



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1452-2023

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTES SOBRE EL RÍO AGUAS ZARCAS RUTA NACIONAL N.º 140



Puente modular



Puente permanente

Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
6 de octubre, 2023



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1452-2023		2. Versión n.º 1
3. Título: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL DE LOS PUENTES SOBRE EL RÍO AGUAS ZARCAS RUTA NACIONAL N.º 140		4. Fecha del Informe 6 de octubre del 2023
5. Organización y dirección: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500		
6. Palabras clave Puentes red vial nacional, Informe de inspección especial, EIC-Lanamme-INF-1452-2023, Ruta Nacional n.º 140, Puentes sobre río Aguas Zarcas, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de <i>inspección especial</i> de los puentes sobre el río Aguas Zarcas en la Ruta Nacional n.º 140 es un producto de las inspecciones de puentes existentes que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este informe se realiza en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la Ley n.º 8114. Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr . Este informe de inspección de puentes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR. La firma n.º 11 no se encuentra dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección e informe por: Inspector nivel 1 - Unidad de Puentes	9. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	10. Revisado y aprobado por: Coordinador Unidad de Puentes y Coordinador a.i. del Programa de Ingeniería Estructural
11. Revisión legal por: Asesor legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1452-2023

Código: RC-471 – Vers.: 04 - vigente desde 15/12/2021

Página 4 / 42

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* de los puentes sobre el río Aguas Zarcas, ubicados en el kilómetro 13,525 de la Ruta Nacional n.º 140. Las estructuras en cuestión corresponden a un puente permanente de vigas de acero tipo cercha y un puente modular tipo Bailey de carácter temporal.

Durante la inspección en el puente permanente, se observaron deficiencias en condición alarmante (5), ya que se observó pérdida significativa de material frente al bastión n.º 2. Dicha pérdida se extiende en un 100 % del elemento y la placa de cimentación se encuentra expuesta, aunque no ha perdido contacto con el terreno (ver Tabla 5.1). En el puente modular se observaron deficiencias en condición regular (3), ya que se observó remoción de material por debajo de los sistemas de protección contra socavación del puente (ver tabla 5.2).

Con base en los resultados obtenidos de la inspección, se recomienda incluir las estructuras en un programa de atención que incluya actividades de *conservación* en tanto se diseña y adjudica la nueva estructura ampliada (ver Tablas 8.1 y Tabla 8.2). Entre las recomendaciones hechas ya se trabajó en unas y en otras se está trabajando continuamente según se informó en el oficio DRHN-02-2023-0616 (655) CONAVI (2023) y se detalla en la Tablas 8.1 y la Tabla 8.2.



Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS	11
3. ALCANCE DEL INFORME	12
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PUENTES	13
5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	19
5.1. DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO DEL PUENTE PERMANENTE: SISTEMAS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA, DEL COMPONENTE: SISTEMAS DE PROTECCIÓN	19
5.2. DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO DEL PUENTE MODULAR: SISTEMAS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA, DEL COMPONENTE: SISTEMAS DE PROTECCIÓN 21	
6. OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE LOS PUENTES 22	
7. CONCLUSIONES.....	24
8. RECOMENDACIONES	26
8.1. RECOMENDACIONES INMEDIATAS:.....	26
8.2. EN EL MEDIANO PLAZO:.....	28
9. REFERENCIAS.....	31
ANEXO 1 GLOSARIO	34
ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	39



Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* de los puentes sobre el río Aguas Zarcas en la Ruta Nacional n.º 140 es un producto de las inspecciones de puentes en servicio que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) y se realiza en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según el artículo 6 de la Ley n.º 8114.

En el caso de puentes que exhiben daños significativos y que ameriten una intervención inmediata, la Unidad de Puentes realiza una *inspección especial* con el fin informar sobre los daños observados que pongan en peligro la seguridad de los usuarios y la continuidad del servicio público.

La *inspección especial* se realizó con base en la norma técnica “Manual de Puentes de Costa Rica 2020 Tomo I (MP-2020)” que la Unidad utiliza con el fin de cumplir con las responsabilidades legales que le han sido encomendadas.

En dicho Manual, en el punto “vi” de la sección 3.2, se define la *Inspección Especial* de la siguiente forma:

“Es una inspección no programada que se realiza a discreción de la Organización, para monitorear deficiencias conocidas, confirmar sospechas o notificaciones de daños, o para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tiene defectos. En algunas ocasiones se realiza porque personas ajenas a la Organización, notifican sobre alguna irregularidad observada en la estructura de puente. La Inspección especial es realizada por un(a) Inspector(a) Nivel III junto con otro(a) ya sea Inspector(a) Nivel I, Inspector(a) Nivel II o Inspector(a) Nivel III, o un(a) experto(a) en el uso de algún equipo o método en particular.”

La *inspección especial* de los puentes se llevó a cabo el día 27 de julio del 2023 a raíz del embate de una cabeza de agua tras fuertes lluvias experimentadas en la zona. Las estructuras



en cuestión corresponden a un puente permanente de vigas de acero tipo cercha y un puente modular tipo Bailey de carácter temporal.

A lo largo del documento, se presentan términos en *itálica* que están definidos en el Glosario incluido en el Anexo 1 de este informe.



