



UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PUENTES DE
HORMIGÓN EN AUTOPISTAS, EL ORO, AÑO 2020.**

AUTOR: NOE ROBERTO VITE QUEZADA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL, MENCIÓN VIALIDAD**

TUTOR: ING. LUIS ALBERTO CAMPUZANO CASTRO, M. SC

COTUTOR: ING. LEYDEN OSWALDO CARRIÓN ROMERO

MACHALA

AÑO 2020

PENSAMIENTO

“El pesimismo conduce a la debilidad, el optimismo al poder.”

William James

MACHALA

2022

DEDICATORIA

A Dios que gracias a él estoy con salud y bienestar para culminar mis estudios de maestría, luego de atravesar una pandemia que nos preocupó mucho, pero con las bendiciones de él continuamos los módulos y aprobamos satisfactoriamente.

A mi familia entera, dedico este triunfo a mis padres Roberto y Elizabeth por acompañarme en cada paso que doy y han sabido apoyarme en el andar de mi vida. Mis hermanos Mao, Marlon y Robespierre compañero de esta maestría hemos podido lograr culminar este proceso y a mi abuelita mami Teresa que se alegra tanto por vernos crecer personal y profesionalmente a cada uno de nosotros.

En especial este triunfo dedico a mi esposa Tatiana Vanegas y a mi hijito Dylan Noé que son mi mayor motivación para seguir adelante y por ellos doy mis mejores esfuerzos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Técnica de Machala, representada por el Ing. César Quezada Abad, PhD, por haberme aceptado ser parte de ella y abrir las puertas de su claustro científico y estudiar en este excelente programa de maestría; a sus docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir día a día en la búsqueda de nuevos horizontes.

- Al Sr. Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, coordinador del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, por su paciencia y orientación permanente en la organización de las actividades académicas y logísticas

- Al Sr. Ing. Luis Alberto Campuzano Castro M.Sc., tutor de este trabajo de titulación, por su capacidad y oportuna orientación en el desarrollo de esta investigación.

- A los compañeros de la Maestría por sus aportes brindados en las clases y tareas, que me han permitido acrecentar mi amistad y apoyo moral en esta etapa de nuestras vidas.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Los contenidos, ideas, criterios, análisis, conclusiones y propuesta emitidos en este informe del trabajo de investigación titulado “**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PUENTES DE HORMIGÓN EN AUTOPISTAS, EL ORO, AÑO 2020.**”, son de exclusiva responsabilidad del autor.



NOE ROBERTO VITE QUEZADA

C.I. 0703151100

Machala, 2021/02/28

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del trabajo de titulación “**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PUENTES DE HORMIGÓN EN AUTOPISTAS, EL ORO, AÑO 2020.**” elaborado por el Ing. Noé Roberto Vite Quezada, considero que ha sido realizado con prolijidad, fundamentación teórica y técnica; y, de acuerdo a los requisitos exigidos por la organización del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, mención Vialidad, por lo que autorizo su presentación ante las instancias de aprobación correspondiente.


ING. LUIS ALBERTO CAMPUZANO CASTRO, M. SC

C.C. 0700949316

Machala, 2021/02/28

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ing. Noé Roberto Vite Quezada, con cédula de ciudadanía No.- 0703151100, manifiesto en forma libre y voluntaria, ceder a la Universidad Técnica de Machala, los derechos de autor, consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5, y 6 en calidad de autora del trabajo de titulación denominado **“METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PUENTES DE HORMIGÓN EN AUTOPISTAS, EL ORO, AÑO 2020.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de Magister en Ingeniería Civil, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada, en concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica de Machala.



NOÉ ROBERTO VITE QUEZADA

C.I. 0703151100

Machala, 2021/02/28

RESUMEN

El estudio se presenta debido al conocimiento sobre los efectos en la falta de mantenimiento en puentes de hormigón y la falta de metodologías de evaluación de puentes, los cuales podrían conllevar a un colapso de la infraestructura, causando efectos negativos en las vías de alto flujo vehicular. Para ello se tiene como objetivo evaluar el estado de los puentes de hormigón armado en autopistas, los cuales forman parte de la red vial estatal en Ecuador. La metodología se completó mediante el método siguiente: Para realizar el levantamiento de información de campo, se realiza un inventario de los elementos de los puentes de hormigón armado, mediante una guía de observación con el fin de evaluar los elementos existentes en la estructura y así obtener las características y patologías existentes, con la descripción de los daños se califica a cada criterio y se obtiene la evaluación del estado del puente. Como resultado se aplicó la metodología en el caso de estudio del puente sobre el Río Motuche en la parroquia Buenavista ubicada en la provincia de El Oro, evaluando a partir de fichas de observaciones como se indicadas en el Anexo 1, donde se obtuvieron los siguientes resultados: En la plataforma donde se evalúa criterios como la superficie de rodadura, losas, aceras, barandillas, pintura, drenajes, entre otros, obtuvieron una calificación de 0.88 sobre 1. La superestructura cuyos criterios son los dispositivos de rodamiento, vigas, corrosión, grietas en el hormigón, daños por colisión y deformaciones, se calificaron con un valor de 0.87. Finalmente la subestructura donde existen criterios tales como zapatas, estribos, muros de ala, erosión de suelo, asentamientos y daños por colisión, se obtuvo una calificación de 0.8. Posterior a la evaluación de cada elemento del puente, se realizó una calificación general donde se pondera en porcentajes a los elementos más importantes en relación a la operatividad, obteniendo así un valor del 84% el cual indica en base a la tabla 12 que no se notó ningún grado de riesgo, esto como conclusión de que el puente tiene 10 años de haber sido construido y no necesita mantenimientos correctivos.

Palabras claves:

Evaluación de puentes, mantenimiento de Puentes, Riesgo, Superestructura, Subestructura.

ABSTRACT

The study is presented due to the knowledge about the effects of the lack of maintenance on concrete bridges and the lack of bridge evaluation methodologies, which could lead to a collapse of the infrastructure, causing negative effects on roads with high vehicular flow. For this, the objective is to evaluate the state of reinforced concrete bridges on highways, which are part of the state road network in Ecuador. The methodology was completed using the following method: To carry out the field information survey, an inventory of the elements of the reinforced concrete bridges is carried out, through an observation guide in order to evaluate the existing elements in the structure and thus obtain the existing characteristics and pathologies, with the description of the damages, each criterion is qualified and the evaluation of the bridge's condition is obtained. As a result, the methodology was applied in the case study of the bridge over the Motuche River in the Buenavista parish located in the province of El Oro, evaluating from observation sheets as shown in Annex 1, where the following observations were obtained: On the platform where criteria such as the rolling surface, slabs, sidewalks, railings, paint, drainage, among others, are evaluated, they obtained a rating of 0.88 out of 1. The superstructure whose criteria are bearing devices, beams, corrosion, cracks in concrete, collision damage and deformation, were rated with a value of 0.87. Finally, the substructure where there are criteria such as footings, abutments, wing walls, soil erosion, settlements and collision damage, a rating of 0.86 was obtained. After the evaluation of each element of the bridge, a general qualification was made where the most important elements in relation to operability were weighted in percentages, thus obtaining a value of 86%, which indicates, based on table 12, that no degree of risk was noted, this as a conclusion that the bridge has been built for 10 years and does not need corrective maintenance.

Keywords:

Bridge evaluation, Bridge maintenance, Risk, Superstructure, Substructure.

INDICE GENERAL

Contenido

<i>PENSAMIENTO</i>	2
<i>DEDICATORIA</i>	3
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	4
<i>RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA</i>	5
<i>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR</i>	6
<i>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR</i>	7
<i>RESUMEN</i>	8
<i>ABSTRACT</i>	9
<i>INDICE DE ILUSTRACIONES</i>	11
<i>INDICE DE TABLAS</i>	12
<i>INTRODUCCIÓN</i>	14
<i>CAPITULO I.</i>	18
1. <i>MARCO TEÓRICO</i>	18
1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	18
1.2. ANTECEDENTES CONCEPTUALES Y REFERENCIALES	21
1.3. ANTECEDENTES CONTEXTUALES	28
<i>CAPÍTULO II</i>	32
2. <i>MATERIALES Y METODOS</i>	32
2.1. TIPO DE ESTUDIO	32
2.2. ENFOQUE	32
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	32
2.4. MÉTODOS TEORICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS	33

2.5.	MÉTODOS EMPIRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS	33
2.6.	OPERACIÓN DE VARIABLE	34
<i>CAPÍTULO III</i>		38
3.	<i>PROPUESTA METODOLÓGICA</i>	38
3.1.	INFORMACIÓN GENERAL	38
3.2.	ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	38
3.3.	JUSTIFICACIÓN	39
3.4.	OBJETIVO	39
3.5.	FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA	39
3.6.	METODOLOGÍA	43
3.7.	PLAN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	44
<i>CAPÍTULO IV</i>		47
4.	<i>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	47
<i>CONCLUSIONES</i>		50
<i>RECOMENDACIONES</i>		51
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>		52
<i>ANEXOS</i>		56

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1	LIMITES PARROQUIA BUENAVISTA	29
ILUSTRACIÓN 2	METODOLOGÍA	43
ILUSTRACIÓN 3	SUMIDE DE AGUAS LLUVIAS	59
ILUSTRACIÓN 4	SEÑALÉTICA RIO MOTUCHE	59
ILUSTRACIÓN 5	BARRERA DE PROTECCIÓN	60
ILUSTRACIÓN 6	BARANDAS DE PROTECCIÓN	60

ILUSTRACIÓN 7 ZONA PEATONAL	61
ILUSTRACIÓN 8 REGISTRO DE OBSERVACIONES	61
ILUSTRACIÓN 9 REGISTRO DE OBSERVACIONES	62
ILUSTRACIÓN 10 REGISTRO DE OBSERVACIONES SUBESTRUCTURA	62
ILUSTRACIÓN 11 OBSERVACIÓN PUENTE RIO MOTUCHE	63
ILUSTRACIÓN 12 OBSERVACIÓN DE JUNTAS DE DILATACIÓN	63
ILUSTRACIÓN 13 OBSERVACION ESTADO DE ESTRIBOS Y MURO DE ALA.....	64
ILUSTRACIÓN 14 DRENAJES DE AGUAS LLUVIAS.....	64
ILUSTRACIÓN 15 DRENAJES AGUAS LLUVIAS.....	65
ILUSTRACIÓN 16 FLUORESCENCIA EN ESTRIBOS	65
ILUSTRACIÓN 17 VIGAS DE PUENTE RIO MOTUCHE	66
ILUSTRACIÓN 18 FISURAS EN ESTRUCTURA	67
ILUSTRACIÓN 19 PUENTE RIO MOTUCHE	68
ILUSTRACIÓN 20 VEGETACIÓN EN MÁRGENES DEL RIO.....	68

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 TIPOS DE PUENTES	22
TABLA 2 PUENTES EN EL ORO.....	33
TABLA 3 VARIABLE DEPENDIENTE	35
TABLA 4 VARIABLE INDEPENDIENTE	37
TABLA 5 CALIFICACIÓN DEL INSPECTOR DE ELEMENTOS DEL PUENTE MÁS MERECEDOR.....	40
TABLA 6 DEFECTOS DE PUENTES DE HORMIGÓN	41
TABLA 7 EVALUACIÓN DE GRADO DE DEGRADACIÓN	42
TABLA 8 EVALUACIÓN DE LOSA DE COMPRESIÓN.....	44

TABLA 9 EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA.....	44
TABLA 10 EVALUACIÓN DE SUBESTRUCTURA.....	44
TABLA 11 EVALUACIÓN FINAL DE ESTADO DE PUENTE.....	46
TABLA 12 RIESGO DE PUENTE.....	46
TABLA 13 EVALUACIÓN DE PLATAFORMA DE PUENTE RIO MOTUCHE.....	47
TABLA 14 EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA DE PUENTE RIO MOTUCHE.....	48
TABLA 15 EVALUACIÓN DE SUBESTRUCTURA DE PUENTE RIO MOTUCHE.....	48
TABLA 16 ESTADO DEL PUENTE DEL RIO MOTUCHE.....	49

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema.

