimiento para determinar condición estadística



Nota: Alfaro y Arica (2021).

2.2.3.6. Condición global final del puente

Es el valor obtenido de dicho procedimiento, catalogado según la siguiente tabla mencionada en la Guía de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes, esta tabla clasifica la condición de un puente desde Excelente hasta Pésimo según el resultado.

Tabla 3
Condición global del puente

Calificación	Condición o Estado	Rango condición	Descripción de la condición
0	EXCELENTE	0.00 – 0.99	El puente (pontón) no tiene problemas, No hay necesidad de reparaciones.
1	BUENA	1.00 – 1.99	El puente (pontón) solo muestra un deterioro mínimo, no hay necesidad de reparaciones, pero ciertas actividades de mantenimiento pueden ser necesarias.
2	REGULAR	2.00 – 2.99	Existe deterioro, desprendimientos, socavación, pero no afectan la capacidad portante y/o de servicios. Hay necesidad de reparaciones menores.
3	PREOCUPANTE	3.00 – 3.99	Existe pérdida de sección, deterioro, desprendimiento o socavación que afecta seriamente los componentes principales de la Estructura. Pueden existir rajaduras por falta del acero o por cortante/flexión en el concreto. La capacidad portante y/o de servicio puede estar afectado. Hay necesidad de reparaciones mayores.
4	MALA	4.00 – 4.99	Necesita repararse, pero se puede mantener abierto o tráfico restringido. El deterioro de elementos principales afecta la capacidad portante y/o de servicio. Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios.

Calificación	Condición o Estado	Rango condición	Descripción de la condición
			Grietas de fátiga en acero o grietas de corte de concreto. La socavación compromete la estabilidad de la infraestructura. Conviene cerrar al puente al menos que este monitoreado.
5	PÉSIMA	5.00 – 5.99	La capacidad portante y/o de servicio está afectada en forma de presentar un peligro inminente. Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos. Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura. El puente (pontón) debe cerrarse al tráfico.

Nota: MTC, 2016.

2.2.3.7. Mantenimiento

Es el conjunto de acciones o actividades ejecutadas con el fin de conservar la capacidad estructural de un puente u obra de arte, en condiciones normales de servicio, sin requerir el rediseño o desarrollo de un proyecto de gran envergadura.

De acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Guía para inspección, evaluación y mantenimiento de puentes*, la conservación puede ser rutinaria o periódica y las actividades contempladas son:

- ✓ **Limpieza de cauces:** La limpieza de cauces consiste en la remoción de sedimentos, material arrastrado, troncos y residuos que obstruyen el flujo hidráulico bajo el puente, con el fin de mantener la luz libre, el gálibo y la capacidad hidráulica de la estructura. Generalmente no requiere materiales específicos; se emplean equipos como excavadoras, cargadores frontales, tractores sobre orugas, volquetes y herramientas

manuales. El procedimiento incluye señalización de seguridad, retiro mecánico y manual de materiales obstructivos, disposición en zonas autorizadas y limpieza final del área intervenida.

- ✓ **Limpieza de puentes:** Esta actividad comprende la limpieza del tablero, estribos, pilares, barandas y sistemas de drenaje para eliminar basura, vegetación, agentes biológicos y materiales extraños que puedan afectar la durabilidad y seguridad del puente. Se utilizan agua, detergentes y productos químicos, con apoyo de andamios, cepillos, escobas, arneses y herramientas manuales. El procedimiento incluye señalización, limpieza sistemática de todos los elementos visibles, retiro de residuos y disposición final en depósitos autorizados.
- ✓ **Reparación superficial de elementos de concreto:** La reparación superficial de concreto aborda deterioros no estructurales como fisuras, grietas, escamaduras o desconchamientos, con el objetivo de preservar la durabilidad del elemento. Se emplean resinas epóxicas, morteros de reparación, sellantes y agentes de adherencia, utilizando equipos como hidrolavadoras, taladros, sistemas de inyección y herramientas manuales. El procedimiento incluye preparación de la superficie, limpieza, sellado o inyección de fisuras, reposición del material deteriorado, curado y acabado final.
- ✓ **Conservación de barandas:** La conservación de barandas incluye limpieza, repintado, reparación o reemplazo de barandas metálicas o de concreto para mantener su función de seguridad vial. Los materiales dependen del tipo de baranda e incluyen acero, concreto y pinturas protectoras; se emplean equipos de limpieza, corte, soldadura y pintado. El procedimiento considera señalización, limpieza o demolición parcial, reparación o reposición de elementos dañados y disposición de residuos.
- ✓ **Limpieza de superficies de puentes de concreto:** Consiste en la limpieza con agua a presión de las superficies visibles de concreto para facilitar la inspección y detección de fisuras o defectos. Se utilizan agua, detergentes y productos químicos, junto con hidrolavadoras, motobombas y andamios. El procedimiento incluye señalización, lavado a presión controlada, secado de la superficie y limpieza final del área.
- ✓ **Pintado de elementos de puentes de concreto:** esta actividad consiste en la aplicación de pintura de protección de superficies de elementos de los puentes de concreto, con el

fin de conservar su integridad y capacidad de comportamiento estructural, frente a la agresión de agentes corrosivos, destructivos, climáticos, ambientales u otros.

- ✓ **Calzadura de la cimentación:** Consiste en la reparación de la cimentación de pilas o estribos afectados por socavación, mediante la colocación de concreto estructural bajo la zapata, con el fin de recuperar su función estructural. Se ejecuta previa excavación y encofrado, utilizando concreto estructural, roca seleccionada y equipos pesados, asegurando la estabilidad de la estructura y el correcto funcionamiento hidráulico del puente.
- ✓ **Reemplazo de juntas de dilatación:** Esta actividad comprende la remoción de juntas deterioradas y su sustitución por juntas elastoméricas mejoradas, garantizando la correcta absorción de movimientos térmicos y cargas dinámicas. Se emplean perfiles de neopreno, adhesivos epóxicos y sellos flexibles, ejecutándose mediante cortes controlados, limpieza del cajón y colocación del nuevo sistema de junta.
- ✓ **Reemplazo de dispositivos de apoyo:** Consiste en sustituir apoyos defectuosos por nuevos dispositivos, como apoyos elastoméricos o metálicos, para preservar el comportamiento estructural del puente. La actividad incluye el levantamiento controlado del tablero mediante gatas hidráulicas, retiro del apoyo existente, nivelación de la base y colocación del nuevo dispositivo conforme a un diseño específico.
- ✓ **Reparación de concreto con corrosión en el acero de refuerzo:** Esta actividad se orienta a reparar elementos de concreto armado dañados por corrosión de la armadura, evitando la pérdida de capacidad estructural. Comprende la remoción del concreto deteriorado, limpieza y protección del acero, reposición o refuerzo de armaduras y colocación de concreto o mortero de reparación con aditivos especiales.
- ✓ **Conservación de dispositivos de drenaje del tablero del puente:** Comprende la limpieza, reparación o instalación de dispositivos de drenaje para asegurar la correcta evacuación de aguas superficiales del tablero. Se emplean tubos de PVC o acero galvanizado, morteros especiales y herramientas manuales, evitando filtraciones que puedan deteriorar el concreto y el acero de refuerzo.

