9 No.3 (2025): Journal Scientific MQRInvestigar ISSN: 2588–0659
https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.3.2025.e963

Evaluation of the infrastructure of the Papagayo bridge located in the city of Portoviejo.

Evaluación de la infraestructura del puente Papagayo ubicado en la ciudad de Portoviejo.

Autores:

Centeno-Cevallos, Tito Andreé
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Portoviejo – Ecuador
tcenteno2016@utm.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-5065-8164

Sancán-Mera, Bryan Abraham
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Portoviejo – Ecuador
bsancan0100@utm.edu.ec
https://orcid.org/0009-0000-1878-0744

García-Vinces, Lincoln Javier
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ing. Civil, Mg.Sc.
Docente del Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura
Portoviejo – Ecuador
lincoln.garcia@utm.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-8659-3190

Fechas de recepción: 26-JUL-2025 aceptación: 26-AGO-2025 publicación: 30-SEP-2025
https://orcid.org/0000-0002-8695-5005
http://mqrinvestigar.com/

Resumen

En el pasado la complejidad de conectar un punto con otro se veía forzado a tomar rutas alternas y hostiles siendo este uno de los principales motivos para realizar la construcción civil de puentes conectando rutas con mayor facilidad y reducción de tiempos.

Una infraestructura de gran calibre no tiene que ser un motivo de abandono, por el cual estas se ven afectadas desde los cimientos, es aquí donde entra este artículo que analiza los fallos que estos pueden tener después de un evento telúrico.

Se llevo a cabo una evaluación de campo para poder determinar las posibles fallas que este pudo obtener tras el fenómeno natural ocurrido en el año del 2016 teniendo en cuenta que el puente Papagayo se construyó en el año 2008 por parte del Consejo Municipal de Manabí.

Se realizo un levantamiento del puente, obteniendo como resultado un asentamiento diferencial en uno de los estribos provocando así una inconsistencia en la distribución de carga entre la viga y la pila.

Además, se aprecia lo que son fisuras por retracción plástica y por aplastamiento, siendo el ultimo uno de los resultados de la inconsistencia en la distribución de carga.

El modelado en software (CSI Bridge) tiene como resultado que el puente en general no tiene afectaciones; pero por motivo de que no se puede aplicar todas las fallas observadas estos tienden a tener condiciones óptimas, con las observaciones en campo la vulnerabilidad se encuentra condicionada por las presencias de estas patologías afectando a largo plazo.

Palabras clave: Puentes; Fallas; Patologías; Software; Estructura; Evaluación

Abstract

In the past, the complexity of connecting one point to another was forced to take alternate and hostile routes, this being one of the main reasons for carrying out the civil construction of bridges, connecting routes more easily and reducing times.

A high-caliber infrastructure does not have to be a reason for abandonment, which is why they are affected from the foundations, this is where this article comes in, which analyzes the failures that they can have after a telluric event.

A field evaluation was carried out to determine the possible failures that it could have obtained after the natural phenomenon that occurred in 2016, taking into account that the Papagayo bridge was built in 2008 by the Municipal Council of Manabí.

A lift of the bridge was carried out, resulting in a differential settlement in one of the abutments, thus causing an inconsistency in the load distribution between the beam and the pier.

In addition, cracks due to plastic shrinkage and crushing can be seen, the latter being one of the results of the inconsistency in the load distribution.

The software modeling (CSI Bridge) results in the bridge in general not having any affectations; but because it is not possible to apply all the observed failures, they tend to have optimal conditions, with field observations vulnerability is conditioned by the presence of these pathologies affecting the long term.

Keywords: Bridges; Failures; Pathologies; Software; Structure; Evaluation.

Introducción

Los puentes son fundamentales para la conectividad urbana y el desarrollo económico de las ciudades. El puente Papagayo, ubicado en la ciudad de Portoviejo, Ecuador, representa una estructura esencial para la movilidad. Su función como enlace vital a través del río que atraviesa la ciudad subraya su importancia tanto funcional como cultural.

Este estudio se centra en la evaluación concreta de la infraestructura del puente Papagayo, abordando aspectos más allá de los estrictamente estructurales. Se busca identificar los desafíos relacionados con el envejecimiento, las condiciones climáticas, la creciente demanda vehicular y la actividad sísmica, factores que colectivamente influyen en su desempeño y longevidad (American Association of State Highway and Transportation Officials., 2018). El puente, que ha estado en servicio a partir del año 2008 hasta la actualidad, requiere de un análisis detallado para determinar su capacidad actual y prever posibles deterioros que puedan comprometer su funcionalidad futura (Benavides Osorio & Días Isa, 2020)

