

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS**



**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIM PARA LA  
EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PUENTE SALINAS,  
AMAZONAS PERÚ – 2024**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Rober Terrones Becerra**

**ORCID: 0009-0005-7360-5857**

**Asesor:**

**Dr. Rick Milton Delgadillo Ayala**

**ORCID: 0000-0002-9763-1938**

**Para obtener el grado académico de:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS**

**TACNA - PERÚ**

**2024**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN**  
**ESTRUCTURAS**

**Tesis**

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIM PARA  
LA EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PUENTE  
SALINAS, AMAZONAS PERÚ – 2024”**

**Presentada por:**

Bach. Rober Terrones Becerra

Tesis sustentada y aprobada el 07 de octubre de 2024; ante el siguiente jurado  
examinador:

**PRESIDENTE:** Mtra. Dina Marlene Cotrado Flores

**SECRETARIO:** Dr. Genner Alvarito Villarreal Castro

**VOCAL:** Dr. Dennys Geovanni Calderón Paniagua

**ASESOR:** Dr. Rick Milton Delgadillo Ayala

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Yo, Rober Terrones Becerra, en calidad de: Maestrando de la Maestría en Ingeniería Civil con mención en Estructuras de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 44839752.

Soy autor de la tesis titulada: “IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIM PARA LA EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PUENTE SALINAS, AMAZONAS PERÚ – 2024”, siendo mi asesor, el Dr. Rick Milton Delgadillo Ayala.

### **DECLARO BAJO JURAMENTO**

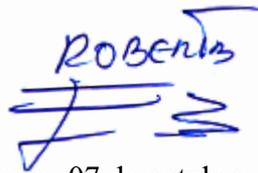
Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin. Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 10% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor (a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo

declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

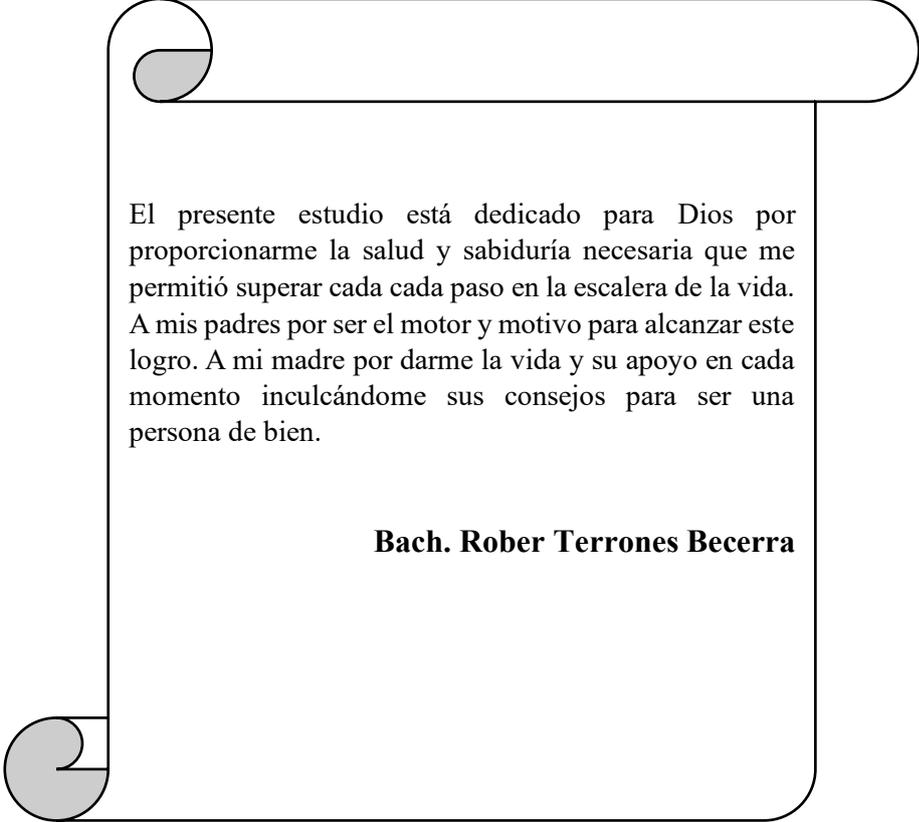
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'ROBERTO' above a stylized signature.

Tacna, 07 de octubre del 2024

Rober Terrones Becerra

DNI 44839752

## DEDICATORIA



El presente estudio está dedicado para Dios por proporcionarme la salud y sabiduría necesaria que me permitió superar cada cada paso en la escalera de la vida. A mis padres por ser el motor y motivo para alcanzar este logro. A mi madre por darme la vida y su apoyo en cada momento inculcándome sus consejos para ser una persona de bien.

**Bach. Rober Terrones Becerra**

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecimiento infinito y especial a Dios en primera instancia, por permitirme concluir de modo exitoso el actual estudio, así mismo, el autor de la presente investigación agradece a las personas quienes aportaron para su valiosa ayuda, para lograr el desarrollo de la misma, de manera especial a nuestro asesor y al Ing. Santos Mac Donald Cubas Diaz, por el apoyo en la parte en el presente estudio.

## **RESUMEN.**

La presente investigación, tuvo por meta principal Determinar la implementación de la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024. Los puentes favorecen al crecimiento económico, un gran problema es el deterioro y fallas en la estructura, por ende, es importante su conservación y/o reemplazo. En Perú, tras la intensidad de las lluvias del año 2017 por el fenómeno del Niño Costero, 180 puentes colapsados, y el 70 % se debió a un mal diseño de la estructura y el porcentaje restante colapsó por falta de mantenimiento en las obras de infraestructura vial. Resultados: se aplicó la metodología BrIM, con una inspección visual del estado actual del puente, posteriormente se realizó el modelamiento 3D y simulación del diseño mediante el software CSI Bridge v. 24, obteniendo las gráficas de momentos y deformaciones máximos, asimismo se propuso un plan de mantenimiento. Se concluyó que, con la evaluación de la infraestructura mediante inspección visual en campo, constatando deterioro de la pintura del puente, llegando a verificar un deterioro aproximado en un 50-60% del total, lo cual perjudica al concreto, por ello se deben tomar acciones de mantenimiento urgente. Se realizó la evaluación de la infraestructura de diseño post construcción del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024, siguiendo la metodología BrIM en el uso del software CSI Bridge; Se determinó que el puente se mantiene en regulares condiciones y es necesario realizar inspecciones periódicas y mantenimientos rutinarios. Se elaboró un plan de mantenimiento mensual del puente Salinas para su conservación.

**PALABRAS CLAVE:** Metodología BrIM, CSI Bridge, Puente Salinas, Conservación de Puentes.

**ABSTRACT.**

The central purpose of this research was to determine the implementation of the BrIM methodology for the evaluation and conservation of the Salinas bridge, Amazonas Peru - 2024. Bridges favor economic growth, a big problem is the deterioration and failures in the structure, therefore , its conservation and/or replacement is important. In Peru, after the intensity of the rains in 2017 due to the El Niño Costero phenomenon, 180 bridges collapsed, and 70% were due to poor design of the structure and the remaining percentage collapsed due to lack of maintenance in infrastructure works. road Results: the BrIM methodology was applied, with a visual inspection of the current state of the bridge, subsequently 3D modeling and simulation of the design was carried out using the CSI Bridge v software. 24, obtaining the graphs of maximum moments and deformations, a maintenance plan was also proposed. It was concluded that, with the evaluation of the infrastructure through visual inspection in the field, verifying deterioration of the paint of the bridge, verifying an approximate deterioration of 50-60% of the total, which harms the concrete, therefore, measures must be taken. urgent maintenance actions. The evaluation of the post-construction design infrastructure of the Salinas bridge, Amazonas Peru – 2024, was carried out, following the BrIM methodology in the use of the CSI Bridge software; It was determined that the bridge is maintained in fair condition and it is necessary to carry out periodic inspections and routine maintenance. A monthly maintenance plan for the Salinas Bridge was developed for its conservation.

**KEYWORDS:** BrIM Methodology, CSI Bridge, Salinas Bridge, Bridge Conservation.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>5</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>12</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>13</b>
<b>ÍNDICE DE APÉNDICES .....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.1.    Problema principal.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.2.    Problemas secundarios.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.    JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.    OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
<b>1.4.1.    Objetivo general .....</b>	<b>22</b>
<b>1.4.2.    Objetivos específicos .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.    ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1.    Antecedentes Internacionales.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2.    Antecedentes Nacionales.....</b>	<b>24</b>

2.1.3.	<b>Antecedentes Locales</b> .....	26
2.2.	<b>BASES TEÓRICAS.</b> .....	28
2.3.	<b>DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS</b> .....	43
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> .....		45
3.1.	<b>HIPÓTESIS</b> .....	45
3.1.1.	<b>Hipótesis general.</b> .....	45
3.1.2.	<b>Hipótesis Específicas.</b> .....	45
3.2.	<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	45
3.2.1.	<b>Identificación de la variable(s) independiente(s)</b> .....	45
3.2.2.	<b>Identificación de la variable dependiente</b> .....	47
3.3.	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	48
3.4.	<b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	48
3.5.	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	48
3.6.	<b>POBLACIÓN DE ESTUDIO</b> .....	49
3.7.	<b>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	50
3.8.	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS</b> .....	51
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b> .....		53
4.1.	<b>DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.</b> .....	53
4.2.	<b>EVALUACIÓN DEL PUENTE SALINAS, MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL EN CAMPO.</b> .....	59
4.3.	<b>EVALUACIÓN DEL PUENTE SALINAS, MEDIANTE MODELAMIENTO BrIM – CON SOFTWARE CSI BRIDE.</b> .....	62
4.4.	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO - PROPUESTA.</b> .....	67
4.5.	<b>VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	83
4.6.	<b>Análisis comparativo del rendimiento y performance de la metodología BrIM y la metodología tradicional en construcción.</b> .....	83

<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	85
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES</b> .....	87
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	89
<b>REFERENCIAS</b> .....	90
<b>APÉNDICE</b> .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Capacidad de carga presunta del sustrato de fundación de macizo de anclaje del apoyo derecho del puente.....	53
Tabla N° 2. Capacidad de carga presunta del sustrato de fundación de macizo de anclaje del apoyo izquierdo del puente. ....	53
Tabla N° 3. Características Hidráulicas del Puente Salinas .....	54
Tabla N° 4. Información de elevación tipo cantiliver del Puente Salinas en lados izquierdo y derecho. ....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Puente – Tambo Río, ubicado entre los distritos de Comas y Puente Piedra, colapsado por las aguas del río Chillón.....	17
<b>Figura 2.</b> Puente – San José, ubicado en el distrito de Cajaruro.....	18
<b>Figura 3.</b> El mínimo de Datos para un SGP. ....	31
<b>Figura 4.</b> Beneficios de la Implementación del BrIM.....	32
<b>Figura 5.</b> Uso del BrIM en el ciclo del puente. ....	34
<b>Figura 6.</b> Puentes BMS, basado en la metodología BrIM.....	35
<b>Figura 7.</b> Programa de Conservación de Puente. ....	37
<b>Figura 8.</b> Curvas hipotéticas de la variación del estado de la condición, en el transcurso de la vida de servicio en un puente, al cual se le realizaron acciones de conservación a comparación con uno al cual no se le aplicó dichas medidas. ....	39
<b>Figura 9.</b> Comparación del deterioro entre un puente con actividades o tareas de conservación y otro con rehabilitaciones o reemplazos mayores. ....	39
<b>Figura 10.</b> Curva hipotética de costos de conservación en función de la condición del puente. ....	40
<b>Figura 11.</b> Incremento en los costos de reparaciones en puentes al incrementar el nivel del daño: Caso de Nueva York (Entre la mayor clasificación de la condición, mejor el estado del puente). ....	42
<b>Figura 12 y 13.</b> Construcción de la estructura del puente Salinas, tomado del expediente técnico, en proceso de construcción y ya finalizado respectivamente.	49
<b>Figura 14.</b> Flujograma del Procedimiento del presente estudio.....	52
<b>Figura 15.</b> Fotografía del estado actual del Puente Salians – Parte del Arco de Soporte. ....	59
<b>Figura 16.</b> Fotografía del estado actual del Puente Salians – Cimientos de Soporte del Puente.....	60
<b>Figura 17.</b> Fotografía del estado actual del Puente Salians – Cimientos de Soporte del Puente.....	60
<b>Figura 18.</b> Fotografía del estado actual del Puente Salinas – Péndolas y vigas transversales de amarre del arco. ....	61

<b>Figura 19.</b> Fotografía del estado actual del Puente Salinas – Tablero del Puente.	61
<b>Figura 20.</b> Modelamiento mediante CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis .....	62
<b>Figura 21.</b> Modelamiento mediante CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis .....	63
<b>Figura 22.</b> Modelamiento mediante CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis .....	63
<b>Figura 23.</b> Resultados del modelo, mediante el CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis.....	64
<b>Figura 24.</b> Resultados del modelo, mediante el CSI BRIDGE, del comportamiento del puente, con variación de parámetros en su super estructura. ....	65
<b>Figura 25.</b> Resultados del modelo, mediante el CSI BRIDGE, del comportamiento del puente, con deslizamiento longitudinal del puente. ....	66
<b>Figura 26.</b> Vista Lateral del puente Salinas, de acuerdo a los planos del expediente técnico - Péndolas .....	73

## ÍNDICE DE APÉNDICE

	Pág.
<b>Apéndice 1.</b> Matriz de consistencia del informe final de tesis.....	95
<b>Apéndice 1.</b> Matriz de Operacionalización de variables del informe final de tesis. .....	96

## INTRODUCCIÓN

La metodología el BrIM (Building Information Modelling for Infrastructure Management), una adaptación de la metodología tecnológica BIM (Building Information Modeling) diseñada específicamente para la gestión de puentes. Esta metodología ofrece la capacidad de colaborar de manera efectiva en todas las etapas del proyecto, incluyendo el diseño, la construcción y la operación. Al emplear el BrIM, se pueden evitar errores comunes asociados con las metodologías tradicionales de la construcción, permitiendo una planificación más precisa y una ejecución más eficiente de las tareas relacionadas con la evaluación y conservación de puentes (Gomez, 2022).

La presente investigación, tuvo por meta principal el estudio de caso con la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024. Los puentes favorecen al crecimiento económico, un gran problema es el deterioro y fallas en la estructura, por ende, es importante su conservación y/o reemplazo. En Perú, tras la intensidad de las lluvias del año 2017 por el fenómeno del Niño Costero, 180 puentes colapsados, y el 70 % se debió a un mal diseño de la estructura y el porcentaje restante colapsó por falta de mantenimiento en las obras de infraestructura vial.

El actual estudio se constituyó del modo siguiente: Capítulo I el cual trata respecto al planteamiento y formulación del problema justificación y objetivos. En cuanto al Capítulo II brinda las bases o sustentos teóricos, en el cual se refieren antecedentes de relevancia, el marco teórico que fundamenta el cambio propuesto, así como la definición de conceptos básicos. El Capítulo III abarca el aspecto y criterios metodológicos, en el cual se exponen las hipótesis, la operacionalización de variables, realizando la descripción del tipo, nivel y diseño metodológico de investigación, el tamaño poblacional objeto de estudio, las técnicas de recolección y análisis de la información. El Capítulo IV se expusieron los resultados, en el cual se incluye la descripción del trabajo de campo y la verificación de la hipótesis. El Capítulo V manifestó la discusión de los resultados que se obtuvieron, adicionalmente el Capítulo VI, en el cual se presentan las conclusiones, por último, se presentaron las recomendaciones, referencias y apéndices.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo la unión de ciudades juega un papel muy importante por ello la creación de puentes favorece al crecimiento económico, lo que sería un gran problema el deterioro y fallas en la estructura. Acorde con la indagación preliminar se encontró que, en Perú, tras la intensidad de las lluvias provocadas en el año 2017 por el fenómeno del Niño Costero, se tiene un total de 180 puentes colapsados, y aproximadamente el 70 % de ellos se debió a un mal diseño de la estructura y el porcentaje restante colapsó por falta de mantenimiento en las obras de infraestructura vial, luego de haberse ejecutado (RPP NOTICIAS, 2017).

#### *Figura 1.*

Puente – Tambo Río, ubicado entre los distritos de Comas y Puente Piedra, colapsado por las aguas del río Chillón.



Nota: Extraído de RPP NOTICIAS (2017)

**Figura 2.**

Puente – San José, ubicado en el distrito de Cajaruro.



Nota: Fotografía de PERÚ21 (2019)

El dispositivo legal actual en nuestro país es el “Manual de Diseño de Puentes” del 2018 (MTC, 2018), el cual se aprobó en el mes de enero de 2019, dicho dispositivo legal tomó como referencia la especificación AASHTO del año 2014. De acuerdo con el Programa de Inversiones en Puentes para el periodo 2016-2021 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (PROVIAS, 2016), respecto a la red vial de asfalto, existen 637 puentes definitivos, el 75% son puentes cuya operatividad es bajo cargas de diseño previas (valores inferiores a 48 ton) y de antigüedad superior a los 30 años, los mismos que requieren de supervisión y/o monitoreo constante respecto a sus condiciones de operatividad.

Lo cual concuerda con lo señalado por Apaza (2021), debido a que indicó que en nuestro país se evidencian el colapso de diversos puentes, inclusive antes de haberse puesto en funcionamiento.

En este estudio, se identifica una carencia importante: la necesidad de disponer de información estructural gestionada a través de un modelo. Este enfoque permitirá tomar decisiones más informadas para la conservación y mantenimiento

de puentes metálicos. El implementar la metodología BrIM se presenta como una solución efectiva, ya que facilita una programación más precisa de las actividades de conservación y una planificación detallada en todas las etapas del mantenimiento. Esto, a su vez, puede contribuir a reducir los costos asociados y garantizar un seguimiento eficaz de las patologías previamente identificadas, gracias a un riguroso control documental (Gaitán y Gómez, 2014)

En el ámbito de la ingeniería civil, especialmente en la gestión de puentes metálicos, la complejidad de las evaluaciones se ha incrementado notablemente debido a la falta de un enfoque sistemático en la cuantificación de áreas afectadas por corrosión y otros tipos de deterioro en los elementos de fijación. Esta falta de flujo de procesos adecuado ha generado dificultades significativas en el mantenimiento periódico de estas estructuras. Por consiguiente, verificar si el diseño original sigue cumpliendo con los estándares requeridos se ha vuelto un desafío. Además, el cálculo preciso de los costos para la elaboración del presupuesto y el seguimiento efectivo del avance de la obra se ven comprometidos. Estas limitaciones pueden desembocar en sobrecostos y retrasos considerables durante la ejecución del mantenimiento de la estructura, lo que subraya la necesidad urgente de implementar procesos más eficientes y rigurosos en la evaluación y conservación de puentes metálicos Campos y Guadaña (2019).

