

Patologías en puentes sobre el río Burgay de la ciudad de Azogues

Pathologies in bridges over the Burgay river in the city of Azogues



Cárdenas, Karla

Universidad Católica de Cuenca. kacardenasp73@est.ucacue.edu.ec

Chávez, Luis

Universidad Católica de Cuenca

Espinoza, Johnny

Universidad Católica de Cuenca

Nieto-Cárdenas, Xavier

Universidad Católica de Cuenca



<https://www.doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1343>

Resumen

El presente estudio nace de la cátedra de “Puentes”, que al aprovechar las diferentes tipologías que presentan estas estructuras ubicadas sobre el río Burgay de la ciudad de

Azogues, se pretendía estudiar su geometría, tipología y material, con salidas de campo. Pero durante las inspecciones realizadas se identificaron varios problemas, lo que

llevó a generar un estudio específico de las patologías de los puentes ubicados en la zona urbana de la ciudad. Se evidenció la ausencia de mantenimiento preventivo de los mismos. Se observa principalmente humedad, vegetación, corrosión, carbonatación, deflexión permanente y falta de elementos como juntas de dilatación y neoprenos. Se evaluaron 7 puentes, siendo el primero el puente García Moreno, ubicado frente al Hospital Homero Castanier Crespo, y se finalizó el estudio en los puentes construidos sobre la Av. 16 de abril. Este análisis contempla estructuras con materiales como concreto reforzado, acero, mampostería. Como tipologías, se tiene diversas formas, puentes sobre vigas, tanto en concreto reforzado, como mixtos (acero - concreto), puentes en arco y postensados. Se concluye que es necesario un mantenimiento correctivo a la brevedad posible y posterior tener un plan de mantenimiento preventivo, que garantice la vida útil y un comportamiento estructural adecuado de estas estructuras importantes.

Palabras clave: Patología estructural, análisis de puentes, puentes, estructuras de concreto y mantenimiento.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio muestra las diferentes patologías evidentes mediante inspección visual de los puentes sobre el río Burgay, en la ciudad de Azogues - Ecuador. Esta investigación nace de la cátedra de “Puentes” a nivel de pregrado para conocer los tipos de estructuras que presentan los puentes, analizando su geometría, tipología, forma y materiales. Se realizaron inspecciones visuales, observando las siguientes patologías: marcas de humedad, fisuras en el concreto, mal vibrado en el proceso constructivo y mal manejo de aguas de escorrentía sobre el tablero. Se ha evidenciado falta de mantenimiento, como limpieza general, que ha generado presencia de vegetación en las paredes de pilas y estribos.

Otro punto preocupante, es la falta de neoprenos o estructuras que soporten las cargas de las vigas, para transmitir sin esfuerzos de contacto las solicitudes a los estribos del puente. Esto se evidencia en las estructuras antiguas, P1 “Puente García Moreno”, P2 “Puente en la Calle 10 de agosto”, P3 “Puente en la Av. Gran Enríquez”, P4 “Puente en la Av. Aurelio Jaramillo”, P5 “Puente en la Av. Ernesto Che Guevara”, que no poseen estos dispositivos de apoyo. Tampoco tienen dispositivos de disipación entre el tablero y la parte superior de los estribos.

La importancia de investigar sobre el estado actual de los puentes antes mencionados, nace por la conexión existente en la ciudad de Azogues, entre la parte urbana que se desarrolla al Este del Río Burgay y la conexión con la Vía Rápida E35 interestatal.

El desarrollo socioeconómico de un país está directamente vinculado con el óptimo funcionamiento de la infraestructura de transporte. Considerando a los puentes como estructuras que influyen en la continuidad del sistema vial [1]. Por eso es importante monitorear la salud de estos, mediante labores de inspección frecuentes enfocados a la detección de daños, para realizar recomendaciones posteriores y evitar el deterioro por falta de mantenimiento.

En el momento que un puente se encuentra en estado crítico por estabilidad estructural y capacidad de carga, se pone en riesgo la seguridad de tránsito en la zona y vidas humanas de los ocupantes, por ello las actividades de supervisión o control generan mitigación de riesgos y evitan catástrofes [2]. Así mismo, el constante monitoreo es fundamental para lograr garantizar la buena salud estructural, optimizar la vida útil y la continuidad del servicio [3].