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de asegurar que el puente Papagayo continúe cumpliendo su función como un componente esencial del sistema de transporte urbano de Portoviejo. La finalidad de esta evaluación estructural es instaurar la capacidad para soportar carga de todos los elementos críticos y no críticos, conforme a los requerimientos de las actuales normas, se debe de tomar en cuenta que la capacidad de la estructura debe soportar cargas presentes y futuras previstas. (Benavides Osorio & Días Isa, 2020)

El autor (Hidalgo Negrete, 2017), aporta que, la mayoría de los puentes existentes tienen varios años de servicio y han sido diseñados en función a parámetros técnicos, normas de diseño y cargas definidas en épocas anteriores, teniendo en cuenta que es necesario tener claro la metodología y circunstancias en las que se aplican los métodos de evaluación considerando la seguridad de los resultados que el análisis nos ofrecerá.

En la vida útil de un puente se suele presentar una gran variedad de patologías en el que afectan a varios de los elementos que conforman un puente en cuestión, donde el autor, (Chulde Recto, 2024), aporta que esta se la puede representar como daños por diseño (esta comprende una variedad de elementos a analizar como son las fisuras y grietas por

aplastamiento local, asentamientos, volcamientos y vibración excesiva) por otro lado tenemos los daños por construcción, esta variante se descomponen en las siguientes patologías que son (Hormigueros, segregación, fisura por retracción, recubrimiento inadecuado y exposición del acero de refuerzo) y por ultimo tenemos los daños durante el funcionamiento (Infiltración y eflorescencia, carbonatación, corrosión de la armadura, contaminación del concreto, fallas por impacto y socavación)

El procedimiento para una evaluación estructural que ayude a determinar la utilidad de los elementos es basado mediante un estudio a partir del análisis sistemático de información previamente recopilado por parte del Consejo Provincial de Manabí, este proceso da comienzo con la revisión de esta documentación, complementando con inspecciones visuales en campo, identificando las posibles limitaciones de servicio y elaboración de pruebas o ensayos de los elementos que lo componen. (Benavides Osorio & Días Isa, 2020), estos factores, combinados con el aumento sostenido del tráfico vehicular y el desarrollo urbano, podrían superar las capacidades de diseño original del puente, afectando su rendimiento estructural (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2020).

Teniendo una longitud total de 36 metros, el puente dispone de una sección transversal que sitúa dos carriles vehiculares y aceras laterales de ambos lados. Este sistema se compone de vigas prefabricadas de hormigón presforzado, apoyadas sobre estribos y pilas cimentadas mediante pilotes.

El puente del presente estudio conocido como “Puente Papagayo”, se encuentra localizado en la ciudad de Portoviejo – Ecuador perteneciente a la provincia de Manabí, contando con las coordenadas UTM (Este: 559212.28 m E; Norte: 9883614.65 m S), en donde están referidas al Sistema Geodésico Mundial, este atraviesa el cauce del Río Portoviejo, dicha infraestructura permite la conexión entre la Av. Reales Tamarindo y la calle 5 de junio.

Figura 1

Vista en elevación del puente Papagayo.

Fuente: Autores

Se precisa establecer el diseño y la construcción del puente considerando de manera metódica los materiales usados y sus propiedades físicas, estos materiales condicionan de forma directa la capacidad del puente para resistir las cargas que actúan en el mismo y que responden debidamente frente a factores externos, como variaciones climáticas o impactos imprevistos. Siguiendo esta perspectiva se establecen las principales características geométricas, estructurales y funcionales del puente Papagayo, conformado por un grupo de elementos que trabajan en conjunto para garantizar la funcionalidad de la obra, entre estos comprende:

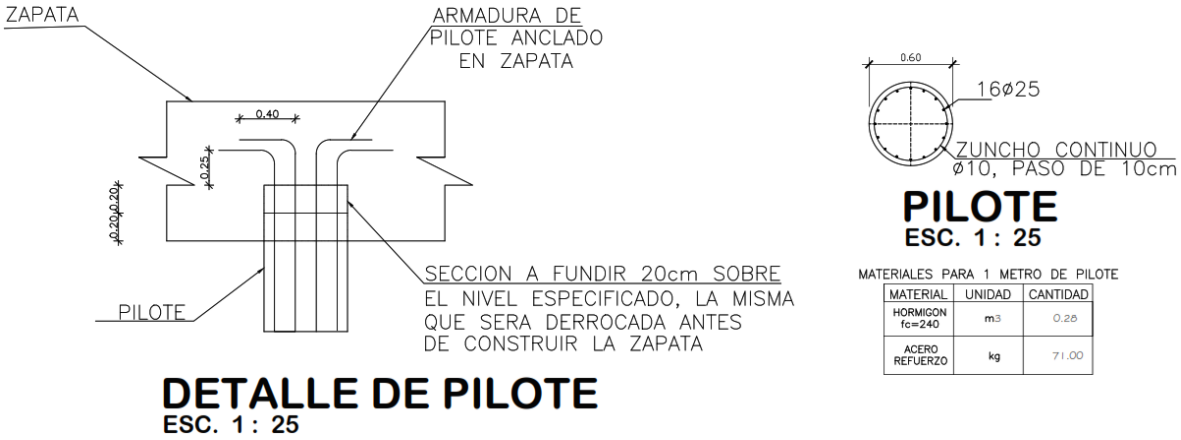
La superestructura; la cual está comprendida de vigas prefabricadas presforzadas con una resistencia 420 kg/cm^2 diseñados para cargas verticales que se la representa en el tránsito y seguido estas las trasmiten hacia los apoyos, la losa de compresión comprende de un espesor de 0.20 metros con doble mallado ubicada sobre las vigas prefabricadas cuya funcionalidad es distribuir las cargas entre las vigas y adicionarle rigidez al tablero.