2. OBJETIVOS

El objetivo general es realizar una *calificación de la condición* de los elementos y componentes de los puentes considerando las *principales deficiencias* identificadas mediante el uso de los criterios establecidos en el MP-2020, con el fin de que este sea incluido en un programa de intervención.

Los objetivos específicos son:

- a) Describir de manera general los puentes con base en la información de inventario disponible.
- b) Identificar, presentar y analizar las *principales deficiencias*, encontradas a partir de la visita al sitio, en distintos elementos de los puentes según se enlistan en el alcance de este informe.
- c) Proporcionar recomendaciones generales en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos con deficiencias en los puentes evaluados, con base en su *calificación de la condición*.



3. ALCANCE DEL INFORME

Se realizó una inspección visual en sitio de todos los elementos accesibles de ambos puentes y se reportan en el presente informe las principales deficiencias observadas, las cuales se encuentran en los siguientes elementos:

- Elementos pertenecientes al componente Sistemas de protección de ambos puentes:
 - Sistemas de protección hidráulica.

El informe no contempla la revisión de información relevante incluida en los planos de diseño y construcción del puente, ya que dicha documentación no estaba disponible. Sí se dispuso de los formularios de *inspección de inventario* e *inspección rutinaria* del puente permanente (CONAVI, 2015), mas no se tuvo acceso a la del puente temporal. Dichos formularios se obtuvieron del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).

La *inspección especial* realizada por la Unidad de Puentes se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr.



4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PUENTES

En esta sección se recopila la siguiente información del puente permanente de vigas de acero tipo cercha y el puente modular tipo Bailey de carácter temporal inspeccionados: características generales de la ubicación de los puentes y de la ruta a la que pertenecer (ver Tabla 4.1), ubicación geográfica (ver Figura 4.1), vista desde línea centro y vista lateral (ver Figura 4.2 y Figura 4.3 respectivamente), identificación utilizada para elementos de los puentes en vista en planta y vista en elevación (ver Figura 4.4) y características generales del puente permanente (ver Tabla 4.2) y del puente modular (ver Tabla 4.3)

Tabla 4.1. Características generales de los puentes y de la ruta en la que se ubica

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Alajuela, San Carlos, Aguas Zarcas
	Coordenadas (WGS84)	10° 22' 33"N de latitud / 84° 21' 08" O de longitud
	Río que cruzan	Río Aguas Zarcas
Ruta Nacional en la que se ubican los puentes	Número de ruta	140
	Kilómetro de ubicación	13,585
	Tipo de ruta	Secundaria
	Sección de control	20.662



Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
Adaptado de: Google Maps, (2023)



a)

b)

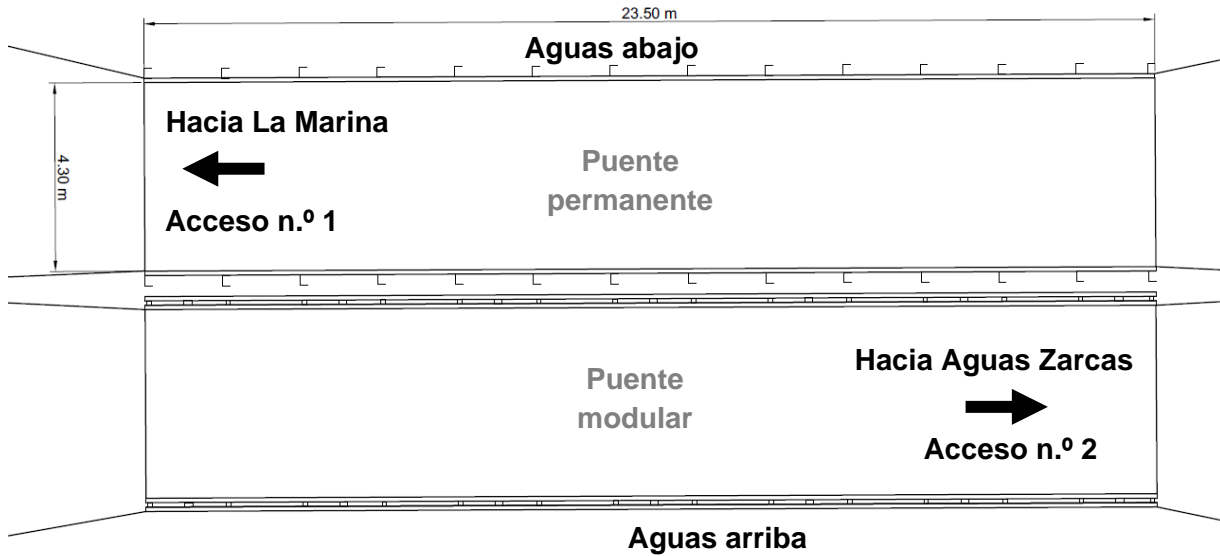
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro de los puentes con sentido hacia Aguas Zarcas: a) puente modular (aguas arriba) y b) puente permanente aguas abajo