Se debe agregar que, estas estructuras se encuentran expuestas a los efectos climáticos y son altamente susceptibles al deterioro ocasionado por aspectos ambientales. Con base a los antes mencionado, en la actualidad existen varios procesos para evaluar su estado [4]. Estos análisis se basan en las características de los materiales, tipología estructural y criterios de resistencia que permiten identificarlos mediante modelos aplicados en la inspección [5].

Se le considera a la inspección como una actividad de alto grado de complejidad, por lo que debe realizarse de una manera organizada y sistemática, ya que de esta depende la percepción del deterioro y las acciones preventivas o correctivas a ser acatadas [6], [7]. No obstante, el actual avance tecnológico en el campo de la ingeniería ha permitido mitigar y brindar soluciones de forma eficaz a las dificultades, restricciones y generadores de errores [8]. Proporcionando así, diversos dispositivos electrónicos capaces de soportar actividades de monitoreo, como la asistencia de drones con su rol de recolección de datos y a su vez registro fotográfico [9].

Cabe mencionar que, de las ventajas intrínsecas de la metodología de inspección visual para estudiar el deterioro de puentes, estos se pueden evaluar en servicio, permaneciendo intactos y accesibles al público durante el periodo de ejecución de esta actividad [10]. El inspector o técnico responsable del registro debe tener el conocimiento respectivo sobre las diferentes patologías en concreto, que conlleve aspectos importantes como carbonatación, fisuras por oxidación del acero de refuerzo, recubrimientos mínimos y separaciones. Por otro lado, considerando los materiales,

para estructuras en acero el inspector debe tener conocimiento en soldadura, recubrimientos anticorrosivos, recubrimientos ante fuego (fuego vs resistencia del acero) y demás.

Los puentes ubicados sobre el río Burgay de la ciudad de Azogues, son de diferentes tipos y conllevan varias características según su diseño, en los cuales se tiene:

- Puente en arco con mampostería. – Se encuentra conformado por bóvedas cilíndricas, análogas al medio cañón románico, aunque en ellas predomina la dimensión longitudinal sobre la transversal, y por ello el efecto bóveda es mínimo, en analogía con los arcos lineales [11]. Tal cual se observa el puente P1.
- Puente tipo viga de concreto reforzado. – Sus tramos se encuentran simplemente apoyados (una o varias luces). Su desventaja se encuentra en el mayor número de juntas y dispositivos de apoyo [12]. Tal cual se observan los puentes P2 y P5.
- Puente tipo arco de hormigón armado. – Gracias a su forma, salva una determinada luz, resistiendo los esfuerzos debidos a las cargas que actúan sobre él, mediante un mecanismo estructural donde predominan las compresiones, evitando esfuerzos de flexión o reduciendo deformaciones al mínimo [13]. Como se observan los puentes P3 y P6.
- Puente mixto. – Esta estructura es una colaboración del acero y hormigón, más la combinación de estructura de puentes tablero sobre vigas. Se encuentra constituida de una parte inferior de vigas metálicas y una parte superior en hormigón, en las cuales el acero resiste la tracción y el concreto la compresión, efectos desarrollados por la flexión que soportan [14]. Tal cual el puente P4.
- Vigas postensadas. – Los elementos de concreto presforzado han demostrado de manera técnica y económica ser una opción competitiva en el campo de la ingeniería de puentes, tanto de luces

medianas y luces grandes. Actualmente se observa esta técnica en la construcción de todos los puentes y es una de las áreas más exitosas [15]. Tal cual se observa en el puente P7.