2.2.4. Pruebas en los componentes de un puente

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2019). *Guía para inspección de puentes* (Resolución Directoral N.º 014-2019-MTC/18), las pruebas en los componentes de un puente son:

- **Reconocimiento de la corrosión del acero en el concreto armado:** se realiza golpeando el tablero de concreto para que aparezcan las fisuras internas causadas por la corrosión del acero de refuerzo, quedando las marcas en la superficie; la superficie usualmente se sondea mediante una cadena de arrastre, mostrando así la delaminación. Las áreas que presentan este tipo de deterioro, quedan marcadas en la superficie y el mapa se usa como un informe de reconocimiento. La cantidad de delaminación es medida como porcentaje del área de la superficie tratada.
- **Cobertura del acero de refuerzo usando un medidor de espesor:** existen instrumentos que, usando un campo magnético, detectan la presencia de las barras de acero de refuerzo dentro del concreto; si se conoce el diámetro de la varilla de acero se puede determinar el espesor de concreto sobre la barra. Conocer la profundidad del recubrimiento de concreto es útil cuando hay que remover parte de la superficie para trabajos de mantenimiento.
- **Contenido de cloruros:** es una inspección especial que se realiza recogiendo muestras del polvo de concreto por efecto de taladrar la superficie y analizando las muestras obtenidas a varias profundidades. El contenido de sales de cloruro se puede medir en kg/m³. El umbral de contaminación empieza con 16 kg/m³.
- **Reconocimiento del potencial de corrosión:** para medir el potencial de corrosión del acero de refuerzo es necesario medir el potencial eléctrico de este acero. Estas medidas se hacen conectando una sonda a un detector de corrosión. La superficie es usualmente mojada para un mejor contacto eléctrico.
- **Mapa de contorno de corrosión:** los test de corrosión están comúnmente circunscritos a un cuadrado de 1.3m de lado, establecido en el tablero del puente. Los resultados de la prueba se registran en la misma ubicación mostrada en un esquema del tablero y los contornos muestran las áreas que tienen delaminación, contaminación por cloruros y corrosión activa.
- **Nuevas pruebas de corrosión:** Los tableros de concreto afectados por la contaminación con sales de cloruros generan un incremento progresivo en los costos de mantenimiento de los puentes. En este contexto, la investigación y los esfuerzos orientados al desarrollo de métodos

más confiables y rápidos para la detección y cuantificación de daños por corrosión contribuyen a optimizar la gestión y la toma de decisiones en la administración del mantenimiento de puentes. Uno de estos enfoques se basa en la determinación del potencial de polarización del acero de refuerzo, mientras que otro método evalúa la permeabilidad del concreto mediante la carga eléctrica que lo atraviesa.

- **Pruebas en concreto sin relación a la corrosión:** en un tablero de concreto armado, se puede determinar las características del material que son más útiles en la planificación de su mantenimiento, mediante:
 - ✓ Testigos: pueden ser extraídos mediante taladros del material endurecido que forma el tablero, estos pueden ser probados a compresión.
 - ✓ Reactividad alcalina de los agregados: algunos agregados reaccionan con el cemento creando un gel en el concreto endurecido; con el tiempo, este gel se expande causando fisuras y desintegración de la adherencia entre los ingredientes del concreto. Una prueba con luz ultravioleta y acetato de uranio permite determinar la presencia del gel. Poco puede hacerse para prevenir este problema en los puentes existentes, excepto hacer lo posible para impedir el uso de agregados reactivos en las futuras reparaciones.
 - ✓ Pruebas para problemas especiales: velocidad de pulso ultrasónico, inspección radiográfica, tomografía asistida por computadora.
- **Pruebas de cargas:** la mayoría de los métodos de medición de capacidad de un elemento de un puente, predicen el esfuerzo que puede producirse en ese elemento por el peso de un vehículo.

2.3. Términos básicos

- **Puente:** estructura que tiene como propósito salvar un obstáculo físico, ya sea un río, valle o vía, haciendo posible el paso de vehículos y personas de un punto a otro (AASHTO, 2020).
- **Componentes:** se trata de cada uno de los elementos que forman parte de un sistema estructura y que cumple una función específica. En caso de puentes los componentes se clasifican en elementos de la superestructura y subestructura, los que trabajan en conjunto para transmitir las cargas hacia el terreno (Chen & Duan, 2014).

- **Patología estructural:** Se refiere al conjunto de daños, deterioros o defectos que alteran el comportamiento y la durabilidad de una estructura; se originan por lesiones físicas, mecánicas y químicas (Calavera, 2005).
- **Lesiones físicas:** son originadas por acción de agentes externos o fenómenos físicos que generan cambios volumétricos o deterioro superficial en el concreto (Calavera, 2005; Broto, 2006).
- **Lesiones mecánicas:** surgen como consecuencia de la función soporte de los elementos estructurales y suelen afectar a la integridad del conjunto (Monjo y Maldonado, 2001).
- **Lesiones químicas:** son provocadas por reacciones entre los componentes del concreto y agentes agresivos externos o internos, que alteran microestructura y reducen su durabilidad (Monjo & Maldonado, 2001; Calavera, 2005).
- **SCAP:** Es el Sistema Computarizado de Administración de Puentes, metodología que se encarga de evaluar cada elemento parte del puente, asignándole valores porcentuales en un rango de 6 condiciones o estados (de 0 a 5), dependiendo del grado de daños o lesiones (MTC, 2016).
- **Inspección:** es el conjunto de acciones de gabinete y campo, desde recopilación de información, hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado (MTC, 2016).
- **Evaluación:** esta etapa se realiza luego de la inspección en campo, se evalúa el estado o condición de cada elemento del puente, según las lesiones o patologías halladas en cada uno de estos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Ubicación geográfica y época

3.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en el Puente Shumba, ubicado en la progresiva 43+329 de la carretera Jaén – San Ignacio, correspondiente al tramo PK 21 – PK 47 de la Red Vial Nacional Longitudinal de la Selva Norte, Ruta PE–5N, en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, Perú.

Figura 2

Mapa de la Región Cajamarca y Provincia de Jaén

Nota: *Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.*

Tabla 4

Coordenadas “Puente Shumba”

COORDENADAS – PUENTE SHUMBA			
UTM DATUM WGS84 ZONA 17M		GEOGRÁFICAS	
ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
742509	9386260	5°32'54.4"S	78°48'39.6"W

Figura 3

Ubicación del puente Shumba, Carretera Jaén – San Ignacio



Nota: Google Earth, 2024.