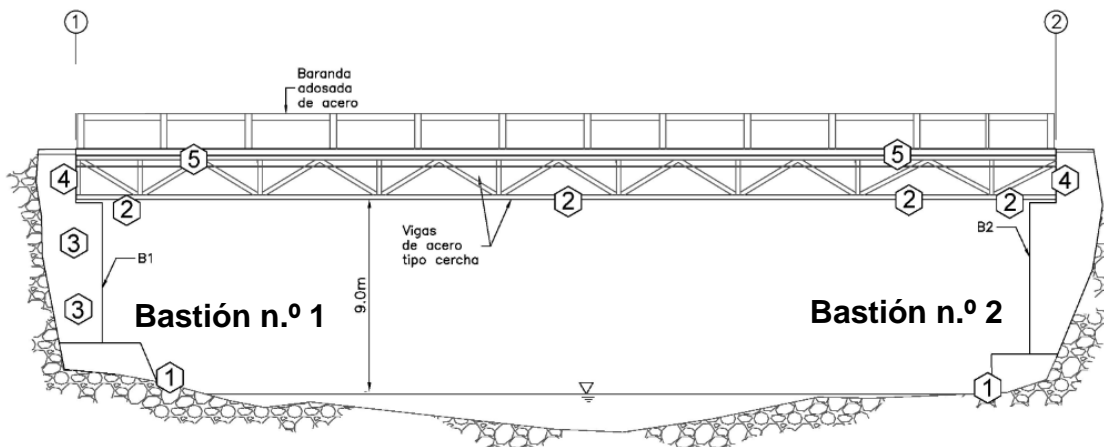
a)

b)

Figura 4.3. Vista lateral de los puentes: a) puente modular (aguas arriba) y b) puente permanente aguas abajo



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación superestructura n°1 aguas abajo

Figura 4.4. Identificación utilizada para los puentes sobre el río Aguas Zarcas indicada en (a) vista en planta y (b) vista en elevación

Adaptado de: CONAVI (2016)



Tabla 4.2. Características generales del puente permanente sobre el río Aguas Zarcas

Adaptado de: CONAVI (2016)

Geometría	Tipo de estructuras	Puente			
	Longitud total entre juntas (m)	23,50 m			
	Ancho total (m)	4,30 m			
	Ancho de calzada (m)	4,30 m			
	Número de tramos	1			
	Alineación del puente	Recto			
	Número de carriles	1			
Superestructura	Número de superestructuras	1			
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura n.º 1, tipo viga con elementos principales en vigas de acero tipo cercha inferior			
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado			
Subestructura	Número de bastiones y pilas	2 bastiones por puente; 0 pilas			
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1, tipo voladizo de concreto reforzado Bastión n.º 2, tipo voladizo de concreto reforzado			
	Tipo de pilas	No aplica			
	Tipo de apoyo en bastiones	No se tiene información			
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica			
	Tipo de cimentación	Bastión n.º 1: superficial Bastión n.º 2: superficial			
Diseño y construcción	Planos disponibles	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> De diseño	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	<input checked="" type="checkbox"/> No
			<input type="checkbox"/> Como quedó construido ("As-Built")	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
			<input type="checkbox"/> De rehabilitación / reforzamiento / ampliación	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
	Año de diseño	No se tiene información			
	Año de construcción	No se tiene información			
	Especificación de diseño original	No se tiene información			
	Carga viva de diseño original	No se tiene información			
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información			
Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información				
Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información				



Tabla 4.3. Características generales del puente modular sobre el río Aguas Zarcas

Adaptado de: CONAVI (2023).

Geometría	Tipo de estructuras	Puente			
	Longitud total entre juntas (m)	42,82 m			
	Ancho total (m)	4,21 m			
	Ancho de calzada (m)	4,21 m			
	Número de tramos	1			
	Alineación del puente	Recto			
	Número de carriles	1			
Superestructura	Número de superestructuras	1			
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura n.º 1, tipo cercha modular de acero de media altura – Tipo Bailey			
	Tipo de tablero	Paneles modulares prefabricados			
Subestructura	Número de bastiones y pilas	2 bastiones por puente; 0 pilas			
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1, no posee Bastión n.º 2, no posee			
	Tipo de pilas	No aplica			
	Tipo de apoyo en bastiones	No se tiene información			
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica			
	Tipo de cimentación	Bastión n.º 1: placa aislada. Bastión n.º 2: placa aislada.			
Diseño y construcción	Planos disponibles	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> De diseño	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	<input checked="" type="checkbox"/> No
			<input type="checkbox"/> Como quedó construido ("As-Built")	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
			<input type="checkbox"/> De rehabilitación / reforzamiento / ampliación	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
	Año de diseño	2020			
	Año de construcción	2022			
	Especificación de diseño original	No se tiene información			
	Carga viva de diseño original	No se tiene información			
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información			
Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información				
Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información				



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en el elemento del puente permanente: Sistemas de protección hidráulica, del componente: Sistemas de protección

En la Tabla 5.1 se presentan las deficiencias observadas en el elemento del puente permanente: Sistema de protección hidráulica del componente: Sistema de protección.

Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en el elemento del puente permanente: Sistemas de protección hidráulica, del componente: Sistemas de protección

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistemas de protección hidráulica [60005]	Socavación de cimentaciones superficiales	Alarmante (5)

Observaciones

Producto de la cabeza de agua que descendió por el cauce del río el día 23 de julio del 2023, existe pérdida significativa de material en las márgenes de este, aguas abajo y aguas arriba de ambos puentes, asimismo se evidencia pérdida de material frente a los bastiones. En el caso del bastión n.º 2 del puente original la pérdida de material frente al bastión se extiende en un 100 % del elemento y la placa de cimentación se encuentra expuesta, aunque, no ha perdido el contacto con el terreno (ver evidencia fotográfica i). Además, en sitio se observó que el flujo del cauce está impactando dicho bastión, lo que podría propiciar que la socavación frente al bastión continúe progresando.

Adicionalmente, y de acuerdo a una nota periodística, existe el riesgo de que se presente nuevas cabezas de agua en el cauce del río (La Nación, 2023), información que se considera de vital importancia, ante la posibilidad de que se incremente la remoción de material en las márgenes del cauce y frente a los bastiones.

Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en el elemento del puente permanente: Sistemas de protección hidráulica, del componente: Sistemas de protección (cont.)

Evidencia fotográfica



(i)



(ii)



5.2. Deficiencias en el elemento del puente modular: Sistemas de protección hidráulica, del componente: Sistemas de protección

En la Tabla 5.2 se presentan las deficiencias observadas en el elemento del puente modular: Sistema de protección hidráulica del componente: Sistema de protección.

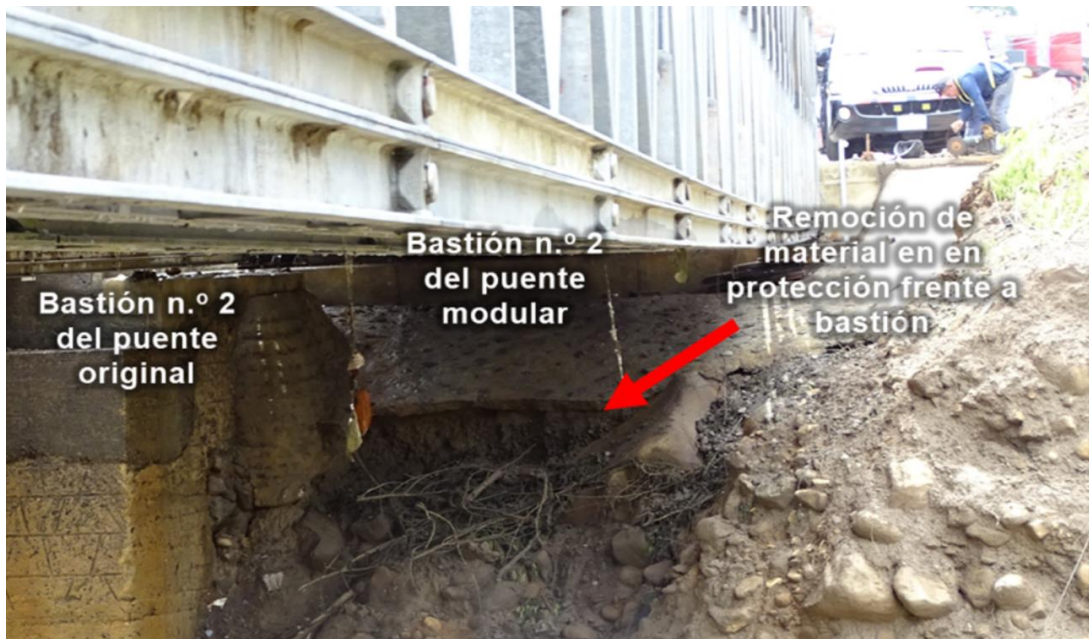
Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en el elemento del puente modular: Sistema de protección hidráulica, del componente: Sistemas de protección.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistemas de protección hidráulica [60005]	Socavación de cimentaciones superficiales	Regular (3)

Observaciones

En el bastión n.º 1 del puente original y en el bastión n.º 2 del puente modular se observa remoción de material por debajo de los sistemas de protección contra la socavación.

Evidencia fotográfica





6. OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE LOS PUENTES

En la Tabla 6.1 se menciona otro aspecto distinto a las deficiencias identificadas a través de la inspección especial realizada, relacionado con la gestión de los puentes.

Tabla 6.1 Aspectos identificados relacionados con la gestión de los puentes

Aspecto identificado de gestión
Intervenciones realizadas en los puentes
Observaciones
<p>Durante la visita al puente se observó maquinaria pesada trabajando en el cauce del río. De acuerdo con la entrevista realizada durante la inspección al funcionario del CONAVI Jorge Cardoza, ingeniero de la zona 6-1 San Carlos, estos trabajos consisten en la limpieza del cauce y el realineamiento actual del cauce con el fin de evitar que el mismo siga impactado la margen del bastión n.º 2 del puente original.</p> <p>Adicional a lo indicado anteriormente, se estaban soldando placas de acero a los dispositivos de apoyos del puente modular, así como ajustando los pernos que se encontraban flojos o con un torque menor a lo requerido. Estas labores se hicieron posterior al gateo y movimiento del puente a su posición original, ya que debido al impacto de la cabeza de agua la estructura se había desplazado 50 mm en dirección aguas abajo (Telenoticias, 2023).</p> <p>Posterior a la visita, a través del oficio EIC-Lanamme-752-2023 el LanammeUCR notificó los daños que ameritaban una intervención inmediata. Ante lo cual se recibió una respuesta por parte del CONAVI por medio del oficio DRHN-02-2023-0616 (655) que detalla las siguientes labores ejecutadas hasta el momento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de ambas estructuras. • Colocación de placas de sujeción en los apoyos. • Colocación de la tornillería y pernos flojos o faltantes. • Realineamiento del cauce. • Restitución de material en las márgenes del río. • Construcción de un colchón de gaviones y lanzado de concreto ciclópeo para protección de las márgenes del río. • Monitoreo periódico del cauce del río y de la socavación en los bastiones de los puentes.