Toda estructura requiere mantenimiento, tal y como un vehículo, cada cierto recorrido necesita una revisión, este tipo de sistemas que están influenciados por cargas cíclicas y dinámicas [16], también requieren un proceso rutinario de inspección para garantizar su adecuado comportamiento durante su vida útil. Con esta idea, se realiza el presente estudio para determinar el estado actual de los puentes en esta zona específica, que lamentablemente evidenciaron una falta de atención. Esperamos en que en un futuro cercano reciban el tratamiento que se merece para garantizar un adecuado comportamiento estructural y vida útil.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron para el desarrollo de la inspección preliminar de las estructuras son los siguientes:

- Cámara fotográfica, Nikon P500.- Que nos permitió levantar información a distancia con una calidad de imagen aceptable.
- Flexómetro.-Con el objeto de medir los elementos y obtener detalles específicos de estas estructuras.
- GPS portátil, Garmin 65s.- Este equipo proporciona servicios confiables de posicionamiento, navegación mediante satélites y cronometría.
- Drone, ATTOP 1080P FPV.-Permite capturar de una manera rápida y eficaz las fotografías en terrenos inaccesibles. En especial debajo del puente P4.

- Computador. – Es una herramienta muy importante para facilitar el registro de los datos obtenidos en campo.
- Elementos de seguridad. – Su uso es de gran relevancia para lograr prevalecer la protección de los inspectores o técnicos encargados del análisis. Tomando en cuenta que una gestión de seguridad comprende las funciones de planificación, identificación de áreas, coordinación, control y dirección de las actividades de prevención en la obra, todas ellas con el fin de salvaguardar de los accidentes y aspectos relacionados. Para que esto se efectivo se persigue tres objetivos: lograr un ambiente fiable; hacer que el trabajo sea seguro y hacer que las personas tengan conciencia de la seguridad[17].

B. Metodología.

La metodología empleada en la investigación es de forma descriptiva, la cual permite analizar características, objetivos y problemas de estudio para definir su naturaleza. A su vez realizar inventarios donde se puedan agrupar las anomalías encontradas en el lugar

de investigación. De esta manera se pone en manifiesto todos los conocimientos teóricos y metodológicos empleados [18].

Como punto de partida, se inicia con el reconocimiento visual mediante inspecciones, con la finalidad de estudiar minuciosamente la estructura e identificar sus respectivas patologías encontradas, estos factores comprometen la salud estructural que pueden afectar a los siete puentes de estudio.

La elaboración de fichas técnicas es de suma importancia debido a que es un documento que describe las características

principales de lo investigado, aportando información detallada mediante tablas [19].

Es necesario indicar los aspectos tomados en cuenta para la elaboración de la tabla, que permite identificar los puentes estudiados, estos son principalmente:

- Nominación.
- Ubicación.
- Material.
- Forma.
- Luz.
- Alturas.

NOMINACIÓN	UBICACIÓN	MATERIAL	FORMA	LUZ
P1	Av. Andrés F. Córdova y Av. Ignacio Neira	Mampostería	Arco	26.85 m
P2	Av. Ignacio Neira y C. 10 de agosto	Hormigón armado	Vigas y tablero	29.35 m
P3	Av. Andrés F. Córdova y Av. General Enríquez	Hormigón armado	Arco	28.65 m
P4	Av. Aurelio Jaramillo y Av. Andrés F. Córdova	Hormigón armado y Acero	Vigas y tablero	39.60 m
P5	Av. Ernesto Che Guevara y Av. Hermano Miguel	Hormigón armado	Vigas y tablero	23.80 m
P6	Av. Miguel de Unamuno y Av. 16 de abril	Hormigón armado	Arco	41.50 m
P7	Av. 16 de abril	Hormigón armado y vigas postensadas	Vigas Postensadas y tablero	36.60 m

Las patologías en puentes son condiciones anormales que comprometen la seguridad y funcionamiento de estas estructuras. Se manifiestan en diferentes elementos que los componen y pueden darse por distintas causas; generalmente por agentes ambientales que deterioran su resistencia, apariencia y durabilidad en el tiempo [20].