La importancia de conocer el estado de los puentes en nuestro entorno se debe a la comunicación, seguridad y conectividad que estos proveen, los cuales se relacionan directamente con un grupo amplio de personas dependiendo del lugar donde se ubican. Por ellos los efectos de no llevar un mantenimiento y evaluación de puentes podrían conllevar a una caída de la infraestructura, esto causa efectos negativos tanto económicos, sociales y políticos a entidades públicas como privadas. Por esa razón es indispensable estudiar el estado y los daños presentados usualmente en los puentes en vías alto flujo vehicular. (E. Muñoz & Valbuena, 2004)

La investigación aporta con el gran universo existente de puentes de hormigón armado, tanto a nivel provincial, como nacional, ya que cada uno de estos deben estar bajo mantenimiento, y evaluación para evitar futuros problemas que se pueden solucionar a tiempo reduciendo daños y costos futuros.

En Colombia, se considera a los puentes como parte principal de las obras viales del estado, por tanto dan total importancia a la conservación y funcionamiento seguro del puente mediante un Sistema Integral de Administración de Puentes, que tiene como actividades: inventario, inspección, capacidad de carga, mantenimiento y rehabilitación. En 1996 se implementó un Sistema de Administración de Puentes de Colombia, con el propósito de mejorar y complementar la gestión técnica y administrativa de los puentes del País. (E. Muñoz & Gómez, 2013)

Actualidad de la problemática que se enfrenta.

En la infraestructura vial de Ecuador, debido al riesgo sísmico y factores climáticos se han tenido que realizar intervenciones a problemas y las soluciones por ser emergentes son onerosas, sin tener el soporte tecnológico que garantice la seguridad adecuada (Norma ecuatoriana vial, 2013). Es decir, la problemática que esta investigación enfrenta es la falta de evaluación de puentes y la carencia de mantenimientos oportunos.

Por ello, se considera que esta investigación busca desarrollar una metodología de evaluación de puentes con la finalidad de hacer las inspecciones correspondientes en el sitio del puente sobre el Río Motuche, provincia de El Oro, investigar cómo se ha comportado la estructura desde su construcción, revisar si existe algún tipo de falla o daño en la infraestructura y superestructura, para analizar qué medidas aplicar para prevenir un colapso total.

Formulación del problema científico.

Obtener una metodología que permita evaluar de manera eficiente el estado de un puente, el cual permita saber si se encuentra en condiciones de seguir funcionando sin ser un peligro para los usuarios, esta idea nos plantea el siguiente problema:

¿Cuál es la metodología de evaluación que califique el estado de puentes de hormigón armado en vías de segundo orden?

Delimitación del objeto de estudio.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los puentes de hormigón armado en autopistas los cuales forman parte de la red vial estatal en el Ecuador, en este caso se tomará como objeto de estudio el puente en la parroquia Buenavista ubicada en la provincia de El Oro, para lo cual definiremos que son las estructuras y los criterios de evaluación para un puente.

Objetivo general de la investigación.

Proponer una metodología de evaluación de puentes de hormigón armado mediante criterios técnicos para verificar el estado de los puentes en autopistas.

Objetivos Específicos:

- Fundamentar los estudios necesarios para la evaluación del estado de puentes de hormigón en autopistas.
- Determinar los criterios de evaluación del estado de puentes de hormigón en autopistas.
- Formular un metodología de evaluación del estado de puentes de hormigón en autopistas

Delimitación del campo de acción.

La presente investigación cumple con la búsqueda de la evaluación de obras viales con relación al análisis de comportamiento del puente, línea de investigación que corresponde a la Gestión de la infraestructura vial, el proyecto que posee factibilidad en razón que el investigador y la Utmach tienen los recursos técnicos, económicos y académicos, por tanto el trabajo realizado será de gran importancia y aportará a la ciencia fomentando y exhortando a las autoridades que representan las entidades públicas de los gobiernos parroquiales, cantonales, provinciales y otras que sean de la competencia de infraestructura vial a invertir recursos económicos en el mantenimiento preventivo de puentes con la finalidad que las obras se conserven y así evitar el deterioro prematuro que sucede en las estructuras que están en total abandono.

La investigación pretende evaluar los puentes de hormigón armado en autopistas, para ello se tiene como dato principal el número de puentes de El Oro un total de 129 puentes de distintos materiales de construcción. Se realizará un estudio exploratorio para recopilar datos, descriptivo en el cual observara características del puente, estos datos se calificarán con criterios referentes al estado de la infraestructura para ello se analizó documentos relacionados con la evaluación de puentes desde fuentes científicas donde expresan indicadores que más se relacionan al caso de estudio. Se realizará un proceso de análisis jerárquico que indique una ponderación respecto a los puntos más importantes a evaluar encontrados mediante la investigación. En campo se realizarán fichas de observación las cuales mediante directrices evaluarán de manera cuantitativa y permitirán la descripción de los elementos que se relacionan con el estado de los puentes de hormigón armado.

Hipótesis o preguntas científicas o ideas a defender.

Para determinar los resultados que logren el cumplimiento de los objetivos, se plantean las siguientes preguntas: ¿Las observación de campo sirven para la evaluación del estado de puentes de hormigón como elemento de vías de segundo orden?, ¿Cómo fundamentar los estudios necesarios para la evaluación del estado puentes de hormigón que permita realizar la inspección de la estructura?, ¿Qué tipo de factores de evaluación del estado de puentes permite la identificación de daños?, ¿Cómo determinar una

metodología de evaluación de estado de puentes que identifique los deterioros de la estructura del puente?

Estructura del trabajo.

La estructura del trabajo de investigación se clasifica en cuatro capítulos, el cual se detalla a continuación:

Capítulo 1 contiene el marco teórico referencial, presenta información investigativa, antecedentes, varias formas de hacer la evaluación de puentes, informes, guías técnicas, manuales de mantenimiento de puentes, y demás datos que aporten al tema.

Capítulo 2 comprende la descripción de la metodología de evaluación, modalidad de la investigación, determinación de la población y muestra, la modalidad de recabar la información.

Capítulo 3 contiene la metodología propuesta partiendo de los fundamentos tomados del marco teórico como referente para la descripción, la correlación y la comprensión para dar a lugar el aporte práctico de la investigación

Capítulo 4 se presentan los resultados, comprende el análisis descriptivo que de manera veraz y con los datos obtenidos de la evaluación del estado del puente se explica detenidamente, los indicadores del estado del puente, y demás elementos para realizar el mantenimiento.

CAPITULO I.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

1.1.1. Historia de los puentes

La necesidad del hombre de trasladarse de un punto a otro, sumado las necesidades de atravesar obstáculos como los conocidos accidentes naturales, los ríos, las hondonadas en el terreno y del intercambio de necesidades que se presenten en medio del camino para mejorar las vías de comunicación a manera de volverlas más rápidas, seguras. Surge el reto de construir los puentes primitivos con materiales como la madera, piedras, guadua, bejucos. Los puentes son una de las estructuras más antiguas construidas por el hombre y su tipología ha venido evolucionando a lo largo de su historia. (Benjumea Royero et al., 2011) Los primeros puentes fueron construidos con madera y piedra, seguidamente se crearon puentes suspendidos por cuerdas durante la civilización Incaica. Luego con el desarrollo de la industrialización se amplía la construcción de puentes por todo el mundo de manera más rápida por ello, que los puentes juegan un papel muy importante en el desarrollo económico y social de las civilizaciones de la humanidad. (García Giraldo et al., 2014) Consecutivamente con la evolución de los puentes la historia detalla que a finales del siglo *XVIII* se construye el primer puente de fundición que se desarrolló a lo largo de todo el siglo *XIX* el puente de Coalbrookdale (1776-1779) en Inglaterra. La revolución industrial y el ferrocarril, cambio drásticamente el proceso de actividades en el hombre guiándolos a un mundo más mecanizado, y para 1678 Robert Hook creó las leyes de la mecánica elástica, y fueron Navier, Coulomb, Poisson, los que a lo largo de siglo *XIX* vinieron a establecer la resistencia de los materiales sobre bases para construir puentes seguros. (Manterola, 1984)

Este trabajo hace referencia a la evaluación de puentes de hormigón de vías de segundo orden, la metodología contribuirá al análisis de las condiciones de servicio que brindan los puentes a la población en tiempos actuales. Dejando claro que la mejor época de los puentes fue en siglo *XIX*, y que una época es consecuencia de la anterior y los puentes actuales no son sino el último eslabón de su historia, es importante la

aplicación de mantenimientos para alargar su vida útil.(Manterola, 1984) Dado que, en la actualidad, la construcción de estas estructuras requiere una serie de exigencias en base a las necesidades de la obra.