Ante la necesidad mencionada previamente, emerge el BrIM (Building Information Modelling for Infrastructure Management), una adaptación de la metodología tecnológica BIM (Building Information Modeling) diseñada específicamente para la gestión de puentes. Esta metodología ofrece la capacidad de colaborar de manera efectiva en todas las etapas del proyecto, incluyendo el diseño, la construcción y la operación. Al emplear el BrIM, se pueden evitar errores comunes asociados con las metodologías tradicionales de la construcción, permitiendo una planificación más precisa y una ejecución más eficiente de las tareas relacionadas con la evaluación y conservación de puentes (Gomez, 2022).

La ubicación del puente Salinas en el río Marañón entre las localidades de Santa Rosa – Copallin Nuevo, en Aramango, provincia Bagua, región Amazonas. El área donde se ubica es de lluvias intensas y prolongadas lo cual activan quebradas

y surgen crecidas en el río que en consecuencia erosiona la base de la infraestructura del puente. Han pasado 12 años desde su construcción y precisa de evaluación y mantenimiento periódico para su conservación.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema principal.**

¿La implementación de la metodología BrIM podrá evaluar de manera eficaz el Puente Salinas para su conservación?

### **1.2.2. Problemas secundarios.**

¿Cómo podemos obtener información descriptiva del puente Salinas?

¿En qué estado se encuentra la infraestructura del puente Salinas?

¿Se puede evaluar la infraestructura del diseño post construcción del puente Salinas, por medio de la metodología BrIM, empleando el software CSI Bridge?

¿Se puede proponer un Plan de mantenimiento mensual para el Puente Salinas, para su conservación?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMA**

La investigación propuesta se centra en la aplicación de la metodología BrIM para evaluar y conservar el puente Salinas en la región de Amazonas, Perú, en el año 2024. Esta metodología revolucionaria ofrece numerosos beneficios, como una gestión más eficiente de datos al integrar información detallada sobre la infraestructura del puente en modelos digitales. Esto facilita la toma de decisiones informadas sobre mantenimiento y rehabilitación, optimizando el uso de recursos y reduciendo costos.

En tal sentido, para el **aspecto técnico**, se cuenta con precedentes que en tiempos actuales el estado peruano, se encuentra promocionando la aplicación de la metodología Bim, para optimizar los diseños tanto en lo que es obras de infraestructura vial, especialmente en obras por administración directa y que estén sujetas a la modalidad de contrato tipo NEC.

Para el aspecto **ambiental**, la implementación de BrIM también promete mejorar la seguridad y fiabilidad del puente al permitir una identificación proactiva de problemas estructurales y su pronta solución. Además, al brindar una visión integral de la infraestructura, esta metodología facilita la planificación de intervenciones ambientalmente sostenibles, reduciendo el impacto negativo en el entorno.

En cuanto al **aspecto Económico**, se cuenta con el programa Reconstrucción con Cambios del PCM, el cual permitió que un gobierno extranjero con mucha más experiencia en la aplicación de herramientas vanguardistas que permitan la elaboración, diseño, construcción, operatividad y mantenimiento de una infraestructura en modo de colaboración en un espacio virtual. En función a ello se demostró excelentes resultados en cuanto a la ejecución de obras, un claro ejemplo son el cumplimiento de los tiempos en las obras civiles ejecutadas para la realización de los para los Juegos Panamericanos, con sede en nuestro país en el 2019. En síntesis, con la implementación de la metodología BrIM también se pueden lograr una reducción de sobrecostos ya sea en la fase o etapa de ejecución o posterior a ella, con actividades de mantenimiento y preservación

En el **ámbito social**, se refleja en la comunicación que pudiese existir entre las partes interesadas (stakeholders), por medio de la utilización de esta metodología, los clientes so usuarios pueden realizar consultas, hacer la verificación y poder realizar comentarios respecto a los avances en tiempo real. Adicionalmente pueden requerir modificaciones que sean necesarias antes del desarrollo de las obras o proyectos.

En lo referente al aspecto **Metodológico**, se cuenta con evidencia de que la ejecución de cualquier tipo de obra, que se encuentren con la implementación de esta modalidad de administración directa en gobiernos locales, se consideran las más complejas en cuanto a gestión y ejecución. Considerando esta situación, se pretende una mejoría al implementar y/o incorporar la metodología BrIM los procesos para lograr tener un control mejor.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Implementar la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Obtener información descriptiva de la información del puente Salinas.

Realizar una evaluación por medio de inspección directa del estado actual del puente Salinas.

Evaluar la infraestructura de diseño post construcción del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024, siguiendo la metodología BrIM en el uso del software CSI Bridge.

Proponer un cuadro de mantenimiento mensual del puente Salinas para su conservación a base de la evaluación de la infraestructura post construcción.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Como primer antecedente internacional en el continente Europeo tenemos a Garozzo y Santagati (2021) estudiaron que los puentes en arco de mampostería son una parte importante del patrimonio viario y ferroviario en Europa debido a la integración con el medio ambiente, mantenimiento de costos bajos y aumento de vida útil, por ello se centra la investigación en el avance de metodologías innovadoras con el objetivo de preservar el valor histórico y de ingeniería, el estudio se lleva a cabo en contexto importante de número de puentes de arco de mampostería que han sido abandonados y amenazados por condiciones naturales extremas, en base a ello la falta de mantenimiento, la presente investigación implicó el análisis de Scan-to-HBrIN (Modelado de información de puentes históricos/patrimoniales). Como primer paso se tuvo que identificar la condición estructural e identificar vulnerabilidades potenciales y proponer una aplicación

metódica desde la perspectiva topográfico además un completo programa de mantenimiento para la conservación del puente. En conclusión, la metodología BrIM contribuye a la perseverancia del arco de mampostería de puentes que son bien histórico que refleja el patrimonio cultural, además garantiza la durabilidad de la estructura teniendo el programa de mantenimiento. Al seguir la metodología BrIM se puede utilizar la información de puente para la creación de modelos de información basado en semántica.

Asimismo, Cordero (2022) en su estudio tuvo como propósito demostrar una herramienta para evaluar la implementación de la metodología BIM/BrIM en proyectos de infraestructura vial, donde los principales problemas en relación a construcción civil del gobierno omiten procesos básicos repeliendo las buenas prácticas como son los estudios de prefactibilidad, gestión social, etc. Se elaboró una simulación en cuanto al uso de la herramienta por medio de la generación de 4 escenarios diferentes. Para cada escenario se realizaron variaciones de varios supuestos clave de los proyectos y posteriormente obtuvo una calificación de manera particular y total, por último, se desarrolló un análisis de contrastes de los escenarios. Dicho análisis permitió demostrar que la herramienta es sensible a la valoración de proyectos con diversas condiciones para su desarrollo y/o ejecución, adicionalmente, que los rangos de valoración de los puntajes que se obtuvieron, reflejaron de modo diferenciado la viabilidad en la implementación de la metodología BIM. Concluye que la herramienta desarrollada en la investigación puede ser utilizada para diferentes tipos de proyectos ya sea de infraestructura vial, como son carreteras, puentes, túneles, muros. Además, podría adaptarse para ser utilizada con mayor precisión para proyectos específicos, sin embargo, para ello, se debe revisar y redefinir las características de mayor importancia y una valoración de los rangos resultantes.

Por último, en nuestro continente tenemos a Gaitán y Gómez (2014), en su estudio refirieron que el uso de BrIM se centra en la representación inteligente de modo digital de los componentes de la estructura. El propósito de su estudio fue la implementación de las metodologías BrIM en planificación de procesos

constructivos de puentes, especificando los pro y contras del desarrollo de la metodología en estos tipos de proyecto, concluye que el modelamiento de información se transforma en una vital herramienta para el diseño, planeamiento y construcción de puentes en diferentes tipologías donde incorpora la visualización de la topografía para la concepción de dimensiones. Los detalles estructurales son generados considerando la geometría cambiante por el transcurso del tiempo lo que permite mayor precisión en las dimensiones de esto, por último, al crear un modelo 3D, se tiene la ventaja de visualizar todos los elementos como un conjunto, lo que permite encontrar un error de manera rápida y solucionar de manera eficaz y a su vez genera menor incertidumbre.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Entre los antecedentes nacionales tenemos a Villanes y Maesaka (2019), en su estudio refirió que en el país la necesidad de construir puentes va en aumento notoriamente como consecuencia de los desastres naturales ocurridos a la vez la brecha en las infraestructuras. El estado del país ha creado diferentes programas para fomentar la construcción de puentes, sin embargo, los proyectos en su mayoría presentan problemas con calidad baja, demoras de ejecución y sobre costos. Una de las causas con mayor frecuencia es el planteamiento deficiente sin relación a la realidad, errores que vienen arrastrando desde la planificación y construcción, es por ello que la presente investigación su propósito fue "optimizar la construcción de puentes sobre ríos a través de la implementación de la metodología BrIM" que facilite reducir costos y un aumento de durabilidad de la obra, que conlleve a un proyecto de mejor calidad. El propósito de la presente tesis es proporcionar una guía que oriente su aplicación durante las fases de planificación y elaboración del expediente técnico y ejecución. Esto se logra mediante la construcción virtual del proyecto, que incluye un modelo 3D con nueve usos del BrIM. La guía de implementación se aplicó al Puente Yunculmas, cuya ubicación es en la selva central del país. Se observó que la intervención del BrIM resultó en una reducción de costos de 11,30% y una disminución de 38 días en el tiempo de ejecución debido a la identificación de inconsistencias antes de la implementación. Además, se logró

una mejora en la planeación al ser con mayor detalle y real, así como un análisis de constructibilidad más efectivo y una gestión con mayor eficiencia de los RFI's (Request for Información).

Por otro lado, Espinoza (2017), tuvo por objetivo: “Implementar la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo a fin de mejorar la visualización, planificación y control de costos en el proyecto”. Respecto a la metodología del estudio en mención fue de tipo aplicada de enfoque mixto, tipo descriptiva, de nivel descriptiva, de diseño no experimental y retrospectiva; las variables fueron del tipo cualitativo ordinal. Se administró un cuestionario semi estructurado como instrumento para la recolección de datos. En cuanto a los resultados, mostraron que la relación (Beneficios para el contratista/ Costo de Implementación) del BrIM en el caso de estudio es de 2.49, lo cual indicó que por cada S/. 1.00 invertido se logra un beneficio de S/. 2.49 para la empresa contratista. De acuerdo con las encuestas aplicadas, afirmó que las barreras principales para la implementación BrIM en las empresas de nuestro país, son el resistirse a los cambios, la necesidad de poder alcanzar resultados de modo inmediata, el déficit de conocimiento del potencial de dicha metodología, así como el costo que acarrea su implementación y las experiencias malas debido a intentos que terminaron en fracaso por motivo de la falta de experiencia.

Asimismo, Villanes et al. (2019), en su investigación. Tuvo por propósito “Proponer un modelo de implementación de la metodología BrIM que permita optimizar tiempos y costos en la construcción de puentes de concreto armado sobre ríos” y poder lograr su utilización en proyectos futuros de puentes con características similares. Este modelo direcciona su aplicación en los periodos de expediente técnico y ejecución del proyecto, por medio de una construcción virtual del proyecto que se dividió en 6 modelos de 3D de información en los cuales se desarrollan 10 usos del BrIM. Respecto a la validación de este estudio se llevó a cabo un análisis de comparación entre el modo tradicional de trabajo con la implementación de la metodología BrIM propuesto, el cual se aplicó a la información del expediente técnico y ejecución de una obra civil (puente); En

cuanto a sus resultados, evidenciaron que al emplear la metodología propuesta se logró una reducción de costos en un porcentaje aproximado de 11.3%, así como una reducción de los tiempos en un aproximado del 19%, debido a la identificación de interferencias e inconsistencias previos al inicio de la ejecución, una mejora en cuanto a la planificación con mayor detalle y centrada en la realidad, una mejora en cuanto al análisis de constructibilidad y finalmente una mejora respecto a la eficiencia en gestión de RFI's.

Gómez (2022), en su estudio denominado: “Implementación de la metodología BrIM para la conservación y mantenimiento periódico del puente Guillermo Billinghurst Puerto Maldonado – 2022”. Este estudio fue de tipo de Aplicativo. Señaló que, a nivel nacional, en el Perú, el construir puentes desempeña un rol de alta relevancia, debido a que permite el favorecimiento respecto al desarrollo de la economía y progreso cultural del estado, por ende la relevancia en construir puentes cuya vida útil sea de largo periodo. Es por ello que la importancia de la aplicación de la metodología BrIM vinculada a proyectos para la infraestructura vial, debido a que las vías de comunicación, son la base principal para lograr progresos económicos por medio del intercambio comercial, es decir que esto conlleva a mejorar la economía en los pueblos.

Al emplear la metodología BrIM en la fases de diseñar, construir, operar y mantener los puentes constituyen un avance de tal modo que que facilita la identificación y resolución de problemas para visualizar e incongruencias respecto a la geometría en una zona geográfica determinada, con la obtención de un mejor modelamiento y planeamiento de proyectos. En base a los lineamientos del Estado Peruano se comenzó la difusión de estas tecnologías nuevas, por medio del D.L. N°1444, promulgado en el 2018 en el cual es de exigencia la utilización de la metodología BIM, para la creación, elaboración y desarrollo de proyectos.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Como antecedentes locales se tuvo al autor Apaza (2021), en su investigación refirió que en Perú, no existe un documento normativo específico para

la evaluación de la capacidad de carga viva en puentes reticulados. En la actualidad, solo se dispone de una Guía de Inspección de Puentes emitida por el MTC en 2006. Esta guía proporciona directrices para la inspección visual de puentes. El objetivo de este estudio fue proponer una metodología de evaluación basada en el Manual de Evaluación de Puentes de la “American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)” de 2011. Además, se incorporó una metodología para evaluar desplazamientos verticales debido a la carga vehicular, empleando un acelerógrafo. Respecto a los resultados, obtuvieron que por medio del acelerógrafo se midió las aceleraciones en base a la gravedad, que luego se convirtieron en coordenadas para desplazamientos y velocidades. En cuanto al diseño de puentes, se utilizó el Manual de Diseño de Puentes del MTC de 2018, que considera las especificaciones de construcción de puentes según el AASHTO LRFD (Load and Resistance Factor Design), 7.<sup>a</sup> edición. La evaluación del diseño del puente seleccionado como muestra se realizó utilizando la metodología de fuerzas o desplazamientos establecida en las especificaciones AASHTO LRFD y en la guía AASHTO LRFD. Como conclusión, se determinó que el puente no requiere restricciones de carga para las cuales fue diseñado, incluso ante cargas más elevadas, las deflexiones encontradas se mantienen acorde a las recomendaciones brindadas por AASHTO.

Carrasco & Maquera (2021) en su estudio tuvo como propósito “Evaluar estructuralmente el Puente los Baños del Distrito las Yaras en la ciudad de Tacna mediante el método LRFD”. La metodología utilizada es descriptiva y explicativa, debido a que la problemática afecta a la comunidad durante su uso. Se realizó una evaluación e inspección visual para establecer el estado en que se encontró el Puente Los Baños. Además, se aplicó un ensayo por medio de un esclerómetro para evaluar la uniformidad del concreto en las vigas, losas, estribos y apoyos. Adicionalmente, se empleó el software CSI Bridge para analizar el comportamiento estructural del puente.

Los resultados obtenidos nos ayudarán a comprender mejor el comportamiento de esta estructura. Concluye a través de un levantamiento topográfico en campo, se ha establecido que el puente tiene una luz de 60 metros,

dividida en tres tramos. La sección transversal del puente mide 7.2 metros, y la altura de la superestructura es de 1 metro, además, los ensayos con esclerómetro han confirmado que el concreto es uniforme. Acorde con el análisis estructural del Puente Los Baños utilizando el método LRFD, se ha determinado que la superestructura experimenta un momento cuyo valor máximo de 1782,32 ton.m y una fuerza de corte aplicada de 560.39 toneladas.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **Bridge Information Modeling – BrIM**

Bozzo et al. (2019), refirieron que, a diferencia de las construcciones verticales, los proyectos de puentes se caracterizan por su orientación horizontal, lo que conlleva desafíos constructivos único debido a su naturaleza. Es por ello que el concepto BrIM surge como una ampliación de la metodología BIM, pero con un enfoque específico en los proyectos de puentes. La metodología BrIM se fundamenta en una representación exhaustiva de las características físicas y funcionales para un puente, abarcando información relevante para todas las fases del ciclo de vida y operación de la estructura.

Los beneficios del uso de BrIM se manifiestan a través de diversas aplicaciones y usos con la implementación esta metodología. Estas aplicaciones pueden clasificarse según los propósitos en la implementación BrIM, especialmente a lo largo del ciclo de vida de los puentes. Por lo tanto, es posible definir y comunicar adecuadamente el uso de BrIM mediante otras características.

Además, los objetivos y características pueden variar en diferentes niveles de especificación, según las necesidades particulares de acuerdo a distintas aplicaciones y usos (Kreider & Messner, 2013; como se citó en Gomez, 2022). Los beneficios que se han identificado al aplicar BrIM según los antecedentes mencionados anteriormente, que la automatización de ingreso de datos utilizando BrIM se mejora la recopilación y transferencia de información, reduciendo la posibilidad de errores humanos, asimismo en consistencia de información al centralizar y estandarizar los datos en un modelo de información, se minimiza la

posibilidad de duplicidad y discrepancia en la información, por último la reutilización de datos de diseño la metodología BrIM nos permite aprovechar la información generada durante la fase de diseño para otros aspectos del ciclo de vida en la estructura operación, conservación y mantenimiento. En resumen, BrIM ofrece una gestión más eficiente y precisa de la información relacionada con las estructuras, mejorando la calidad y eficacia del ciclo de vida del proyecto.

### **Sistemas de Gestión de puentes (SGP)**

Según lo señalado por Isaacs & Rodríguez, (2024), los Sistemas de Gestión de Puentes (SGP) se aplican en las organizaciones encargadas de la administración de puentes para abordar de manera eficiente los activos bajo su responsabilidad. Estos sistemas requieren el uso de herramientas como inspecciones para registrar información sobre el estado actual y las propiedades de los puentes. El objetivo es disponer de los datos necesarios para priorizar la atención de los puentes en el inventario. De acuerdo con Isaacs & Rodríguez, (2024) refirieron que Los SGP tienen una serie de componentes que ayudan en la toma de decisiones, entre estos se encuentran:

**Involucramiento de la alta gerencia**, la alta gerencia es la responsable de la toma de decisiones a nivel estratégico; su involucramiento hace más fácil, efectivo y permanente el proceso de implementación de un SGP. Además, es la encargada de la asignación de los recursos y fondos necesarios para el SGP.