3.1.2. Época de la investigación

Se realizó entre los meses de noviembre y diciembre del año 2024.

3.2. Enfoque, tipo, nivel, diseño y método de la investigación

3.2.1. Enfoque de investigación

Es cuantitativo, ya que la investigación se basa en la medición y evaluación objetiva de las patologías físicas y mecánicas en el puente Shumba. Este enfoque está orientado a obtener datos numéricos sobre el estado de los componentes del puente, mediante la inspección, clasificación y evaluación de las patologías.

3.2.2. Tipo de investigación

Es de tipo aplicada, ya que se orientó a la utilización de conocimientos técnicos y normativos existentes para evaluar las patologías físicas y mecánicas presentes en los componentes del Puente Shumba. Los resultados obtenidos permitieron diagnosticar la condición estructural del puente y proponer alternativas de intervención, con el fin de contribuir a la mejora de la transitabilidad y seguridad de la infraestructura vial.

3.2.3. Nivel de investigación

Es descriptivo, debido a que se identificaron, clasificaron y describieron las patologías físicas y mecánicas observadas en los diferentes componentes estructurales y no estructurales del puente, sin manipular deliberadamente las variables de estudio. Asimismo, se determinó la condición del puente a partir de la evaluación del grado de deterioro de sus elementos.

3.2.4. Diseño de investigación

Es no experimental, dado que las variables no fueron manipuladas intencionalmente, sino observadas y evaluadas tal como se presentaron en su contexto real. Además, la investigación es de corte transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un período específico de tiempo, correspondiente a los meses de noviembre y diciembre del año 2024.

3.2.5. Método de investigación

Es hipotético – deductivo y de medición, ya que parte de la formulación de una hipótesis que establece que las patologías físicas y mecánicas en los componentes del puente Shumba se encuentran en estado pésimo. A partir de esta hipótesis, se deduce que, si se confirma la presencia de patologías significativas mediante la inspección visual y la clasificación de patologías se permitirá verificar si esta es válida y aprobada.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población

La población de la investigación fue el puente Shumba.

3.3.2. Muestra

El puente Shumba, el cual es de tipo viga losa y está ubicado en el kilómetro 43 de la carretera Jaén – San Ignacio.

3.3.3. Unidad de análisis

Estuvo constituida por las patologías físicas y mecánicas presentes en los componentes del puente Shumba, las que además fueron el objeto directo de esta investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

- **Observación directa:** utilizada para identificar visualmente las patologías físicas y mecánicas presentes en los componentes del puente durante la inspección en campo.
- **Análisis documental:** se realizó la recopilación de información del puente Shumba, tales como planos, uso de normativa vigente, reglamentos y otras investigaciones.

3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos

- Fichas de evaluación patológica, que permitieron registrar de manera sistemática las patologías identificadas, su grado de severidad y el porcentaje de afectación de cada componente del puente.
- El fisurómetro, se utilizó para identificar los espesores de las fisuras y grietas presentes en los componentes del puente Shumba.
- Formatos de control de los ensayos de esclerometría.
- Protocolos (ficha SCAP) establecidos en la guía de inspección de puentes.

3.5. Técnicas de análisis e interpretación de datos

3.5.1. Técnicas de análisis

El análisis de los resultados se realizó interpretando las tendencias observadas en los gráficos y tablas elaborados en Microsoft Excel, identificando los elementos con mayor presencia de patologías y aquellos que presentan condiciones aceptables. Dicho análisis permitió determinar el nivel de afectación estructural en cada elemento y en el puente de

manera global, así como establecer la necesidad de acciones de mantenimiento, rehabilitación o intervención prioritaria, en función del grado de deterioro identificado.

3.5.2. Interpretación de resultados

La interpretación de datos estuvo sujeta a los gráficos estadísticos y descripciones técnicas, los cuales permiten una lectura clara y objetiva del estado de los elementos evaluados. Esta forma de interpretación contribuye a sustentar el diagnóstico estructural desarrollado en la investigación y sirve como base para la formulación de conclusiones y recomendaciones técnicas orientadas a la conservación y mejora de los elementos evaluados.

3.6. Procedimiento

3.6.1. Levantamiento topográfico

Se efectuó el levantamiento topográfico utilizando de una estación total, con el propósito de obtener las dimensiones reales de los elementos del puente y verificar su geometría general. Este levantamiento permitió determinar longitudes, anchos, alturas y áreas de los componentes evaluados, información necesaria para el cálculo de áreas afectadas por patologías y la correcta aplicación de la ficha SCAP.

Figura 4

Vista en planta del puente Shumba

Figura 5

Elevación del puente Shumba

3.6.1. Identificación de elementos e inspección

Tabla 5

Elementos evaluados

Nº	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	104	Losa de concreto armado
2	110	Vigas principales de concreto armado
3	111	Vigas secundarias de concreto armado
4	201	Elevación cuerpo del estribo de concreto simple
5	204	Elevación alas del estribo de concreto simple
6	215	Zapata de concreto simple
7	311	Vereda de concreto
8	323	Apoyo deslizante de acero
9	324	Apoyo articulado de acero
10	344	Junta de expansión, tipo compresible / expandible sólido
11	352	Barandas de concreto

3.6.2. Registros fotográficos e identificación de patologías en campo

Se realizó la toma de fotografías en cada elemento, específicamente en las áreas donde se evidenciaron las lesiones o patologías que estos presentaron, esto con fines de respaldar visualmente los daños identificados y facilitar su posterior análisis.

3.6.3. Aplicación de ensayos no destructivos

Se realizó el ensayo de esclerometría, para evaluar la uniformidad y condición superficial del concreto en determinados elementos de concreto armado. En cada punto de ensayo se registró:

- ✓ Identificación de elemento.
- ✓ Serie de lecturas de rebote.
- ✓ Número de lecturas válidas.
- ✓ Número de rebote promedio.
- ✓ Resistencia a partir de la curva de correlación del equipo.

3.6.4. Registro de la información

Mediante el llenado de la ficha de inspección SCAP, y las fichas de evaluación patológica, donde se hallaron los porcentajes de áreas afectadas respecto del área total de cada componente, se asignaron los porcentajes totales de afectación y niveles de condición, de acuerdo al grado de severidad de las patologías identificadas.

3.6.5. Cálculo de la condición estadística de los elementos y del puente

3.6.5.1. Expresión de la condición de campo por elemento

La condición de cada componente del puente se expresó inicialmente mediante porcentajes de afectación asignados a cada nivel de condición, desde 0 (excelente) hasta 5 (pésima), de acuerdo con la severidad y extensión de las patologías observadas durante la inspección.