La subestructura; esta comprende las pilas y estribos que sostienen directamente la estructura y transfiere las cargas de las vigas hacia la cimentación que está compuesta por pilotes con un diámetro de 0.60 metros

Elementos que conforma la infraestructura señalada en la figura 2 y figura 3.

Figura 2

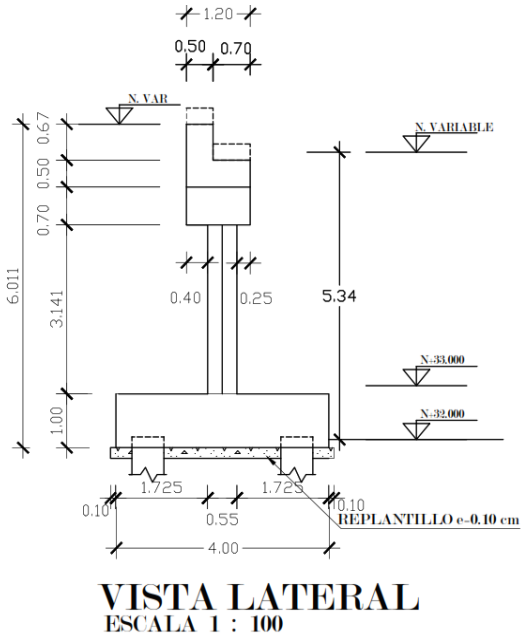
Detalles de pilotes del puente Papagayo



Fuente: Consejo Provincial de Manabí

Figura 3

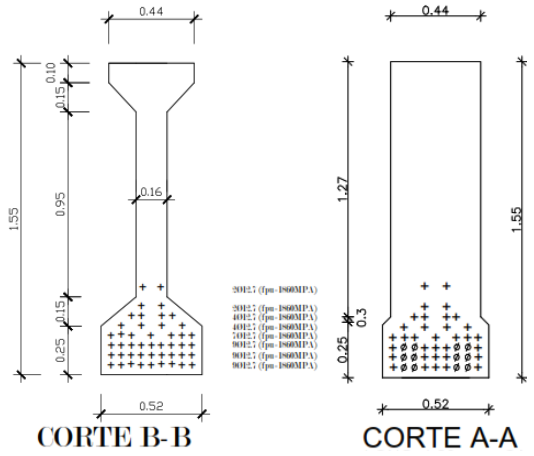
Vista lateral de la pila del puente Papagayo



Fuente: Consejo Provincial de Manabí

Figura 4

Sección de las vigas que compone el puente Papagayo



Fuente: Consejo Provincial de Manabí

En base a lo planteado se desea responder la siguiente pregunta *¿Existe evidencia de deterioro estructural en el puente Papagayo que pueda comprometer su capacidad de carga actual y futura?*

Material y métodos

Material:

Este trabajo es de enfoque cuantitativo y de alcance descriptivo, ya que se analizará específicamente en la evaluación de la infraestructura física del puente Papagayo utilizando las normas (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013), (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2020), se realizará un análisis visual de la estructura para observar los daños que este pueda tener, debido a esto se profundizará estos temas con ayuda del ensayo de esclerometría para obtener información de la condición del hormigón y a su vez comparar los resultados del ensayo con los mismos datos de diseño que se obtuvieron para realizar la estructura.

Una vez obtenido los datos de los ensayos de la estructura analizada, se efectuará un modelado del puente en las diversas herramientas informáticas existentes para el análisis de un puente y sus factores de riesgo empleando el programa CSI Bridge V26, para así brindar propuesta de reforzamiento si este lo amerita.