**Estructura organizacional**, estructura jerárquica particular del SGP que permite realizar las actividades de gestión de manera ágil, facilitando la comunicación entre los involucrados.

**Recolección de datos**, Este proceso es sistemático y cíclico en un SGP. Su objetivo final es recopilar la información correcta para proporcionarla al usuario adecuado cuando sea necesario.

**Coordinación entre los responsables de la planificación,** Es esencial que exista retroalimentación entre los encargados de las actividades de planificación. Las decisiones derivadas de esta retroalimentación deben incorporarse en las herramientas analíticas de optimización

**Coordinación entre los responsables de la ejecución y seguimiento de proyectos de puentes y los responsables de la planificación de intervenciones.**

Para tomar decisiones futuras, los responsables de la ejecución y seguimiento deben proporcionar retroalimentación sobre sus actividades a los planificadores. A su vez, estos últimos deben ofrecer recomendaciones sobre las actividades de ejecución y seguimiento al personal encargado de esas tareas.

**Priorización de intervenciones.**

Se basa en la información disponible en las bases de datos. El objetivo es optimizar las intervenciones a nivel de red, buscando maximizar los beneficios y minimizar costos y riesgos

**Comunicación con audiencias externas.**

Esta práctica es parte de la rendición de cuentas y la transparencia dentro del SGP. Permite identificar necesidades, metas, objetivos y el desempeño de la red de puentes.

**Herramientas analíticas.**

Estos programas informáticos o hojas de cálculo respaldan la gestión de datos, generando información para la toma de decisiones.

**Datos mínimos de un SGP**

La base de datos de un SGP es un repositorio que contiene datos e información procesada donde se almacena el expediente de cada estructura con información actualizada y donde también se recopila y documentan registros

históricos. La base de datos es la principal fuente para contar con una gestión de puentes efectiva, ya que brinda información a la herramienta analítica. Con los datos contenidos en este repositorio se pueden tomar decisiones costoefectivas para las acciones sobre puentes. En la Figura 1 se muestran los datos mínimos que debe contener la base de datos de un SGP.

**Figura 3.**

El mínimo de Datos para un SGP.



Nota. Tomado de Isaacs & Rodríguez, (2024).

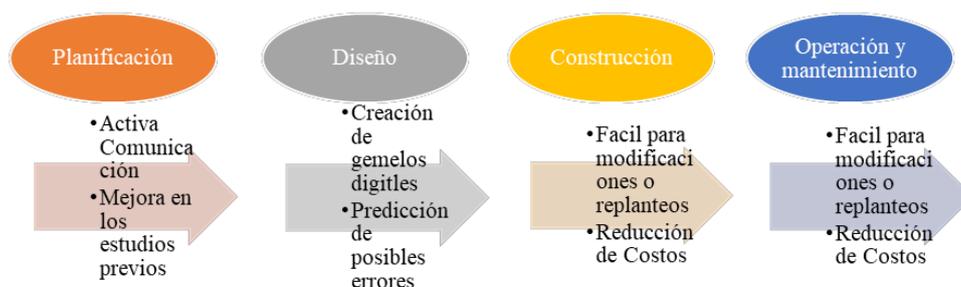
**Metodología BrIM en el Sistema de Gestión de Puentes**

La implementación y uso de herramientas analíticas en un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) tiene como objetivo almacenar, analizar y proporcionar acceso a información específica y necesaria que sirve para tomar decisiones. La elección de la herramienta debe estar en línea con las políticas, objetivos, tamaño y capacidades de la organización. Además, la herramienta debe ser capaz de integrar los mecanismos necesarios para cumplir eficientemente con las metas del SGP.

Los SGP pueden apropiarse de los modelos BrIM para facilitar la visualización durante todo el ciclo de vida de un puente, desde su conceptualización hasta su demolición. Actualmente, los modelos BrIM han sido mejorados para incorporar más detalles, hasta el punto en que usualmente son llamados gemelos digitales (DTs por sus siglas en inglés). Cuando estos modelos se generan durante la etapa de diseño del puente, se pueden predecir y resolver desde antes muchos problemas de las etapas de operación y mantenimiento. La resolución de estos problemas conlleva a una reducción significativa de costos durante la etapa de operación de la estructura (Dayan et al, 2022). Dentro de un Sistema de Gestión de Proyectos (SGP), la recolección de datos es un componente fundamental. Sin embargo, esta actividad puede volverse complicada debido a la gran cantidad de información que se maneja. Por lo tanto, es crucial implementar una automatización y gestión de datos adecuadas para crear un SGP práctico y bien organizado. En este contexto, la metodología BrIM desempeña un papel relevante al integrar datos dentro del SGP, lo que conduce a una mayor eficiencia en el monitoreo de la condición, operación, mantenimiento y seguridad. A continuación, en la figura 2 se muestran los beneficios de implementar la metodología BrIM:

**Figura 4.**

#### Beneficios de la Implementación del BrIM



**Nota.** Se muestra beneficios de la metodología BrIM en las etapas del ciclo de vida del puente.

### **BrIM en el ciclo de vida de puentes**

Pese a que la metodología BIM se emplea en múltiples y diferentes proyectos de edificación, su aplicación para diseñar y construir de puentes es limitada. Esto se debe a que, en vez de contar con una arquitectura de manera vertical, los puentes se diseñan y construyen con vías horizontales de transporte, y muchos de estos proyectos son de construcción pesada. Sin embargo, existe una versión personalizada de BIM adaptada específicamente para proyectos de puentes, conocida como BrIM. BrIM proporciona una representación completa de las características físicas y funcionales de un puente, lo que ofrece una gran cantidad de información a lo largo de su vida útil. Además, BrIM permite el reforzamiento del diseño, la calidad y la precisión de la documentación, lo que mejora la constructibilidad de la estructura del puente. También facilita la fabricación precisa y oportuna de elementos o componentes de la infraestructura. Además, BrIM fomenta la colaboración entre las diversas especialidades involucradas en el proyecto. En última instancia, se obtienen soluciones óptimas para todas las partes del proyecto, y se almacena información relevante para el mantenimiento adecuado durante las etapas de operación, conservación y mantenimiento, en resumen y en concordancia con lo previamente mencionado, se muestra la figura 3, respecto al uso del BrIM en el ciclo del puente (Teckla, 2017; como se citó en Gomez, 2022).

**Figura 5.**

Uso del BrIM en el ciclo del puente.

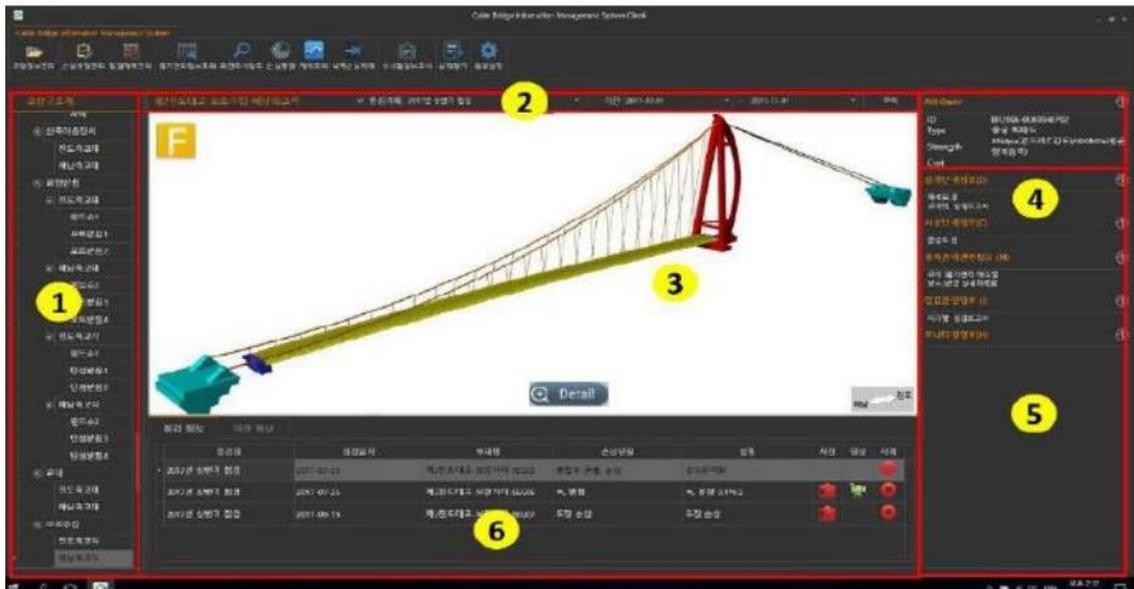


Nota: Bridge Information Modeling for the Lifecycle Progress and Challenges”, por Shirole, et al. (2008)

Se describen las posibles aplicaciones de BrIM que permiten aprovechar la información derivada del modelo 3D en la estructura del puente, así como los datos relacionados con componentes esenciales como el terreno, la vía y el río. Según el instituto tecnológico, Shim et al. (2011) refirieron que: “En la etapa de planeamiento, la metodología BrIM se emplea con frecuencia para crear una geometría representativa sin necesidad de una ingeniería de detalle específica. El objetivo principal es integrar rápidamente una estructura preliminar en función del criterio de diseño vial. La Figura 4 enseña un ejemplo de cómo esta integración se logra de manera eficiente utilizando las herramientas BrIM. Esto permite que todos los colaboradores comprendan rápidamente el objetivo a alcanzar y lo que se busca obtener”.

**Figura 6.**

Puentes BMS, basado en la metodología BrIM.



**Nota.** Tomado de BIM authoring for an image-based bridge maintenance system of existing cable-supported bridges”, por (Dang & Shim, 2018).

Para las fases de operación, conservación y mantenimiento, los sistemas de administración de puentes (BMS) desempeñan un papel crucial. BrIM puede integrarse en los principales módulos de estos sistemas, como el catálogo de puentes y sus componentes, la gestión de inspección y las programaciones de mantenimiento. La característica de visualización de los modelos BrIM, es que facilita y permite tomar decisiones más acertadas y de mayor confiabilidad vinculadas con el mantenimiento y rehabilitación de los puentes (Marzouk, 2012; como se citó en Gomez, 2022).

### Gestión de puentes

En lo que respecta a la gestión de puentes, los autores Villalobos y Sánchez (2020) en el boletín del Laboratorio Nacional de Materiales y modelos estructurales, refirieron que se puede hacer una división, especialmente en lo que respecta a las acciones que se ejecutan para intervenir, en 2 maneras de actividades generales:

Conservación y Mejoramiento (Minnesota Department of Transportation, 2015). El hablar de mejoramiento abarca la rehabilitación y reemplazo de puentes, y es relevante destacar que estas corresponden a decisiones y/o medidas que se aplican posteriormente a los procesos de conservación, especialmente cuando ya no son considerados como costo efectivos y el continuar llevando a cabo dichas actividades debido al estado de la condición o vida remanente de la estructura, y que significa una inversión considerable de costos de ingeniería y construcción.

Se considera que un Sistema de Gestión de Puentes es de éxito, cuando se fundamenta en un enfoque balanceado entre las actividades de conservación y mejoramiento (FHWA, 2018; Agüero-Barrantes y Villalobos-Vega, 2019).

### **Conservación de puentes**

Según AASHTO (2011) y FHWA (2018), refirieron que el abordar la conservación de puentes es referirnos a describir las acciones o estrategias de costo bajo que tienen como propósito prevenir, retrasar, reducir o minimizar el deterioro de cualquier elemento en los puentes, restablecer la función de los mismos, mantenerlos en una condición oscilante entre Satisfactorio hasta Deficiente, y sirve adicionalmente para extender su vida de servicio u operatividad.

Conservación de puentes abarca acciones para el mantenimiento, ya sea de manera cíclica como centrado en la condición (FHWA, 2018), según se describe a continuación:

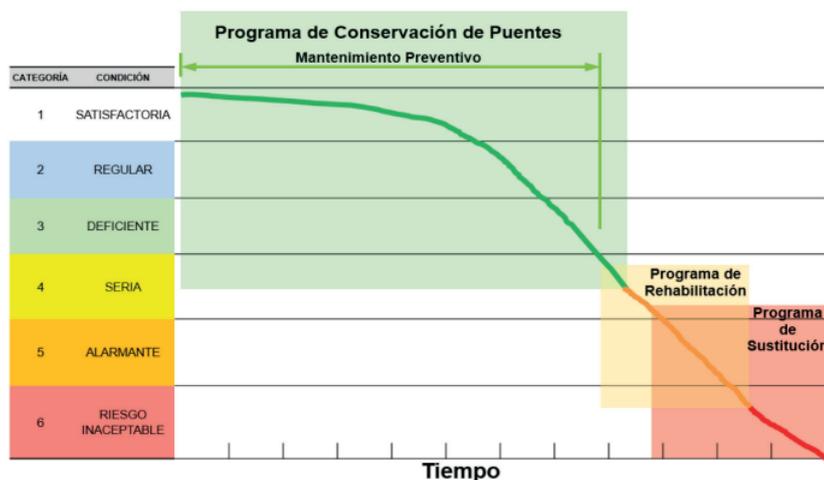
**Mantenimiento cíclico:** Acciones o tareas ejecutadas en un intervalo preestablecido y las cuales tienen por finalidad la preservación en las condiciones existentes de cualquier elemento de un puente. La condición de tales elementos no siempre se mejora de manera directa como resultado de estas tareas, sin embargo, se espera que se retrase el deterioro de los elementos del puente (FHWA, 2018). Algunas actividades comunes de este tipo de mantenimiento son la limpieza, lavado de los elementos del puente, así como el recojo de materiales obstruyentes en las juntas de expansión.

**Mantenimiento basado en la condición:** Se consideran acciones y/o tareas llevadas a cabo en los elementos de los puentes, de acuerdo a la necesidad, por medio de la identificación, es decir haciendo uso de la inspección de puentes, partiendo de las inspecciones llevadas a cabo por profesionales calificados. Estos tipos de actividades o tareas mejoran las condiciones de dichas áreas, porciones o zonas específicas en los elementos de un puente, sin embargo puede que no resultar en un aumento respecto al estado de condición del puente (FHWA, 2018).

En la Figura 5 se representa de manera esquemática respecto a la variación de la condición del puente en función del tiempo (Agüero et al., 2015) y su asociación con las probables medidas de intervención.

**Figura 7.**

Programa de Conservación de Puentes.



**Nota.** Curva de variación de estado de puente. Tomado de (Villalobos Vega & Sánchez Badilla, 2020).

Como se observa, la condición de los puentes suele decaer con el transcurrir del tiempo, y paralelamente, incrementando la complejidad y por ende el costo de las medidas de intervención necesarias para lograr el mantenimiento de su nivel de operatividad y desempeño. Lo anterior pone de manifiesto la relevancia de la realización de tareas para la conservación cuando el puente se ubique en una condición entre Satisfactoria y Deficiente (ver Figura 5), con el propósito de mantener un adecuado nivel de operatividad y servicio de la estructura, logrando retrasar la necesidad de hacer inversiones grandes en cuanto a montos de dinero en

programas para rehabilitar o reemplazar la estructura. Cuándo exactamente llevar a cabo las tareas de conservación debería ser una decisión basada en la solución más costo-efectiva en el ciclo de vida del puente. El intervalo óptimo es aquel que, de entre varios escenarios, genera el menor costo en el ciclo de vida, a la vez que se genera una mejora aceptable en la condición del elemento (SHRP2, 2019). Una forma de mejorar la efectividad, es combinar la conservación con las tareas de inspección; por ejemplo, se puede programar que el mantenimiento cíclico se realice antes de llevar a cabo las inspecciones bianuales, lo cual ayuda a detectar las deficiencias más fácilmente.

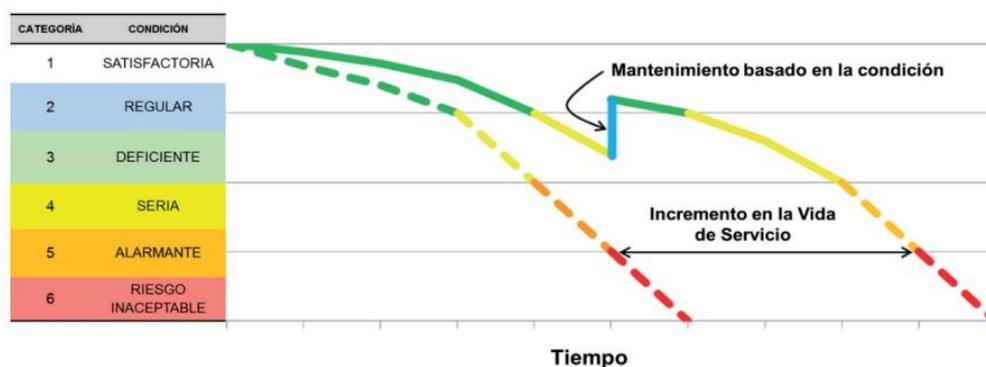
### **Beneficios de la conservación de puentes.**

Las consecuencias generadas por la omisión o inexistencia de medidas de conservación en los puentes del país son varias. Pueden clasificarse desde daños en las juntas de expansión, en los sistemas de drenajes, o acumulación de sedimentos en el tablero, hasta deficiencias mayores que implican un riesgo de falla o colapso de la estructura. En la Fig. 6, se observa a la izquierda una curva hipotética correspondiente a la variación de la condición durante la vida de servicio de un puente sin intervenciones de conservación. La ausencia de estas actividades genera un desgaste mayor, causado por aspectos como la fatiga, abrasión, componentes químicos, ambientales y el deterioro a través del tiempo (FHWA, 2018). Por el contrario, la curva hipotética de la derecha representa la vida del puente al que se le realizaron acciones de conservación, de lo cual se pueden desprender dos observaciones. La primera es que, al llevar a cabo el mantenimiento cíclico, la pendiente de la curva es menor y por lo tanto, para un mismo periodo de vida de servicio, la estructura tiene un mejor estado de conservación, y en el largo plazo posee además una vida útil de servicio mayor. Luego, cuando se consideró necesario, se llevó a cabo un mantenimiento basado en la condición, y como consecuencia, cambió su estado de Deficiente a Regular, lo cual extiende aún más su vida útil de servicio. Por lo tanto, se puede observar una gran diferencia generada como consecuencia de la correcta aplicación de medidas de conservación realizadas

en el tiempo correcto y a los componentes correctos, lo cual incrementa en gran porcentaje la vida de servicio de la estructura (FHWA, 2018) y por lo tanto su rentabilidad. En la Fig. 7, se presentan los casos en los cuales se llevaron a cabo actividades de gestión de puentes: en uno solo se aplican medidas de conservación y en las otras medidas de rehabilitación.