Tabla 6*Condición de elementos del puente Shumba, según evaluación de campo*

Elemento	Nivel de la condición						Total %
	5	4	3	2	1	0	
	Pésima	Mala	Preocupante	Regular	Buena	Excelente	
104	0	0	30	0	70	0	100
110	0	0	0	20	80	0	100
111	0	0	0	0	100	0	100
201	0	60	40	0	0	0	100
204	0	0	80	20	0	0	100
215	0	70	0	30	0	0	100
311	0	0	15	15	70	0	100
323	0	0	60	40	0	0	100
324	0	0	60	40	0	0	100
344	0	100	0	0	0	0	100
352	0	0	80	10	10	0	100

3.6.5.2. Verificación de consistencia de la información registrada

Se realizó la verificación de consistencia de la información consignada en la ficha de inspección SCAP, comprobando que la suma de los porcentajes de afectación por componente sea igual al 100%, y que los niveles de condición asignados sean coherentes con el grado de severidad de las patologías observadas en campo. Este control permitió asegurar la confiabilidad de los datos utilizados en el análisis posterior.

3.6.5.3. Ajuste de porcentajes según condiciones umbral

Los porcentajes obtenidos en campo fueron ajustados mediante condiciones umbral, considerando valores límite del **3 %** para la **condición 5** y del **25 %** para las **condiciones 0 a 4**. Este ajuste se realizó con el fin de adoptar un criterio conservador, asumiendo que una afectación significativa en un determinado nivel representa la condición global del componente, y se determina con la siguiente fórmula:

$$(\%campo * 100 / \%umbral)$$

Tabla 7*Ajustes según porcentaje de umbral*

Elemento	Nivel de la condición					
	5	4	3	2	1	0
	Pésima	Mala	Preocupante	Regular	Buena	Excelente
	3%	25%	25%	25%	25%	25%
104	0	0	120	0	280	0
110	0	0	0	80	320	0
111	0	0	0	0	400	0
201	0	240	160	0	0	0
204	0	0	320	80	0	0
215	0	280	0	120	0	0
311	0	0	60	60	280	0
323	0	0	240	160	0	0
324	0	0	240	160	0	0
344	0	400	0	0	0	0
352	0	0	320	40	40	0

3.6.5.4. Reajuste acumulado de porcentajes

Posteriormente, los porcentajes ajustados fueron acumulados desde la condición más desfavorable (5) hacia la más favorable (0), deteniendo la suma al alcanzar el 100 %. Este procedimiento permitió priorizar los estados de mayor deterioro en la evaluación del componente.

Tabla 8

Suma por elemento comenzando por la condición 5 hasta que la suma exceda de 100%

Elemento	Nivel de la condición					
	5	4	3	2	1	0
	Pésima	Mala	Preocupante	Regular	Buena	Excelente
104	0	0	120	0	0	0
110	0	0	0	80	400	0
111	0	0	0	0	400	0
201	0	240	0	0	0	0
204	0	0	320	0	0	0
215	0	280	0	0	0	0
311	0	0	60	120	0	0
323	0	0	240	0	0	0
324	0	0	240	0	0	0
344	0	400	0	0	0	0
352	0	0	320	0	0	0

3.6.5.5. Nuevo Reajuste

A partir de los porcentajes reajustados, se determinó la condición estadística de cada componente, aplicando un promedio ponderado mediante el quinto momento, con el objetivo de otorgar mayor peso a las condiciones más críticas.

Tabla 9*Reajuste de valores hasta sumas 100% desde la condición más desfavorable*

Elemento	Nivel de la condición						Total %
	5	4	3	2	1	0	
	Pésima	Mala	Preocupante	Regular	Buena	Excelente	
104	0	0	100	0	0	0	100
110	0	0	0	80	20	0	100
111	0	0	0	0	100	0	100
201	0	100	0	0	0	0	100
204	0	0	100	0	0	0	100
215	0	100	0	0	0	0	100
311	0	0	60	40	0	0	100
323	0	0	100	0	0	0	100
324	0	0	100	0	0	0	100
344	0	100	0	0	0	0	100
352	0	0	100	0	0	0	100

3.6.5.6. Determinación de la condición estadística por componente

A partir de los porcentajes reajustados, se determinó la condición estadística de cada componente, aplicando un promedio ponderado mediante el quinto momento, con el objetivo de otorgar mayor peso a las condiciones más desfavorables. El resultado se obtuvo como la raíz quinta de la suma de los productos entre el nivel de condición elevado a la quinta potencia y su porcentaje correspondiente entre “100”, obteniéndose un único valor representativo del estado del componente.

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i^5 * P_i)}{100}}$$

Donde:

C_e : Condición estadística por elemento

L_i : Nivel de condición del componente según las patologías que presentó, van en una escala del 0 al 5.

P_i : Porcentaje de cada nivel de condición en relación con el total de patologías o el componente evaluado.

n : Número total de componentes evaluados.

- Elemento N° 1: Losa de concreto armado (104)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(3^5 * 100)}{100}}$$
$$C_e = 3.000$$

- Elemento N° 2: Vigas principales de concreto armado (110)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(1^5 * 20) + (2^5 * 80)}{100}}$$
$$C_e = \sqrt[5]{25.8}$$
$$C_e = 1.916$$

- Elemento N° 3: Vigas secundarias de concreto armado (111)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(1^5 * 100)}{100}}$$
$$C_e = 1.000$$

- Elemento N° 4: Elevación cuerpo del estribo de concreto simple (201)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(4^5 * 100)}{100}}$$
$$C_e = 4.000$$

- Elemento N° 5: Elevación alas del estribo de concreto simple (204)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(3^5 * 20)}{100}}$$

$$C_e = 3.000$$

- Elemento N° 6: Zapata de concreto simple (215)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(4^5 * 20)}{100}}$$

$$C_e = 4.000$$

- Elemento N° 7: Vereda de concreto (311)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(2^5 * 40) + (3^5 * 60)}{100}}$$

$$C_e = \sqrt[5]{158.6}$$

$$C_e = 2.755$$

- Elemento N° 8: Apoyo deslizando de acero (323)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(3^5 * 100)}{100}}$$

$$C_e = 3.000$$

- Elemento N° 9: Apoyo articulado de acero (324)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(3^5 * 100)}{100}}$$

$$C_e = 3.000$$

- Elemento N° 10: Junta de expansión, tipo comprensible/expandible sólido (344)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(4^5 * 100)}{100}}$$

$$C_e = 4.000$$

- Elemento N° 11: Barandas de concreto (352)

$$C_e = \sqrt[5]{\frac{(3^5 * 100)}{100}}$$

$$C_e = 3.000$$

Tabla 10

Condición estadística de cada elemento, utilizando el quinto momento

Elemento	Nivel de la condición						Condición estadística
	5	4	3	2	1	0	
	Pésima	Mala	Preocupante	Regular	Buena	Excelente	
104	0	0	243	0	0	0	3.000
110	0	0	0	25.6	0.2	0	1.916
111	0	0	0	0	1	0	1.000
201	0	1024	0	0	0	0	4.000
204	0	0	243	0	0	0	3.000
215	0	1024	0	0	0	0	4.000
311	0	0	145.8	12.8	0	0	2.755
323	0	0	243	0	0	0	3.000
324	0	0	243	0	0	0	3.000
344	0	1024	0	0	0	0	4.000
352	0	0	243	0	0	0	3.000

3.6.5.7. Asignación del factor de importancia

A cada componente evaluado se le asignó un factor de importancia, comprendido entre 0 y 1, de acuerdo con su relevancia estructural dentro del puente. Este factor permitió ponderar adecuadamente la influencia de cada elemento en la condición global del puente.