Métodos:

Investigación Bibliográfica-documental: Técnica centrada en recolectar, revisar y examinar fuentes que brindarán información de artículos científicos, libros de ingeniería, además de las normas ya mencionadas a través de la técnica de citado (Fernández, 2022)

Método no Experimental: Ensayo de esclerometría, que es una técnica no destructiva para evaluar la resistencia a compresión del hormigón mediante el rebote de un impacto.

Método de campo: Ensayo de campo mediante levantamiento topográfico de alta precisión utilizando un teodolito complementado con un dron de tecnología RTK, lo que permite obtener datos geométricos tridimensionales de gran exactitud (Pongo Chalco, 2023)

Método de modelado: Construcción del modelado tridimensional basado en normativas, principios físicos y analíticos del comportamiento estructural, para esto se emplearon instrumentos como:

Programa CSI Bridge v26.2.0, que es utilizado para analizar cargas muertas, vivas, térmicas y sísmicas según estándares internacionales (Computers and Structures, 2023)

PTC Mathcad Prime 10.0.0.0, que es utilizado para la formulación analítica y verificación de resultados matemáticos.

AutoCAD 2022, que es utilizado para el tratamiento y visualización de planos estructurales y modelado de datos topográficos.

Resultados

Tras obtener los valores a partir de los ensayos de esclerometría, siendo este un método no abrasivo que se le aplica a la estructura conocido también como ensayo de rebote, la cual permite estimar de forma indirecta la resistencia a la compresión del hormigón armado, este ensayo es ejecutado por las normas establecida en la (International, 2018) y utilizando un esclerómetro tipo Schmidt.

Tabla 1

Resultado del ensayo de esclerometría en el elemento llamado estribo.

ESTRIBO				
	ELEMENTOS			
	Nº DE MUESTRA	**PUNTO 1**	**PUNTO 2**	**PUNTO 3**
POSICIÓN ESCLERÓMETRO	**R**	**B**	**B**	**B**
a 0°	1	40	40	41
	2	42	42	40
	3	40	41	42
	4	43	40	42
	5	43	42	41
	6	40	40	42
	7	42	43	42
	8	43	41	41
	9	40	42	40
	10	43	43	40
PROMEDIO (A)		41.6	41.4	41.1
RESISTENCIA (Kg/cm²)		**240.60**	**240.50**	**240.10**

Fuente: Los autores

Tabla 2

Promedio del ensayo de esclerometría del elemento estribo.

ELEMENTOS	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA ESPECIFICADA EN %	RESISTENCIA OBTENIDA EN %	*fck* *Kg/cm²*
PUNTO 1	28	100	**100**	
PUNTO 2	28	100	**100**	240
PUNTO 3	28	100	**100**	

Fuente: Los autores

Tabla 3

Resultado del ensayo de esclerometría en el elemento llamado vigas.

VIGAS				
	ELEMENTOS Nº DE MUESTRA	**PUNTO 1**	**PUNTO 2**	**PUNTO 3**
POSICIÓN ESCLERÓMETRO	**R**	**B**	**B**	**B**
a 0°	1	53	53	52
	2	53	53	52
	3	51	51	54
	4	53	52	53
	5	53	55	53
	6	52	52	54
	7	54	50	52
	8	52	53	52
	9	54	53	52
	10	53	54	53
PROMEDIO (A)		52.8	52.6	52.7
RESISTENCIA (Kg/cm²)		**419.90**	**419.70**	**419.80**

Fuente: Los autores

Tabla 4

Promedio del ensayo de esclerometría del elemento vigas.

ELEMENTOS	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA ESPECIFICADA EN %	RESISTENCIA OBTENIDA EN %	*fck* *Kg/cm²*
PUNTO 1	28	100	**100**	
PUNTO 2	28	100	**100**	420
PUNTO 3	28	100	**100**	

Fuente: Los autores

Tabla 5

Resultado del ensayo de esclerometría en el elemento llamado pilas.

PILA				
	ELEMENTOS			
	Nº DE MUESTRA	**PUNTO 1**	**PUNTO 2**	**PUNTO 3**
POSICIÓN ESCLERÓMETRO	**R**	**B**	**B**	**B**
a 0°	1	40	40	39
	2	40	43	41
	3	39	42	40
	4	40	40	42
	5	40	43	42
	6	44	42	43
	7	43	43	39
	8	42	42	43
	9	43	41	41
	10	40	40	42
PROMEDIO (A)		41.1	41.6	41.2
RESISTENCIA (Kg/cm²)		**240.50**	**241.00**	**240.30**

Fuente: Los autores

Tabla 6

Promedio del ensayo de esclerometría del elemento pila.