### Figura 8.

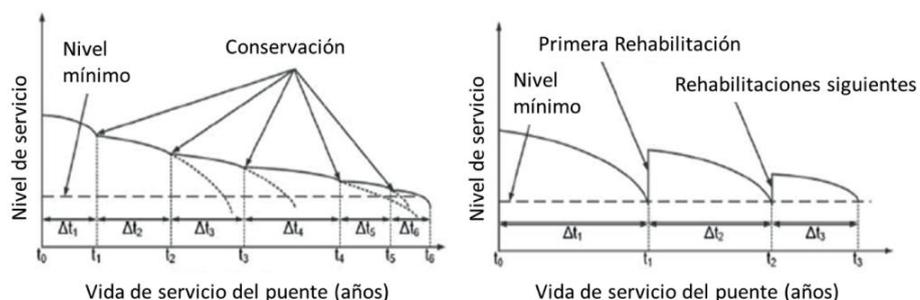
Curvas hipotéticas de la variación del estado de la condición, en el transcurso de la vida de servicio en un puente, al cual se le realizaron acciones de conservación a comparación con uno al cual no se le aplicó dichas medidas.



Fuente: Adaptado de FHWA (2018)

### Figura 9.

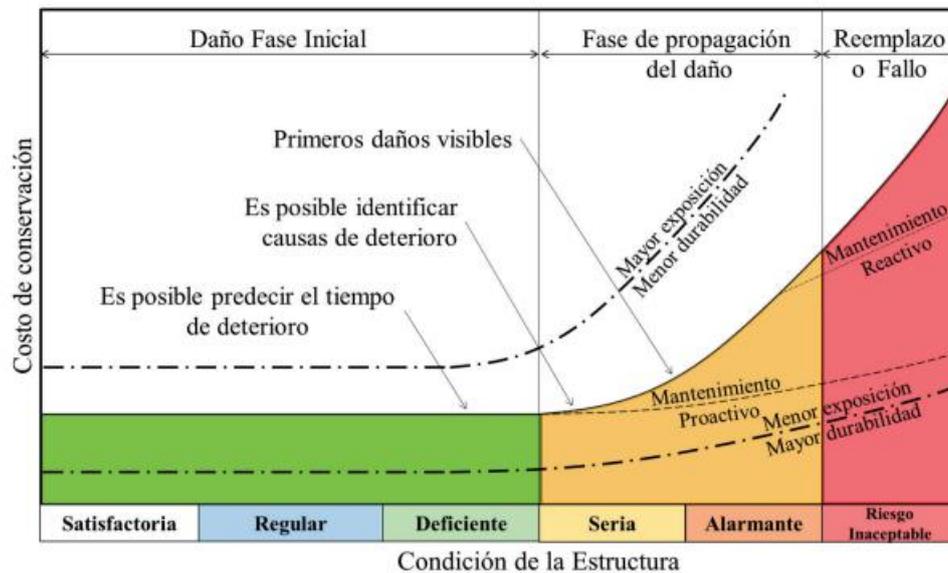
Comparación del deterioro entre un puente con actividades o tareas de conservación y otro con rehabilitaciones o reemplazos mayores.



Fuente: Adaptado de FWHA-NHI (2016-a)

**Figura 10.**

Curva hipotética de costos de conservación en función de la condición del puente.



Fuente: Adaptado de Springer (2017)

El lado izquierdo ilustra que, mediante la conservación rutinaria, el comportamiento de la estructura y el nivel de servicio se mantiene siempre por encima del mínimo establecido durante una vida de servicio más extensa (FHWA-NHI, 2016-a). Por otra parte, en el lado derecho, se muestra que un programa en el que solamente se utilizan medidas de rehabilitación y sustituciones mayores, requiere mayor esfuerzo e inversión económica para restablecer la estructura a un nivel de operación y servicio adecuado, con una vida de servicio aún así menor.

Adicionalmente, la estructura alcanza los niveles de condición mínimos en varias ocasiones durante su vida útil, lo cual trae consecuencias indirectas; por ejemplo, la pérdida de confianza por parte de los usuarios, o incluso, los costos económicos elevados ya sea directos o asociados a los usuarios por demoras y desvíos (costos sociales), a causa de las intervenciones mayores que requieren un mayor tiempo de ejecución.

El comportamiento de la condición de deterioro del puente en relación con la variación del costo de mantenimiento se representa de forma esquemática en la Fig. 8. Por ejemplo, el costo asociado cuando se encuentra en la fase de daño inicial es menor al relacionado con acciones de reemplazos necesarios a partir de una condición de Riesgo Inaceptable (Springer, 2017).

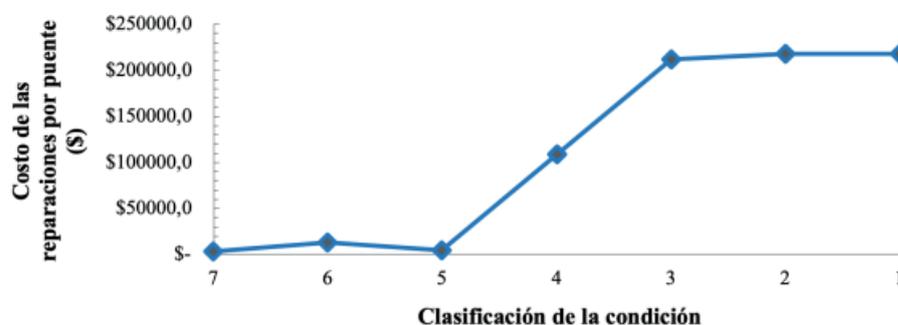
Al observar la Fig. 8 se puede analizar la variación en costos debido a la aplicación de conservación de manera proactiva en contraste con la reactiva. Las acciones de mantenimiento son idénticas pero iniciadas en distintos periodos del daño. El proactivo se aplica en la condición de daño catalogada como Satisfactoria, Regular o Deficiente, y genera un costo final adicional marginal. Por otra parte, el reactivo se inicia cuando la condición de la estructura es Seria o Inaceptable, razón por la cual los costos terminan siendo igualmente altos y se disminuye significativamente la efectividad de la inversión (Springer, 2017).

Adicionalmente, se presenta en la Fig. 8 el comportamiento de las curvas que reflejan la variación del costo de conservación dependiendo de la durabilidad y de la exposición del puente. En este caso, en los puentes que presenten mayor exposición al daño o menor durabilidad, generalmente es necesario incurrir en costos de mantenimiento más elevados (Springer, 2017), por lo que no se pueden efectuar los mismos niveles de conservación a los puentes sin tomar en cuenta sus particularidades (exposición, vulnerabilidad, uso, etc). A partir de estudios realizados en varios países, en especial EUA, se ha demostrado que los costos de gestión de puentes son menores al aplicar medidas de conservación a estructuras en condición Satisfactoria a Deficiente, en comparación con las rehabilitaciones o reconstrucciones utilizadas en los puentes con estado entre Serio e Inaceptable, como consecuencia del enfoque de atención del peor caso primero (FHWNHI, 2003). Una de las mayores razones para aplicar este tipo de enfoque es para preservar la inversión inicial realizada durante la construcción del puente, considerando que el costo del reemplazo es usualmente más alto que el costo inicial de construcción, ya que incluye, entre otras tareas, la demolición.

Adicionalmente, cuando el deterioro genera daño en tal grado que necesite de intervenciones mayores, el costo aumenta considerablemente. A partir de un análisis económico realizado para una rehabilitación de un puente en EUA, un estudio concluyó que, con la misma cantidad de dinero invertido, se pudo haber realizado acciones de conservación en aproximadamente unas diez estructuras distintas (FHWA-NHI, 2003). Como el anterior, se han realizado varios estudios que muestran el valor de aplicar conservación en puentes en el momento correcto. En la Fig. 9 se muestran los resultados obtenidos para la ciudad de Nueva York. La clasificación de la condición que se plantea en el eje horizontal es creciente: entre mayor sea el número de la clasificación de la condición, el puente se encuentra en mejor estado. Como se puede ver, se gasta una considerable mayor cantidad de dinero conforme se permite que el puente alcance niveles bajos de la condición, pasando de \$3 238 por puente cuando la condición de los mismos es 7, a \$211 496 cuando la condición baja a un valor de 3 o menos.

**Figura 11.**

Incremento en los costos de reparaciones en puentes al incrementar el nivel del daño: Caso de Nueva York (Entre la mayor clasificación de la condición, mejor el estado del puente).



Adaptado de: FHWA-NHI (2003)

### 2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

**BIM**, Es un metodología se basa en la utilización de un modelo 3D inteligente, a diferencia del simple modelo 3D que solíamos conocer, cuyo único propósito era generar imágenes fotorrealistas del proyecto (building SMART, 2023) (BIMnD, 2023). La representación BIM se sustenta en datos, no solo en la geometría. Además, existe una vinculación permanente entre este modelo y la base de datos, lo que garantiza una conexión constante y coherente entre la información visual y los datos subyacentes, es por ellos que para infraestructura viales como los puentes surgió el Bridge Information Modeling (Gomez, 2022).

**BrIM (Bridge Infomación Modeling)**, para Espinoza (2017), la metodología BrIM, o, se puede describir como un conjunto de sistemas, métodos y herramientas digitales que permiten crear un modelo de información integral para un puente. Este modelo combina datos relevantes relacionados con el diseño y la construcción del puente, provenientes de diversas disciplinas. A través de BrIM, los usuarios pueden acceder y visualizar información asociada al proyecto mediante diferentes modelos, como los geométricos, estructurales, físicos y constructivos.

**VCD (Computer Adued Design)**, Se entiende como la metodología de para diseñar y construir virtualmente, se caracteriza por la integración moderna de los procesos para diseñar, construir y operar desde la etapa inicial del proyecto (Gomez, 2022). Esta metodología se fundamenta en los modelos BIM (Building Información Modeling) y PPM (Project Production Management). A través de la colaboración entre estos modelos, se logra una gestión más eficiente y efectiva de los procesos de producción en todo el ciclo de vida del proyecto.

La evaluación y Conservación de puentes, según el boletín de estructuras de Isaacs y Rodríguez (2024), es un ámbito crucial para asegurar la seguridad y la longevidad de estas estructuras. A continuación, se presentan algunos conceptos clave relacionados con este tema:

- **Inspección Principal:** La Inspección Principal tiene como objetivo recopilar datos que sirvan como base para evaluar el estado de un puente. Es como tomar una “fotografía” detallada del puente en estudio, observando visualmente todos los elementos visibles que lo componen. La información obtenida debe ser homogénea y congruente para facilitar la gestión y el análisis

- **Sistema de Gestión Integral de Conservación de Puentes:** Este sistema proporciona información objetiva y operativa sobre las características y el estado de deterioro de todos los puentes. Sus objetivos incluyen evaluar la seguridad y el estado de conservación de las estructuras. Es una herramienta esencial para dirigir la conservación de puentes de manera eficiente.

- **Medidas de Conservación:** Un programa de conservación de puentes busca aplicar medidas costo-efectivas para prolongar la vida útil de las estructuras y retrasar la necesidad de rehabilitaciones o reemplazos. Sin medidas de conservación, la velocidad de deterioro aumenta gradualmente, afectando las condiciones de servicio.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. HIPÓTESIS**

#### **3.1.1. Hipótesis general.**

La implementación de la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024 ayudará a mejorar la evaluación estructural del puente y la realización de las etapas de mantenimiento para su conservación.

#### **3.1.2. Hipótesis Específicas.**

La información descriptiva del puente salinas, permitirá un correcto dimensionamiento mediante la metodología BrIM.

La evaluación realizada por medio de inspección directa del estado actual del puente Salinas, permitirá tener una visión clara respecto a las actividades de mantenimiento que requiere el puente.

La evaluación de la infraestructura de diseño post construcción del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024, siguiendo la metodología BrIM en el uso del software CSI Bridge, ayudará a mejorar la evaluación estructural del puente y la realización de las etapas de mantenimiento para su conservación.

El plan de mantenimiento mensual propuesto permitirá mejorar las condiciones actuales de deterioro del Puente Salinas.

La metodología BrIM, proporciona mejor rendimiento y performance que la metodología tradicional existente en la construcción del puente.

### **3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.2.1. Identificación de la variable(s) independiente(s)**

Implementación de la Metodología BrIM – Bridge Information Modeling.

### **3.2.1.1. Definición Operacional de la variable independiente:**

Se trata de una metodología de colaboración en equipo para lograr diseñar, construir, operar, conservar y mantener los puentes, esta metodología facilita y permite crear el modelamiento de información que comparte los datos las áreas involucradas en su totalidad. El propósito central fue centralizar los datos en un modelo digital (Gomez, 2022).

### **3.2.1.2. Dimensiones e Indicadores de la variable Independiente.**

Considerando lo consignado por Gomez, (2022), el cual señaló las variables e indicadores para la variable Implementación de la Metodología BrIM, se tomó como referencia a dicho autor y se consideraron las siguientes dimensiones e indicadores, pero con ligeras modificaciones, para la variable independiente son los siguientes:

#### **D1: Modelamiento de la Información con CSI BRIDGE.**

I1: Modelamiento de Arquitectura.

I2: Modelamiento de elementos estructurales de acero.

I3: Modelamiento Paramétrico en 3D

#### **D2: Simulación, Planificación y Control.**

I1: Simulación del modelamiento.

I2: Estandarización del Proceso con la metodología BrIM.

#### **D3: Reportes de errores en el expediente técnico.**

I1: Errores en el expediente técnico.

### **3.2.1.3. Escala de Medición.**

Software BrIM – CSI BRIDGE

Reporte de resultados.

### **3.2.2. Identificación de la variable dependiente**

Evaluación y conservación de puentes.

#### **3.2.2.1. Definición Operacional de la variable dependiente:**

Se refiere a un conjunto de actividades, que consta de la inspección visual, así como la realización de actividades para la evaluación, conservación y mantenimiento de los elementos estructurales de los puentes, de modo que sea económicamente viable y posible, con planificación y prevención en todas las actividades en la fase de mantenimiento y conservación, es decir posterior a la construcción de los puentes (Gomez, 2022).

#### **3.2.2.2. Dimensiones e Indicadores de la variable Independiente.**

Considerando lo consignado por Gomez, (2022), el cual señaló las variables e indicadores para la variable Implementación de la Metodología BrIM, se tomó como referencia a dicho autor, por ende, las dimensiones e indicadores para la variable independiente son los siguientes:

##### **D1: Inspección Visual.**

I1: Inspección Visual del estado situacional actual.

I2: Evaluación de elementos estructurales en campo.

I2: Reporte Fotográfico

##### **D2: Evaluación de elementos estructurales en campo.**

I1: Verificación del estado actual con resultados del CSI BRIDGE.

##### **D3: Propuesta de Plan de Mantenimiento.**

I1: Definición y planificación de actividades para mantenimiento.

I1: Elaboración de Plan de Mantenimiento.

#### **3.2.2.3. Escala de Medición.**

Propuesta de Plan de Mantenimiento.

### **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

“Investigación práctica o empírica”, el cual tiene por característica principal la aplicación o utilización de determinados conocimientos que son adquiridos, asimismo en el proceso se adquieren conocimientos adicionales, posterior a la implementación y sistematización de la práctica sustentada en investigación” (Arias, 2012).

En función de su propósito y el tipo de estudio, se clasificó como aplicado, esto se debe a que tiene como objetivo implementar la metodología BrIM mediante la etapa de análisis y conservación del puente con el propósito que tanto las empresas privadas esta metodología en sus proyectos futuras en la conservación y mantenimiento del puente, así evitando retrasos y garantizando la calidad de sus obras (Hernández et al., 2014).

### **3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se clasifica como descriptiva, ya que se examinará el caso del puente Salinas, este puente ha sido construido de manera convencional y el objetivo es evaluar para la conservación del puente Salinas aplicando BrIM en este tipo de proyectos verificando sus beneficios

### **3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

“En la investigación no experimental estamos más cerca de las variables formuladas hipotéticamente como “reales” y, en consecuencia, tenemos mayor validez externa (posibilidad de generalizar los resultados a otros individuos y situaciones comunes)” (Hernández et al., 2014).

“En la investigación no experimental estamos más cerca de las variables formuladas hipotéticamente como “reales” y, en consecuencia, tenemos mayor validez externa (posibilidad de generalizar los resultados a otros individuos y situaciones comunes)” (Hernández et al., 2014)

En ese sentido, el actual producto académico de investigación, es considerado como un estudio de caso, no experimental, debido a que no se realizó

la manipulación de modo deliberado de las variables y únicamente se observaron los fenómenos en su contexto natural, asimismo es transversal debido a que los datos se recolectaron en un determinado momento y tiempo único, con la finalidad de realizar la descripción de las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento determinado. Finalmente es retrospectivo porque los datos recopilados y analizados en la actualidad (Hernández et al., 2014).

### 3.6. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población para esta investigación, la constituyen un aproximado de 8 proyectos de puentes en el río Marañón.

#### *Figura 12 y 13.*

Construcción de la estructura del puente Salinas, tomado del expediente técnico, en proceso de construcción y ya finalizado respectivamente.



Nota: Expediente Técnico de la Municipalidad Provincial de Bagua (2010)

La muestra para este estudio es el Puente Salinas, en el cual se realizó el modelamiento CAD, por medio del programa CSI BRIDGE, para la conservación del puente.

En lo que se refiere al tamaño muestral, se constituyó por 1 solo proyecto. De acuerdo con lo señalado por Tinoco et. al (2009, p.230), en cuanto al tipo de muestreo denominado o conocido como no probabilístico, se deben seguir y cumplir criterios determinados, con la pretensión de que el tamaño muestral o muestra sea considerado como representativo. En el caso particular del presente producto académico, se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico conocido como por conveniencia.

Acorde con lo señalado por Hernández (2021), al abordar el muestro por conveniencia, es referirnos a un tipo de muestreo en donde el tamaño muestral es elegido acorde a la conveniencia del autor del estudio, el cual facilita la elección de modo arbitrario la cantidad de encuestados que puedan participar en la investigación.

### **3.7.TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para recopilar datos en esta investigación, se empleó la técnica de datos secundarios, la cual acorde con lo señalado por Hernández et. al (2014), esta técnica comprende la revisión de archivos físicos y/o electrónicos, documentos, registros públicos, etc.

Finalmente Hernández et. al (2014), refrieron que los investigadores cualitativos suelen usar técnicas para la recopilación de infomación, por ejemplo: discusión en grupo, entrevistas abiertas, evaluación de experiencias personales, interacción e introspección con grupos o comunidades, la observación no estructurada, revisión documentaria, registro de historias de vida.

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

La primera etapa consiste en recopilar diversas fuentes bibliográficas relacionadas con la implementación de las metodologías BrIM y BIM a nivel internacional y nacional, así como los beneficios asociados a estas técnicas y los procesos colaborativos. Además, se utiliza la información extraída de los planos del proyecto y los planos posteriores a la construcción para crear un modelo de análisis.