Según las inspecciones realizadas, se encontraron las patologías descritas a continuación:

- A. Humedad.- Constituye prácticamente el enemigo número uno de toda construcción, su integridad se va socavando lenta pero incesantemente hasta el extremo de que puede arruinar la obra de forma total e irreversible. Constituye una gran amenaza y debe evitarse su aparición, acudiendo a las protecciones adecuadas en cada caso [21].
- B. Carbonatación - Proceso lento de reducción de la alcalinidad del hormigón, de pH aproximadamente 12,5 a valores inferiores a 9, debido en la mayoría de los casos a la reacción del CO₂ presente en la atmósfera con los componentes alcalinos de la fase acuosa del hormigón, creando un “frente carbonatado” que al llegar a la armadura la despasiva ocasionando la corrosión generalizada de dicha armadura [21].
- C. Fatiga. - Proceso en el que un material está sometido a ciclos de tensiones alternantes. Los fallos por fatiga comienzan con microgrietas preexistentes, que luego se propagan por efecto de los ciclos de tensiones hasta producir una fractura frágil. La concurrencia de fatiga y corrosión acelera el fallo [21].
- D. Corrosión.- Cualquier tipo de heterogeneidades, bien sea del metal, del medio agresivo o de las condiciones de exposición, que generen diferencias de potencial entre áreas metálicas próximas creando micropilas locales o macropilas [21].
- E. Vegetación.- La presencia de vegetación en los puentes puede tener efectos positivos como negativos. Dentro de los beneficios incluye la reducción del impacto del viento y la mejora del paisaje. Esto si la vegetación es aledaña a la estructura. Pero, es importante reconocer que también puede causar problemas significativos en la integridad y funcionamiento de los puentes como, por ejemplo: daños en la infraestructura, obstrucción de drenaje, riesgo para la seguridad vial, entre otros [22].
- F. Imperfección por mal vibrado.- Síntomas presentes en varias zonas de la estructura, ocasionado por un mal proceso constructivo [23].
- G. Falta de neoprenos.-Una de las principales consecuencias de la ausencia de neoprenos es la limitada capacidad de movimiento de los elementos del puente. Estos permiten la flexibilidad necesaria para adaptarse a cambios como la dilatación térmica, los asentamientos o las vibraciones. Sin ellos, los componentes estructurales pueden verse restringidos en su capacidad de movimiento, lo que puede generar tensiones y deformaciones indeseables [23],[24],[25].
- H. Junta de Dilatación: Son indispensables para garantizar la vida útil y la durabilidad de estas estructuras, cuando se instalan de forma incorrecta o reciben un mantenimiento insuficiente, estas pierden su capacidad de dilatarse y contraerse, comprometiendo la integridad estructural de todo puente [26].

C. Clasificación de patologías.

N PUENTE	PATOLOGÍAS							
	A	B	C	D	E	F	G	H
P1	X				X			X
P2	X	X			X			X
P3	X				X	X		
P4		X	X	X				X
P5								X
P6	X	X			X			X
P7	X				X			

III. RESULTADOS

A. Puente 1.



Figura 1: Puente 1.

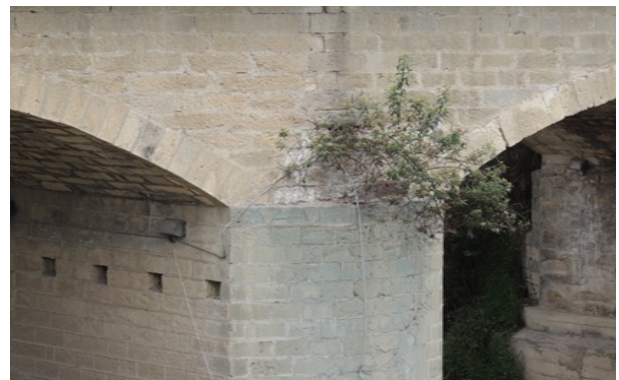
La figura 1 corresponde al puente P1, presenta varios tipos

de patologías como se puede observar en la figura 1 (a) Humedad, en estructuras de mampostería, la humedad puede llevar a limpiar las partículas finas del material cementante, generando un deterioro en la pega. La figura 1(b) Vegetación, las raíces pueden ocasionar grietas en las juntas de los mampuestos, lo

que debilita la pega. Por ende, es necesario un mantenimiento, para garantizar su vida útil y prevenir fallas.



(a) Humedad.



(b) Vegetación.

Figura 2: Detalle de Puente 1.a) Humedad presente por de bajo del tablero y columnas. b) Vegetacion presente en las columnas.

B. Puente 2.



Figura 3: Puente 2.