ELEMENTOS	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA ESPECIFICADA EN %	RESISTENCIA OBTENIDA EN %	*fck* *Kg/cm²*
PUNTO 1	28	100	**100**	
PUNTO 2	28	100	**100**	240
PUNTO 3	28	100	**100**	

Fuente: Los autores

Análisis de Resultados:

Los datos obtenidos en el campo dieron como resultado que el promedio de rebotes y su respectiva correlación con la resistencia a la compresión siguen conservando su capacidad estructural original con los que se diseñaron sin tener evidencias de deterioro significativo ni pérdida de propiedades mecánicas con el paso de tiempo, el cual el diseño de estas resistencias están establecidos en los cuadros descriptivos de los planos lucrados por la entidad conocida como el Consejo Provincial de Manabí.

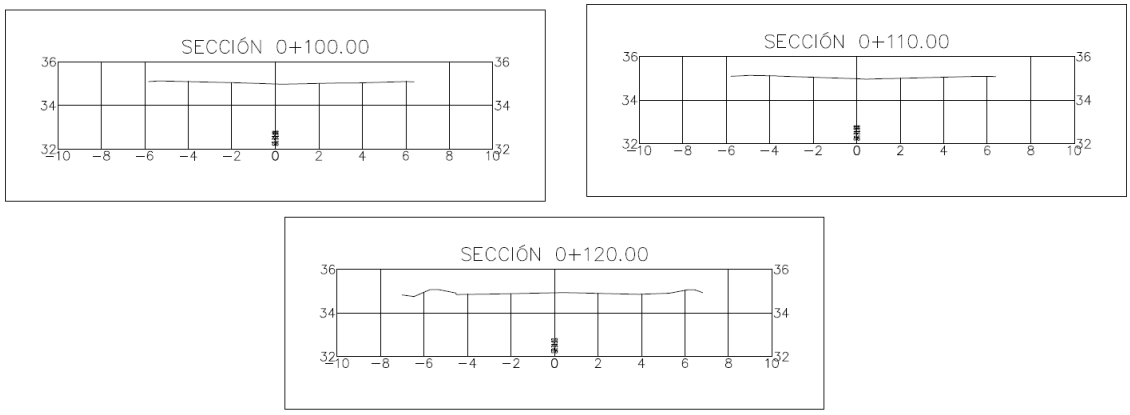
En la tabla 2 indica el promedio del ensayo de esclerometría del elemento estribo que representa el resultado a los 28 días de los puntos de esclerometría, con una resistencia a la compresión de (240kg/cm^2), en la tabla 4 representada anteriormente con el promedio del ensayo de esclerometría del elemento vigas, donde se muestra los resultados del ensayo a los 28 días, con una resistencia de (420 kg/cm^2), por último, en la tabla 6 señalada con anterioridad exhibiendo el promedio del ensayo de esclerometría del elemento pila con un resultado de (240 kg/cm^2) a los 28 días, teniendo en cuenta que la edad de estos elementos supera los 28 días.

Teniendo como siguiente paso en el presente diagnostico estructural del puente, donde se llevó a cabo un levantamiento topográfico para llegar al resultado de identificar variaciones geométricas, y asentamientos diferenciales que puedan comprometer la funcionalidad o la estabilidad de la estructura en cuestión, se complementó con un levantamiento con Dron con tecnología RTK (Real Time Kinematic) lo que permitió obtener datos tridimensionales

detallados del tablero y sus elementos que los comprende teniendo así las debidas secciones del mismo.

Figura 5

Sección del levantamiento topográfico desde la Av. 5 de Junio hacia la Av. Del Ejercito



Fuente: Los autores

Análisis de Resultados:

La figura 5 que muestra la sección del levantamiento topográfico desde la Av. 5 de Junio hacia la Av. Del Ejercito da como resultado un leve asentamiento en la sección 0+100.00 hasta la sección 0+120.00 estas se encuentras en la parte final del puente en dirección desde la Av. 5 de Junio hacia la Av. Del Ejercito, esta comprende de un asentamiento de 3cm que aparenta la estructura en común, donde se puede determinar de manera visual las afectaciones en los demás elementos de la estructura.

En el proceso de evaluación en campo, se identificaron diferentes patologías estructurales las cuales afectan de una manera puntual a los componentes esenciales del puente, las patologías que se identificaron en el puente son, fisuras en los estribos y pilas, asentamiento diferencial y el proceso de retracción del recubrimiento inadecuado, estos factores son las primordiales afectaciones para producir daños en su totalidad o que afecten en la estabilidad de la estructura. Siendo así este un momento de requerimiento de atención para prevenir el deterioro progresivo.

Figura 6

Resultado del asentamiento diferencial (viga no apoyada en el neopreno).

Fuente: Los autores

Análisis de resultados.

En la figura 6 indicado previamente, el resultado del asentamiento diferencial donde se contempla un leve levantamiento de la viga con respecto al aparato de apoyo denominado (neopreno), siendo este el resultado de lo que es llamado asentamiento diferencial, en la viga con respecto al cabezal de la pila se contempla una separación de 3cm y estas no distribuyen las cargas de una manera óptima hacia la pila, provocando elevadas vibraciones.