El objetivo principal de este modelo es establecer los Índices Demanda/Capacidad para los diferentes componentes de la superestructura, siguiendo la metodología definida en el Manual de Evaluación de Puentes de la AASHTO. Dado que se trata de una estructura de cables, es crucial considerar los efectos no lineales y la rigidez geométrica en los elementos. Para lograrlo, se emplean las funciones de análisis no lineal P-delta del programa CSi Bridge.

#### **El Proceso para la Obtención de los Datos en la Investigación:**

En el actual estudio se plantea una serie de actividades divididas en varias etapas, los cuales se muestran a continuación:

- **Fase 1:** Se realizará búsqueda de referencias bibliográficas respecto de La Implementación de la Metodología BrIM para la Evaluación y Conservación del Puentes, e incluso información relacionada al tema.
- **Fase 2:** Obtención de información de los planos y cálculos estructurales del análisis y diseño del Puente Salinas en Amazonas.
- **Fase 3:** En esta fase, se elaborarán las pautas necesarias para implementar la Metodología BrIM con el fin de cumplir con la normativa correspondiente y garantizar la conservación del Puente Salinas en Amazonas, Perú. Se establecerán los procedimientos BrIM pertinentes para facilitar la gestión integral de la información del puente, lo que permitirá una mejor coordinación entre los diferentes aspectos del proyecto y contribuirá a su conservación a largo plazo.
- **Fase 4:** Implementar la Metodología BrIM para la Evaluación y Conservación del Puente Salinas en Amazonas, Perú, siguiendo las normativas específicas para infraestructuras de este tipo. Se desarrollará un procedimiento de

análisis y diseño estructural utilizando los sistemas de Revit, CSI Bridge, el Autodesk y por último el 3D Civil. Se generará la información utilizando las librerías disponibles en los programas ya mencionados, adaptando a las necesidades del puente, y se procederá a interpretar y realizar un informe de dicha información.

- **Fase 5:** Se ejecutará la información brindada anteriormente, procurando cumplir con las pautas de la metodología BrIM a implementar, además se utilizará la información anteriormente obtenida para una buena aplicación de la metodología. La finalidad es ver la mejoría con la aplicación de esta nueva estrategia.

- **Fase 6:** Finalmente se realizará la comparación de los resultados obtenidos de la respuesta estructural mediante el uso de metodología BrIM y sin el uso de esta mediante con los resultados de la evaluación y conservación realizados tradicionalmente.

- **Fase 7:** Evaluar la confiabilidad y los beneficios del uso de la Metodología BrIM para la evaluación y conservación del Puente Salinas en Amazonas.

A continuación, En la figura 12 se muestra un flujograma de todo lo detallado

anteriormente.

**Figura 14.**

Flujograma del Procedimiento del presente estudio.



Nota: Elaboración propia hecha por el autor.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.

En cuanto a la recolección de datos, se obtuvo que:

La ubicación del puente está sobre el río Marañón en la Ruta N° AM-502 (ex Ruta Vecinal 532), km Emp. PE-5N C – Santa Rosa – Copallín Nuevo. Políticamente su ubicación es en Aramango, provincia de Bagua, región Amazonas.

Asimismo, en cuanto a los cimientos de los estribos y de los macizos de anclaje que se prevé que constituirán los elementos estructurales de apoyo del puente se fundaran en ambas márgenes, sobre estratos de roca sedimentaria media pobremente diagenizada, consistentes en areniscas cuarzosas, conglomeráticas a micro conglomeráticas, con horizontes delgados de grawaca y , rasgos de estratificación predominantemente laminar y ocasional mente cruzada.

La roca observada en los sectores de cimentación presenta fuerte anisotropía geomecánica asociada tanto a las características impuestas por su génesis sedimentaria como a sus propiedades estructurales intrínsecas.

*Tabla N° 1.*

Capacidad de carga presunta del sustrato de fundación de macizo de anclaje del apoyo derecho del puente.

Presión Última (kg/cm <sup>2</sup> )	AASHTO LRFD
	9,79
Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )	3,26

Nota: Expediente Técnico de la Municipalidad Provincial de Bagua (2010)

*Tabla N° 2.*

Capacidad de carga presunta del sustrato de fundación de macizo de anclaje del apoyo izquierdo del puente.

Presión Última (kg/cm <sup>2</sup> )	AASHTO LRFD
	8,76
Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )	2,92

Nota: Expediente Técnico de la Municipalidad Provincial de Bagua (2010)

### **Características Hidráulicas. -**

El puente Salinas, posee las siguientes características hidráulicas:

*Tabla N° 3.*

Características Hidráulicas del Puente Salinas

Caudal máximo en un periodo de retorno de 250 años	12,653.00 m <sup>3</sup> /s
Área influencia de la subcuenca	55,082 km <sup>2</sup> .
Longitud del cauce principal	614.073 km.
Tirante máximo de agua	364.75. msnm.
Cota de ubicación de la viga	371.72. msnm.

Nota: Expediente Técnico de la Municipalidad Provincial de Bagua (2010).

La profundidad de socavación potencial local y general no existe por estar ubicado en una zona rocosa, macizo y firme, tal como se presenta la prueba de ensayo de laboratorio de las muestras. Por cuanto la profundidad de cimentación de las estructuras de los estribos será definida por el estudio geológico.

### **Longitud del Puente.**

El puente de tipo arco de concreto armado de tablero intermedio, tiene una luz libre entre arranques es de 85 m y respecto a su longitud total del tablero tomando como referencia los ejes de apoyo, es de 93,60 m., la ubicación del es entre las progresivas 00+033.41 y 00+127.01, las cuales corresponden a los ejes entre los estribos. Se tomó en consideración un puente cuyo tramo es 1 solo, con el propósito de evitar la acción del cauce del río.

### **Materiales. -**

Los macizos, los estribos que conforman la subestructura, son de concreto armado de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , las zapatas son de concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 30\%P.G.$

El arco, la viga tirante, los pórticos, la losa, son de concreto armado de  $f'c= 280$  kg/cm<sup>2</sup>, la vereda y la losa de aproximación son de concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Las vigas inferiores son de acero  $f_y= 2500$  Kg/cm<sup>2</sup>(A-50), las vigas de arriostre son de acero  $f_y= 3500$  Kg/cm<sup>2</sup>(A-36), las péndolas cuyo esfuerzo último en tensión 10500 kg/cm<sup>2</sup>. El material de los guardavías fue de acero y son de utilidad para la protección de péndolas, Asimismo el tipo de material para barandas peatonales las cuales son de acero.

#### **Sección Transversal Adoptada. -**

La sección transversal adoptada corresponde a un ancho de calzada es de 4.20m con veredas y el ancho del tablero es de 5.70m, incluyendo las veredas, estas dimensiones han sido proyectadas para una vía, sin embargo, para el uso futuro de 2 vías el ancho de la calzada deberá ser como máximo 6.60m y un ancho de total de losa 7.60m incluyendo un pedestal de seguridad, el espesor de la losa es 0.30m.

#### **Accesos. -**

- Por el lado derecho, se contemplan 2 tramos, aguas arriba del eje de proyección del puente, posee una longitud de 25,80m y en cuanto al de aguas abajo tiene una longitud de 24,40 m. Respecto a la superficie de rodadura fue de tipo tratamiento superficial bicapa (TSB).

- Por el lado izquierdo, tiene una longitud de 126,56 m. En cuanto a la plataforma se conformó por un relleno cuyo material de préstamo y la superficie de rodadura fueron de tipo tratamiento superficial bicapa (TSB).

#### **Tipo de Puente.-**

Se adoptó un puente de arco con losa intermedio arqueado atirantado con vigas metálicas inferiores, con vigas de arriostre de arco y péndolas.

### **Sobrecarga de Diseño.-**

En cuanto a la sobrecarga para diseño fue la HL-93 acorde con la nomenclatura determinada en las especificaciones AASHTO Versión LRFD.

### **Superestructura. -**

El tipo de Puente es un arco con tablero intermedio y reforzarlo con un arco, la superestructura la conforma un par de arcos parabólicos paralelos de concreto armado se sección hueca, un tablero de rodadura tipo losa de concreto armado, la losa se encuentra suspendida en su tramo central por péndolas y vigas metálicas y en sus extremos apoyadas en una subestructura conformada por pórticos y estribos tipo cantiléver de concreto armado, La subestructura de apoyo de los arcos se conformó por Macizos de anclaje de concreto armado, interconectados en cada extremo por una viga de conexión.

### **Infraestructura.-**

Los macizos de anclaje son 4 uno para cada apoyo del arco , cada par de macizos se unen entre ellos mediante una viga de conexión.

La zapata para los estribos se apoya en los macizos de anclaje y en la viga de apoyo que se se ubica en la parte superior del macizo, para asegurar la unión de la zapata con el macizo se une a través de dowell de acero de diámetro de 5/8”

Estribo Izquierdo y Derecho: Estos estribos tienen una elevación de tipo cantiléver, con una cimentación de tipo concreto ciclópeo.

*Tabla N° 4.*

Información de elevación tipo cantiléver del Puente Salinas en lados izquierdo y derecho.

<b>Nombre:</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>
Tipo:	Cantilever	Cantilever
Altura de elevación	6.24	6.24
Ancho de elevación	5.70	7.8

Nota: Expediente Técnico de la Municipalidad Provincial de Bagua (2010).

Los dispositivos de apoyo consisten en una plancha de neopreno, cada plancha de espesor igual a 30 mm, además 2 planchas metálicas de 16mm de espesor, haciendo un espesor total por cada dispositivo de apoyo igual a 62 mm, con dimensiones en planta de 1.0m x 0.20m, orientada la dimensión mayor en el sentido transversal. Los dispositivos de tope transversal consisten en elementos de neopreno expandible tipo panel de 0.50m x 0.10m y de espesor igual a 50mm, ambas ancladas al tope lateral de concreto armado.

### **Superficie de rodadura.-**

Respecto a la superficie de rodadura es la que actúa como superficie para desgaste y como protección para la losa, se constituyó por una capa de asfalto con un espesor de 3”.

### **Mantenimiento de Tráfico durante la Construcción.-**

Como el puente estará ubicado aproximadamente perpendicular a la carretera existente el mantenimiento de tránsito se realizó en la margen derecha del puente.

### **Materiales:**

Concreto arcos	$f'c = 280 \text{Kg/cm}^2$
Concreto viga transversal de soporte	$f'c = 280 \text{Kg/cm}^2$
Concreto pórticos	$f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$
Concreto para Estribos	$f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$
Concreto para cimentación de estribos	$f'c = 175 \text{Kg/cm}^2 + 30\% \text{PG}$
Concreto para Arranques de arco	$f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$
Concreto para viga de conexión	$f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$
Concreto losas de aproximación	$f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$
Acero para vigas transversales	$f_y = 2500 \text{Kg/cm}^2 \text{ (A-50)}$
Acero para vigas arriostre	$f_y = 3500 \text{Kg/cm}^2 \text{ (A-36)}$

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES**

El puente se diseñó para 2 vías, cuyas cargas para diseño fueron HL-93 con vías peatonales aledañas al puente, sin embargo, su construcción será llevada a cabo para una vía.

El diseño del puente fue acorde a la siguiente normativa:

“AASHTO LRFD Bridge Design Specifications”.

“Standard Specifications for Highway Bridges AASHTO 1996”.

“American Institute of Steel Construction ASD 1989 y LRFD 1993”.

“ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code”.

“Building Code Requirements for Reinforced Concrete, ACI Standard 1999”.

“Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030”.

“Manual de Diseño de Puentes – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles – MTC.2003”.

#### 4.2. EVALUACIÓN DEL PUENTE SALINAS, MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL EN CAMPO.

De acuerdo con lo verificado en campo, mediante inspección visual, se pudo verificar que por factores climatológicos, la infraestructura viene siendo afectada por la humedad, ya sea por lluvias o humedad propia del río, lo cierto es que ya la protección de pintura se ha visto comprometida o afectada en un rango aproximado del 50% al 60%, sin haber una planificación de actividades para el mantenimiento de la misma, para toda la infraestructura del puente, lo cual evidentemente afecta de modo directo al concreto el que a su vez protege a la estructura metálica del puente Salinas, tal como se puede verificar en la fotografía siguiente:

##### *Figura 15.*

Fotografía del estado actual del Puente Salinas – Parte del Arco de Soporte.



Nota: Foto del puente obtenida propiamente por el investigador.

**Figura 16.**

Fotografía del estado actual del Puente Salinas – Cimientos de Soporte del Puente.



Nota: Foto del puente obtenida propiamente por el investigador.

**Figura 17.**

Fotografía del estado actual del Puente Salinas – Barandas y calzada.



Nota: Foto del puente obtenida propiamente por el investigador.

**Figura 18.**

Fotografía del estado actual del Puente Salinas – Péndolas y vigas transversales de amarre del arco.



Nota: Foto del puente obtenida propiamente por el investigador.

**Figura 19.**

Fotografía del estado actual del Puente Salinas – Tablero del Puente.



Nota: Foto del puente obtenida propiamente por el investigador.

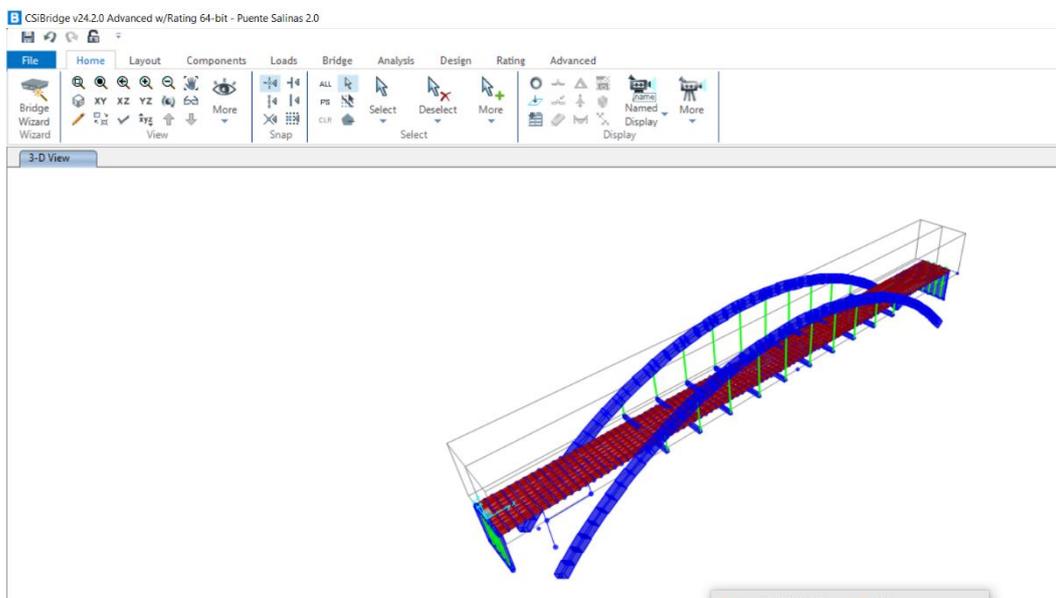
#### 4.3. EVALUACIÓN DEL PUENTE SALINAS, MEDIANTE MODELAMIENTO BrIM – CON SOFTWARE CSI BRIDE.

En el presente ítem, se mostró los resultados del modelamiento mediante CSI BRIDGE V.24.0, es válido aclarar que para el modelamiento en dicho software, se tomó como referencia los planos de construcción inicial, es decir del expediente técnico final de la construcción del puente Salinas, debido a que realizar el levantamiento de información en campo, requiere de instrumentación y disponibilidad de tiempo, en síntesis se logró simplificar y optimizar tiempos, para el modelamiento que se muestra a continuación

De acuerdo con lo establecido en el expediente técnico del puente Salinas, se procedió con el modelamiento BrIM, por medio del empleo de software CSI BRIDGE, para lo cual se muestran la figura 13, la cual indica una vista tridimensional del modelamiento del puente, mediante la extrusión de su totalidad de componentes, Superestructura (TABLERO), Arco de soporte de carga, mediante cables tensores, etc.

#### **Figura 20.**

Modelamiento mediante CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis

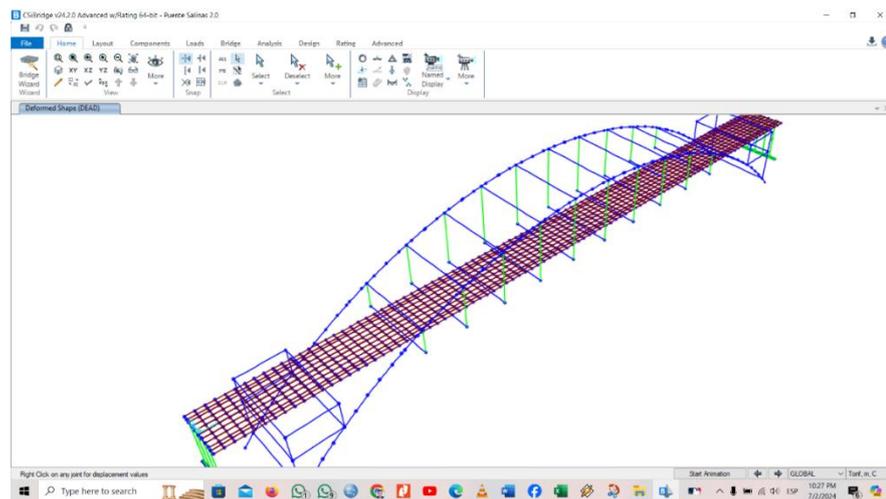


Nota: Elaboración por medio del CSI BRIDGE.

Asimismo, el software CSI BRIDGE, permite la vista de manera 3D, pero por medio de segmentos, que es la cual facilita el modelamiento para evaluación de cualquier puente, en el caso particular del presente estudio, para el puente Salinas, tal como se puede visualizar en las figuras 14 y 15 del presente estudio.

**Figura 21.**

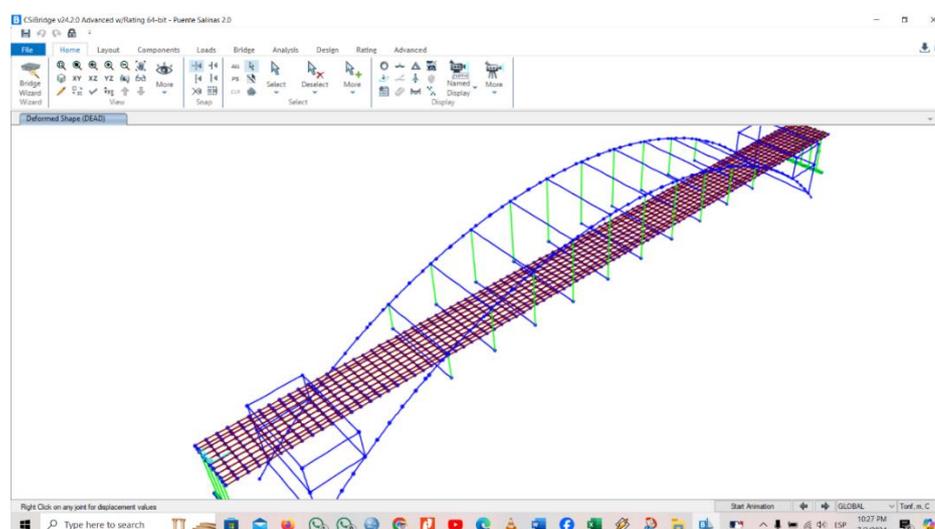
Modelamiento mediante CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis



Nota: Elaboración por medio del CSI BRIDGE.