La figura 3 corresponde al puente P2, presenta algunas patologías como se puede observar en la figura 3 (a) Humedad, en las estructuras va generar una degradación de los materiales cementantes. La figura 3(b) Carbonatación, su presencia representa una pérdida del pH del acero de refuerzo provocando fisuras o grietas figura 3(c) Fatiga, figura 3(d) Vegetación. Al ser un puente muy utilizado por su ubicación llama mucho la atención la falta de mantenimiento.



(a) Humedad.



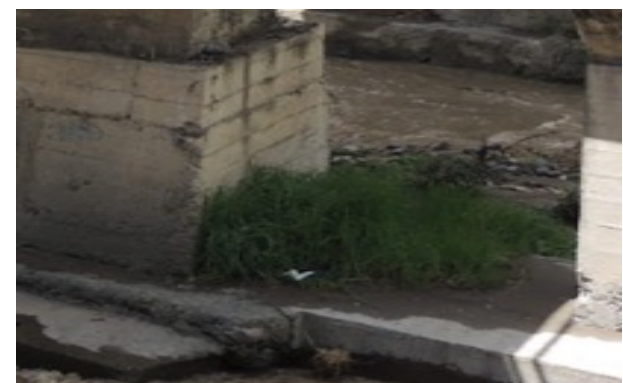
(b) Corrosión.



(c) Fatiga.



Figura 4: Detalle de Puente 2. a) Humedad presente en las vigas del puente. b) Corrosión presente en acero de refuerzo en estructura de guardavía. c) Deflexión permanente en vigas. d) Presencia de vegetación en estructura de pila.



(d) Vegetación.

C. Puentes 3.

En la figura 5 se muestra al puente P3, presenta varios tipos de patologías en la mayoría de sus elementos los cuales se puede observar en la figura 5(a) Humedad, que va socavando lentamente la integridad de la estructura. La figura 5(b) Vegetación, su presencia provoca daños en las infraestructura y obstrucción de drenajes, de esta forma las claras muestras de grietas. La figura 5(c) Imperfección por mal vibrado, resultado de un proceso constructivo erróneo.



(a) Humedad.



(b) Vegetación.

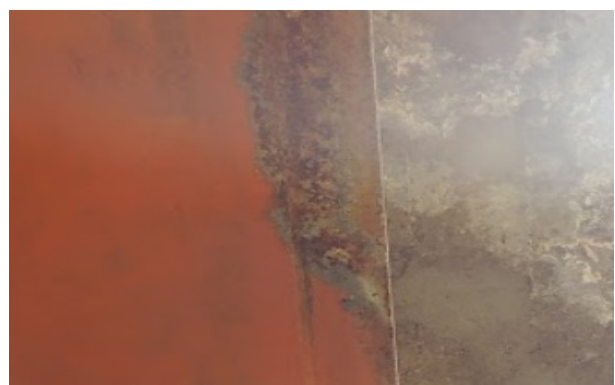


(c) Imperfección por mal vibrado.

Figura 6: Detalle de Puente 2. a) Humedad presente en las vigas y parte inferior del tablero del puente. b) Vegetación en la parte inferior de las columnas c) Imperfección por mal vibrado a lo largo de la parte inferior del tablero.

D. Puente 4.

En la figura 7 se muestra al puente P4, presenta varios tipos de patologías como se puede observar en la figura 7(a) Corrosión, va generando el deterioro de los materiales creando macropilas locales o micropilas. La figura 7(b) Carbonatación, afecta el funcionamiento estructural por la pérdida de resistencia a la carga. La figura 7(c) Fatiga, es el resultado de la acumulación de daños causados por la actuación de ciclos no uniformes, lo que hace evidente leves deformaciones a lo largo de las vigas. La figura 7(d) Falta de juntas de dilatación, lo que provoca baja resistencia, elasticidad y durabilidad. Este es uno de los puentes que más riesgo presenta debido a los altos niveles de vibración por impacto que se generan en la estructura al momento que los vehículos transitan.



(a) Corrosión.



(b) Carbonatación.



(c) Fatiga.



(d) Falta de juntas de dilatación.

Figura 8: Detalle de Puente 4. a) Corrosión presente en las vigas. b) Carbonatación en la parte inferior del tablero. c) Fatiga en las vigas laterales. d) Falta de juntas de dilatación.

E. Puente 5.



Figura 9: Puente 5.