En el país vecino Colombia la Pontificia Universidad Javeriana, realizó evaluaciones de daños en puentes de este país y fueron alrededor de 2 mil los evaluados según consta en informe del Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS), los autores de este trabajo realizaron una guía para evaluación de puentes con métodos y técnicas aplicables a los procesos de diagnósticos y de inspecciones especiales con la finalidad de prever daños en los elementos de los puentes y corran el riesgo de colapsar, para de esa manera poder exponer una serie de medidas de prevención o realizar la reparación pertinente.(E. Muñoz & Gómez, 2013)

En Ecuador, la Universidad de Cuenca, también realizó un estudio sobre la evaluación de puentes con el tema: Inspección y evaluación de la socavación en cimentaciones de puentes y establecimiento de medidas de protección contra este fenómeno. El estudio tenía como objetivo principal la inspección y evaluación de la socavación local en elementos de apoyo de puentes, para lo cual se realizó los procesos correspondientes de evaluación e inspección, a través de la aplicación de técnicas de observación directas al puente, recolección de información documental existente, y la realización de un análisis del tipo de inspección a cumplir. La finalización de esta investigación terminó con la propuesta planteada por los ingenieros Alomía y Calderón encargados del proceso que se basó en la protección de las pilas y estribos con piedras, enrocados, calces y otro tipo de barrera que proteja de la socavación y su integridad del puente.(Alomía Castro & Calderón Brito, 2013)

1.1.2. Importancia de los puentes

El transporte terrestre es fundamental para el desarrollo de un país, sus vías constituyen un elemento necesario para el desarrollo económico y comercial de la región. Pero, en el trayecto de las vías se pueden presentar accidentes naturales, que pueden complicar la conexión con otras localidades vecinas. De ahí la importancia de la creación de puentes para acercar comunidades, unir caminos o comunicar dos espacios geográficos distantes o separados por algo, sin interrupciones en la superficie de la vía para el tráfico. Pudiendo hacer que la población pueda realizar sin inconveniente sus

diferentes actividades; mercantiles, turísticas, recreativas, entre otras.(García Giraldo et al., 2014) En la actualidad, los puentes se han convertido en elementos de gran importancia de la red de carreteras su construcción favorece también: la competitividad de las zonas donde se construyen como satisfacen las necesidades de la población, aumenta la plusvalía de esa región, beneficia al turismo nacional, regional y local generando un crecimiento económico, favorece la creación de redes enfocadas en la logística y movimiento de mercancías y de pasajeros.

1.1.3. Antecedentes de las evaluaciones de puentes

Las evaluaciones de estructuras viales como puentes se las realiza por medio de inspecciones viales, con el propósito de identificar la presencia de algún deterioro y poder intervenir a tiempo para alargar la vida de servicio del bien, reforzar la seguridad del puente y garantizar la vida del usuario de la vía. Entre los procesos para llevar a cabo las inspecciones viales se encuentran: a) Identificación del proyecto, es decir identificar el sitio a inspeccionar. b) Selección del equipo inspector, seleccionar el personal especializado para la realizar la evaluación. c) Recopilación y análisis de información disponible, toda la información que se refiera a la infraestructura en estudio. d) Reunión previa a inspección, reunión entre el ente regulador de la infraestructura y el equipo inspector para definir los alcances de la inspección. e) Visita de campo, para obtener la información de la estructura y poder identificar las áreas de mayor preocupación. Aquí el equipo inspector hará uso de las herramientas necesarias que resulten eficaces para la investigación. f) Prepara el informe de la inspección. g) Presentar los hallazgos. - reportar los hallazgos a la entidad y discutir cualquier duda. h) Plantear una presta formal, enumerar acciones y encargados de la operación o mantenimiento de la infraestructura, derivando a cada observación del equipo inspector y especificar razones por las cuales no se puede atender alguna observación. (Dorado et al., 2018)

La evaluación visual de puentes a través de la descripción de su “estado o condición” es la herramienta básica para llevar a cabo este proceso de evaluación según la Gestión de Puentes, que tiene como objetivo principal monitorear la integridad y seguridad de la operación de los puentes. Y poder prevenir tempranamente los

deterioros que puedan presentarse a futuro, para proteger la seguridad de los usuarios de la vía. (J. Muñoz et al., 2015)

Para el caso de Evaluación de Puentes existen algunos antecedentes que en base al Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones de Invias y la Guía para la determinación de la condición de puentes en Costa Rica señalan los siguientes:

1. Inspección visual, se refiere a una inspección sobre las condiciones y tipologías de cada uno de los puentes, con la finalidad de observar los daños en cada uno de los elementos de los mismos, 2. Aforos vehiculares. Realizar conteos de vehículos en los puentes escogidos para obtener información de tránsito promedio diario sobre la infraestructura, 3. Ensayos no destructivos, es decir esclerometría y carbonatación en los diferentes elementos de los puentes para obtener un diagnóstico más exacto, 4. Plantear técnicas de rehabilitación, para alargar la vida útil de la estructura.

En la actualidad existen algunas técnicas para evaluar la matriz de concreto y refuerzo de los puentes, la primera consiste en *la termografía infrarroja* es cuando se genera un flujo de calor en el cuerpo inspeccionado utilizando estimulación de calentamiento o enfriamiento artificial o natural. La segunda técnica es *el martillo de rebote* que consiste en una técnica no destructiva con la que se puede estimar la resistencia a la compresión del concreto por medio del índice de rebote el cual dependerá de la dureza superficial del hormigón sobre el cual incide, del agregado grueso subsuperficial presente, del estado de la superficie de ensayo y de la presencia de refuerzos. (Cruz, Quintero, et al., 2015)

1.2. ANTECEDENTES CONCEPTUALES Y REFERENCIALES

1.2.1. Puentes

Los puentes sirven para acercar comunidades y naciones, gracias a estas estructuras se acortan distancias y facilita el transporte público y mejora el comercio de los pueblos. Estas estructuras que fueron diseñadas por el hombre, mismas que con el paso del tiempo la ciencia influyó aún más en los diseños y tipologías que favorezcan el bienestar de los habitantes. existen varias cualidades que se le atribuyen en la definición de los puentes según diferentes perspectivas: como ideal constructivo, los puentes son

símbolos de logro de una sociedad para vencer dificultades en el cruce de caminos. Como monumento, desde los construidos por ingenieros romanos donde se aprecia su destreza y eficacia en los diseños, se reconoce los avances que han presentados en la construcción a lo largo de la historia que va desde los siglos XVIII, XIX y XX en Inglaterra, América y Francia, para unir fronteras y mejorar la calidad económica y comercial de los pueblos y naciones. (Plasencia, 2014)

En definitiva, para (Castro & Sarmiento, 2020), el “puente es una estructura que permite interconectar puntos de una vía, para mantener la continuidad en algún tipo de transporte” en la actualidad los puentes pueden ser construidos de distintos materiales; madera, mampostería, acero, hierro fundido, de concreto armado, estructural, concreto pretensado. De la misma manera se pueden clasificar según su tipo de estructura en: continuos, en cantiléver (voladizos), pontones, simplemente apoyados, en arco, simples de tramos múltiples, atirantados, Levadizos (basculantes) y colgantes.

Tabla 1 Tipos de puentes

DISEÑO	SIGLO	MATERIAL	NORMATIVA
Puentes colgantes, puentes suspendidos.	XVI	Madera, piedra.	Sin normativa
Puente viga	XVIII	Madera, piedra, concreto	Sin normativa
Puente viga, losa, atirantado	XIX	Madera, piedra, concreto, hierro, acero	Sin normativa
Puente colgante, puente viga, puente arco, atirantado, levadizo, preeforzado, etc.	XX	Madera, piedra, mampostería, concreto, acero, aluminio, etc.	AASHTO, NTC
Puente colgante, puente viga, puente arco, atirantado, levadizo, preeforzado, losa, eléctrico, puentes inteligentes, etc.	XIX	Madera, piedra, mampostería, concreto, acero, aluminio, acero, etc.	AASHTO, Manual de Diseño de Puentes 2003, NTC, etc.

Fuente: Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel chiclayo (Peralta & Bach, 2018)

1.2.2. Elementos estructurales

Los puentes fueron creados para poder atravesar accidentes naturales, ríos o cualquier obstáculo que interfiera en la continuidad de la vía, dependiendo de su funcionalidad posee elementos estructurales como:

a) La superestructura conocida también como tablero del puente: que se encuentra conformada por la calzada que soporta la carga rodante, los cables, arcos, armaduras, bóvedas. Entre los materiales con los que se construye la superestructura se encuentran concreto reforzado, acero estructural y concreto presforzado.

b) La infraestructura la conforman: los elementos estructurales que sirven de apoyo a la superestructura, como los estribos (apoyos extremos), aletas o muros de contención, los pilares (apoyos centrales) compuesta por zapata, cuerpo y cabecero, estribos que soportan directamente la superestructura; y cimientos, encargados de transmitir al terreno los esfuerzos. (Pinto et al., 2015; Sanchez et al., 2013)

1.2.3. Tipos de puentes

Los puentes se forman de distinto material resistente, pudiendo ser de acero, piedra o madera, hormigón, que junto a la tipología estructural y acciones determinan los tres parámetros de evolución de los puentes.

La tipología estructural es la más común, para poder realizar una clasificación de los puentes y seguir su proceso evolutivo. Así pues, siguiendo a (Manterola, 1984), respecto a la tipología estructural distingue 3 tipos de puentes:

1. *Puente arco* se refiere al que su invención consiste en colocar material resistente de manera que de la forma de arco.
2. *Puente recto* conformado por elementos resistentes como vigas, y una calzada flexible acorde al mecanismo del transporte de carga.
3. *Puente colgado* este presenta una forma contraria al puente de arco, la plataforma de este tipo de puente se encuentra por debajo de los cables de suspensión con tirantes verticales.

El material resistente para cada tipo de puente es: para los puentes rectos la madera, para el puente de arco la piedra y para los colgantes las cuerdas.

1.2.4. Puentes en la provincia de El Oro

En la Provincia de El Oro existen alrededor de 129 puentes caracterizado según su funcionalidad (H=Hormigón; M=Metálico; A=Asfalto; Ma.=Madera) en base a

información de la CONGOPE en su informe 2019, y que se hallan bajo responsabilidad de la Prefectura de El Oro y del MTOP. Los puentes están distribuidos por toda la provincia a fin de brindar acceso a las diferentes comunidades a bien de su desarrollo social y económico a nivel local, regional, nacional e internacional como en el caso del Puente Internacional Ecuador-Perú. (Prefectura de El Oro et al., 2019)

1.2.5. Evaluación de puentes

Actualmente una de las principales causas por las que se realizan mantenimientos en puentes se debe a la corrosión en puentes de concreto reforzado, antes se consideraba que las construcciones de hormigón armado tendrían una vida útil ilimitada, por lo que sólo analizaban el diseño y características asociadas a la resistencia del material y no a la durabilidad del mismo. Muchas de las veces el deterioro de las estructuras de concreto es debido a la corrosión por efectos ambientales como humedad, o presencia de sales en el ambiente, además como la falta de mantenimientos de cualquier tipo. Muchos puentes importantes se encuentran expuestos a la corrosión esto afecta su capacidad y la seguridad estructural del puente. (México De León & Carlos, 2015)

La Inspección

Los puentes son un elemento fundamental con respecto a las obras de infraestructuras vial en un País, por tal motivo, se hace necesario llevar a cabo programas de conservación y mantenimiento para asegurar la funcionalidad y seguridad de la población. Estos programas comprenden una serie de actividades en cuanto a inventario vial, *inspección*, capacidad de carga, mantenimiento y rehabilitación. (Prefectura de El Oro et al., 2019)

Inspección de rutinaria

Se refiere a la inspección previa no necesariamente realizado por un profesional. Esta inspección es más de carácter visual, con la finalidad de reconocer problemas de importancia que necesitan intervenciones inmediatas para la conservación de la estructura.