**Figura 22.**

Modelamiento mediante CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis



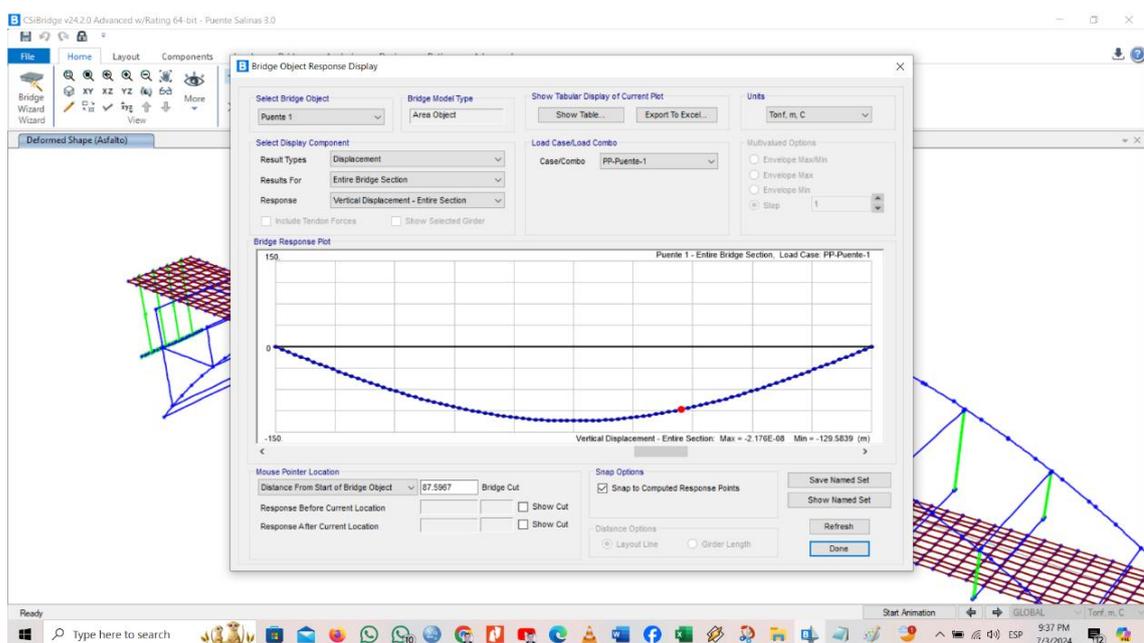
Nota: Elaboración por medio del CSI BRIDGE.

El problema central radica en el propio diseño en si, debido a que no cuenta con vigas transversales de amarre, que puedan conectar a los soportes del arco, tal como se evidencia en el diseño y de acuerdo al software CSI BRIDGE, en un análisis post- construcción evidenció un deslizamiento vertical de hasta -1.29 milímetros, tal como puede corroborarse con la figura 16, obtenida del CSI BRIDGE.

Estos resultados se obtuvieron considerando la carga muerta o peso propio de toda la estructura del puente Salinas, es decir, peso propio del tablero, cables, vigas de soporte, baranda, carga vehicular de 1 camión y 1 auto, sin embargo, los valores pueden variar, acorde a lo que se pretenda obtener y/o evaluar.

### **Figura 23.**

Resultados del modelo, mediante el CSI BRIDGE, del puente salinas para análisis.



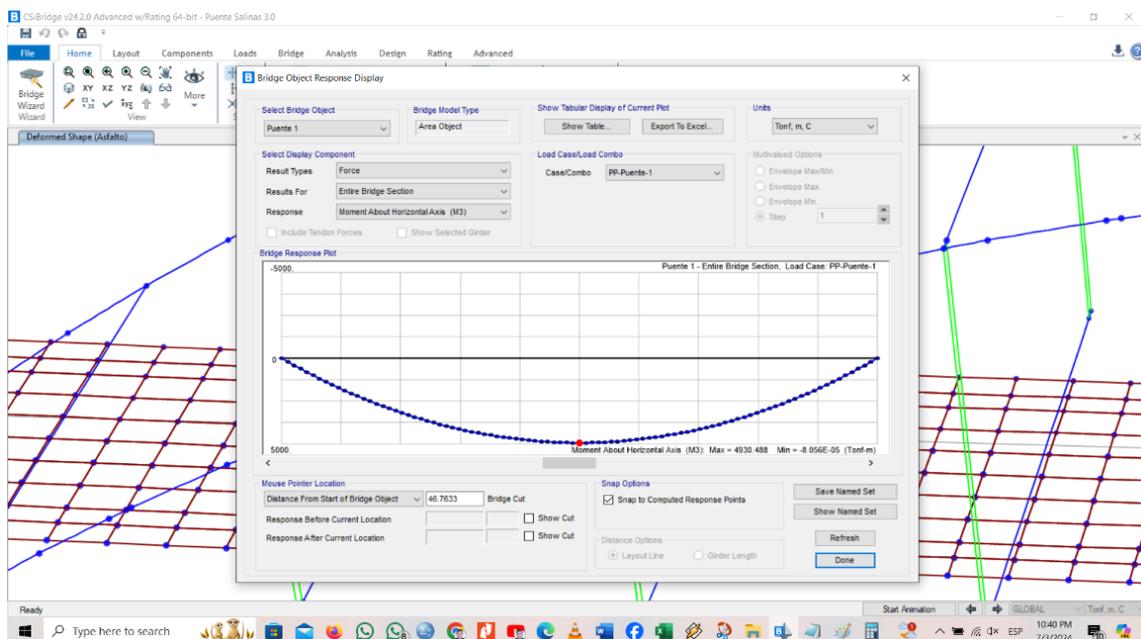
Nota: Elaboración por medio del CSI BRIDGE.

De acuerdo con los resultados obtenidos para el Momento del puente, en base a una carga vehicula de 1 camión más 1 auto, los cuales fueron cargados al CSI BRIDGE y cuyo resultado obtuvo un valor máximo de 49,30 Tonf-m y valor mínimo  $8.056 \times 10^{-7}$  tonf-m, tal como se puede verificar en la figura 17, que se muestra a continuación, la ubicación del valor máximo se da en la parte central del puente, según lo indicado por el CSI BRIDGE y se verifica por medio de la figura 17.

Estos resultados se obtuvieron considerando la carga muerta o peso propio de toda la estructura del puente Salinas, es decir, peso propio del tablero, cables, vigas de soporte, baranda, carga vehicular de 1 camión y 1 auto, sin embargo, los valores pueden variar, acorde a lo que se pretenda obtener y/o evaluar.

**Figura 24.**

Resultados del modelo, mediante el CSI BRIDGE, del comportamiento del puente, con variación de parámetros en su super estructura.



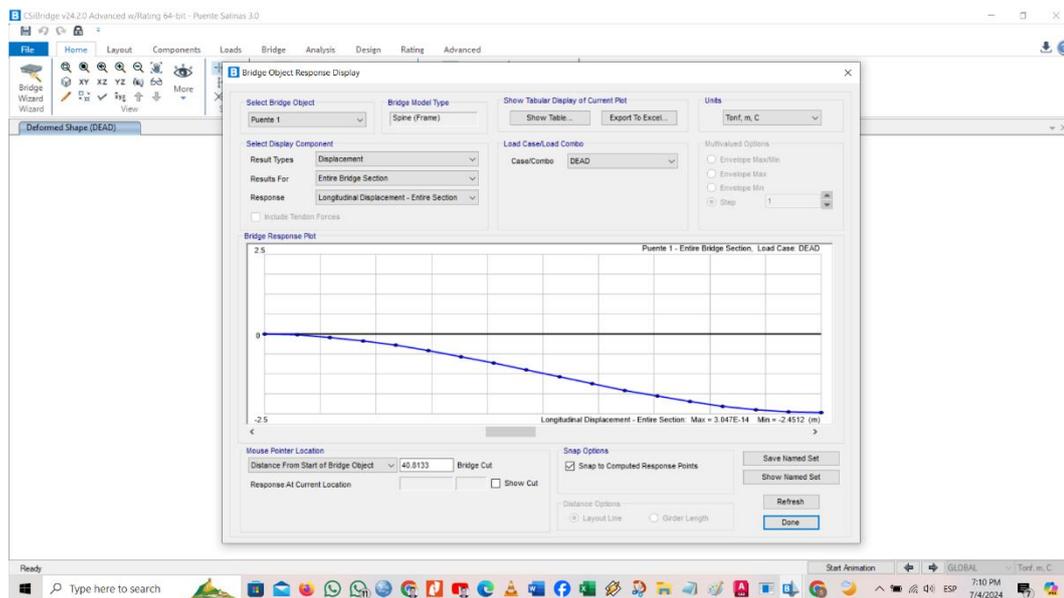
Nota: Elaboración por medio del CSI BRIDGE.

Ahora bien, según los resultados obtenidos por el CSI BRIDGE, en cuanto al desplazamiento longitudinal, se obtuvo que este podría llegar a ser de 2.45 mm y cuya ubicación es en uno de los extremos del puente, lo cual es verificable acorde con la figura 17, que se muestra a continuación.

Estos resultados se obtuvieron considerando la carga muerta o peso propio de toda la estructura del puente Salinas, es decir, peso propio del tablero, cables, vigas de soporte, baranda, carga vehicular de 1 camión y 1 auto, sin embargo, los valores pueden variar, acorde a lo que se pretenda obtener y/o evaluar.

### **Figura 25.**

Resultados del modelo, mediante el CSI BRIDGE, del comportamiento del puente, con deslizamiento longitudinal del puente.



Nota: Elaboración por medio del CSI BRIDGE.

#### **4.4. PLAN DE MANTENIMIENTO - PROPUESTA.**

##### **1.- OBJETIVO**

Este plan está destinado a la conservación de elementos componentes del puente, por medio de la revisión y reparación, que permitan garantizar una correcta operación y confiabilidad. El mantenimiento preventivo es realizado bajo condiciones de operación normal a comparación del mantenimiento correctivo, en el cual se repara o se retoma la operación de aquella infraestructura o maquinaria que tuvieron que parar el funcionamiento o tuvieron daños considerables.

En cuanto al objetivo primero del presente plan es la mitigación o evitar consecuencias en la operación de la infraestructura, teniendo como propósito la prevención de incidencias, anticipando las ocurrencias de las mismas. Las actividades de mantenimiento preventivo, contemplan tareas como cambiar piezas que presenten desgaste, repintado, engrasado, elevación de contraflecha, etc. El propósito del mantenimiento preventivo es evitar los fallos en la operación de la infraestructura antes de la ocurrencia de los mismos.

##### **2.- ALCANCE**

Aplicable para el mantenimiento del puente durante su vida útil para la que se diseñó y construyó.

##### **3.- UBICACIÓN.**

La ubicación del puente está sobre el río Marañón en la Ruta N° AM-502 (ex Ruta Vecinal 532), km Emp. PE-5N C – Santa Rosa – Copallín Nuevo. Políticamente ubicada en Aramango, provincia Bagua, región Amazonas.

**ESTE: 0778231**

**NORTE: 9396881**

#### **4.- PROCEDIMIENTO DE INSPECCIONES**

En cuanto a la verificación e inspección de la estructura, consta y/o se basa en la examinación minuciosa para cada elemento de la infraestructura, establecer su funcionamiento o también la detección de los defectos por motivo del deterioro normal.

En cuanto a las inspecciones, se deben realizar frecuentemente, con el propósito de permitir que las actividades de mantenimiento sean ejecutadas de modo oportuno.

La clasificación de la frecuencia con la cual se deben efectuar las inspecciones es:

- **Inspecciones Periódicas:**

Los elementos que conforman el puente deben ser inspeccionados por lo menos dos veces cada año.

- **Inspecciones especiales:**

Los elementos que conforman el puente se deben inspeccionar, con prontitud, especialmente sido sometidos o expuestos a la acción de: crecidas grandes del río, algún tipo de incendio, movimientos telúricos (sismos) o cualquier otro evento que pueda poner en peligro la correcta operación de la estructura.

#### **4.1.- ASPECTOS QUE DEBEN DE CUBRIR UNA INSPECCIÓN.**

Respecto a la inspección de los elementos, se debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

#### **4.1.1 Respecto al Lugar:**

- Probables alteraciones en cuanto al cauce del río, de modo especial aguas arriba del puente.
- Se debe mantener la limpieza del cauce, es decir que no haya existencia de troncos, rocas, grava o islotes de arena, que puedan constituir u obstaculizar la libre circulación del agua.
- Los niveles alcanzados por aguas cuando se dieron las crecidas.
- Condiciones de accesibilidad.
- Riesgo de maleza, etc.

#### **4.1.2 Tipo de materiales constituyentes de la Estructura:**

- Presencia de agrietamiento o grietas, rajaduras y/o deterioros en cuanto al concreto.
- La falta de recubrimiento o reducción del refuerzo y la corrosión del mismo.
- La existencia de roturas o alabeos en los miembros de la madera.
- La existencia pernos con óxido, sin ajuste, o la falta de elementos de acero estructural.
- La presencia de hendiduras, rajaduras, daños causados por putrefacción o por insectos en los elementos que sean de madera.
- Verificación de las uniones en las piezas de madera y sus condición de conservación.
- Presencia de fisuras en los Carros de Dilatación.
- Fisura miento en las placas de anclaje.
- Presencia de óxidos en las grapas de presión.

#### **4.1.3 Respecto a los elementos estructurales:**

- Evidencias de asentamientos, así como cualquier tipo de deslizamiento lateral, socavación o erosión tanto en los cimientos, como en las torres de ser el caso.
- Verificación de condiciones de efectividad y conservación en los apoyos.
- Verificación de las condiciones de las barandas peatonales.
- Flojedad de las vibraciones que sean indebidas en los elementos de armaduras de acero o madera.
- Verificación de la operatividad todos y cada uno de los elementos estructurales del puente.
- El mantenimiento que se le debe dar sobre todo es en el tablero principal, observando que no esté con ataque biológico, pasmada, etc. A la vez también el cuidado de barandas.

### **5.- CRONOGRAMA PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

Para el cronograma de tareas y/o actividades de mantenimiento consistirá en 2 partes y se realizarán de modo independiente y en diferentes tiempos.

#### **5.1 Primera Etapa.**

Respecto a la etapa primera del cronograma se constituye por:

- Inspección visual y de manera individual para los elementos del puente, llegando a verificar su estado de conservación y llegando a calificar de acuerdo a las hojas de inspección, las cuales se deben diseñar en los procedimientos de mantenimiento de los elementos estructurales y de seguridad del Puente Salinas.

- De ser necesario, la realización de ensayos no destructivos en los puntos clave de las estructuras, según el criterio del ingeniero.
- Realizar un resumen de actividades a ejecutar en el proceso de mantenimiento con los resultados que se obtuvieron de la inspección y calificación previa.

## **5.2 Segunda Etapa**

En cuanto a esta contempla la ejecución de las actividades de conservación y mantenimiento; comenzando desde el resumen actividades para la ejecución en el proceso de mantenimiento se realizará las actividades especificadas para el proceso de mantenimiento.

Respecto al tiempo que debe transcurrir entre ambas etapas dependerá de:

- Aprobar el presupuesto estimado en base a los resultados del resumen de tareas a realizarse para el mantenimiento del puente.
- Stock de elementos deteriorados o dañados que deben ser cambiados.
- Organización del talento humano, materiales requeridos para ejecutar el mantenimiento, tales como: equipos, herramientas, mano de obra, materiales, etc.

## **6.- PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.**

### **6.1 PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO EN CABLES DE ACERO.**

#### **6.1.1 Definición de cable de acero**

El cable tiene un diámetro de 9/25” y es un elemento que se encuentra bajo el sometimiento de fuerzas de tracción, tiene flexibilidad y se constituye estructuralmente por una cantidad determinada de alambres o hilos que son entrelazados (torones). El cable transfiere las cargas que soportan las péndolas, hacia los carros de dilatación y a las cámaras de anclaje.

### **6.1.3 Objetivos del procedimiento para conservación y mantenimiento en cables de acero.**

Contar con un documento técnico y de utilidad práctica para ejecutar el mantenimiento planeado de manera idónea para los cables de acero.

Proporcionar el mantenimiento para estos elementos del puente arqueado para permitir que se desarrolle su vida útil para el cual se diseñó.

Repotenciar la infraestructura del puente arqueado con la finalidad de aumentar la vida útil.

### **6.1.4 Alcance del mantenimiento de cables de acero.**

Proporcionar un mantenimiento planeado que sea ideal para los cables de acero.

### **6.1.5 Mantenimiento.**

- **Verificación de Tensión de cables del Puente Salinas.**

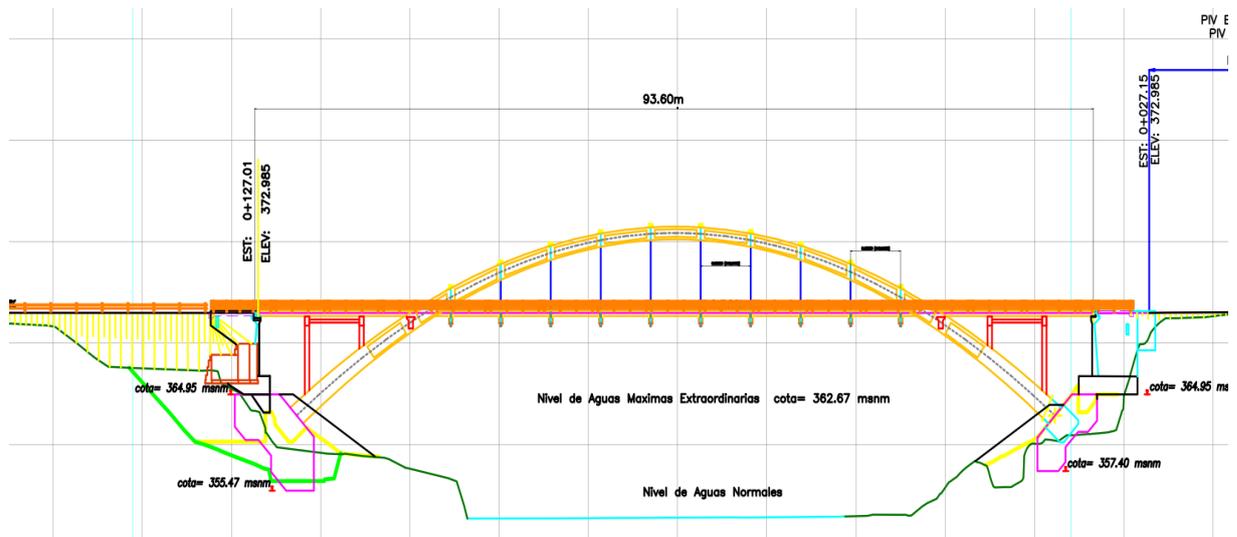
El cable principal deberá ser inspeccionado periódicamente cada 6 meses verificando la tensión del mismo. Si resultase con signos o indicios de que no se encuentre ajustado, se debe proceder a realizar un ajuste, tensando nuevamente de los cables.