Tabla 6.1 Aspectos identificados relacionados con la gestión de los puentes (cont.)

Aspecto identificado de gestión
Intervenciones realizadas en los puentes
Observaciones
Por otro lado , se indica que de previo a la futura contratación de la sustitución del puente temporal por uno permanente se tomará en cuenta la recomendación de realizar un estudio hidrológico e hidráulico para evaluar la altura libre inferior de la nueva estructura ampliada.



7. CONCLUSIONES

En la Tabla 7.1 y 7.2 se enlistan las *principales deficiencias* por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* de los puentes sobre el río Aguas Zarcas en la Ruta Nacional n.º 140. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) en ambos puentes debido a esas deficiencias.

Tabla 7.1. Elementos con deficiencias en el puente permanente y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencias observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Sistemas de protección hidráulica [60005]	Existe pérdida significativa de material frente al bastión n.º 2. Dicha pérdida se extiende en un 100 % del elemento y la placa de cimentación se encuentra expuesta, aunque no ha perdido contacto con el terreno. Adicionalmente, y de acuerdo a una nota periodística, existe el riesgo de que se presente nuevas cabezas de agua en el cauce del río. Además, se observa remoción de materiales debajo de los sistemas de protección contra la socavación de los bastiones.	Rehabilitación (5)



Tabla 7.2. Elementos con deficiencias en el puente modular y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencias observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Sistemas de protección hidráulica [60005]	Se observa remoción de material por debajo de los sistemas de protección contra la socavación.	Regular (3)



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los responsables de la atención de los puentes por parte del MOPT y CONAVI, realizar las acciones mencionadas posteriormente para evitar el avance de las *principales deficiencias* observadas. Las recomendaciones se dividen en acciones por realizar de forma inmediata, en el corto y el mediano plazo, por cada elemento evaluado de cada puente, o se coloca “general” para recomendaciones que no están asociadas a un elemento de los puentes.

Algunas de las deficiencias mencionadas ya han sido atendidas y en otras se están trabajando en estas, según el oficio recibido DRHN-02-2023-0616 (655), entre las recomendaciones hechas se detalla el status de intervención según el oficio comentado.

8.1. Recomendaciones inmediatas:

Las recomendaciones por realizar de forma inmediata se incluyen en la Tabla 8.1. El periodo inmediato se recomienda que sea aproximadamente dentro los primeros 3 meses después de recibido este informe.

Tabla 8.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente de forma inmediata

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
	Programa de <i>conservación</i>:	
Sistemas de protección hidráulica [60005]	Realizar la restitución del material socavado en los márgenes del río y del material frente a los bastiones. Ante el riesgo de caída de nuevas cabezas de agua se debe monitorear con regularidad la progresión de la socavación en los bastiones del puente, el lecho y las márgenes del río.	Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016) Sección 6.5: Reparaciones en puentes existentes debido a socavación



Tabla 8.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente de forma inmediata (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Sistemas de protección hidráulica [60005] (cont.)	<p>Programa de conservación:</p> <p>Esta recomendación ya ha sido aplicada según el oficio DRHN-02-2023-0616 (655) (CONAVI, 2023)</p>	
General	<p>Gestión del puente:</p> <p>Continuar las labores de limpieza y de realineamiento del cauce del río, asimismo los trabajos de colocación de placas de acero en los dispositivos de apoyo del puente modular y ajuste de pernos.</p> <p>Esta recomendación ya ha sido aplicada según el oficio DRHN-02-2023-0616 (655) (CONAVI, 2023)</p>	<p>Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016). Sección 6.6</p> <p>MCV2015 Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, carreteras y Puentes. Capítulo 6. Sección 602. Limpieza de cauces en puentes.</p>



8.2. En el mediano plazo:

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo se incluyen en la Tabla 8.2. El mediano plazo se recomienda que sea posterior a los 12 meses hasta 24 meses después de recibido este informe.