Figura 7

Fisura por retracción plástica o por secado

Fuentes: Los autores

Análisis de resultados.

Como se demuestra en la figura 7, las fisuras por retracción plástica o por secado se produce por la pérdida de humedad interna del concreto que provoca la patología llamada retracción plástica o por secado. Siendo esta patología frecuente en estructuras de hormigón especialmente en los primeros días de vida útil, provocando esfuerzos de tracción que puede superar la resistencia del hormigón joven, produciendo fisuras superficiales convirtiéndose en un fallo por diseño. En la figura 7 se contempla lo que son este tipo de fisuras, las mismas encontradas en estribos, pilas y pantalla.

Figura 8

Fisura por aplastamiento

Fuente: Los Autores

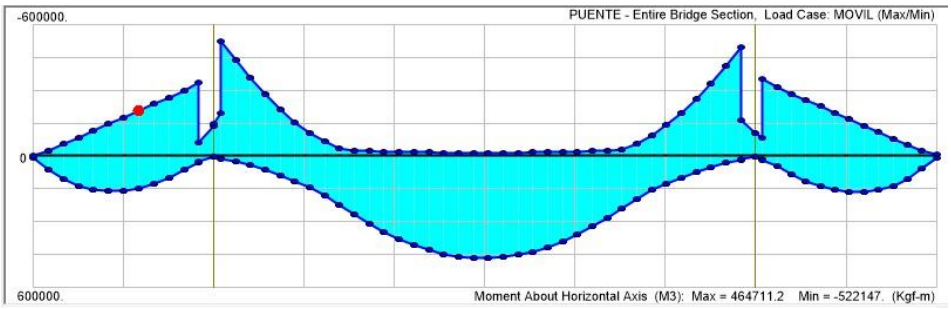
Análisis de resultados.

Las fisuras por aplastamiento demostradas con anterioridad en la figura 8, se observa que existen cargas como lo son las vigas; transmitiendo los esfuerzos, estas fisuras demuestran que son productos del aplastamiento, teniendo en cuenta que en esta zona existe lo que es asentamiento diferencial y esto provoca la modificación de distribución de cargas, además, los neoprenos acentuados en esta zona no cumplen con su función adecuada.

Desde el punto de vista estructural, este tipo de fisuras tienden a ser los más perjudiciales tras un periodo de tiempo indeterminado, provocando un daño severo de aplastamiento progresivo.

Figura 9

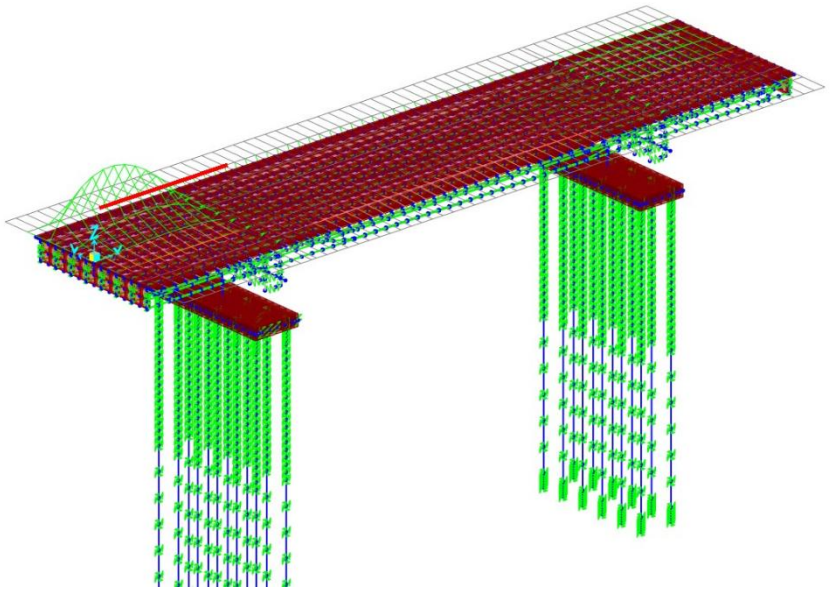
Diagrama de envolvente máximos y mínimos



Fuentes: Los autores

Figura 10

Modelado del puente Papagayo en el programa CSI Bridge V26



Fuente: Los autores

Análisis de resultados.