Tabla 11*Factor de importancia de cada elemento*

Elemento	Condición Estadística	Factor de importancia
104	3.000	0.60
110	1.916	1.00
111	1.000	0.80
201	4.000	1.00
204	3.000	0.60
215	4.000	1.00
311	2.755	0.20
323	3.000	0.40
324	3.000	0.40
344	4.000	0.40
352	3.000	0.40

3.6.5.8. Cálculo de la contribución de cada componente

La contribución de cada componente al estado del puente se obtuvo multiplicando su condición estadística por el factor de importancia correspondiente. Este valor permitió identificar el componente con mayor incidencia en la condición del puente.

$$Cont._e = C_e * F_i$$

Donde:

Cont._e: Contribución de cada componente

C_e = Condición estadística por elemento

F_i = Factor de importancia

Tabla 12*Contribución de cada componente*

Elemento	Condición Estadística	Factor de importancia	Contribución de cada componente
104	3.000	0.60	1.800
110	1.916	1.00	1.916
111	1.000	0.80	0.800
201	4.000	1.00	4.000
204	3.000	0.60	1.800
215	4.000	1.00	4.000
311	2.755	0.20	0.551
323	3.000	0.40	1.200
324	3.000	0.40	1.200
344	4.000	0.40	1.200
352	3.000	0.40	1.200

Nota. En la tabla se identificó que el mayor valor de contribución es “4.000”.

- Se identificaron los elementos necesarios para el cálculo de la fracción remanente y de la condición global del puente

Número de elementos	11.00
Mayor contribución	4.000
Sumatoria	20.067
Suma - mayor	16.067

- Luego se calculó la fracción de la contribución remanente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fracción remanente} = \frac{(\text{suma} - \text{mayor})}{\text{mayor contribución} * (\text{Número de elementos} - 1)}$$

$$\text{Fracción remanente} = \frac{(16.067)}{4.000 * (11 - 1)}$$

$$\text{Fracción remanente} = 0.402$$

3.6.5.9. Determinación de la condición estadística global del puente

Finalmente, la condición estadística del puente se determinó sumando la mayor contribución entre los componentes y la fracción remanente resultante, esta última calculada en función del número total de elementos evaluados.

Este procedimiento aseguró que el elemento más crítico tuviera una influencia predominante en la condición final del puente.

$$\text{Condición estadística global} = \text{mayor contribución} + \text{fracción remanente}$$

$$\text{Condición estadística global} = 4.000 + 0.402$$

$$\text{Condición estadística global} = 4.402$$

Tabla 13

Condición estadística global del puente

Elemento	Condición Estadística	Factor de importancia	Contribución del elemento	Condición del puente
104	3.000	0.60	1.800	4.402
110	1.916	1.00	1.916	
111	1.000	0.80	0.800	
201	4.000	1.00	4.000	
204	3.000	0.60	1.800	
215	4.000	1.00	4.000	
311	2.755	0.20	0.551	
323	3.000	0.40	1.200	
324	3.000	0.40	1.200	
344	4.000	0.40	1.200	
352	3.000	0.40	1.200	

3.7. Operacionalización de variables

Tabla 14

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTE O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
Variable independiente: Patologías físicas, mecánicas y químicas	Es medido a través de la inspección visual.	Físicas	Humedad	Tomas fotográficas y ficha de inspección SCAP.
			Erosión	
			Suciedad	
		Mecánicas	Deformaciones	
			Grietas	
			Fisuras	
			Desprendimiento	
			Erosiones	
			Mecánicas	
		Químicas	Oxidación	
			Corrosión	
			Eflorescencia	
Variable dependiente: Condición del puente Shumba	Se mide con una escala de 0 a 5 los daños y deterioros de cada elemento.	Condición o Estado	Excelente	Guía para inspección, evaluación y mantenimiento de puentes (2016).
			Buena	
			Regular	
			Preocupante	
			Mala	
			Pésima	

3.8. Matriz de consistencia

Tabla 15

Matriz de consistencia

“EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LOS COMPONENTES DEL PUENTE SHUMBA, JAÉN - 2024				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
		Hipótesis general	V. Independiente	Enfoque, Tipo, nivel, diseño y método de investigación:
¿Cuál es la condición de las patologías físicas y mecánicas en los componentes del puente Shumba, Jaén - 2024?	Objetivo general	Las patologías físicas y mecánicas en los componentes del puente Shumba están en condición mala, de acuerdo a su grado de severidad.	Patologías físicas y mecánicas.	Tuvo un enfoque cuantitativo, fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo, de diseño no experimental y de método hipotético - deductivo.
			V. dependiente	
			Estado de los componentes del puente Shumba.	
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Dimensiones	Población:
• ¿Cuáles son los tipos de patologías presentes en los componentes del puente Shumba?	• Realizar el diagnóstico de las patologías que presentan los componentes del puente Shumba.	• Las patologías que presentan los componentes del puente Shumba son físicas y mecánicas.	• Físicas	La población de la investigación fue el puente Shumba.
• ¿Cuál es la condición del puente Shumba?	• Clasificar la condición del puente Shumba bajo los parámetros de las patologías físicas y mecánicas presentes en sus componentes.	• La condición que presenta el puente Shumba es mala.	• Mecánicas	
• ¿Cuáles son los puntos de intervención identificados en el puente Shumba?	• Determinar los puntos de intervención en los componentes del puente Shumba.	• De los resultados obtenidos la alternativa de solución más favorable es realizar los mantenimientos rutinarios y periódicos.	• Químicas	
• ¿Qué alternativas de solución son las más favorables para las patologías en mal estado presentes en el puente Shumba?	• Proponer alternativas de solución ante las patologías identificadas en el puente Shumba.		Indicadores	Muestra:
			✓ Humedad	Puente Shumba de la RVN PE-5N.
			✓ Erosión	
			✓ Suciedad	Unidad de análisis:
			✓ Deformaciones	Patologías físicas y mecánicas de los componentes del puente Shumba.
			✓ Grietas	
			✓ Fisuras	
			✓ Desprendimiento	
			✓ Erosiones	
			✓ mecánicas	
			✓ Corrosión	
			✓ Oxidación	
			✓ Eflorescencias	
			Dimensiones	Técnicas e instrumentos de recolección de datos:
			• Condición o Estado	Se usará la técnica de observación directa e instrumentos como Ficha de Inspección de puentes.
			Indicadores	
			✓ Excelente	
			✓ Buena	
			✓ Regular	Análisis e interpretación de datos
			✓ Preocupante	Se procesaron los datos desarrollados a través del formato de la metodología SCAP en el software Microsoft Excel.
			✓ Mala	
			✓ Pésima	