Inspección principal

Son inspecciones planificadas dentro de las estrategias de gestión, también se las realiza de manera visual, pero esta vez por un especialista, ingenieros o personal técnico con alto grado de conocimiento sobre infraestructuras.

Inspección especial

También deben estar incluidas dentro de sistema de planificación del sistema de gestión, pues, la inspección especial es la que se realiza previo a la labor de ejecución de la rehabilitación, reparación o refuerzo de la estructura. Pues requiere estudio específico del tipo de deterioro que presente y va hacer necesario la colaboración de un equipo multidisciplinario en materias de estructuras, geotécnica y de análisis de deterioro de material. Requiere una caracterización cuantitativa del puente para su evaluación. (Cañamares et al., 2016)

1.2.6. Daños en puentes

Entre los daños que se pueden encontrar a través de una inspección vial en los puentes según (E. Muñoz & Gómez, 2013) están los siguientes:

Daños en la superficie de rodadura: puede presentar, desconches y baches, fisuras típicas de piel de cocodrilo, encharcamiento del agua debido al desnivel y al inadecuado bombeo como la falta de drenes.

Daños en los andenes, bordillos y barandas: se encuentran los *hormigueros* en el concreto, aceros expuestos, a causa de un mal proceso en la construcción y el diseño o por grietas estructurales y no estructurales, y los daños en las barandas a causa por los impactos de los vehículos productos de accidentes de tránsito.

Daños en las Juntas de dilatación: es la presencia de elementos extraños presentes en el tablero de la superestructura del puente, pudiendo provocar; deterioro en el sello, paso de agua a través de la junta, averíos en los estribos y pilas del puente.

Daño a los conos y taludes: generados por la erosión o socavación, a causa de un inadecuado manejo de aguas esorrentía en tiempos de inviernos, que genera inestabilidad en los conos y taludes debido a un mal relleno.

Daño en aletas: es la inestabilidad y grietas que presenta el puente, producto de asentamientos, erosión y socavones que afectan a las aletas. Deficiencias en el diseño estructural. geometría inadecuada, cimentación y unión con estribo no apropiado, acumulación de maleza o basura.

Daño a pilas: Deformaciones de las pilas a causa del asentamiento de su cimentación en las barandas. Movimientos y hundimientos provocados por la socavación lateral del cauce sobre las cimentaciones de las pilas, el deterioro y la falta de capacidad de carga, el deterioro del concreto de las pilas y la acumulación de maleza o basura.

Daño a los Apoyos: los daños más frecuentes son causados por el daño estructural e infiltración, la deformación de apoyos de neopreno, apoyos de balancín sin una correcta verticalidad, falta de anclajes o tornillos en apoyos de acero móviles, acumulación de maleza o basura, corrosión generalizada en los apoyos de acero, desconches de bajo de los apoyos por falla por aplastamiento en los estribos y las pilas.

Daño en la losa: grietas de flexión, deterioro del concreto, problemas de durabilidad, hormigueros, aceros expuestos y recubrimiento insuficiente, deficiencias en la construcción, es decir, una infiltración de la losa por tener drenes cortos y Falta de capacidad de carga de la losa por diseño inadecuado.

Daño a elementos de armadura y cables: Problemas de corrosión, pérdida de sección de cordón inferior, falta de pernos, problemas de vibraciones, deficiencias estructurales y deterioro de los cables y pendolones de los puentes, catenaria principal con falla en alambres, estado de cables, pendolones y torres.

Daños a estribos: inestabilidad de la estructura del estribo a causa de los asentamiento y socavación poniendo en riesgo la estabilidad de la superestructura, las aletas y el terraplén de acceso del puente, de igual forma la falta de capacidad de carga, las fallas por aplastamiento del concreto del estribo en la zona de apoyos, y la acumulación de maleza o basura.

Daño en las vigas: puede presentar; grieta a cortante tensión, flexión y torsión, en viga principal de concreto reforzado, como acero principal expuesto y hormigueros en el concreto, corrosión del refuerzo de vigas en concreto reforzado o pre-esfzado.

Daño en el Elementos de arco: Deficiencias estructurales y deterioro de los arcos de concreto, mampostería o acero en los puentes, ausencia o pérdida de recubrimiento, Corrosión del acero de refuerzo que produce grietas, Fisuras y eflorescencias, falta de capacidad de carga e infiltración.

El Cause: Problemas de contracción del flujo, Obstrucción en el cauce que genera socavación, Mal diseño pilotes descubiertos de estribos y pilas, Obstáculos como: árboles, piedras, casas, estructuras hidráulicas dañadas, etc. Mala orientación en el puente. (E. Muñoz & Gómez, 2013)

1.2.7. Carga dinámica prueba de carga

Sirven para comprobar el desempeño estructural de un puente a manera que no presente fallas. A las pruebas de carga se las puede clasificar en base a pruebas de diagnóstico y pruebas de capacidad. Es decir, las de diagnóstico se utilizan para establecer la respuesta del puente ante las cargas y son las utilizadas por el profesional encargado de la evaluación y mantenimiento del puente para comprobar las condiciones de efectividad en reparaciones de los deterioros que presente. Las pruebas de capacidad establecerán el límite de carga segura que tiene el puente, identificar la carga dinámica real es de gran importancia para obtener sus condiciones de servicio.(Ortiz et al., 2010)

1.2.8. Pruebas no destructivas

Son técnicas que permiten identificar y evaluar técnicas de refuerzo, para evaluar la calidad y resistencia del concreto y otros elementos, así como analizar las grietas, los vacíos, delaminaciones y deterioro del concreto en su vida útil. Son herramientas de ingeniería utilizadas para controlar la calidad de la estructura, dicho de otra manera, se refiere al empleo de propiedades físicas y químicas de materiales para la evaluación sin causar daño en su vida servicial futura. (Cruz, Ortiz, et al., 2015; Departamento Técnico, 2006)

1.2.9. Diseño de puente

El propósito de los puentes es facilitar una vía de paso, sobre una carretera, sobre el agua o una vía férrea. Con el fin de satisfacer las necesidades de transportación de servicios y bienes.(Sanchez et al., 2013) Para establecer el diseño de un puente es

necesario tomar en cuenta su función futura, pese a los avances tecnológicos, en la actualidad se sigue trabajando con materiales de siglo pasado como el hormigón, armado, acero y pretensado. (Cremades, 2017) Estos puentes pueden ser de distinto diseño; para el caso de puentes grandes y especiales se va a necesitar de un gran equipo multidisciplinario conocedor de ingeniería en transporte, geotécnica, estructura, hidráulica, topografía, arquitectura entre otros especialistas. (Mascia & Sartorti, 2011)

1.3. ANTECEDENTES CONTEXTUALES

La Parroquia Rural Buenavista, forma parte de las seis parroquias rurales del cantón Pasaje de la Provincia de El Oro. Se caracteriza por ser una parroquia mayormente agrícola, productora de banano, aproximadamente un 60% del área de cultivo de su cantón se da en esta zona. Posee un río que lleva su mismo nombre que lo acompaña a lo largo del margen derecho de su territorio y que a través de su historia ha sido protagonista de grandes inundaciones, debido a la característica de su suelo que se encuentra sobre una llanura aluvial en la cuenca del río Buenavista y aunque en la actualidad aún se presentan estas inundaciones se dan con menor fuerza.

1.3.1. Ubicación

La parroquia rural Buenavista, se encuentra ubicada al Sur-Oeste del Cantón Pasaje, a 24 metros sobre el nivel del mar; su llanura territorial se extiende alrededor de los 46 km². La cabecera parroquial se ubica a 5 kilómetros de la ciudad de Pasaje, junto a la vía secundaria Pasaje-Buenavista-Y del Enano.

1.3.2. Población

El último Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010, obtuvo una población de 6541 habitantes; de los cuales 3.447 son hombre y 3.094 son mujeres.

1.3.3. Límites

Los límites de la parroquia Buenavista están constituidos de la siguiente manera:

- Al Norte: Se encuentra la Parroquia La Peaña (del cantón Pasaje)
- Al Sur: El Río Buenavista

- AL Este: La Cabecera cantonal de Pasaje y
- Al Oeste: El Cantón Machala.

1.3.4. División Político- Administrativa

Ilustración 1 Límites parroquia Buenavista



Fuente: Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2019-2023
(GAD, 2020)

Se encuentra formada por su cabecera parroquial considerada (zona urbana), conformada por 19 barrios, 3 ciudadelas y 2 lotizaciones. y por seis sitios considerados (zona rural); Calichana, Sitio Nuevo, Aserrío, Virgen del Carmen, Avelina y Cristo del Consuelo.

1.3.5. Componente biofísico

Agua

Entre sus fuentes hídricas de mayor relevancia se encuentran los ríos “Buenavista” y “Palenque”. Además, cuenta con los ríos “Raspa” y “San Agustín”, que en un trayecto se unen y forman el Río “Calichana”, el mismo que desemboca en el Río Buenavista.

Clima

Su clima se caracteriza por la humedad, debido a la vegetación abundante. Por la zona baja están los densos cultivos de banano, y la zona aproximada a la cordillera existe gran cantidad de árboles frutales y maderables. Buenavista en tiempos de inviernos presenta altas temperaturas, fuertes lluvias e inundaciones por desbordamientos del río Buenavista entre diciembre y los primeros meses del año. Mientras que, en tiempo de verano, es decir, los meses subsiguientes, son fríos y con lloviznas permanentes. Con humedad persiste durante todo el año.