Realizado el modelado del puente en el sistema informático CSI Bridge V.26 mostrado en la figura 10 y la figura 9, tras tener limitaciones para obtener el modelado exacto del puente por motivo de que este presenta fisuras en varios elementos y estos no se pueden modelar en el

sistema informático, es así que se tiene como resultado de que el puente tiene leve afectación en la losa, mostrado en la figura 10 y la figura 9, provocando que este tenga fallos por las cargas que está soportando en la actualidad, ya que este ha sido diseñado para un tráfico liviano y de poca concurrencias, tras el evento sísmico ocurrido en abril del 2016 este puente se tomó como cruce principal hasta la actualidad, siendo así un cambio drástico con respecto a las cargas que este debe soportar.

Esta sobrecarga, afecta de manera periódica a los elementos provocando todos los fallos observados y mencionados que están presentes en su infraestructura, convirtiéndose así en un peligro para la ciudadanía que circulan sobre esta obra.

Además, es una deformación en el tablero dando a conocer el fallo que se encuentra en la realidad, siendo así este un problema grave y con requerimiento de intervención a dicho puente.

Discusión

El puente Papagayo presenta diferentes tipos de condiciones estructurales, las cuales han sido evaluadas por métodos normativos como lo son el ensayo de esclerometría y el levantamiento topográfico en acompañamiento con dron RTK, estos métodos más la inspección visual, permitieron identificar diferentes tipos de patologías como fisuras por retracción del recubrimiento, grietas por aplastamiento y asentamientos localizados en pilas, estos elementos son factores que influyen de manera directa en el desempeño estructural y vulnerabilidad sísmica.

Según el autor, (Pongo Chalco, 2023) aporta que, los levantamientos topográficos efectuados por tecnología RTK ofrecen un alto rendimiento en precisión, permitiendo detectar variaciones geométricas las mismas que podrían pasar desapercibidas en una inspección convencional. Asimismo, las afectaciones definidas por (Chulde Recto, 2024), que aporta en su estudio sobre el puente Divino Niño determinó que las patologías relacionadas con asentamientos afectan de forma significativa la distribución de esfuerzos en los apoyos. Siendo así un criterio óptimo para identificar un desnivel entre secciones en el puente Papagayo, asimilando un asentamiento diferencial que ocasiona fisuras por contacto directo entre viga y pila. Dando esto como un resultado que se asemeja a estudios del investigador (Zambrano Bautista, 2020), quien empleó la normativa AASHTO a estructuras con

deformaciones relevantes y estableció que la condición de los apoyos tiene un impacto directo en la clasificación del riesgo estructural.

Para el diagnostico de resistencia del concreto con respecto a el uso del ensayo de esclerometría que está respaldado por la norma (ASTM C805/C805M-18: Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete., 2018) este permitió verificar que la resistencia obtenida en campo está dentro de los márgenes observados en los planos estructurales, lo cual señala que no ha tenido una perdida significativa en los elementos evaluados. En relación con el planteamiento de (Benavides Osorio & Días Isa, 2020) que utilizaron este tipo de análisis para certificar la capacidad estructural de puentes bajos en el enfoque del Manual para Evaluación de Puentes (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2020)

En cuanto a (Hidalgo Negrete, 2017)) en su investigación aplicó el análisis de capacidad de carga en estructura metálicas y argumentó que los elementos con fisuras o asentamientos tienden a reducir de manera significativa su rigidez estructural, afectando directo a la distribución interna en los momentos y cortantes. En el puente Papagayo tras la evaluación se identificaron zonas críticas como los cabezales de estribos y parte de las pilas, donde la mayoría de fisuras son encontradas, lo cual se deriva en fallas que empeoran si no se realiza un manteamiento oportuno.

Mediante este estudio realizado se encuentra que los resultados obtenidos dan a conocer la necesidad de implementar estrategias de refuerzo localizadas y un plan de mantenimiento preventivo tomando en cuenta los elementos que presentan daños visibles. La comparación con estudios anteriormente nombrados y las respectivas normas, demuestran que la metodología aplicada en este artículo es tanto valida como replicable para el diagnóstico de puentes con especificaciones similares, contribuyendo a la mejora de la gestión estructural vial.

Conclusiones

Una vez realizado la investigación y la evaluación respectiva, sobre la infraestructura del puente Papagayo ubicado en la Ciudad de Portoviejo, se obtuvieron las siguientes conclusiones.

Las fallas encontradas de manera visual en la infraestructura del puente son de carácter nocivo, lo cual puede afectar en un periodo de tiempo prolongado, tras no tener una intervención estos pueden llevar a un caso crítico para la infraestructura.

Dentro estas fallas se aprecian las fisuras por retracción plástica o llamado también fisura por secado, se encuentra en lugares claves de la estructura como es en el cabeza de la pila y en la pantalla del estribo.

Por otro lado, identificamos las fisuras por aplastamiento, tras tener una inconsistencia en la distribución de carga conllevando que en otras vigas se vean afectadas por el desbalance de distribución, provocando este tipo de fisuras que puede llegar a ser de carácter crítico.