CAPÍTULO IV.
RESULTADOS

4.1.1. Resultados de evaluación de las patologías

- a) Losa de concreto armado (104)

Tabla 16

Resultados de Losa de concreto

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)		
1	Presentó decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Presentó disgregación o desprendimiento, no mayor de 6mm de profundidad. Presentó fisuración menor de 0.25mm de separación.	FÍSICAS	Suciedad	12.63%	70%		
			Humedad	41.66%			
		MECÁNICAS	Desprendimiento	0.76%			
			Fisuras	0.54%			
		QUÍMICAS	Eflorescencias	1.16%			
BIOLÓGICAS	Moho	5.84%					
	Hongos	7.41%					
4	Presentó rajaduras mayores de 5mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 20mm de profundidad, con exposición de las armaduras. Corrosión severa de las armaduras con pérdida significativa de sección de acero, mayores a 10%, como para exigir un análisis estructural para verificar la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.	MECÁNICAS	Erosión	24.20%	30%		
			Grietas	5.30%			
		QUÍMICAS	Corrosión	0.50%			
			TOTAL			100%	

Figura 6

Condición de Losa de Concreto según patologías evaluadas

Tabla 17

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	3.000
Factor de importancia	0.60
Contribución al puente	1.800

b) Vigas principales de concreto armado (110)

Tabla 18

Resultados de Vigas principales de concreto armado

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
1	Presentó decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Presentó disgregación o desprendimiento, no mayor de 12mm de profundidad. Presentó fisuración menor de 0.25mm de separación.	FÍSICAS MECÁNICAS QUÍMICAS BIOLÓGICAS	Suciedad	52.29%	
			Humedad	9.69%	
			Desprendimiento	0.09%	
			Eflorescencias	8.21%	80%
			Moho	8.51%	
4	Presentó fisuras menores de 1.5mm de separación. Presentó disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 25mm de profundidad del concreto, sin exposición de las armaduras o evidencia de corrosión de las mismas.	MECÁNICAS	Hongos	1.21%	
			Erosión	19.64%	
			Fisura	0.08%	20%
			Desprendimiento	0.28%	
			TOTAL		

Figura 7

Condición de Vigas Principales de Concreto según patologías

Tabla 19

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	1.196
Factor de importancia	1.00
Contribución al puente	1.196

c) Vigas secundarias de concreto (111)

Tabla 20

Resultados de Vigas secundarias de concreto

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
1	Presentó decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial.	FÍSICAS	Suciedad	26.54%	
			Humedad	22.14%	
	Presentó disgregación o desprendimiento, no mayor de 12mm de profundidad.	MECÁNICAS	Desprendimiento	10.07%	
			Eflorescencias	34.38%	100%
	Presentó fisuración menor de 0.25mm de separación.	QUÍMICAS			
			Moho	5.69%	
Hongos			1.18%		
TOTAL					100%

Figura 8

Condición de Vigas Secundarias de Concreto según patologías

Tabla 21

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	1.000
Factor de importancia	0.80
Contribución al puente	0.800

d) Elevación cuerpo del estribo de concreto simple (201)

Tabla 22

Resultados de estribos de concreto simple

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
1	Presentó decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial.	FÍSICAS	Suciedad	2.73%	10%
	Humedad		3.39%		
	Presentó disgregación o desprendimiento, no mayor de 25mm de profundidad.	QUÍMICAS	Eflorescencias	2.65%	
	Presentó fisuración menor de 1.5mm de separación.	BIOLÓGICAS	Moho Hongos	0.87% 0.35%	
3	Presentó rajaduras menores de 5mm de separación.	MECÁNICAS	Erosión	14.71%	30%
	Presentó alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 100mm de profundidad, con exposición de armaduras.		Fisura	1.76%	
	Ligero desplome o asentamiento sin afectar las condiciones de tránsito en calzada del puente.		Desprendimiento	13.53%	
4	Presentó rajaduras mayores de 5mm de separación.	MECÁNICAS	Erosión	35.44%	60%
	Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 100mm de profundidad.		Fisura	1.02%	
	Desplomes, asentamiento o desplazamiento lateral que afectan las condiciones de tránsito en la calzada del puente		Desprendimiento	19.34%	
			Grietas	4.21%	
TOTAL					100%

Figura 9

Condición de Elevación cuerpo del estribo según patologías

Tabla 23

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	4.000
Factor de importancia	1.00
Contribución al puente	4.000

e) Elevación alas del estribo de concreto simple (204)

Tabla 24

Resultados de las alas de los estribos de concreto simple

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
1	Presentó decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial.	FÍSICAS	Suciedad	8.60%	20%
			Humedad	4.48%	
	Presentó disgregación o desprendimiento, no mayor de 25mm de profundidad.	MECÁNICAS	Erosión	0.33%	
			Fisuras	0.20%	
	Presentó fisuración menor de 1.5mm de separación.	QUÍMICAS	Eflorescencias	1.45%	
3	Presentó rajaduras menores de 5mm de separación.	BIOLÓGICAS	Moho	3.62%	80%
			Hongos	1.33%	
	Presentó alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 100mm de profundidad.	MECÁNICAS	Erosión	75.83%	
			Fisura	1.57%	
	Ligero desplome o asentamiento sin afectar las condiciones de tránsito en calzada del puente.		Desprendimiento	2.61%	
TOTAL					100%

Figura 10

Condición de Elevación alas del estribo según patologías

Tabla 25

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	3.000
Factor de importancia	0.60
Contribución al puente	1.800

f) Zapatas de concreto simple (215)

Tabla 26

Resultados de zapatas de concreto simple

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)		
2	Presentó rajaduras menores de 3mm de separación. Presentó disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 50mm de profundidad del concreto.	FÍSICAS	Suciedad	17.79%	30%		
			Humedad	5.93%			
		MECÁNICAS	Erosión	0.90%			
			Desprendimiento	2.74%			
		BIOLÓGICAS	Moho	1.76%			
			Hongos	0.88%			
4	Presentó rajaduras mayores de 5mm de separación. Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores de 100mm de profundidad. Asentamiento o desplazamientos de la cimentación que afectan las condiciones de tránsito en la calzada del puente. Socavación de la cimentación que afectan la estabilidad del estribo.	Erosión		39.96%	70%		
			Fisura	1.80%			
		MECÁNICAS	Grietas	2.66%			
			Desprendimiento	25.57%			
		TOTAL				100%	