Suelo

Su suelo presenta característica tipo franco-arcilloso, teniendo como modificadores en la capa arable los siguientes parámetros físicos y químicos; alta fijación de fósforo por hierro (FeP), matices más rojos que 5yR y estructura granular en el suelo Y, deficiencia de potasio (k). (GAD, 2020)

Ubicación del Puente sobre el río Motuche

El puente sobre el río Motuche ubicado en la autopista Machala-Santa Rosa en la provincia de El Oro es una obra construida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) en el año 2012, el cual sirve para conectar a las ciudades Machala, Santa Rosa y las parroquias Buenavista y El Retiro. También conecta a los cantones de la parte alta de la provincia con los demás cantones de El Oro y ciudades del país. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) es la institución que se encarga de velar por el mantenimiento y buen estado de las vías estatales, en la que se incluyen los puentes, el estudio hace referencia al *Puente sobre el Río Motuche* que posee una longitud de 26 metros y un ancho de 32 metros. En base a investigadores dentro de la provincia de El Oro se ha observado el estado de los puentes, pero no de manera ordenada ni periódica, pues, no se conoce la existencia de un inventario de puentes, las entidades que tiene competencia realizan sus intervenciones según sea el caso en dar algún tipo de mantenimiento, pero, sobre este puente en mención no existe un monitoreo o mantenimiento constante de los elementos que lo componen, a pesar de encontrarse sobre un río de alto caudal en época de invierno.

1.3.6. Autopistas Ecuador

Según la NEVI para considerar como Autopista en el Ecuador se plantea una clasificación funcional basándose en el TPDA. En el Ecuador se invirtió aproximadamente 5130 millones de dólares en infraestructura vial, se conoce como Red Vial Nacional al conjunto de vías públicas que siguen la normativa y el marco institucional vigentes. Estas vías son administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), que es el único organismo responsable de la gestión y control de las vías según la Ley Especial de descentralización del Estado y de Participación Social. (López et al., 2019; Verdezoto et al., 2020)

1.3.7. Autopistas El Oro

Las autopista o también llamada red vía de la provincia de El Oro cuenta con 389.76 km, los cuales corresponden a la vía Troncal de la Costa, esta vía vincula a varios cantones como El Guabo, Machala, Santa Rosa, Arenillas y Huaquillas, esta vía se encuentra bajo la administración del MTO, y su mantenimiento lo sustentan mediante peajes como El Garrido y la Avanzada. (Prefectura de El Oro, 2019)

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. TIPO DE ESTUDIO

En la presente investigación, se identifican los tipos de estudio en el siguiente orden: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo.

Exploratorio: Realizar una recopilación de datos no conocidos es una buena manera de investigar mediante este estudio, deberá considero datos importantes sobre el estado del puente.

Descriptivo: Es una forma limitada de investigar, se observan las características del objeto de estudio, en este caso el puente sobre el río Motuche, mediante una guía de observación se evaluó al puente en su forma física externa y poder dar un análisis y una solución de tipo técnico.

Correlacional: Los cálculos son necesarios para este tipo de investigación es por ello que el procesamiento de datos de campo, todo tipo de información que aporte al proyecto es importante localizarla para aplicarla. Por ello se calculo el estado de riesgo en que se encuentra.

Explicativo: Este estudio explica las causas del problema de investigación, se da a conocer los argumentos sobre la evaluación de puentes.

2.2. ENFOQUE

Para esta investigación se considera un enfoque mixto, se aplicará técnicas cualitativas y cuantitativas que permitan la evaluación de puentes para verificar algún tipo de daño generado por cualquier agente natural o por algún efecto creado por el hombre, así mismo se dará recomendaciones que mejoren la sostenibilidad del puente Buenavista. (Lisboa, 2016)

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La siguiente matriz presenta la población de puentes en la provincia de El Oro.

Tabla 2 Puentes en El Oro

CANTONES	PUENTES
Arenillas	13
Atahualpa	3
Balsas	8
El Guabo	7
Las Lajas	12
Machala	11
Marcabeli	8
Pasaje	13
Piñas	21
Portovelo	10
Santa Rosa	7
Zaruma	16
Total, Puentes	129

Fuente: *Plan de desarrollo vial integral de la provincia de El Oro* (Prefectura de El Oro et al., 2019)

Como muestra para el presente estudio se escogió al Puente sobre el río Motuche en la Vía Estatal E25, Santa Rosa-Machala, al ingreso de la vía Buenavista.

2.4. MÉTODOS TEORICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS

En varias investigaciones relacionadas a la evaluación de puentes se indica que se utilizan diferentes metodologías de investigación los cuales recogen y miden hallazgos para la comunidad científica. Los métodos de investigación empleados fueron: Teóricos y Empíricos.(Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), 2015)

2.4.1. Método teórico

Según lo describe Baena, mediante el análisis y síntesis documental se podrá fundamentar teórica, conceptual y técnicamente por medio de las investigaciones bibliográficas. (Baena Paz, 2017)

2.5. MÉTODOS EMPIRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS

Para realizar levantamiento de información de campo, se realiza un inventario de los elementos de los puentes de hormigón armado, mediante una guía de observación el cual se explora las patologías existentes, se realizan los informes.(Baena Paz, 2017)

2.5.1. Infraestructura de puente

Se realizará el inventario de la infraestructura con el fin de evaluar los elementos existentes en la estructura en el caso de estudio y así obtener las características del puente que servirán para la evaluación de los elementos del mismo. Para realizar estos inventarios se usó el siguiente método:

Observación directa.

Este método de observación puede ser cuantitativa como cualitativa, donde la observación cuantitativa recopila resultados mediante información numérica, estos resultados se analizan mediante estadísticas, medidas, pesos, escala, etc. La observación cualitativa registra características físicas, y se pueden calificar en escalas, como deficiente-aceptable, bueno-malo, entre otros.

En el estudio de caso se utilizaron fichas de observación mostradas en el **Anexo 1**, en ellos se puede observar criterios que describen el estado en el que se encuentran los elementos, donde se podrán observar estados desde buenos hasta deficientes, además se indican preguntas como directrices o guías a la evaluación de cada criterio.

2.6. OPERACIÓN DE VARIABLE

2.6.1. Variable Dependiente

Tabla 3 Variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: EVALUACIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN							
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TECNICA	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
Es un proceso sistemático que tiene por objeto valuar el comportamiento los elementos de la infraestructura de una vía, incluyendo puentes.	Procesos	Planificación Financiamiento Diseño Ejecución	Factibilidad Recursos económicos Proyecto general Construcción	¿Qué factibilidad tiene el proyecto? ¿Existen los recursos económicos? ¿Qué diseño es acorde? ¿Qué tipo de construcción se realizará?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	MTOP Constructor de la obra Fiscalización Investigador
	Evaluación	Inspección	Básicas Principales Especiales	¿Qué tipo de inspección se realizará?	Observación	Guía de observación	Investigador
	Infraestructura vial	Construcción Mantenimiento Rehabilitación	Estado Obra	¿Qué estado tiene la infraestructura?	Observación	Guía de observación	Investigador
	Tipos Puentes	Vigas prefabricadas Armadura tipo Empujados Doble Voladizo Arco Atirantados	Diseño	¿Qué tipo de diseño aplicar?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador
	Elementos de puentes	Superestructura Subestructuras	Tablero Vigas Estribos Pilas	¿Qué tipo de superestructura se aplica en el proyecto? ¿Qué tipo de subestructura se aplica en el proyecto?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador

	Estribos de puente	<p>Geometría del estribo</p> <p>Profundidad del flujo</p> <p>Características del material del lecho como tamaño, gradación, y cohesión</p>	<p>Mediciones geométricas de estructuras</p> <p>Tipo de forma</p> <p>Características de suelo</p>	<p>¿Cómo realizar la medición de los estribos del puente?</p> <p>¿Qué forma tiene el estribo?</p> <p>¿Qué característica tiene el suelo?</p>	<p>Fuentes de información</p> <p>Observación</p>	<p>Estudios de diseño del puente: planos, fichas técnicas, ensayos generales.</p> <p>Guía de observación</p>	<p>MTOP</p> <p>Constructor de la obra</p> <p>Fiscalización</p>
	Pila de puente	<p>Geometría de la pila</p> <p>Profundidad del flujo</p> <p>Velocidad de la corriente</p> <p>Angulo de impacto de flujo</p> <p>Características del material del lecho como tamaño y cohesión</p> <p>Tamaño y posición de la cimentación</p> <p>Material flotante</p>	<p>Mediciones geométricas de estructuras</p> <p>Tipo de forma</p> <p>Velocidad m³/s</p> <p>Medición en grados</p> <p>Característica de suelo</p> <p>Ubicación geográfica</p> <p>Material flotante</p>	<p>¿Cómo realizar la medición de los estribos del puente?</p> <p>¿Qué forma tiene el estribo?</p> <p>¿Qué velocidad tiene la corriente?</p> <p>¿Qué ángulo tiene el flujo hacia la estructura?</p> <p>¿Qué característica tiene el suelo?</p> <p>¿Cuál es su ubicación?</p> <p>¿Qué material atrae el río?</p>	<p>Fuentes de información</p> <p>Observación</p>	<p>Estudios de diseño del puente: planos, fichas técnicas, ensayos generales.</p> <p>Guía de observación</p>	<p>MTOP</p> <p>Constructor de la obra</p> <p>Fiscalización</p>

Fuente: *Elaboración propia*

2.6.2. Variable Independiente

Tabla 4 Variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE: VIAS DE SEGUNDO ORDEN							
CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TECNICA	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
Llamadas también carreteras secundarias, su característica es menor tránsito y conectan poblaciones medias. En las normas de diseño geométrico del MTOP, se indica que en función del incremento del tráfico las carreteras son adecuadas a su clase.	Vías	Tipos de vías	Primer orden Segundo orden Tercer orden Cuarto orden	¿Qué tipo de carretera se aplica en el proyecto?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador
	Diseño	Función	Corredor arterial Colectoras Vecinal	¿Qué tipo de diseño corresponde?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador
	Tipo de suelos	Arcillosos Arenosos Rocoso	Categoría	¿Qué tipo de suelo tiene el puente?			
	Hidrología	Caudales Drenaje Socavación Precipitación	Categoría	¿Efectos del agua que ocasionan el deterioro en exceso?	Documental	Fichas bibliográficas	MTOP Constructor de la obra Fiscalización
	Sismología	Zonas sísmicas	Magnitud Intensidad	¿El puente posee la suficiente capacidad de carga sísmica, vertical y horizontal?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador

Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA METODOLÓGICA

3.1. INFORMACIÓN GENERAL

3.1.1 Título

Metodología de evaluación de puentes de hormigón de vías de segundo orden

3.2. ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes

El informe propone una evaluación visual de la condición de los puentes basándose en inspecciones visuales, con el objetivo de otorgar seguridad e integridad de los puentes. Por ello desarrollaron una metodología para evaluar las estructuras. Las inspecciones podrán ser ensayos tanto destructivos como no destructivos, además de modelos de estructura, y análisis hidrológicos y geotécnicos, todos ellos dependiendo del peligro en los daños encontrados.(Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), 2015)

Guía para la determinación de la condición en puentes mediante inspección visual

La evaluación visual de puentes mediante una descripción de su “estado o condición”, es una herramienta importante para la gestión de puentes. Su principal objetivo es monitorear la funcionalidad y segura operación de los puentes, alertando de forma temprana sobre los deterioros observados. De esta forma, se salvaguarda la seguridad de los usuarios y se ayuda a la Administración a identificar la necesidad de labores de mantenimiento, rehabilitación, reparación o recambio de puentes.(Muñoz Barrantes et al., 2015)

Una inspección visual realizada por inspectores calificados, es la técnica inicial básica en toda evaluación que permite identificar deterioros que podrían afectar la capacidad estructural, detectar defectos constructivos o de diseño que podrían afectar el desempeño, señalar la necesidad de profundizar la evaluación mediante el uso de estudios específicos y reportar daños riesgosos que requieran la atención inmediata de la

estructura. El ejercicio continuo de la evaluación visual de puentes y el estudio de diversas metodologías para la clasificación de su estado de deterioro, ha permitido identificar algunas limitaciones prácticas en el uso actual en nuestro país de las evaluaciones basadas en una inspección visual como la falta de una calificación cualitativa del estado de la estructura, una carencia de uniformidad en los reportes de evaluación, una limitada evaluación de los elementos de protección ante eventos extremos y de seguridad vial en el puente, y una desconexión directa entre los resultados de la inspección y recomendaciones uniformizadas en función del estado de la estructura.

3.3. JUSTIFICACIÓN

En la provincia de El Oro, se conoce que las carreteras cuentan con varios tipos de puentes, sin embargo muchos de estos han presentado fallas a lo largo del tiempo, los cuales son intervenidas en el momento de su probable colapso o colapso, por ello la presente investigación plantea implementar una metodología de Evaluación de Puentes de hormigón armado para vías de segundo orden, el cual se evaluara mediante análisis del comportamiento del puente Buenavista que conecta varios cantones y parroquias de la parte baja y alta de la provincia, cantón Pasaje, provincia de El Oro, a 40 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

3.4. OBJETIVO

Establecer una metodología de evaluación de puentes de hormigón mediante criterios que califiquen el estado de la estructura en vías de segundo orden.

3.5. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA

Evaluación del estado de los puentes de hormigón armado existentes utilizando un enfoque de jerarquía analítica basada en fuzzy

El estudio pretende desarrollar un procedimiento sistemático y formulaciones para la evaluación de la condición de los puentes existentes utilizando una herramienta eficiente para la toma de decisiones para problemas complicados con múltiples criterios de evaluación e incertidumbre. El inspector de puentes está obligado a evaluar el estado de cada elemento basado en la experiencia, la intuición y el juicio personal, el puente se

divide en tres componentes principales: “Plataforma”, “superestructura” y “subestructura”.(Sasmal & Ramanjaneyulu, 2008)

Después de obtener la calificación e importancia de todos los elementos, se requiere procesar esos conjuntos para llegar a la clasificación establecida para los componentes. De manera similar, la calificación final para el puente se puede evaluar procesando los conjuntos de calificación e importancia de los componentes utilizando la técnica de promedio ponderado borroso o Técnica de identificación de resolución difusa. (Sasmal & Ramanjaneyulu, 2008)

Tabla 5 Calificación del inspector de elementos del puente más merecedor

<i>Plataforma</i>	<i>Superestructura</i>	<i>Subestructura</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie de desgaste • Estado de la plataforma • Bordillos • Mediana • Aceras • Parapetos • Barandillas • Pintar • Drenajes • Encendiendo • Utilidades • Fuga conjunta 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de rodamiento • Largueros • Vigas • vigas de piso • cerchas • Pintar • Maquinaria • Remaches-Pernos • Soldaduras • Óxido • Deterioro de la madera • Grietas de hormigón • Daños por colisión • Desviación • Alineación de miembros • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Asientos de puente • Alas • Pared posterior • Zapatas • Pila de algo • Erosión • Asentamientos • Tapa de muelle • Pie de columna • pie de muelle • Muelle-pilotes • socavación de muelles • Muelle-asentamiento • Muelle-curvas • Grietas de hormigón • corrosión del acero • Deterioro de la madera • Asientos de escombros • Pintar • Daños por colisión

Fuente: Evaluación del estado de los puentes de hormigón armado existentes
(Sasmal & Ramanjaneyulu, 2008)

La gestión de estructuras de puentes.– retos y posibilidades

El autor indica que garantizar sistemas de monitoreo, control de calidad y mantenimiento preventivo para alrededor del 99% de la población de puentes es necesario para una gestión eficiente de su operación y mantenimiento. (Bieñ & Salam, 2022)

El documento presenta los principales desafíos y posibilidades que llegan en la gestión de estructuras de puentes, incluyendo: relaciones entre el entorno e

infraestructura de puentes, mejora de tecnologías de diagnóstico, modelado avanzado de puentes en sistemas de gestión basados en computadora, desarrollo de sistemas expertos basados en conocimiento con aplicación de inteligencia artificial, aplicaciones de tecnología de Bridge Information Modeling (BrIM) con técnicas de realidad aumentada y virtual. (Bieñ & Salam, 2022)

Para monitorear la seguridad de puentes que reduce significativamente el riesgo de un colapso inesperado, así como en un mantenimiento eficiente de los puentes como componentes de la infraestructura de transporte se presenta la siguiente tabla:

Tabla 6 Defectos de puentes de hormigón

<i>Clase de defecto</i>	<i>Tipo de defecto</i>	<i>Categoría de defecto</i>
<i>Deformación</i>	Geometría incorrecta del elemento construido	Forma incorrecta del concreto.
		Disposición no válida de refuerzo
		Disposición no válida de los tendones de pretensado
	Cambio de la geometría del eje del elemento.	Deformación elástica excesiva
		Deformación permanente
	Cambio de la geometría a lo largo de la longitud del elemento.	Deformación elástica excesiva
		Deformación permanente
	<i>Destrucción de material</i>	Cambio de las características químicas
Cambio de las características del material de refuerzo		
Cambio de características del material de pretensado		
Cambio de las características de la capa protectora		
Cambio de las características físicas		Cambio de características del hormigón
		Cambio de las características del material de refuerzo
		Cambio de características del material de pretensado

		Cambio de las características de la capa protectora
<i>Pérdida de material</i>	Pérdida de material estructural	Pérdida de hormigón
		Pérdida de material de refuerzo.
		Pérdida de material de pretensado
	Pérdida de material de la capa protectora.	Pérdida de material de protección del hormigón.
		Pérdida de protección del material de refuerzo.
		Pérdida de protección del material de pretensado

Fuente: *La gestión de estructuras de puentes.– retos y posibilidades* (Bieñ & Salam, 2022)

Procesos de jerarquía analítica difusa para la evaluación del estado de daño de puente

El autor combina una gran cantidad de criterios y subcriterios para clasificar este tipo de puentes mediante inspecciones visuales. Los principales criterios considerados en este trabajo son la historia del puente, las condiciones ambientales, la capacidad estructural y la implicación profesional del puente. El estudio combina un sistema de puntuación para ayudar a los ingenieros a establecer un esquema de refuerzo de puente utilizando el enfoque AHP. (Lallam et al., 2021)

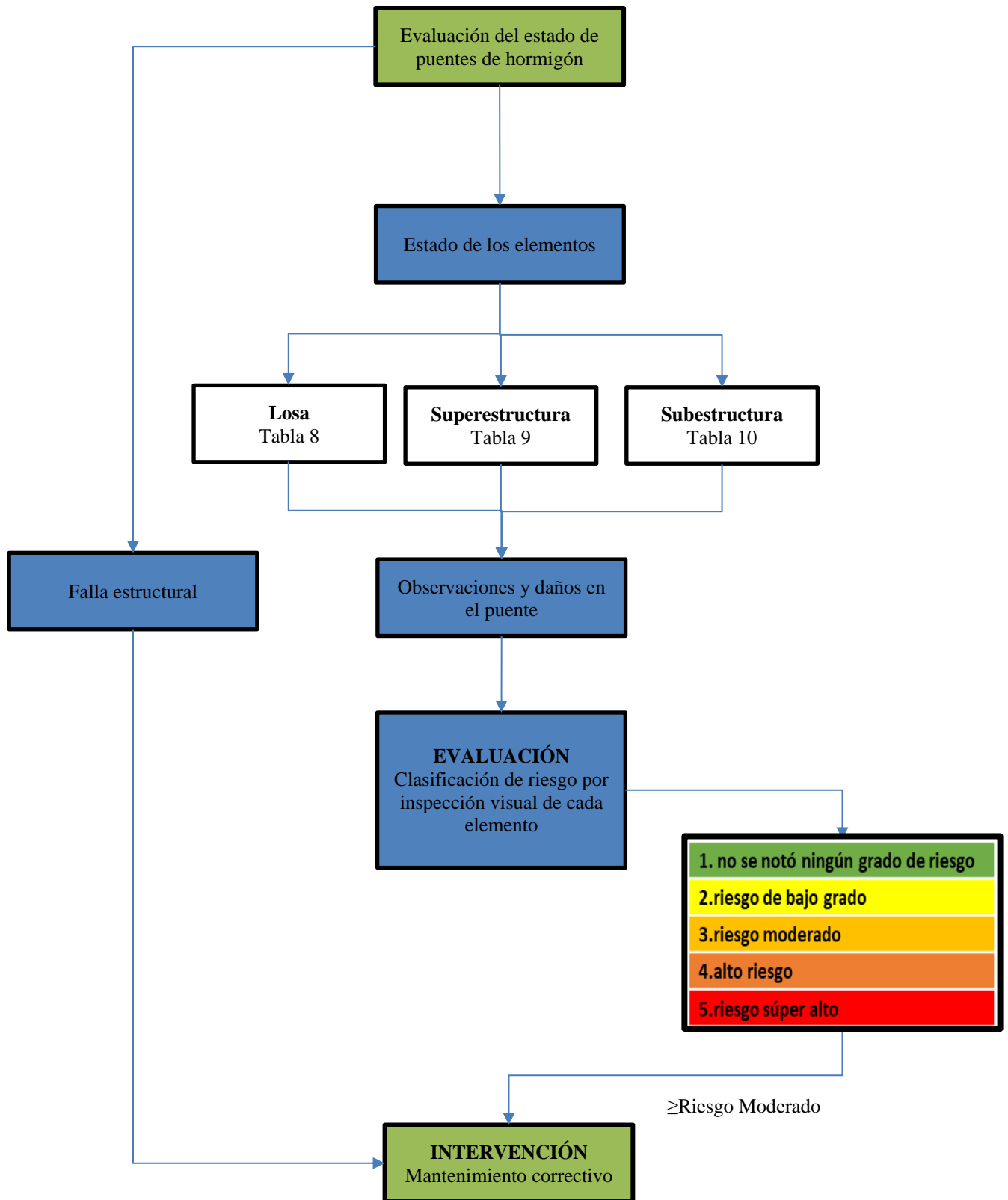
Tabla 7 Evaluación de grado de degradación