Con respecto a la topografía se encuentra un leve asentamiento diferencial en uno de los elementos que tiene el puente denominado estribo, provocándole a la estructura una afectación en la distribución de cargas, siendo este muy desfavorable y no cumple con lo estipulado en los cálculos de diseño.

Además, esta afectación que es de carácter critico tiende a perjudicar a la viga por motivo de que este se encuentra elevado en un total de 3 centímetros con respecto al cabezal de la pila por eso la distribución de carga entre pila y viga se encuentra afectada, provocando con este un fallo a la estructura.

Tras terminar el análisis, con la información recopilada en campo (como en el modelado estructural) es posible determinar que el índice de vulnerabilidad y riesgo sísmico del puente Papagayo está afectada por la conservación de los elementos, la seguridad estructural y la interacción suelo terreno, lo cual refleja un nivel de exposición moderado a alto; frente a estos eventos telúricos.

La vulnerabilidad está condicionada con la presencia de patologías mencionadas y encontradas en los elementos que conforma la estructura como tal, describiéndose como: Las fisuras en cabezales y pantallas, fisuras por aplastamiento, asentamientos diferenciales en pilas y/o estribos, el contacto entre vigas y apoyos los cuales afectan negativamente al desempeño del puente afectándose más en un periodo prolongado de tiempo.

Para concluir, la resistencia del hormigón en el transcurso de los años las alteraciones climáticas y fenómenos naturales afecta al hormigón, una vez terminado el ensayo de la esclerometría guiado con las normas ASTM C805/C805M-18 que comprende al "*Método de*

prueba estándar para el número de rebote de concreto endurecido", se obtuvo como resultado de que el hormigón no ha perdido las capacidades físicas y química, manteniendo su resistencia planteada en el diseño y en la construcción de la estructura, teniendo como resultado en las vigas una resistencia de (420 kg/cm2) y las pilas y estribos de (240 kg/cm2).

Referencias bibliográficas

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9th ed.).* AASHTO.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (8th ed.).* AASHTO.

Benavides Osorio, J., & Días Isa, J. (2020). *Evaluación estructural del puente sobre el río mocora mediante el análisis teórico de capacidad de carga planteado por The Manual For Bridge Evaluation (AASHTO). Quito: escuela politécnica nacional.* Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20924

Chulde Recto, M. (2024). *Diagnóstico de las patologías estructurales del puente Divino Niño ubicado en la calle 10 de agosto y Febres Cordero – Jipijapa.* Jipajapa: UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7792?mode=full

Computers and Structures. (2023). *Release of CSI Bridge v24.2.0.*

Evaluación estructural ante la acción sísmica de las pilas del puente Puerto Real de Portoviejo. (2024). Portoviejo: Conciencia Digital. https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.1.3147

Fernández, H. (2022). *Las referencias bibliográficas y los artículos de investigación.* Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación. https://www.researchgate.net/publication/360397344_Editorial_Las_referencias_bibliograficas_y_los_articulos_de_investigacion

Hidalgo Negrete, R. (2017). *Aplicación de métodos de análisis de capacidad de carga propuesto en demanada "The Manual For Bridge Evaluation" (AASHTO) para puentes existentes, aplicado en la super estructura metálica tipo pórtico del Puente*

Lita. Quito: Escuela Politécnica Nacional. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17477

International, A. (2018). *ASTM C805/C805M-18: Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete.* ASTM International.

Jaramillo Guzman, J. A., & Villavicencio Ochoa, F. S. (2022). *Determinación de las solicitaciones de superestructuras de puentes comparando su comprtamiento ante la acción de los camiones de diseño AASTO HL-93 y HS-MTOP.* Azuay: Universidad del Azuay. http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12186

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, Volumen 2: Libro A. Norma para estudios y diseño vial.* MTOP.

Pongo Chalco, D. F. (2023). *Precisión del levantamiento topográfico con dron fotogramétrico modo RTK en contraste con GPS diferencial RTK en la autopista Juliaca–Puno km 29 + 000 al 31 + 000.* Peru: Universidad Nacional del Altiplano. https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20521

Sarango Chamba, S. B. (2020). *Análisis De Resistencia De Un Puente Vehicular De Acero Estructural En Arco Con Tablero Intermedio Considerando La Normativa AASHTO LRFD.* Machala: Universidad Técnica de Machala. http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15876

Zambrano Bautista, J. J. (2020). *ANÁLISIS DE DEFORMACIONES DE UN PUENTE VEHICULAR DE ACERO EN ARCO CON TABLERO INTERMEDIO CONSIDERANDO LA NORMA AASHTO LRFD.* MACHALA: UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA. https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15884?mode=simple

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.