La figura 9 corresponde al puente P5, el cual presenta en su estructura una patología como se puede observar en la figura 9(a) Falta de juntas de dilatación, lo que ha generado la presencia de fisuras.



(a) Falta de juntas de dilatación

Figura 10: Detalle de Puente 5. a) Falta de juntas de dilatación, causantes de las fisuras en la calzada del carril en dirección a Mirasol.

F. Puentes 6.



Figura 11: Puentes 6.

La figura 11 corresponde al puente P6, por ser una estructura recientemente construida presenta un mínimo número de patologías que se observan en la figura 11 (a) Humedad, en las estructuras va generar una degradación de los materiales cementantes con el pasar del tiempo. La figura 11(b) Vegetación, su presencia provoca daños en las infraestructura y obstrucción de drenajes. La figura 11(c) Corrosión, va generando el deterioro de los materiales creando macropilas locales o micropilas.



(a) Humedad.



(b) Vegetación.



(c) Carbonatación.

Figura 12: Detalle de Puentes 6. a) Humedad presente en el tablero, b) Vegetación, en la parte inferior de las columnas, c) Corrosión en lun de los extremos del puente en dirección de la Av. 16 de Abril.

G. Puentes 7.



Figura 13: Puentes 7.

La figura 13 corresponde al puente P7, es una obra recientemente construida, que cuenta con dos estructuras la una tiene el carril que conduce de norte a sur y la otra de sur a norte, pero por efectos del mal climático ha sufrido daños, por otro lado, presenta un mínimo número de patologías que se observan en la figura 13 (a) Humedad, figura 13(b) Vegetación figura 13(c) Juntas de dilatación mal colocadas. La falta de remoción de escombros resultado de las numerosas crecidas del río pone en riesgo su vida útil.



(a) Humedad.



(b) Vegetación.



(c) Juntas de dilatación mal colocadas.

Figura 14: Detalle de Puente 7. a) Humedad presente en el tablero y apoyos, b) Vegetación, en la parte inferior de las columnas y apoyos c) Juntas de dilatación mal colocadas por ello las fisuras.

IV. DISCUSIÓN

Se observa una junta de dilatación entre vía y puente solo en los puentes P3 y P7. Llama la atención que solo estos dos puentes presenten esta junta, que permite disminuir los golpes o acciones mecánicas entre el tablero del puente y los estribos de apoyo, esto de manera horizontal. Se asume que por ser los puentes más nuevos (según información verbal de las autoridades locales) si poseen esta tecnología.

Llamó la atención que el gobierno local no cuenta con una información detallada del año de construcción, planos y detalles generales de los puentes en estudio, en especial de los puentes antiguos, solo se nos informó que se tiene información completa de los puentes P6 y P7. Como recomendación, sería importante que el gobierno local levante información de los puentes restantes para poder monitorear la salud estructural de los mismos.

Se observa que los puentes de estudios manejan de manera general la escorrentía de agua lluvia, con tubería que cruza la estructura de tablero, evacuando las aguas de la superficie, pero sin garantizar un gotero en la parte inferior, por ello el agua por capilaridad se queda en contacto con la parte inferior del tablero o con las vigas, generando una humedad localizada, que en las fotografías se observa como una mancha gris a negra. Esto afecta la durabilidad de la estructura.

Otro punto a discutir es la ausencia de neoprenos para asentar las vigas de los puentes sobre los estribos. La falta de una estructura como el neopreno puede ocasionar esfuerzos de cortante en los elementos de contacto, que debido a la vibración y carga cíclica que presentan los puentes, tanto vigas como estribos pueden fisurarse. El problema posterior a estas fisuras, aparte de perder capacidad portante, es generar el camino hacia el acero de refuerzo, donde el ambiente húmedo que representa estar sobre un río, mas los contaminantes de CO₂ del ambiente, generan corrosión en los aceros de refuerzo. Una estructura de concreto reforzado con varillas oxidadas generan una estructura vulnerable.