Tabla 8.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
	Gestión del puente:	
General	<p>Se tiene conocimiento de que el CONAVI tiene planeado la construcción de un puente nuevo ampliado (San Carlos Digital, 2023), por lo que se insta a la Administración a continuar el proceso de diseño y adjudicación de la nueva estructura.</p> <p>Según se indica en el oficio DRHN-02-2023-0616 (655) (CONAVI, 2023) la sustitución del puente temporal estará en proceso una vez que se cuente con herramientas operativas de ejecución y contenidos presupuestarios.</p>	<p>HEC-23 (FHWA, 2009): <i>Bridge scour and stream instability countermeasures: experience, selection, and design guidance.</i></p> <p>MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 617 relacionada con la protección de riberas.</p>



Tabla 8.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
General	<p>Evaluación hidrológica</p> <p>De previo a retomar la sustitución del puente temporal, se recomienda realizar un análisis hidrológico e hidráulico para determinar si se debe aumentar la altura libre inferior de la nueva estructura ampliada, respecto al nivel actual, considerando el nivel de agua máximo alcanzado durante crecidas por eventos hidrometereológicos importantes. Este análisis debe ser realizado por un experto en el área de la hidráulica y de la hidrología.</p> <p>Según se indica en el oficio DRHN-02-2023-0616 (655) (CONAVI, 2023) esta recomendación se tomará en cuenta para la futura sustitución del puente.</p>	<p>Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016) Sección 6.6.</p>



Tabla 8.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Sistemas de protección hidráulica [60005]	<p>Programa de conservación:</p> <p>Proteger con escolleras o enrocados los márgenes del río y el material frente a los bastiones. Importante destacar que, para realizar todas las medidas de mitigación, prevención y atención de la socavación, se debe contar con un diseño que contemple las condiciones del sitio.</p> <p>Esta recomendación, ya ha sido aplicada según el oficio DRHN-02-2023-0616 (655) (CONAVI, 2023)</p>	<p>CR-2020 (MOPT, 2020) – Sección 251 relacionada con la colocación de escolleras y Sección 252 relacionada con construcción de enrocados, pedraplenes especiales y contrafuertes de roca.</p> <p>HEC-23 (FHWA, 2009): <i>Bridge scour and stream instability countermeasures: experience, selection, and design guidance.</i></p> <p>MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 617 relacionada con la protección de riberas.</p>

Estas recomendaciones deben ser evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y *rehabilitación* de la estructura. En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionaron en los puntos anteriores.



9. REFERENCIAS

1. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.)*. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
3. CONAVI (2023). Respuesta oficio EIC-Lanamme-752-2023 Inspección del puente sobre el Río Aguas. Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), Dirección Regional Huetar Norte. San José, Costa Rica: DRHN-02-2023-0616 (655).
4. CONAVI (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puente (SAEP)*. Consejo Nacional de Vialidad, San José, Costa Rica.
5. LanammeUCR (2023) *Puentes Red Vial Nacional. Inventario por disponibilidad de información*. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://gis.lanamme.ucr.ac.cr/arcgis/apps/MapSeries/index.html?appid=1d2e970e87014728888351cacbcc4301>
6. La Nación (2023). Lluvias fuertes podrían detonar nuevas avalanchas en Aguas Zarcas de San Carlos. Disponible en: <https://www.nacion.com/sucesos/desastres/deslizamiento-de-40-hectareas-en-aguas-zarcas-es/IX7QGSWSEJE4RLTQDP2V6BAPTE/story/>. [Consulta del 3 de agosto de 2023].
7. MOPT. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/232>.
8. MOPT. (2020a). *Anuario de información de tránsito 2019*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4318;jsessionid=B8B02ECFB E97C548242C3A33D9C76046>.



9. MOPT. (2020b). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
10. San Carlos Digital (2021). ¡Dos vías! Inició instalación de puente modular sobre río Aguas Zarcas. Disponible en: <https://www.sancarlosdigital.com/dos-vias-inicio-instalacion-de-puente-modular-sobre-rio-aguas-zarcas/>. [Consultado el 3 de agosto de 2023].
11. SIECA. (2015). *Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica de Centroamérica.
12. Telenoticias (2023). Avalancha movió cinco centímetros puente sobre río Aguas Zarcas. Disponible en: https://www.teletica.com/sucesos/avalancha-movio-cinco-centimetros-puente-sobre-rio-aguas-zarcas_339503. [Consulta del 3 de agosto de 2023].
13. Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de márgenes de carreteras*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+SCV+%28Gu%C3%ADa+para+el+an%C3%A1lisis+y+dise%C3%B1o+de+seguridad+vial.pdf/ffb2d49f-bcd4-65ce-3be1-0a3d47b09dea?t=1559256817880>.



Página intencionalmente dejada en blanco



ANEXO 1

Glosario



- **Calificación de la condición:** Es un indicador de desempeño que se utiliza como una herramienta para comunicar a los responsables de la Administración, las partes interesadas y los demás tomadores de decisiones sobre el estado de los elementos y componentes de los puentes y de los puentes de forma global y sobre aquellas estructuras que representan un peligro a la seguridad de los usuarios o a la continuidad del servicio brindado. Está directamente relacionada con los programas de intervención que pueden ser necesarios en los elementos y componentes de los puentes y en los puentes de forma global.
- **Conservación de puentes:** Son las acciones o estrategias que previenen, retrasan o reducen el deterioro de los puentes o de los componentes de puentes, restablecen la función de puentes existentes, mantienen a los puentes en buena condición y extienden su vida útil. Acciones de *conservación* efectivas de puentes son necesarias para retrasar la necesidad de costosas *rehabilitaciones* o acciones de *sustitución*, por medio de la aplicación de estrategias de *conservación* en los puentes mientras estos están en una condición satisfactoria, regular o deficiente (ver tabla B-1) y antes del comienzo de deterioro serio. *Conservación* de puentes incluye actividades de *mantenimiento preventivo* tanto *cíclico* como *basado en la condición* (FHWA, 2018).
- **Evaluación:** Es la determinación de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la *inspección rutinaria* con el fin de brindar una calificación.
- **Inspección de inventario:** Tiene como propósito obtener un registro de las características de gestión básicas del puente, tales como las dimensiones y características de los elementos de la superestructura, subestructura, los accesos y accesorios, las características funcionales, el registro fotográfico, los planos y otros aspectos relacionados con la ubicación y la documentación relacionada con el puente. Se realiza una vez y se repite únicamente si el puente es rehabilitado o sustituido (MP-2020 Tomo I).
- **Inspección rutinaria:** Consiste en realizar observaciones y mediciones en elementos estructurales y no estructurales, accesorios, aspectos hidrológicos-hidráulicos, aspectos