<i>Escala</i>	<i>Riesgo</i>
[0,2]	no se notó ningún grado de riesgo
[2,4]	riesgo de bajo grado
[4,6]	riesgo moderado
[6,8]	alto riesgo
[8,10]	riesgo súper alto

Fuente: *Fuzzy Analytical Hierarchy Processes for Damage State Assessment of Arch Masonry Bridge* (Lallam et al., 2021)

3.6. METODOLOGÍA

Ilustración 2 Metodología



Fuente: Elaboración propia

3.7. PLAN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Para proceder con la evaluación se plantea una matriz de evaluación que parte de la fundamentación científica, el cual indica que elementos se evaluarán con sus respectivas calificaciones. Estas evaluaciones se darán a partir de fichas de observaciones como se observan en el **Anexo 1** y se evaluará cada criterio de cada elemento, cuyo valor en la ponderación se define por criterios técnicos-personales de los elementos desde el más al menos importante para lograr completar el valor del 1 (100%). En cada uno de los elementos se detallarán el tipo de daños, nivel, características, los cuales definirán el riesgo en que se encuentra y así definir si es o no necesario la intervención antes de su colapso.

Tabla 8 Evaluación de losa de compresión

<i>Elementos</i>	<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Ponderación</i>	
<i>Plataforma</i>	Superficie de desgaste	0.15	1
	Estado de la plataforma	0.15	
	Aceras	0.15	
	Barandillas	0.15	
	Bordillos	0.1	
	Pintura	0.1	
	Drenajes	0.1	
	Iluminación	0.1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Evaluación de superestructura

<i>Elementos</i>	<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Ponderación</i>	
<i>Superestructura</i>	Dispositivos de rodamiento	0.15	1
	Vigas	0.15	
	Corrosión	0.15	
	Grietas en hormigón	0.15	
	Daños por colisión	0.15	
	Deformación	0.15	
	Vibraciones	0.1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Evaluación de Subestructura

<i>Elementos</i>	<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Ponderación</i>	
<i>Subestructura</i>	Zapatatas	0.15	1
	Estribos	0.15	
	Muro de ala	0.15	
	Pilares	0.15	
	Erosión de suelo	0.15	
	Asentamientos	0.15	
	Daños por colisión	0.1	

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la evaluación de cada elemento del puente, se realizará una calificación general donde se proceda a ponderar en porcentajes a los elementos más importantes en relación a la operatividad, en vista de que son los elementos que soportan a toda la estructura y el estado de la superestructura y subestructura indicara un riesgo mayor en ella.

Tabla 11 Evaluación final de estado de puente

<i>Elementos</i>	<i>CALIFICACION</i>
<i>Plataforma</i>	20%
<i>Superestructura</i>	40%
<i>Subestructura</i>	40%
<i>TOTAL</i>	100%

Fuente: Elaboración propia

Con la suma total en la calificación indicaremos en que rango de riesgo se encuentra el puente debido a su estado.

Tabla 12 Riesgo de puente

<i>Escala</i>	<i>Riesgo</i>
<i>80%-100%</i>	No se notó ningún grado de riesgo
<i>60%-80%</i>	riesgo de bajo grado
<i>40%-60%</i>	riesgo moderado
<i>20%-40%</i>	alto riesgo
<i>0-20%</i>	riesgo súper alto

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

4.1.1. Losa

En la plataforma se obtuvo información mediante observación, los cuales indican que no existe mayor desgaste en la superficie, debido a que el asfalto de recubrimiento que protege a la losa cuenta con aproximadamente un año de haber hecho un mantenimiento, el cual consistió en el cambio de una nueva carpeta asfáltica. La señalización en cuanto a barandilla, pintura e iluminación, se mantiene en constantes periodos de trabajo en virtud de ofrecer un buen servicio a los usuarios de la vía. Finalmente con respecto a los drenajes, no se evidencio mayor obstrucción de basura, arena, entre otros ofreciendo una buena descarga de las aguas lluvia, considerando que el personal de mantenimiento realiza revisiones constantes.

Tabla 13 Evaluación de plataforma de puente Rio Motuche

<i>Elementos</i>	<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Ponderación</i>	
<i>Plataforma</i>	Superficie de desgaste	0.135	0.88
	Estado de la plataforma	0.135	
	Aceras	0.135	
	Barandillas	0.135	
	Bordillos	0.08	
	Pintura	0.09	
	Drenajes	0.08	
	Iluminación	0.09	

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Superestructura

Mediante la revisión de la superestructura no se encontraron daños graves que indiquen un riesgo en el puente. Esto debido a que en las vigas no se observan grietas, daños por colisión de objetos por arrastre de la corriente del rio o corrosión del acero de refuerzo de las vigas. Respecto al estado de las vigas se observan señales de humedad debido a los drenajes de la superficie y cierta vegetación en algunos puntos.

Tabla 14 Evaluación de superestructura de puente Rio Motuche

Elementos	Criterios de evaluación	Ponderación
Superestructura	Dispositivos de rodamiento	0.12
	Vigas	0.12
	Corrosión	0.135
	Grietas en hormigón	0.12
	Daños por colisión	0.15
	Deformación	0.135
	Vibraciones	0.09
		0.87

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Subestructura

Debido a la buena protección de los márgenes del río por efecto de los muros de gaviones y escollera, gran parte de la subestructura se encuentra en buen estado, como las zapatas, estribos y muros de ala, en este caso no se presenta erosión de suelo, por su contraparte existe gran cantidad de sedimentación que podría obstruir el caudal normal del río, en ellos se observa material arenoso y gran cantidad de material vegetal debido al arrastre del río. No se observa una erosión excesiva del suelo cercana a la estructura, ni asentamientos de la misma.

Tabla 15 Evaluación de subestructura de puente Rio Motuche

Elementos	Criterios de evaluación	Ponderación
Subestructura	Zapatas	0.12
	Estribos	0.12
	Muro de ala	0.12
	Pilares	0.15
	Erosión de suelo	0.075
	Asentamientos	0.135
	Daños por colisión	0.08
		0.8

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Evaluación general

Finalmente se realiza la calificación del riesgo del estado del puente, donde la plataforma obtuvo un 17% en la calificación, luego se calcula la calificación de la superestructura, obteniendo un 34% y posteriormente la subestructura teniendo así un 34%. La suma de estos elementos indica el estado del puente del Río Motuche dando como resultado el 84% de su totalidad.

Tabla 16 Estado del puente del Rio Motuche

<i>Elementos</i>	<i>CALIFICACION</i>	
<i>Plataforma</i>	0.176 %	0.84 %
<i>Superestructura</i>	0.348 %	
<i>Subestructura</i>	0.32 %	

Fuente: *Elaboración propia*

Este porcentaje indica el riesgo en el que se encuentra el puente, manteniéndose en el rango entre 80 y 100%, el cual indica mediante la **Tabla 11** que no se notó ningún grado de riesgo debido a que el puente tiene 10 años de haberse construido.

CONCLUSIONES

- Los estudios necesarios para la evaluación del estado de puentes de hormigón en autopistas se fundamentaron mediante los criterios técnicos encontrados en investigación que evalúan los riesgos de puentes y proponen mantenimientos a partir de su evaluación tales como como el estudio realizado por Lallam en 2021 que procede a calificar riesgos debido al grado de degradación en un puente mediante inspecciones visuales
- Utilizamos factores de evaluación del estado de puentes de hormigón que mediante fichas de observación que describen los daños y califican a los elementos tales como la plataforma, superestructura y subestructura partiendo de directrices enfocadas a una evaluación cualitativa y cuantitativa.
- La metodología de evaluación del estado de puentes de hormigón se formuló en base a la evaluación del estado de los elementos mas importantes de un puente, tales como: La plataforma donde se presenta un listado de criterios como la superficie de rodadura, losas, aceras, barandillas, pintura, drenajes, entre otros, los cuales obtuvieron una calificación de 0.88 de 1, así mismo se evalúa la superestructura cuyos criterios son los dispositivos de rodamiento, vigas, corrosión, grietas en el hormigón, daños por colisión y deformaciones, calificando con un valor de 0.8, finalizando con la subestructura donde existen criterios de cimentación como zapatas, estribos, muros de ala, erosión de suelo, asentamientos y daños por colisión, el cual tuvo una calificación de 0.84. Estos valores nos indican el riesgo por efecto del estado del puente el cual indica mediante la Tabla 11 que no se notó ningún grado de riesgo debido a que el puente tiene 10 años de haberse construido.