Conociendo la realidad de la empresa de transporte urbano, quienes tuvieron que cambiar de ruta para minimizar las cargas sobre el puente, debido a una restricción municipal; nos llama la atención esta petición o manera de control. Se entiende que buscan alargar la vida útil del puente P4, disminuyendo cargas, pero la restricción no es completa, puesto que durante la evaluación del puente se observó el paso de vehículos pesados como Mixer y volquetas de 8 y 12 m³. Por lo tanto, esta restricción no sería efectiva. Pero, por otra parte, pensamos que la solución propuesta no es la adecuada, debería llevarse a cabo un estudio para repotenciar el puente, esto si garantiza una mejor respuesta estructural y vida útil [27]

Finalmente, el Río Burgay presenta crecidas de caudal abruptas, que durante la historia ha generado cambios de eje y arrastre de material. Esto se evidencia en los puentes P6 y P7. A pesar que la última crecida del Río Burgay fue en Abril 2022, hasta la fecha se observa material de arrastre y desprendimiento de estribo del puente antiguo ferroviario, que ponen en riesgo la estructura. Esto da a pensar que no ha existido una limpieza de la zona previa al puente.

V. CONCLUSIONES

La investigación realizada muestra una falta de mantenimiento de todos los puentes analizados, debido a la presencia de vegetación, humedad y carbonatación, los autores recomendamos a las autoridades y departamentos encargados, que se organice una inspección minuciosa y se programe un mantenimiento correctivo.

Posterior al mantenimiento correctivo, que elimine las patologías identificadas, se recomienda un mantenimiento rutinario de por lo menos una vez al año, que permita alargar la vida útil de estas estructuras importantes de la ciudad.

Es importante que las autoridades tengan información detallada de los puentes construidos, saber las características mecánicas de los materiales, año de

construcción, etc. Esto permitiría tener un adecuado manejo de los mantenimientos.

Es fundamental que el gobierno local dedique un presupuesto para el estudio y reforzamiento del puente P4 para repotenciar la estructura y pueda trabajar de manera adecuada. El puente P4 genera demasiadas vibraciones al paso de un vehículo pesado. Esto llevó al grupo de investigación realizar mediciones de vibración que esperamos detallar en un próximo artículo.

Sería importante programar la colocación de neoprenos y juntas de dilatación en todos los puentes, para garantizar un adecuado comportamiento estructural y sistema de amortiguamiento que alargue la vida útil de los puentes estudiados.

Desde el punto de vista de la academia, es interesante la variedad de estructuras, materiales y formas que tienen los puentes sobre el Río Burgay, esto permite conocer y analizar cada tipología, con un ejemplo cercano y accesible para los estudiantes.

RECONOCIMIENTO

Se agradece al departamento de Obras Públicas del GAD Municipal de Azogues por la información ofrecida. De igual forma a la Universidad Católica de Cuenca campus Azogues por las fotografías y el Dron que permitieron fotos en el puente P4.