de seguridad vial, aspectos geotécnicos, aspectos sísmicos, accesos, entre otros. Se realiza para determinar la condición estructural y funcional del puente, para identificar cualquier cambio con respecto a la condición inicial del puente, inmediatamente después de construido o con respecto a la condición registrada en inspecciones anteriores, para determinar si la estructura satisface los requisitos vigentes de servicio y para determinar las necesidades de *conservación* y *mejoramiento* para los distintos elementos y componentes del puente y para el puente de forma global. Se realiza regularmente cada 2 años, a menos que la Administración justifique otro intervalo de inspección (MP-2020 Tomo I).

- **Inspección detallada:** Es una inspección que se realiza a profundidad (“*close-up*” como se conoce en inglés) y al alcance de la mano de un inspector (“*hands on*” como se conoce en inglés), de alguno o de la totalidad de los elementos del puente, que tiene como objetivo identificar cualquier deficiencia no detectable a través de los procedimientos de *Inspección rutinaria* o donde se necesite ahondar más en detalle en lo observado. Se requiere de técnicas, equipo, métodos de acceso y análisis especializados para asegurar o profundizar en la existencia, el tipo, la extensión, la severidad o la causa de las deficiencias (MP-2020 Tomo I).
- **Inspección de urgencia:** Inspección que se efectúa tras el acontecimiento de un desastre natural, accidente, evento extraordinario o colapso. Por la naturaleza urgente de este tipo de inspecciones, se realiza una inspección general de la estructura, con el fin de detectar algún problema estructural que pueda poner en peligro el puente o el paso por el mismo y que permita emitir un criterio sobre la condición del puente (CONAVI, 2015).
- **Inspección especial:** Inspección no programada usada para monitorear una deficiencia en particular ya conocida o de la cual se sospecha. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos (AASHTO, 2018).
- **Mantenimiento preventivo:** Es la estrategia planificada de tratamientos costo-efectivos a los elementos de un puente existente para extender su vida útil de servicio. Estas



actividades retardan futuros deterioros y evitan grandes gastos en *rehabilitación* o *sustitución* de puentes. *Mantenimiento preventivo* incluye actividades *cíclicas* o *programadas* y *actividades basadas en la condición* (FHWA, 2018).

- **Mantenimiento cíclico:** Actividades realizadas en un intervalo preestablecido y que buscan preservar las condiciones existentes de los componentes de un puente. La condición de los componentes no siempre es directamente mejorada como resultado de estas actividades, pero se espera que el deterioro sea retrasado (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento basado en la condición:** Actividades realizadas en los componentes de un puente según sea necesario e identificado por medio del proceso de inspección de puentes. Este tipo de acciones mejora la condición de esa porción específica de los elementos, pero podría o no resultar en un incremento en su estado de condición (FHWA, 2018).
- **Mejoramiento de puentes:** Acción de intervención como parte de la gestión de puentes correspondiente a las actividades de *rehabilitación* o *sustitución* de puentes (MP-2020 Tomo I).
- **Principales deficiencias:** Aquellas deficiencias que se considera que representan un riesgo para los usuarios del puente.
- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de defectos de seguridad. La *rehabilitación* no es considerada una tarea de *conservación de puentes*, pero se pueden combinar actividades de *conservación* en varios elementos mientras se lleva a cabo una *rehabilitación*. Estos proyectos requieren recursos significativos de ingeniería para el diseño, un extenso cronograma de ejecución, y un costo considerable (FHWA, 2018).
- **Sustitución:** Es el reemplazo total de un puente estructural o funcionalmente obsoleto, por medio de una estructura construida en el mismo corredor vial. La estructura de reemplazo deberá cumplir los estándares más actuales de geometría, estructurales y



constructivos, requeridos para los tipos y volumen proyectado de tránsito en el puente para su vida de diseño. Al igual que la *rehabilitación*, la *sustitución* no es considerada una actividad de *conservación de puentes*, y requiere recursos de ingeniería para el diseño, un sustancial y complejo cronograma de ejecución, y considerables costos. Costos de ciclo de vida y otros factores económicos deberán usualmente ser considerados cuando se sopesen ambas alternativas de *rehabilitación* y *sustitución* (FHWA, 2018).