## **6.2 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE PÉNDOLAS.**

### **6.2.1. Definición de péndolas.**

Las péndolas son aquellos elementos que se someten a tracción y unen el tablero principal al Arco mediante cable de acero. Las péndolas transmiten las cargas que soporta el tablero hacia el arco.

**Figura 26.** Vista Lateral del puente Salinas, de acuerdo a los planos del expediente técnico – Pédolas.



Nota: Obtenido del Expediente Técnico – Sección Planos (Municipalidad Provincial de Bagua, 2010).

### 6.2.2 Objetivos del procedimiento de mantenimiento de las Pédolas.

Contar con un documento técnico y práctico que permita realizar un mantenimiento planeado de manera idónea para las pédolas.

Proporcionar mantenimiento a este elemento del puente arqueado para facilitar y permitir prolongar su vida útil para el cual se diseñó.

Potenciar la infraestructura del puente arqueado con el propósito de aumentar la vida útil del mismo.

Alcance del mantenimiento de las pédolas.

Dar un mantenimiento planificado e idóneo a las pédolas.

Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados de las pédolas (Abrazaderas, pernos y pasador de soporte).

### **6.2.3 Mantenimiento.**

Las péndolas son los elementos que realizan la función de sostenimiento del tablero por lo cual trabajaran de manera incorrecta cuando no se encuentren en su ubicación exacta.

El distanciamiento entre péndolas deberá ser inspeccionas periódicamente y puestas en su lugar cada 6 meses o cuando sea necesario según se den los casos especificados en el procedimiento de inspecciones.

Todos los elementos de sujeción deberán ser verificados tanto en su estado como firmeza en el ajuste.

Se debe verificar periódicamente el torque de pernos y/o elementos de sujeción, en caso de existir problemas se deberá retoquear los pernos.

## **6.3 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE SOPORTES Y CIMIENTOS.**

### **6.3.1 Definición de Soportes**

Los soportes son elementos rígidos, que se someten a tracción y/o compresión, son de utilidad de apoyo para los cables, así como para las estructuras. Las torres en algunos casos son útiles para el apoyo intermedio de las vigas de rigidez y son los que se encargan de transmitir la carga a los cimientos.

### **6.3.2 Definición de Cimientos**

Se refiere a las bases que se encuentran empotradas en el suelo y es donde los estribos suelen apoyarse y/o los soportes del puente son apoyados. En resumen, es el destino final al cual se transmiten las cargas, que actúan desde el puente hacia la base que es el terreno.

### **6.3.3 Objetivos del procedimiento de mantenimiento de soportes y cimientos**

Contar con un documento técnico y práctico que permita la realización de un mantenimiento planeado de manera idónea para torres y cimientos.

Proporcionar mantenimiento a este elemento estructural del puente para facilitar y/o permitir que se prolongue la vida útil y operación para el cual se diseñó.

Potenciar la estructura del puente arqueado con el propósito de aumentar su vida útil.

### **6.3.4 Alcance del mantenimiento de soportes y cimientos.**

Proporcionar un mantenimiento planeado de modo adecuado e ideal para torres y cimientos.

Proporcionar un mantenimiento planeado de modo adecuado e ideal a los elementos conjugados con los soportes y cimientos (apoyos fijos, apoyos móviles).

## **6.4 PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO EN ANCLAJES Y APOYOS.**

### **6.4.1 Definición de sistema de anclaje.**

Se trata de los sistemas que unen los extremos del cable a la roca, ya sea artificial o natural.

Se transfiere a los anclajes una parte de carga que es soportado los cables del puente.

### **6.4.2 Definición de Apoyos.**

El diseño de los puentes se realiza de manera que puedan soportar cierto grado para el movimiento, por ende, se emplean las juntas de expansión. Las cuales son de utilidad para el control de movimientos, por ello se requiere como mínimo un apoyo fijo en cada luz simple.

### **6.4.3 Objetivos del procedimiento de mantenimiento del sistema de anclajes y apoyos**

Contar con un registro documentario de aspecto técnico y práctico para ejecutar labores de mantenimiento planeado de modo ideal para el sistema de anclaje y apoyos.

Proporcionar mantenimiento a este elemento estructural del puente que facilite o permita el desarrollo de su vida útil para el cual se diseñó.

Potenciar la infraestructura del puente arqueado con el propósito de aumentar su vida útil y operación del mismo.

### **6.4.4 Alcance del mantenimiento de anclajes y apoyos**

Proporcionar un mantenimiento planeado de modo ideal para el sistema de anclaje

Proporcionar un mantenimiento planeado de modo ideal para los elementos propios y asociados con el sistema de anclaje.

## **6.5 PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE TABLERO PRINCIPAL.**

### **6.5.1 Definición de tablero**

El tablero se considera un elemento estructural localizado sobre la viga de rigidez, es un elemento estructural que soporta de modo directo, las cargas que se aplican sobre él y que se transfieren hacia las viguetas y a su vez hacia las péndolas.

### **6.5.2 Objetivos del procedimiento de mantenimiento del tablero**

Contar con un registro documental de aspecto técnico y práctico que permita la realización del mantenimiento planeado e ideal del tablero.

Proporcionar mantenimiento a este elemento estructural del puente arqueado para facilitar y permitir la prolongación de vida útil y operación para el cual se diseñó.

Potenciar la infraestructura del puente arqueado que permita proporcionar el aumento de su vida útil.

### **6.5.3 Alcance del tablero principal.**

Proporcionar un mantenimiento planeado de modo ideal a la infraestructura que constituye el tablero.

Proporcionar un mantenimiento planeado de modo ideal a los elementos conjugados y asociados al tablero (tales como planchas, pernos de uniones, concreto, superficie de rodadura, etc).

## **6.6 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD.**

### **6.6.1 Definición de elementos de seguridad**

Se consideran a todos los elementos que tienen por propósito el aseguramiento del adecuado y correcto servicio del puente, así como prevenir los accidentes por medio del uso de aceras, barandas peatonales, barreras de seguridad, bordillos, señalización, elementos para protección, estabilización de taludes del lecho, estabilización para taludes del cauce del río y postes de luminaria pública (de ser el caso), etc.

### **6.6.2 Objetivos del procedimiento de mantenimiento del tablero**

Contar con un registro documental de aspecto técnico y práctico que permita la para realizar un mantenimiento planeado de modo ideal para elementos de seguridad.

Proporcionar mantenimiento a este elemento estructural del puente Colgate para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.

Repotenciar la estructura del puente arqueado para que incremente su vida útil.

### 6.6.3 Alcance del mantenimiento de los elementos de seguridad

Proporcionar un mantenimiento planeado y de modo ideal para elementos de seguridad.

Proporcionar un mantenimiento planeado e ideal a los elementos conjugados y asociados con los elementos de seguridad.

### 6.6.4 Mantenimiento de elementos de seguridad

Para darle el mantenimiento a los elementos de seguridad, se requiere comenzar por la inspección visual respecto al estado actual de las barandas de seguridad, para tal fin se deberá señalizar el área de trabajo, para prevenir acciones de tránsito y/o emplear andamios y equipos de protección anti-caídas.

## 7. Alcance de Trabajos

Tabla de actividades generales para la ejecución de trabajos.

TAREA	ALCANCE Y REQUERIMIENTOS	OBSERVACIONES
<b>Baches en puentes de concreto</b>	Limpiar y eliminar residuos sueltos, uso de un aditivo epoxídico que permita unir al concreto nuevo con el antiguo, con el propósito de rellenar los baches con concreto de clase "A" y se debe realizar el proceso del curado de concreto por un periodo de 7 días, colocando un obstáculo en el bache o una plancha de metal que permita la prevención de que permita prevenir daños por el tránsito antes de que se obtenga la resistencia mínima.	

<p><b>Agrietamientos superficiales en las vigas</b></p>	<p>Se comienza por la demolición mediante picado en cualquiera sea el elemento de concreto armado que constituya un elemento del puente y cuyos materiales presenten daños por penetración de agua y se haya dado inicio al proceso de corrosión. Por ello debe limpiarse residuos de concreto y/o posible oxidación y/o corrosión, posteriormente aplicar un aditivo cuya utilidad sea como adherencia entre el concreto nuevo con el antiguo, para posteriormente curarlo por 7 días</p>	<p>Son grietas consideradas como no habituales, es decir que a simple vista no se consideren como críticas y que no impliquen una afectación a la circulación por el puente.</p> <p>Este trabajo se debe efectuar al momento en que la corrosión del acero, que aún no haya llegado a una situación extrema que comprometa de modo peligroso el comportamiento estructural del elemento.</p>
<p><b>Restauración de estribos</b></p>	<p>Consta en reconstruir alguna sección del estribo que por motivo alguno evidencie un daño parcial. En el caso particular del concreto, se debe hacer una limpieza del área dañada, con el propósito de eliminar los residuos de concreto y la oxidación del acero. Adicional a ello, aplicar un adherente epoxídico y colado de concreto nuevo, la curación debe ser por 7 días, para el caso de estribo de mampostería, además de limpiar la zona dañada, se debe reponer</p>	
<p><b>Reparación de aproximaciones de entrada al puente</b></p>	<p>Se trata de la reparación por medio de relleno, con un concreto asfáltico, en donde se ubiquen los asentamientos en la zona de transición entre el relleno que está retenido por el muro del estribo y la losa.</p>	<p>Los materiales de relleno pueden constituirse por mezclas asfálticas en caliente o en frío, de acuerdo a lo que indique la especificación complementaria.</p>
<p><b>Conservación de juntas</b></p>	<p>Consta en reparar y sellar de las justas de construcción de la losa del puente, las cuales han sido deterioradas por acción de la intemperie y el efecto</p>	<p>El reponer el sello se debe dar de manera preferente con morteros de asfalto</p>

	de las cargas en la losa del tablero. Para ello se debe desechar cualquier resto material que esté depositado en el espacio que comprende cada una de las secciones de la losa, hasta el nivel inferior.	modificados con polímeros, o de acuerdo a especificaciones complementarias.
<b>Reconstrucción de partes del pretil</b>	De darse el caso que el pretil se presente daño parcial, se debe retirar cualquier sección que evidencie fractura, sin manipular los tramos que evidencien estar en buen estado. La limpieza se debe realizar al concreto y al acero, encofrando la sección original del pretil, posteriormente aplicar un puente adherente epoxídico y colocar nuevo concreto. El proceso de curado debe ser de 7 días. En el caso especial de que el pretil se constituya de madera, se deben cambiar las piezas dañadas por piezas nuevas y en vez de clavos se deben emplear pernos. En los metálicos, se deberá cambiar cualquier pieza deteriorada.	
<b>Revisar el torque en empernadas y pernería en general</b>	El revisar el torque en puentes metálicos, específicamente en las zonas de las uniones, se debe realizar por medio de un torquímetro para la devolución de la continuidad de esfuerzos entre los elementos o piezas. <sup>1</sup>	Las herramientas que se empleen deben encontrarse calibradas para que la medición del torque aplicado se encuentre o sea el adecuado.
<b>Limpiar elementos que tengan óxido</b>	La limpieza debe ser adecuada, en casos de que la pieza evidencie deterioro por oxidación se debe reconstruir la sección dañada por medio de rellenos y su protección se debe dar por medio de la pintura.	Esta actividad se puede ejecutar por medio de diferentes herramientas, ya sean manuales como el uso de cepillos metálicos, equipos eléctricos o neumáticos, como por ejemplo, cepillos rotativos de acero, chorro de arena aplicados a presión por medio de aire o agua, como vehículo de arena.

<b>Enderezamiento de piezas</b>	En caso de la existencia de piezas dobladas que se encuentren en buen estado mecánico, se debe tratar de hacer un alineamiento a su posición original, en caso de que las piezas se encuentren dañadas de modo que no puedan volver a su posición original sin fracturarse, se tienen que cambiar por piezas nuevas.	
<b>Revisar la fuerza de presfuerzo en el caso de los puentes con cables</b>	Para el caso particular de puentes que usan cables, se deben restablecer la tensión que se haya perdido, por medio de gatas de pretensado. Si sucediese que el cable ya no sirva, se debe reemplazar de inmediato por uno nuevo que pueda cumplir con los requisitos establecidos en los planos.	
<b>Pintura</b>	El aplicar pintura, se debe hacer acorde a colores que puedan indicar la especificación complementaria. También se pueden combinar colores amarillos de construcción, con negro. Consta en el aplicar pintura por ambos lados del pretil, en la cara vertical de los bordillos de a ceras y en la cara vertical de la losa, así como en la parte baja del pretil. Para el caso de que los puentes tengan pretil de madera, únicamente se pinta el pretil. Asimismo, se debe aplicar pintura en el recubrimiento de concreto de la subestructura tipo arco, debido al deterioro.	Para el caso de piezas de metal, se deben eliminar por completo el óxido y usar como pintura un convertidor de óxido y pinturas basadas en resinas epoxipoliámidas.
<b>Señalización</b>	Para el caso de que la señalización se haya deteriorado, se debe restaurar. Lo cual implica que se debe colocar la señal que sugiera o indique la cercanía al puente, el nombre del puente, así como cualquier otra característica de la carretera que sea apropiada para garantizar la seguridad de los usuarios.	

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA MANTENIMIENTO

TAREA	AÑO 2024				AÑO 2025							
	MESES				MESES							
	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Baches en puentes de concreto	X				X							X
Agrietamientos superficiales en las vigas	X				X				X			X
Restauración de estribos	X					X						X
Reparación de aproximaciones de entrada al puente	X						X					X
Conservación de juntas	X				X				X			X
Reconstrucción de partes del perfil	X					X						X
Revisar el torque en empernadas y pernería en general	X					X					X	
Limpiar elementos que tengan óxido	X						X					X
Enderezamiento de piezas	X			X			X			X		
Revisar la fuerza de presfuerzo en el caso de los puentes con cables	X				X				X			X
Pintura	X	X				X	X				X	X
Señalización	X				X					X		

#### **4.5. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

La implementación de la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024 ayudará a mejorar la evaluación estructural del puente y la realización de las etapas de mantenimiento para su conservación.

Al respecto, de la evaluación podemos concluir que tanto el modelamiento 3D de la superestructura, así como de sus componentes, incluyendo los tensores, incluso se puede variar las dimensiones para proponer mejoras al respecto del diseño ya construido, es decir en la etapa post-construcción.

#### **4.6. Análisis comparativo del rendimiento y performance de la metodología BrIM y la metodología tradicional en construcción.**

El autor Lias (2023), indicó en sus resultados, que encontró obtuvo diferencias peculiares entre la metodología tradicional y la metodología BrIM, especialmente en lo que respecta al diseño de especialidades, debido a que obtuvo menores tiempos, visualizaciones 3D, así como la generación de metrados de modo más rápido por medio de metodología BIM, para la fase de planeamiento de obra por medio de herramientas BIM se logró constatar las interferencias y visualizar una simulación del proyecto, y finalmente por medio de la dimensión 5D se obtuvo mayor eficiencia en el control del presupuesto al trabajar conjuntamente con el modelo 3D. Por último, resumió que con la comparación de ambas metodologías para el manejo de dicho proyecto.

En cuanto a lo previamente señalado, al igual que en el presente estudio, la metodología BrIM, se fundamenta en el empleo y/o soporte de modelamiento CAD para construcción de puentes, mediante software CSI BRIDGE, el cual permite y facilita de manera eficiente y eficaz la variación de parámetros de los elementos estructurales del puente, lo cual permite una mejor evaluación del comportamiento estructural integral del mismo, es decir, facilita la evaluación de momentos flectores, cortantes, así como desplazamientos del mismo, en cuanto al análisis

estático. Respecto al análisis dinámico, al igual que el estático, permite y/o facilita de manera eficiente y eficaz, la variabilidad de los parámetros de cargas a los cuales está sometido el puente Salinas, por tal motivo y concordando con Lias (2023), es necesario indicar que el emplear la metodología BrIM, mejora el rendimiento y performance, a comparación de la metodología tradicional, la cual presenta deficiencias a la hora de realizar el cálculo, así como efectuar la variabilidad de los parámetros de cálculo en cuanto a estructuras de puentes se refiere.

## **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

De acuerdo con lo señalado por Gómez (2022), el cual señaló en su estudio que se obtuvieron los resultados con el propósito de realizar la evaluación del uso de la metodología BrIM para las fases que abarcan conservar, operar y mantener, fue necesaria la verificación y evaluación estructural para alcanzar los objetivos propuestos los cuales se detallarán a continuación. Al respecto, en cuanto a los resultados obtenidos, se logró cumplir también con el objetivo general y con los objetivos específicos, especialmente empleando el software CSI BRIDGE.

El autor Villanes et al. (2019), se refirió en cuanto a sus resultados, evidenciaron que con el uso del modelo propuesto se logró una reducción de costos en un porcentaje aproximado de 11.3%, así como una reducción de los tiempos en un aproximado del 19%, debido a la identificación de interferencias e inconsistencias previos al inicio de la ejecución, una mejora en cuanto a la planificación con mayor detalle y centrada en la realidad, una mejora en cuanto al análisis de constructibilidad y finalmente una mejora en la eficiencia de la gestión de los RFI's. Respecto a ello, en nuestro estudio se logró realizar un modelamiento 3D del puente de manera post-construcción del puente Salinas, por ende, se pudo verificar y comprobar por variación de las gráficas según variación de los parámetros tanto del tablero, como los soportes y estribos en el modelamiento 3D, por medio del software CSI BRIDGE.

Los autores Garozzo y Santagati (2021), concluyeron que la metodología BrIM contribuye a la perseverancia del arco de mampostería de puentes que son bien histórico que refleja el patrimonio cultural, además garantiza la durabilidad de la estructura teniendo el programa de mantenimiento. Al seguir la metodología BrIM se puede utilizar la información de puente para la creación de modelos de información basado en semántica. Al respecto, en el presente estudio, se elaboró una propuesta de Plan de Mantenimiento, contemplando los múltiples elementos del Puente Salinas, el cual es un tipo de puente arqueado.