Figura 11

Condición de Zapatas de Estribos según patologías

Tabla 27

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	4.000
Factor de importancia	1.00
Contribución al puente	4.000

g) Vereda de concreto (311)

Tabla 28

Resultados de vereda de concreto

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
1	Presentó decoloración, eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Presentó disgregación o desprendimiento, no mayor de 6mm de profundidad. Presentó fisuración menor de 0.25mm de separación.	FÍSICAS	Suciedad	38.15%	70%
			Humedad	26.79%	
		MECÁNICAS	Descascaramiento	3.73%	
			Fisura	0.45%	
			Desprendimiento	0.87%	
2	Presentó fisuras menores de 1.5mm de separación. Presentó disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 12mm de profundidad del concreto, sin exposición de las armaduras o evidencia de corrosión de las mismas.	MECÁNICAS	Erosión	14.84%	15%
			Grietas	0.16%	
3	Presentó rajaduras menores de 3mm de separación. Presentó alguna delaminación y/o desprendimientos del concreto no mayores de 20mm de profundidad, con exposición de armaduras. Presentó corrosión en las armaduras, pero con pérdidas de sección menores a 10%, y que no afectan significativamente la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.	MECÁNICAS	Erosión	11.68%	15%
			Fisura	0.54%	
			Desprendimiento	0.40%	
			Grietas	2.37%	
TOTAL					100%

Figura 12

Condición de Vereda de Concreto según patologías

Tabla 29

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	2.755
Factor de importancia	0.20
Contribución al puente	0.551

h) Apoyo deslizante de acero (323)

Tabla 30

Resultados de apoyo deslizante de acero

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
2	Presentó corrosión incipiente con picaduras. Se observan deterioros menores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. La lubricación está funcionando defectuosamente. Se observa acumulación de desperdicios que obstruyen la libre rotación del apoyo. El apoyo puede haberse desplazado ligeramente de su posición.	FÍSICAS	Suciedad	19.63%	40%
			Corrosión	10.65%	
		QUÍMICAS	Oxidación	9.72%	
3	Hay corrosión avanzada del acero, que traban el libre desplazamiento del apoyo. Se observan deterioros mayores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. Se ha perdido la lubricación del apoyo. El apoyo se ha salido de su posición. Los reparos o topes para el desplazamiento del dispositivo han sido destruidos. La acumulación de desperdicios hace inoperativo al dispositivo de apoyo.	QUÍMICAS	Corrosión	15.97%	60%
			Oxidación	24.35%	
		MECÁNICAS	Desprendimiento	19.68%	
TOTAL					100%

Figura 13

Condición de Apoyo Deslizante de Acero según patologías

Tabla 31

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	3.000
Factor de importancia	0.40
Contribución al puente	1.200

i) Apoyo articulado de acero (324)

Tabla 32

Resultados de apoyo articulado de acero

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
2	Presentó corrosión incipiente con picaduras. Se observan deterioros menores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. La lubricación está funcionando defectuosamente. Se observa acumulación de desperdicios que obstruyen la libre rotación del apoyo. El apoyo puede haberse desplazado ligeramente de su posición.	FÍSICAS	Suciedad	19.58%	40%
			Corrosión	9.58%	
			Oxidación	10.83%	
		3	Hay corrosión avanzada del acero, que traban el libre desplazamiento del apoyo. Se observan deterioros mayores en el elemento de soporte del dispositivo de apoyo. Se ha perdido la lubricación del apoyo. El apoyo se ha salido de su posición. La acumulación de desperdicios hace inoperativo al dispositivo de apoyo.	QUÍMICAS	Corrosión
Oxidación	27.50%				
MECÁNICAS	Desprendimiento			17.92%	100%
	TOTAL				

Figura 14

Condición de Apoyo Articulado de Acero según patologías

Tabla 33

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	3.000
Factor de importancia	0.40
Contribución al puente	1.200

j) Junta de expansión, tipo compresible/expandible sólido (344)

Tabla 34

Resultados de junta de expansión

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
4	Colapso del elemento	MECÁNICAS	Desprendimiento	17.93%	100%
				9.89%	
				21.84%	
				31.38%	
				16.55%	
				2.41%	
TOTAL					100%

Figura 15

Condición de Junta de Expansión según patologías

Tabla 35

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	3.000
Factor de importancia	0.40
Contribución al puente	1.200

k) Baranda de concreto (352)

Tabla 36

Resultados de baranda de concreto

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
1	Presentó decoloración eflorescencia y otros efectos del intemperismo y abrasión superficial. Presentó disgregación o desprendimiento (no mayor de 12mm de profundidad) sin exposición de armaduras o evidencia de corrosión de las mismas. Presentó fisuración menor de 0.25mm de separación.	FÍSICAS	Suciedad	1.66%	
			Humedad	5.52%	
		MECÁNICAS	Erosión	0.53%	
			Fisura	0.18%	10%
			Desprendimiento	0.35%	
QUÍMICAS					
			Eflorescencias	1.75%	
2	Presentó rajaduras menores de 2mm de separación. Presentó disgregación del mortero o desprendimientos no mayores de 20mm de profundidad del concreto) con exposición de armaduras. Presentó corrosión en las armaduras) pero con pérdidas de sección menores a 10%, y que no afectan significativamente la capacidad resistente y/o servicio del elemento. Deterioro por impacto de vehículos con efecto limitado	MECÁNICAS	Erosión	8.96%	
			Grietas	0.45%	10%
		MECÁNICAS	Desprendimiento	0.59%	

NIVEL DE CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES HALLADAS	ÁREA AFECTADA (%)	% TOTAL (determina la condición estadística)
3	Deterioro severo por impacto de vehículos.				
	Puede haber rajaduras mayores de 2mm de separación.		Erosión	67.26%	
	Avanzado estado de deterioro del concreto y/o desprendimientos del concreto mayores a 20mm de profundidad con exposición de las armaduras.		Fisura	1.34%	80%
	Corrosión severa de las armaduras con pérdida significativa de sección de acero) mayores a 10%) como para exigir un análisis estructural para verificar la capacidad resistente y/o de servicio del elemento.	MECÁNICAS	Desprendimiento	3.21%	
			Grietas	6.94%	
		QUÍMICAS	Corrosión	1.24%	
	TOTAL				100%

Figura 16

Condición de Baranda de Concreto según patologías

Tabla 37

Resumen de condición

RESUMEN DE CONDICIÓN	
Condición Estadística	3.000
Factor de importancia	0.40
Contribución al puente	1.200

Tabla 38*Resumen de condición estadística de los componentes evaluados*

N°	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN ESTADÍSTICA	NIVEL DE CONDICIÓN	DETERMINACIÓN SCAP
1	104	Losa de concreto armado	3.000	Preocupante	Hay necesidad de reparaciones mayores.
2	110	Vigas principales de concreto armado	1.196	Buena	No hay necesidad de reparaciones, pero amerita intervenir zonas identificadas por prevención.
3	111	Vigas secundarias de concreto armado	1.000	Buena	No hay necesidad de reparaciones, pero amerita intervenir zonas identificadas por prevención.
4	201	Elevación cuerpo del estribo de concreto simple	4.000	Mala	Necesita reparación, se puede mantener abierto a tráfico restringido.
5	204	Elevación alas del estribo de concreto simple	3.000	Preocupante	Hay necesidad de reparaciones mayores.
6	215	Zapata de concreto simple	4.000	Mala	Necesita reparación, se puede mantener abierto a tráfico restringido.
7	311	Vereda de concreto	2.755	Regular	Hay necesidad de reparaciones menores.
8	323	Apoyo deslizante de acero	3.000	Preocupante	Hay necesidad de reparaciones mayores.