REFERENCIAS

- [1] Y. Maki, T. M. Ha, S. Fukada, K. Torii, and R. Ono, "Current Status of Degraded Road Bridge Slab Located in Mountainous Area," in *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, Sep. 2018. doi: 10.1051/mateconf/201820601019.
- [2] L. Tang, "Maintenance and inspection of fiber-reinforced polymer (Frp) bridges: A review of methods," *Materials*, vol. 14, no. 24, Dec. 2021, doi: 10.3390/ma14247826.
- [3] J. M. Djoković, R. R. Nikolić, J. Bujnák, and B. Hadzima, "Estimate of the steel bridges fatigue life by application of the fracture mechanics," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Sep. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/419/1/012010.
- [4] T. Omar and M. L. Nehdi, "Condition assessment of reinforced concrete bridges: Current practice and research challenges," *Infrastructures (Basel)*, vol. 3, no. 3, Sep. 2018, doi: 10.3390/infrastructures3030036.
- [5] P. Alonso Medina, F. J. León González, and L. Todisco, "Data-driven prediction of long-term deterioration of RC bridges," *Constr Build Mater*, vol. 317, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125790.
- [6] M. Aliyari, B. Ashrafi, and Y. Z. Ayele, "Hazards identification and risk assessment for UAV-assisted bridge inspections," *Structure and Infrastructure Engineering*, vol. 18, no. 3, pp. 412–428, 2022, doi: 10.1080/15732479.2020.1858878.
- [7] M. Aliyari, E. L. Droguett, and Y. Z. Ayele, "Uav-based bridge inspection via transfer learning," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 20, Oct. 2021, doi: 10.3390/su132011359.
- [8] M. Mandirola, C. Casarotti, S. Peloso, I. Lanese, E. Brunesi, and I. Senaldi, "Use of UAS for damage inspection and assessment of bridge infrastructures," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 72, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.ijdrr.2022.102824.
- [9] A. Ivanovic, L. Markovic, M. Car, I. Duvnjak, and M. Orsag, "Towards autonomous bridge inspection: Sensor mounting using aerial manipulators," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 18, Sep. 2021, doi: 10.3390/app11188279.
- [10] B. Pulido and L. Rico, "Caracterización de las patologías de los puentes peatonales en la localidad de Usaquén' UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA," 2018.
- [11] D. Alquino and R. Hernández, "Manual de construcción de puentes de concreto' FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA," 2004.
- [12] E. Seminario and M. Piura, "GUÍA PARA EL DISEÑO DE PUENTES CON VIGAS Y LOSAS Departamento de Ingeniería Civil," 2004.
- [13] R. L. Acero, "Puentes arco de hormigón. Consideraciones sobre la construcción por avance en voladizo." [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/276353006>
- [14] "Diseño de una superestructura mixta para un puente isostático' UNIVERSIDAD DE CUENCA, FACULTAD DE INGENIERÍA," *Granda, Diego & Macancela, Pedro*, 2010.
- [15] L. Meza, "ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO PRESFORZADO," Tesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua, 2016.
- [16] H. Belmonte, *Puentes*. 1990.
- [17] C. Pinnagoda, "Seguridad, salud y bienestar en las obras de construcción." International Labour Office, 1997.
- [18] O. Oyola, "Guía para la formulación, desarrollo y divulgación de proyectos" *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Facultad de Artes ESCUELA DE ARQUITECTURA Y*

URBANISMO MANUAL para la INVESTIGACIÓN. 2010.

- [19] Á. Luque and M. Seghiri, ““Extracción terminológica basada en corpus para la traducción de fichas técnicas de impresoras,”” 2019.
- [20] J. Corral, ““Patología de la construcción, grietas y fisuras en obras de hormigón. Origen y prevención’ Ciencia y Sociedad,”” 2004, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029104>
- [21] P. Arteaga, ““Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca–Ecuador’ Facultad de Ingeniería,”” Cuenca, 2016.
- [22] I. Del Puente Heredia, D. Y. Patologico Propuesta De Intervención Del Puente Heredia Autor, J. Oliveros Padron, and C. D. T Y C, “EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL.”
- [23] G. Bernal, ““COMPORTAMIENTO DINAMICO DE NEOPRENO EMPLEADO EN COMPUESTOS DE APOYO EN PUENTES,”” Universidad de los Andes, 2006.
- [24] J. Moehle, “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19).” 20019.
- [25] R. Poston, “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14). 2015.
- [26] Escobar and Martinez, “IMPORTANCIA DE LAS JUNTAS DE DILATACIÓN EN PUENTES DE CONCRETO.,” *Productos Técnicos Especializados*, Oct. 06, 2020.
- [27] E. Encalada, ““Plan de Movilidad para el área de influencia del Terminal Terrestre de la ciudad de Azogues,”” Cuenca, 2017.

AUTORES

Nieto-Cárdenas Xavier. Ingeniero Civil y Magister en Construcciones de la Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador. Candidato a Magister en Ingeniería – Estructuras y candidato a Doctor en Ingeniería – Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Docente Universitario de pregrado y posgrado desde 2013. Conferencista nacional e internacional. Experiencia como diseñador y constructor de obras de concreto reforzado, acero, mampostería y madera.

Cárdenas-Portilla Karla. Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Católica de Cuenca Campus Azogues. Biblián – Ecuador.

Espinoza-Défaz Johnny. Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Católica de Cuenca Campus Azogues. Cañar – Ecuador.

Chávez-Yupa Luis. Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Católica de Cuenca Campus Azogues. Tambo – Ecuador.

Recibido: 19/07/2023
Aprobado: 30/04/2024