El autor Lias (2023), indicó en sus resultados, que encontró obtuvo diferencias peculiares entre el sistema tradicional y la metodología Building Information Modeling, especialmente en lo que respecta al diseño de

especialidades, debido a que obtuvo menores tiempos, visualizaciones 3D, así como la generación de metrados de modo más rápido por medio de metodología BIM, para cuando se realiza el planeamiento de obra empleando herramientas BIM se constató las interferencias y se realizó la visualización por medio de una simulación y finalmente mediante la tecnología 5D, se logró obtener mayor eficiencia respecto al control de presupuesto al trabajar de manera conjunta con el modelo 3D. Por último, resumió con la evaluación comparativa entre ambas metodologías para la gestión de proyectos.

Respecto a ello, en nuestro estudio se logró realizar un modelamiento 3D del puente de manera post-construcción del puente Salinas, por ende, se pudo verificar y comprobar por variación de las gráficas según variación de los parámetros tanto del tablero, como los soportes y estribos en el modelamiento 3D, por medio del software CSI BRIDGE.

Por ello es importante resaltar la concordancia con el autor con Lias (2023), es necesario indicar que el emplear la metodología BrIM, mejora el rendimiento y performance, a comparación de la metodología tradicional, la cual presenta deficiencias a la hora de realizar el cálculo, así como efectuar la variabilidad de los parámetros de cálculo en cuanto a estructuras de puentes se refiere, es decir respecto al que se da el mejoramiento del rendimiento y performance en la metodología BrIM, a comparación con la metodología tradicional de construcción.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Se logró cumplir también con el objetivo general y con los objetivos específicos, especialmente empleando el software CSI BRIDGE, es decir se logró implementar la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024.

Se realizó la evaluación de la infraestructura por medio de inspección visual en campo, del puente salinas, con evidencia fotográfica, mediante la cual se logró constatar el deterioro de la capa protectora de pintura, en la estructura del puente, llegando a verificar un deterioro aproximado en un 50-60% del total del puente, lo cual podría perjudicar al concreto, en caso no se tomen acciones de mantenimiento con carácter de urgencia.

Se realizó la evaluación de la infraestructura de diseño post construcción del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024, siguiendo la metodología BrIM en el uso del software CSI Bridge. Al respecto a la evaluación de la conservación de la infraestructura de diseño del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024, siguiendo la metodología BrIM en un modelado 3D de los deterioros de la infraestructura usando el software CSI Bridge, se logró determinar que el puente se mantiene en buenas condiciones de conservación, sin embargo, es necesario realizar inspecciones periódicas y mantenimientos rutinarios al respecto.

Se elaboró la propuesta de cuadro o plan de mantenimiento mensual del puente Salinas para su conservación, que consta de 12 actividades, las cuales fueron: Baches en puentes de concreto, Agrietamientos superficiales en las vigas, Restauración de estribos, Reparación de aproximaciones de entrada al puente, Conservación de juntas, Reconstrucción de partes del pretil, Revisar el torque en empernadas y pernería en general, Limpiar elementos que tengan óxido, Enderezamiento de piezas, Revisar la fuerza de presfuerzo en el caso de los puentes con cables, Pintura, Señalización, estas actividades estuvieron en función de la evaluación de la infraestructura post construcción, en función a las partes del puente.

Se realizó la comparación del rendimiento y performance de la metodología BrIM y la metodología tradicional en construcción, llegando a concordar con el autor con Lias (2023), es necesario indicar que el emplear la metodología BrIM, mejora el rendimiento y performance, a comparación de la metodología tradicional, la cual presenta deficiencias a la hora de realizar el cálculo, así como efectuar la variabilidad de los parámetros de cálculo en cuanto a estructuras de puentes se refiere, es decir respecto al que se da el mejoramiento del rendimiento y performance en la metodología BrIM, a comparación con la metodología tradicional de construcción.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda remitir el presente informe a las autoridades locales del CP Copallín en Santa Rosa, para que puedan realizar de manera íntegra las recomendaciones para el mantenimiento y conservación del Puente Salinas.

Se recomienda remitir el presente informe a las autoridades del MTC, especialmente al Viceministerio de Transportes y autoridades locales, para que puedan realizar de manera íntegra y constante, las inspecciones y/o supervisiones del estado de conservación del puente, con la finalidad de garantizar la operabilidad del mismo, especialmente en temas de mantenimiento y conservación del Puente Salinas.

Para estudios futuros, es recomendable emplear la metodología BrIM, especialmente con software como el CSI BRIDGE, debido a que su facilidad y rapidez, permitirá realizar de manera íntegra las evaluaciones en cuanto a las condiciones de carga de cualquier puente.

Se recomienda a los usuarios del Puente Salinas, respetar las cargas indicadas que puede soportar el puente Salinas, para garantizar la continuidad y operabilidad del puente Salinas y así lograr mantener conectada a varias localidades y lograr promover el turismo, comercio, economía y producción de la zona.

Se recomienda que en lo que respecta al análisis comparativo del rendimiento y performance de la metodología BrIM y la metodología tradicional en construcción, se pueda optar por emplear la metodología BrIM, debido a que permite efectuar la variabilidad de los parámetros de cálculo en cuanto a estructuras de puentes se refiere, es decir respecto al que se da el mejoramiento del rendimiento y performance en la metodología BrIM, debido a que representa una mejora ante la metodología tradicional.

## REFERENCIAS

- AASHTO. (2011). *Board of Directors, Policy Resolution PR-3-11*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Agüero Barrantes, P., & Villalobos Vega, E. (2019). Gestión de puentes (Entrega I): Componentes básicos e implementación. *Programa de Ingeniería Estructural*, 4(1).  
[https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1732/Boletin\\_Estructuras%20N1\\_Vol\\_4%20\\_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1732/Boletin_Estructuras%20N1_Vol_4%20_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- Agüero Barrantes, P., Barrantes Jiménez, R., Loria Salazar, G., Muñoz Barrantes, J., Vargas Barrantes, S., Villalobos Vega, E., & Vargas Alas, L. G. (2015). *GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PUENTES EN COSTA RICA MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL*.
- Apaza Quispe, A. (2021). *Evaluación y criterios de diseño estructural para puentes reticulados según AASHTO LRFD 2017*. [Tesis de Maestría], Universidad Privada de Tacna, Escuela de Posgrado.  
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1703/Apaza-Quispe-Antolin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación - Introducción a la metodología científica* (Sexta ed.). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Editorial Episteme, C.A. <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- BIMnD. (2023). *¿Qué diferencias existen entre un modelo 3D y un modelo BIM?*  
<https://www.bimnd.es/modelado-3d-modelado-bim-diferencias/>
- Bozzo, L., Gonzales, H., Pantoja, M., Muñoz, E., & Ramirez, J. (2019). Modeling, analysis and seismic design of structures using energy dissipators SLB. *Tecnia*, 29(2), 81-90. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v29i2.713>
- building SMART. (2023). *¿Qué es BIM?* <https://www.buildingsmart.es/bim/>

- Carrasco Palomino, C., & Maquera Huaman, B. U. (2021). *Evaluación estructural del puente Los Baños del distrito Las Yaras, Tacna 2021*. [Tesis]. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1755/Maquera-Huaman-Carrasco-Palomino.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CivilGeeks. (2012). *Puente Salinas, Amazonas, Perú*. <https://civilgeeks.com/2012/04/14/puente-salinas-amazonas-peru/>
- Cordero Montero, N. (2022). *Propuesta de herramienta de evaluación para implementar la metodología BIM/BrIM en proyectos de infraestructura vial*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. <https://kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/86536/202204-TFIA%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dang, S., & Shim, C. S. (2018). BIM authoring for an image-based bridge maintenance system of existing cable-supported bridges. *http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012032*, 143(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012032>
- Dayan, V., Chileshe, N., & Reza, H. (2022). A Scoping Review of Information-Modeling Development in Bridge Management Systems. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(9). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002340](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002340)
- Espinoza Menacho, F. J. (2017). *Impacto de la implementación de la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos*. San Juan, Cajamarca-Cajamarca. Tesis, Universidad San Martín de Porres, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima. [https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3636/espinoza\\_mfj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3636/espinoza_mfj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- FHWA. (2018). *Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility*. Guía, Federal Highway Association, U.S. Department of Transportation, EUA. <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/preservation/guide/guide.pdf>
- Gaitán Cardona, J. S., & Gómez Cabrera, A. (2014). Uso de la metodología BrIM (Bridge Information Modeling) como herramienta para la planificación de

- la construcción de un puente de concreto en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 24(2), 145-156.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ccin/v24n2/v24n2a09.pdf>
- Garozzo, R., & Santagati, C. (2021). DIGITAL SURVEY AI AND SEMANTICS FOR RAILWAY MASONRY BRIDGES HEALTH ASSESSMENT. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 46, 249-255. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-249-2021>
- Gomez Vargas, J. M. (2022). *Implementación de la metodología BrIM para la conservación y mantenimiento periódico del puente Guillermo Billingham - Puerto Maldonado - 2022*. [Tesis], Univesidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Chiclayo.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/117980/Gomez\\_VJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/117980/Gomez_VJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). México DF, México, México: McGraw Hill Education. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Isaacs Aguilar, G. I., & Rodríguez Bardía, F. (2024). USO DE LA METODOLOGÍA BIM Y BrIM EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE PUENTES. *BOLETÍN TÉCNICO LanammeUCR*, 1(3), 1-9.  
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2715/Bolet%c3%adn%20%20T%c3%a9cnico%20v1%20n3%20marzo%202024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kreider, R. G., & Messner, J. I. (2013). The Uses of BIM. *Classifying and Selecting BIM Uses*. San Francisco, California, Estados Unidos.  
[https://www.bimplement-project.eu/wp-content/uploads/2021/01/D4.2\\_15\\_the\\_uses\\_of\\_bim.pdf](https://www.bimplement-project.eu/wp-content/uploads/2021/01/D4.2_15_the_uses_of_bim.pdf)

- Lias Correa, N. K. (2023). *Evaluación comparativa del sistema tradicional y metodología Building Information Modeling en la gestión de un proyecto de construcción de Trujillo*. [Tesis de Maestría], Universidad César Vallejo, Escuela de Posgrado, Trujillo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/124825>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Puentes*. <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-de-puentes-2018pdf/266258533>
- Minnesota Department of Transportation. (2015). *Fiscal Year 2016 through 2020 Bridge Preservation*. Minnesota Department of Transportation, Bridge Office, Minnesota. <https://www.dot.state.mn.us/bridge/pdf/bridge-preservation-and-improvement-guidelines-2016-2020.pdf>
- Municipalidad Provincial de Bagua. (2010). *Expediente Técnico*. <https://drive.google.com/drive/folders/1mldDQOD5OgXUL-tWS094winn-EHJuU9H>
- PERÚ21. (2019). *Puente San José colapsa tras desborde de quebrada y deja incomunicado a distrito de Cajaruro*. <https://peru21.pe/peru/amazonas-puente-san-jose-colapsa-desborde-quebrada-deja-incomunicado-distrito-cajaruro-nndc-461988-noticia/?foto=2>
- Provias Nacional. (2016). *PROGRAMA DE PUENTES - PRO PUENTES*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Provias Nacional, Lima.
- RPP NOTICIAS. (2017). *Casi el 70 % de puentes colapsados por lluvias estaba mal diseñado*. <https://rpp.pe/peru/actualidad/casi-el-70-de-puentes-colapsados-por-lluvias-estaba-mal-disenado-noticia-1047455>
- RPP NOTICIAS. (2017). *RPP NOTICIAS - Sitio Web*. <https://rpp.pe/peru/actualidad/casi-el-70-de-puentes-colapsados-por-lluvias-estaba-mal-disenado-noticia-1047455>
- Shim, C. S., Yun, N. R., & Song., H. H. (2011). Application of 3D Bridge Information Modeling to Design and Construction of Bridges. *Procedia Engineering, 14*, 95-99. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.010>
- Shirole, A. M., Puckett, J., & Chen, S. S. (2008). Bridge Information Modeling for the Life Cycle: Progress and Challenges.

<https://trid.trb.org/Results?q=&serial=%22Transportation%20Research%20Circular%22>.

[https://www.researchgate.net/publication/284756530\\_Bridge\\_information\\_modeling\\_for\\_the\\_life\\_cycle\\_Progress\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/284756530_Bridge_information_modeling_for_the_life_cycle_Progress_and_challenges)

SHRP2 SOLUTIONS. (2019). *A Briefing on Life-Cycle Cost Analysis of New Bridge Design Alternatives*. Investigación, FHWA-AASHTO. <https://fdocuments.net/document/a-briefing-on-life-cycle-cost-analysis-of-new-bridge-shrp2-is-on-the-application.html?page=1>

Villalobos Vega, E., & Sánchez Badilla, K. (2020). Conservación de puentes: Una necesidad impostergable. *Programa de Ingeniería Estructural*, 5(1), 1-10. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2143/boletin%20PIE%20N1%20Volumen%205%202020.pdf?sequence=1>

Villanes Corrales, J. I., & Maesaka Quipuzcoa, L. H. (2019). *Propuesta de una guía de implementación de la metodología BRIM en las etapas de expediente técnico y ejecución para la optimización de costos, tiempo y calidad en puentes de concreto armado sobre ríos en el Perú. Caso: Puente Yunculmas*. Tesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Lima.

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628201/Villanes\\_CJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628201/Villanes_CJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Villanes, J., Maesaka, L., & Carrera, E. (2019). Modelo de Implementación de la Metodología BRIM para la Optimización de la Planificación y. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-8. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.62>

## APÉNDICE

### Apéndice 1. Matriz de consistencia del informe final de tesis.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARABLES/DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA	RECOMENDACIONES
<p><b>Problema principal.</b></p> <p>¿La implementación de la metodología BrIM podrá evaluar de manera eficaz para su conservación al Puente Salinas, Amazonas Perú - 2024?</p> <p><b>Problemas secundarios.</b></p> <p>a) ¿Cómo se puede obtener la información descriptiva del Puente Salinas?</p> <p>b) ¿Cómo evaluar de manera directa el estado actual del puente para implementación de la metodología BrIM?</p> <p>c) ¿Podrá evaluar eficazmente la estructura del puente Salinas la metodología BrIM?</p> <p>d) ¿Podrá la metodología BrIM desarrollar el mantenimiento periódico para la conservación del puente Salinas?</p> <p>e) ¿Cuál es la diferencia del rendimiento y performance de la metodología BrIM y la metodología tradicional existente en la construcción del Puente Salinas?</p>	<p>Objetivo general Implementar la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Obtener información descriptiva de la información del puente Salinas. Realizar una evaluación por medio de inspección directa del estado actual del puente Salinas. Evaluar la infraestructura de diseño post construcción del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024, siguiendo la metodología BrIM en el uso del software CSI Bridge. Proponer un cuadro de mantenimiento mensual del puente Salinas para su conservación a base de la evaluación de la infraestructura post construcción. Comparar el rendimiento y performance de la metodología BrIM y la metodología tradicional existente en la construcción del puente.</p>	<p><b>Hipótesis general.</b> La implementación de la metodología BrIM para la evaluación y conservación del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024 ayudará a mejorar la evaluación estructural del puente y la realización de las etapas de mantenimiento para su conservación.</p> <p><b>Hipótesis Específicas.</b> La información descriptiva del puente salinas, permitirá un correcto dimensionamiento mediante la metodología BrIM. La evaluación realizada por medio de inspección directa del estado actual del puente Salinas, permitirá tener una visión clara respecto a las actividades de mantenimiento que requiere el puente. La evaluación de la infraestructura de diseño post construcción del puente Salinas, Amazonas Perú – 2024, siguiendo la metodología BrIM en el uso del software CSI Bridge, ayudará a mejorar la evaluación estructural del puente y la realización de las etapas de mantenimiento para su conservación. El plan de mantenimiento mensual propuesto permitirá mejorar las condiciones actuales de deterioro del Puente Salinas. La metodología BrIM, proporciona mejor rendimiento y performance que la metodología tradicional existente en la construcción del puente.</p>	<p><b>Identificación de la variable(s) independiente(s)</b> Metodología BrIM – Bridge Information Modeling.</p> <p><b>Identificación de la variable dependiente</b> Evaluación y conservación de puentes</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> “Investigación práctica o empírica”. En función de su propósito y el tipo de investigación, el actual proyecto de investigación se clasifica como aplicada.</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> La presente investigación se clasifica como descriptiva.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> Estudio no experimental. Estudio de caso. Retrospectivo.</p> <p><b>POBLACIÓN DE ESTUDIO</b> La población para esta investigación, la constituyen todos los proyectos de puentes en el río Marañón.</p> <p><b>MUESTRA DE ESTUDIO</b> La muestra la constituye el Puente Salinas.</p>	<p>Se recomienda tomar acciones para la ejecución de actividades de mantenimiento del Puente Salinas, debido al evidente deterioro en la capa de pintura protectora del concreto, el cual se encuentra expuesto y con el transcurrir del tiempo, podría ocasionar daños en la infraestructura.</p>

**Apéndice 2.** Matriz de Operacionalización de variables del informe final de tesis.

<b>Variables</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
<b>Variable Independiente</b> Metodología BrIM – Bridge Information Modeling	Se trata de una metodología de colaboración en equipo para lograr diseñar, construir, operar, conservar y mantener los puentes, esta metodología facilita y permite crear el modelamiento de información que comparte los datos las áreas involucradas en su totalidad. El propósito central fue centralizar los datos en un modelo digital (Gomez, 2022).	D1: Modelamiento de la Información con CSI BRIDGE.	I1: Modelamiento de Arquitectura. I2: Modelamiento de elementos estructurales de acero. I3: Modelamiento Paramétrico en 3D	Software BrIM – CSI BRIDGE
		D2: Simulación, Planificación y Control.	I1: Simulación del modelamiento. I2: Estandarización del Proceso con la metodología BrIM.	
<b>Variable Dependiente</b>	Se refiere a un conjunto de actividades, que consta de la	<b>D1: Inspección Visual.</b>	I1: Inspección Visual del estado situacional actual.	Propuesta de Plan de Mantenimiento.

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Evaluación y conservación de Puentes	inspección visual, así como la realización de actividades para la evaluación, conservación y mantenimiento de los elementos estructurales de los puentes, de modo que sea económicamente viable y posible, con planificación y prevención en todas las actividades en la fase de mantenimiento y conservación, es decir posterior a la construcción de los puentes (Gomez, 2022).	<b>D2: Evaluación con software CSI BRIDGE.</b> <b>D3: Propuesta de Plan de Mantenimiento.</b>	I2: Evaluación de elementos estructurales en campo. I3: Reporte Fotográfico I1: Verificación del estado actual con resultados del CSI BRIDGE. I1: Definición y planificación de actividades para mantenimiento. I2: Elaboración de Plan de Mantenimiento.	