N°	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN ESTADÍSTICA	NIVEL DE CONDICIÓN	DETERMINACIÓN SCAP
9	324	Apoyo articulado de acero	3.000	Preocupante	Hay necesidad de reparaciones mayores.
10	344	Junta de expansión, tipo compresible / expandible sólido	4.000	Mala	Necesita reparación, se puede mantener abierto a tráfico restringido.
11	352	Barandas de concreto	3.000	Preocupante	Hay necesidad de reparaciones mayores.

4.1. Resultados de Ensayo de Esclerometría

Tabla 39

Resultados de esclerometría

ELEMENTO	N° DE GOLPES	LECTURA PROMEDIO	RESISTENCIA	CALIDAD DEL CONCRETO
			CARACTERÍSTICA (kg/cm ²)	
Losa de concreto	12	57	280.12	Alta
Viga principal	12	45	297.00	Alta
Estribo derecho	12	33	167.46	Baja

- Las fichas de los ensayos de esclerometría por elemento se encuentran en el **ANEXO I**.

4.2. Proponer alternativas de solución ante patologías identificadas

Las lesiones patológicas identificadas en los componentes del puente Shumba presentaron daños significativos. Se registraron daños como suciedad, humedad, descascaramientos, fisuras, grietas, erosión, desprendimientos de concreto, oxidación y corrosión de armaduras, eflorescencias, moho y hongos.

Tabla 40

Alternativas de solución

LESIÓN IDENTIFICADA	ELEMENTOS	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	EQUIPOS Y MATERIALES
Suciedad	Losa, vigas, estribos, aleros, zapatas, veredas, apoyos, juntas de expansión y barandas	- Limpieza manual y mecánica de superficies. - Retiro de agentes contaminantes. - Limpieza de drenajes. - Pintado sobre superficies deterioradas con pintura.	- Hidrolavadoras (mayor a 5000 psi). - Escobillas - Detergente industrial biodegradable. - Amoladoras
		- Sellado de juntas	- Sellante elastomérico de poliuretano o polisulfuro. - Cordón de respaldo. - Primer de adherencia. - Pistola aplicadora de sellante - Mortero epóxico. - Espátula metálica - Compresora - Placas metálicas de anclaje en junta de expansión. - Adhesivo epóxico estructural en junta de expansión. - Sistema de junta elastomérica prefabricada. - Hidrolavadora - Mortero impermeable cementicio
Moho, hongos, eflorescencias y humedad	Barandas, apoyos de acero, veredas, zapatas, alas, estribos, losa de concreto	- Impermeabilización superficial - Reparación de drenajes - Aplicación de recubrimientos protectores	- Sellador acrílico penetrante - Membrana impermeabilizante - Rodillo industrial - Equipos airless de pulverización - Reponer tuberías PVC - Mortero de reparación estructural - Sellante hidráulico de fraguado rápido - Equipo de corte - Equipo de limpieza con agua a presión. - Recubrimiento epóxico anticorrosivo - Pintura poliuretánica alifática - Inhibidores de corrosión migratorios - Hidrolavadora - Espátulas y lijadoras - Convertidor de óxido en acero

LESIÓN IDENTIFICADA	ELEMENTOS	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	EQUIPOS Y MATERIALES
		- Tratamiento de filtraciones	- Primer anticorrosivo epóxico rico en zinc. - Grasa lubricante estructural - Pintura poliuretánica industrial - Cepillo rotativo - Compresora - Arenado abrasivo - Inyección de resina epóxica - Inyección de poliuretano expansivo - Mortero tixotrópico de reparación - Sellador cristalizante - Lechada cementicia impermeable - Bomba de inyección a presión - Empacadores de inyección - Taladro rotatorio
Grietas y fisuras	Estribos, zapatas, veredas, barandas, vigas	- Sellado superficial con resinas epóxicas - Inyección estructural en grietas activas	- Resina epóxica de baja viscosidad en fisuras superficiales - Mortero epóxico para sellado previo de boca de grieta. - Disolvente de limpieza - Arena sílice - Espátulas metálicas - Pistola aplicadora manual - Compresora - Cepillo de acero - Resina epóxica de baja viscosidad - Empacadores de inyección - Adhesivo epóxico - Mortero de reparación estructural si hay desprendimiento - Bomba de inyección manual o eléctrica - Llave para packers - Mezcladora de baja velocidad - Equipo de presión controlada
		- Saneamiento del concreto deteriorado - Limpieza y tratamiento de acero expuesto	- Hidrolavadora industrial - Mortero de limpieza o removedor de contaminantes - Sellador de poros - Escarificadora o amoladora - Detector de carbonatación - Convertidor de óxido - Pasivador de armaduras (base cementicia o epóxica) - Inhibidor de corrosión

LESIÓN IDENTIFICADA	ELEMENTOS	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	EQUIPOS Y MATERIALES
Erosión y desprendimientos	Alas, zapatas, vigas, barandas, estribos.	- Reposición con morteros estructurales - Protección anticorrosiva	- Recubrimiento epóxico anticorrosivo - Arenadora en lesiones severas - Compresora - Mortero estructural tripóxico - Puente de adherencia epóxico - Aditivos mejoradores de adherencia - Fibras sintéticas - Vibrador pequeño - Espátulas - Recubrimiento elastomérico impermeable - Pintura acrílica o poliuretánica - Sellador penetrante hidrofóbico - Sistema inhibidor migratorio - Primer epóxico rico en zinc en acero expuesto - Pintura poliuretánica industrial - Medidor de espesor de película
Corrosión y oxidación	Apoyo deslizante y articulado	- Limpieza mecánica del acero - Eliminación de óxido - Aplicación de pintura anticorrosiva - Verificación de alineamiento y funcionamiento.	- Convertidor químico de óxido (base fosfato o tánico) - Solvente desengrasante industrial - Remover productos de corrosión, pintura deteriorada y contaminantes adheridos - Compresora de aire - Esmeril angular - Cepillo metálico manual - Primer epóxico rico en zinc - Zapa intermedia epóxica - Acabado poliuretánico alifático - Nivel topográfico o láser - Galgas de espesores - Calibrador metálico