RECOMENDACIONES

En la presente investigación se encontró que la evaluación del estado de puente sobre el Rio Motuche no presenta ningún grado de riesgo, debido a que los elementos que comprende la estructura del puente tales como la superestructura y subestructura en ninguno de los casos han tenido daños agresivos debido a los mantenimientos periódicos que se realizan. Por lo tanto se recomienda:

- Realizar mantenimientos periódicos de limpieza en el cauce del rio tanto aguas arriba como aguas abajo del puente.
- Mediante el método de observación revisar daños producidos por sismos, colisiones o eventos imprevistos para realizar intervenciones como reparaciones.
- Para evitar erosiones se observó que implementar muros de escollera y gaviones sirven como protección a las zapatas.
- Mantener las señalizaciones en optimas condiciones debido a la relación directa con la seguridad de los usuarios.
- Realizar las reposiciones de la carpeta asfáltica en función de los daños recibidos por el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alomía Castro, D. S., & Calderón Brito, J. M. (2013). *Inspección y evaluación de la socavación en cimentaciones de puentes y establecimiento de medidas de protección contra este fenómeno*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4515>
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*.
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Benjumea Royero, J. M., Chio Cho, G., & Maldonado Rondón, E. (2011). *Puentes extradados: evolución y tendencias actuales*. 16(33), 173–188.
<https://www.redalyc.org/pdf/2570/257024374013.pdf>
- Bieñ, J., & Salam, M. (2022). The management of bridge structures – challenges and possibilities. *ARCHIVES OF CIVIL ENGINEERING*, 343–354.
<https://doi.org/10.24425/ace.2022.140627>
- Cañamares, J. M., Ángel, M., & Suárez, A. (2016). *Sistemas de Gestión de Puentes*. Universidad Técnica de Madrid.
- Castro, G., & Sarmiento, F. (2020). Cálculo y diseño del tramo de un puente ferrocarrilero de superestructura metálica en El Vigía, Estado Mérida - Dialnet. *DIALNET*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7239773>
- Cremades, S. M. (2017). Diseño estructural de puentes. *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA*.
- Cruz, R., Ortiz, L. A., Pinilla, C., & García, E. (2015). Evaluación de técnicas no destructivas en elementos de concreto para puentes. *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v24n40/v24n40a08.pdf>
- Cruz, R., Quintero, L., & Galán, C. (2015). Evaluación de técnicas no destructivas en elementos de concreto para puentes. *Revista Facultad de Ingeniería. Revista Scielo*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292015000300008

- Departamento Técnico. (2006). *Manual de Inspección Visual Inspección Visual Niveles I y II Manual de Instrucción*.
- Dorado, M., Wendy, P., Casanova, A., María, Z., Ramírez, C., & Mendoza Díaz, A. (2018). Recomendaciones para la inspección de seguridad vial de carreteras existentes. *IMT*.
- GAD, B. (2020). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2019-2023*.
http://buenavista.gob.ec/images/PDYOT_GADPARROQUIALBUENAVISTA.pdf
- García Giraldo, C., Mario, J., Giraldo, O., Gómez, G., & Amparo, E. (2014). Revista EIA. *Revista EIA, 11*, 119–131. <https://doi.org/10.14508/reia.2014.11.22.119-131>
- Lallam, M., Mammeri, A., & Djebli, A. (2021). Fuzzy analytical hierarchy processes for damage state assessment of arch masonry bridge. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 7(11), 1933–1946. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2021-03091770>
- Lisboa, J. C. (2016). *Apuntes sobre métodos de investigación Notes on Research Methods*. 18–25. <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/2977>
- Manterola, J. (1984). Evolución de los puentes en la historia reciente. *Informes de La Construcción, 35*(359–360), 5–35. <https://doi.org/10.3989/IC.1984.V35.I359-360.1949>
- Mascia, N. T., & Sartorti, A. L. (2011). Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales. *Revista Ingeniería de Construcción, 26*(1), 05–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732011000100001>
- México De León, A., & Carlos, J. (2015). Investigación y Desarrollo. *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo, 6*(2), 80–96.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361235333005>
- Muñoz Barrantes, J., Agüero Barrantes, P., Vargas Barrantes, S., Villalobos Vega, E., Vargas Alas, L. G., Barrantes Jiménez, R., & Loria Salazar, G. (2015). Guía para la determinación de la condición en puentes mediante inspección visual. *PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE*.

- Muñoz, E., & Gómez, D. (2013). Análisis de la evolución de los daños en los puentes de Colombia. *Revista Ingeniería de Construcción*, 28(1), 37–62. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732013000100003>
- Muñoz, E., & Valbuena, Y. E. (2004). Evaluación del estado de los puentes de acero de la red vial de Colombia. *Accidentes e Infraestructura Civil*, 4(2), 125.
- Muñoz, J., Agüero, P., Vargas, S., Villalobos, E., Vargas, L., Barrantes, R., & Loria, G. (2015). Guía para la determinación de la condición de puentes en costa rica mediante inspección visual. In *Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales*.
- Norma ecuatoriana vial. (2013). *Norma ecuatoriana vial NEVI-12- MTOP*.
- Ortiz, P., Reyes, R., Ruiz, M. E., & Cremona, C. (2010). Evaluación de la capacidad de carga del puente antonio dovalí jaime, mediante el uso de pruebas de carga estáticas y dinámicas. *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo*. <https://www.redalyc.org/pdf/3612/361233547003.pdf>
- Peralta, F., & Bach, Z. (2018). *DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTES PEATONALES SOBRE LA AUTOPISTA PIMENTEL CHICLAYO*. Universidad Señor de Sipán.
- Pinto, A., Torres, Y., & Rafael. (2015). Incidencia de la norma AASHTO LRFD bridge design specifications en el análisis y diseño de tableros de puentes de concreto reforzado Impact of AASHTO LRFD bridge design specifications on analysis and design of reinforced concrete bridge decks. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 36(3), 131–140.
- Plasencia, lozano. (2014). Puentes, sociedad e ingeniería | Informes de la Construcción. *Online*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.041>
- Prefectura de El Oro, CONGOPE, & BID. (2019). *Plan de desarrollo vial integral de la provincia de El Oro 2019*. <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/El-Oro-plan-vial-integral.pdf>
- Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA). (2015). *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes*.

Sanchez, S., Gaitan, B., & Moreno, M. (2013). *Propuesta de un diseño estructural de un puente de 15m para un período de 50 años en la comarca Paso Hondo.*

Sasmal, S., & Ramanjaneyulu, K. (2008). Condition evaluation of existing reinforced concrete bridges using fuzzy based analytic hierarchy approach. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 1430–1443. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2007.08.017>

ANEXOS

Anexo1: Fichas de observación

CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN DE PUENTE SEGÚN EVALUACIÓN VISUAL	
NOMBRE DEL PUENTE	Puente sobre el Rio Motuche
FECHA DE EVALUACIÓN	03/10/2022
AÑO DE CONSTRUCCION	2012

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DIRECTRIZ	DESCRIPCION DE DAÑOS	ESTADO:DEFICIENTE A EXCELENTE (1 AL 10)
DISPOSITIVOS DE RODAMIENTO	¿En qué estado se encuentran los apoyos de neopreno?	Los apoyos se encuentran en buen estado	8
VIGAS	¿Existe degradación, desprendimiento, o algún tipo de daño en las vigas?	las vigas se encuentran en buen estado, sin señales de humedad	8
CORROSIÓN	¿Se observa corrosión en las vigas?	No existe corrosión	9
GRIETAS EN HORMIGÓN	¿Existen grietas trasversales o longitudinales en las vigas?	No existen grietas se observan fisuras superficiales	8
DAÑOS POR COLISIÓN	¿Existen desplazamientos laterales por colisión?	No se observan desplazamientos en la superestructura.	10
DEFORMACIÓN	¿Se observan deformaciones no previstas?	Se observa las flechas en el puente en forma de arco	9
VIBRACIONES	¿Existen vibraciones en exceso durante la circulación?	Presentan vibraciones mínimos al paso	9

CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN DE PUENTE SEGÚN EVALUACIÓN VISUAL	
NOMBRE DEL PUENTE	Sobre EL RIO MOTUCHE.
FECHA DE EVALUACIÓN	01 - OCTUBRE - 2022
AÑO DE CONSTRUCCION	2012 .

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DIRECTRIZ	DESCRIPCION DE DAÑOS	ESTADO:DEFICIENTE A EXCELENTE (1 AL 10)
SUPERFICIE	¿Se observa un desgaste en la superficie?	No existe desgaste en la superficie	9.
PLATAFORMA	¿Existen baches, huecos, grietas, u otro tipos de daños en la losa?	No hay daños en la losa .	9.
ACERAS	¿Las aceras presentan alcantarillas sin tapa, vegetación, pasos no permitidos, o daños en la estructura?	Existe polvo y lodo sobre las Aceras .	9.
BARANDILLAS	Estado de barandillas de seguridad en todo el largo del puente	Buen Estado . con un poco de suciedad .	9.
BORDILLOS	¿Existen bordillos destruidos o inexistentes a lo largo del puente?	No existen daños.	8.
PINTURA	¿La pintura reflectiva en las señalizaciones, bordillos, barandillas, etc. Se encuentra en buen estado?	Existe mantenimiento permanente en Pintura .	9.
DRENAJES	¿Los drenajes del puente presentan basura, taponamientos, área, entre otros?	Presentan poco material tipo basura Personal realizan la limpieza.	8.
ILUMINACIÓN	¿Existe una correcta iluminación, postes dañados, luces dañadas, etc.?	La iluminación está desde accesos y salidas del puente. Si Funcionan	9.

CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN DE PUENTE SEGÚN EVALUACIÓN VISUAL	
NOMBRE DEL PUENTE	Sobre el Rio Motuche.
FECHA DE EVALUACIÓN	01 - OCTUBRE - 2022
AÑO DE CONSTRUCCION	2012

CRITERIOS DE EVALUACION	DIRECTRIZ	DESCRIPCION DE DAÑOS	ESTADO:DEFICIENTE A EXCELENTE (1 AL 10)
ZAPATAS	¿Existen fisuras, despostillamientos, agrietamiento, o exposición de aceros de refuerzos?	No hay daños en la estructura.	8.
ESTRIBOS	¿Existen fisuras, despostillamientos, agrietamiento, o exposición de aceros de refuerzos?	No existe problemas en la estructura. Hay humedad en las Pantallas.	8.
MURO DE ALA	¿Existen fisuras, despostillamientos, agrietamiento, o exposición de aceros de refuerzos?	No hay daños en la estructura.	8.
PILARES	¿Existen fisuras, despostillamientos, agrietamiento, o exposición de aceros de refuerzos?	No tiene pilares en la estructura.	10
EROSIÓN DE SUELO	¿Se observa erosión o socavación de suelo en el área de la cimentación?	No hay erosión. zapatas están protegidas.	9.
ASENTAMIENTOS	¿Existen desplazamiento verticales en la cimentación?	No se observa Asentamientos en la estructura.	9.
DAÑOS POR COLISIÓN	¿Existen despostillamientos o daños por colisión de objetos?	No hay daños por golpes de agentes externos.	8.

Anexo 2 Memoria fotográfica

Ilustración 3 Sumide de aguas lluvias



Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 4 Señalética Río Motuche



Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 5 Barrera de protección



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6 Barandas de protección



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7 Zona peatonal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8 Registro de observaciones



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9 Registro de observaciones



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10 Registro de observaciones subestructura



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11 Observación Puente rio Motuche



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12 Observación de juntas de dilatación



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13 Observacion estado de Estribos y muro de ala



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14 Drenajes de Aguas Lluvias



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15 Drenajes aguas lluvias



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16 Fluorescencia en estribos



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17 Vigas de puente rio Motuche



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18 Fisuras en estructura



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19 Puente rio Motuche



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20 Vegetación en márgenes del rio



Fuente: Elaboración propia