ANEXO 2

Criterios para calificar la condición de los elementos evaluados en el puente



La *calificación de la condición* de los elementos de puente se realiza a partir de la severidad y extensión de las deficiencias observadas, de acuerdo con la metodología definida en el capítulo 8 y el Apéndice F del Manual de Puentes de Costa Rica 2020, Tomo I (conocido como MP-2020 Tomo I), el cual, está en proceso de aprobación y oficialización por parte del MOPT. El proceso de *evaluación* se realiza para los elementos del puente que fueron objeto de *evaluación* en la *inspección especial* con el siguiente procedimiento, el cual, no se encuentra dentro del alcance acreditado para la *inspección especial*:

1. Recopilación de información de deficiencias: Se recopila información de las deficiencias en los elementos del puente que fueron objeto de *evaluación* en la *inspección especial*, registrando el tipo, la severidad y la extensión de cada deficiencia observada.
2. Clasificación de los elementos de acuerdo con su función: Los elementos que fueron evaluados se clasifican en una de cuatro categorías, de acuerdo con la función que tengan en el sistema del puente y las posibles consecuencias de una deficiencia severa en el elemento. Esta clasificación define la calificación de condición máxima a la que puede llegar el elemento. Las categorías en las que se clasifican los elementos son las siguientes:

Categoría del elemento	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Elemento funcional secundario	1 (menor)	4 – Deficiente.
2- Elemento funcional primario	2	5 – Alarmante.
3- Elemento estructural secundario	3	5 – Alarmante.
4- Elemento estructural primario	4 (mayor)	6 – Falla inminente.

3. Clasificación de las deficiencias de acuerdo con el nivel de afectación a los elementos del puente: Las deficiencias que se observan en cada elemento se clasifican de acuerdo con el efecto que producen en el elemento donde se encuentren. Esta clasificación también determina la calificación de condición máxima que puede llegar a tener un elemento. Las categorías en las que se clasifican las deficiencias son las siguientes:



Categoría de la deficiencia	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1 (menor)	4 – Deficiente
2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	2 (mayor)	6 – Falla inminente

4. Calificación de la condición de cada deficiencia (Cd): Se asigna una calificación de condición a cada conjunto compuesto por severidad y extensión, teniendo en cuenta las dos clasificaciones que se definieron en los puntos 2 y 3 (función del elemento y efecto de la deficiencia) y la acción de intervención más recomendable para cada grado de daño de la deficiencia que se observó en un elemento particular. La extensión se puede categorizar en rangos, para determinar la *calificación de la condición*. En la Tabla B-1 se describe cada *calificación de la condición* y la acción de intervención recomendada a la que está relacionada.
5. Calificación de la condición de los elementos (CE): Para obtener la *calificación de la condición* de un elemento en particular, se comparan las calificaciones de condición obtenidas para todas las deficiencias que afectan a ese elemento, y se selecciona la calificación mayor. Esto se realiza para cada uno de los elementos del puente que fueron evaluados en la *inspección especial*.

En el informe de *inspección especial* no se busca obtener la *calificación de la condición* global del puente, sino, solamente de los elementos evaluados. Lo anterior, debido a que no se evalúan todos los elementos que componen el puente.



Tabla A2.1. Descripción de los niveles de *calificación de la condición* para elementos y programa de trabajo recomendado para su intervención

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	PROGRAMA DE TRABAJO RECOMENDADO PARA LA INTERVENCIÓN
1 SATISFACTORIA	Elementos sin deficiencias o con deficiencias leves que afectan únicamente la durabilidad del elemento. La estabilidad estructural y la seguridad vial están aseguradas.	- <i>Mantenimiento cíclico</i> de aspectos preestablecidos para el puente.
2 ACEPTABLE	Elementos con deterioros ligeros. Se observan deficiencias leves en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias moderadas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- <i>Mantenimiento cíclico</i> de aspectos preestablecidos para el puente. - <i>Mantenimiento basado en la condición</i> de elementos aplica si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como aceptables.
3 REGULAR	Deficiencias importantes, pero los componentes del puente aún funcionan de forma adecuada. Se observan deficiencias moderadas en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias significativas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- <i>Mantenimiento basado en la condición</i> de elementos.
4 DEFICIENTE	Deficiencias serias, pero, que no llegan a comprometer la estabilidad del puente. Se observan deficiencias moderadas en elementos estructurales primarios o deficiencias significativas en elementos estructurales secundarios o elementos funcionales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa. O bien, se observan deficiencias severas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- <i>Mantenimiento basado en la condición</i> de elementos. - <i>Rehabilitación</i> de elementos aplica si se considera que las acciones de mantenimiento no son efectivas para mejorar la condición del elemento, si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como deficientes.
5 ALARMANTE	La estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente, o a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales secundarios o elementos funcionales.	- <i>Rehabilitación</i> de elementos. - <i>Sustitución</i> de elementos aplica si se considera que las acciones de <i>rehabilitación</i> no son efectivas para mejorar la condición de los elementos.
6 FALLA INMINENTE	Inestabilidad estructural del puente o de sus componentes. Riesgo alto de colapso de la estructura debido a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente. Daño irreversible que posiblemente requiera la <i>sustitución</i> del puente o al menos la <i>sustitución</i> de los elementos dañados.	- <i>Sustitución</i> de elementos. - <i>Sustitución</i> del puente aplica solo si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican con falla inminente.