



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1757-2022

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE SOBRE EL RÍO REVENTADO RUTA NACIONAL N.º 219



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
15 de diciembre, 2022



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1757-2022		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RÍO REVENTADO RUTA NACIONAL N.º 219		4. Fecha del Informe 15 de diciembre, 2022
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 2022, Puentes red vial nacional, Informe de inspección especial, EIC-Lanamme-INF-1757-2022 Ruta Nacional n.º 219, río Reventado, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de <i>inspección especial</i> del puente sobre el río Reventado en la Ruta Nacional n.º 219, 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. Las firmas n.º 11 y n.º 12 no se encuentran dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección e informe por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	9. Inspección y revisión por: Inspector nivel 2 - Unidad de Puentes	10. Revisado y aprobado por: Coordinador Unidad de Puentes
11. Revisión legal por: Asesoría Legal LanammeUCR	12. Aprobado por: Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1757-2022

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

Página 4 / 48

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre el río Reventado, ubicado en el kilómetro 2,452 de la Ruta Nacional n.º 219.

Durante la inspección, se observaron deficiencias en condición Alarmante (5), que evidencian que la estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias en el sistema de arriostramiento del portal, la cuerda inferior de las cerchas de acero, el sistema de arriostramiento horizontal inferior, y el tablero de concreto de la superestructura del puente (ver tablas de la 5.1 a la 5.4, respectivamente).

Con base en los resultados obtenidos de la inspección, se recomienda incluir al puente en un programa de atención que incluya actividades de *conservación* y *mejoramiento* (ver tablas 8.1, 8.2 y 8.3).



Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	OBJETIVOS.....	11
3.	ALCANCE DEL INFORME	12
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	13
5.	PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	17
5.1.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO DE PORTAL DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA TIPO CERCHA	17
5.2.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: CERCHAS (CUERDA INFERIOR) DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA.....	18
5.3.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL INFERIOR DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA TIPO CERCHA.....	19
5.4.	DEFICIENCIAS EN EL COMPONENTE: TABLERO DE CONCRETO REFORZADO.....	21
5.5.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: APOYOS DEL COMPONENTE: SUBESTRUCTURA	23
5.6.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: SEÑALIZACIÓN (ALTURA MÁXIMA) DEL COMPONENTE: SEGURIDAD VIAL.....	25
5.7.	CARGA DE DISEÑO DEL PUENTE	26
6.	OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE.....	27
7.	CONCLUSIONES.....	28
8.	RECOMENDACIONES	30



8.1. RECOMENDACIONES INMEDIATAS	30
8.2. EN EL CORTO PLAZO:.....	33
8.3. EN EL MEDIANO PLAZO:.....	35
9. REFERENCIAS.....	37
ANEXO 1 GLOSARIO	40
ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	45



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Reventado en la Ruta Nacional n.º 219, 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.

Con respecto a la facultad que posee el LanammeUCR para realizar la *evaluación* de los puentes colocados en las vías nacionales, el inciso d) del artículo 6 de la Ley 8114 establece:

“Artículo 6º-Fiscalización para garantizar la calidad de la red vial nacional.

Para lograr la eficiencia de la inversión pública, la Universidad de Costa Rica podrá celebrar convenios con el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) a fin de realizar, por intermedio de su Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, las siguientes tareas:

(...) c) Evaluación bienal de toda la red nacional pavimentada (...).”

A su vez, el artículo 6 del Reglamento específico al artículo 6 de la Ley n.º 8114, Decreto Ejecutivo n.º 37016, emitido por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), señala:

“Artículo 6.- Consideraciones para la auscultación y diagnóstico de puentes.

La evaluación de los puentes de la Red Vial Nacional Pavimentada responderá a una programación anual desarrollada por el LanammeUCR, de acuerdo con su capacidad instalada y tomando en consideración la lista de priorización que se generará en forma conjunta entre el LanammeUCR, CONAVI y MOPT a través de las Direcciones de Planificación Sectorial y de Puentes. La priorización se llevará a cabo con base en criterios técnicos sobre el tipo de estructura e importancia de las rutas, entre otros.”



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 de 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 esta 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* del puente se llevó a cabo el día 07 de noviembre del 2022, a raíz de reportes en medios de comunicación sobre el cierre del puente debido al riesgo de colapso de uno de los elementos (portal de acceso). Al momento de la emisión de este informe, la deficiencia que generó el cierre aparentemente ya había sido atendida y se reabrió el tránsito sobre el puente.

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 del puente 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 el puente 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 del puente según se enlistan en el alcance de este informe.
- c) Proporcionar información sobre la gestión realizada en el puente, relacionada con las labores de atención realizadas en el puente y la respuesta que ha brindado la Administración sobre hallazgos críticos en el puente.
- d) Proporcionar recomendaciones generales en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos con deficiencias en el puente evaluado, con base en su *calificación de la condición*.



3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Reventado en la Ruta Nacional n.º 219 se realizó a raíz del cierre del puente debido al riesgo de caída de uno de sus elementos del sistema de arriostramiento de portal en la zona donde transitan los usuarios de la estructura.

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

- Elementos pertenecientes al componente Superestructura tipo cercha de acero:
 - Sistema de arriostramiento de portal.
 - Cuerda inferior de la cercha
 - Sistema de arriostramiento horizontal inferior.
- Elementos pertenecientes al componente Tablero:
 - Tablero de concreto reforzado
- Elementos pertenecientes al componente Subestructura:
 - Apoyos
- Seguridad vial:
 - Señalización vertical
- Puente (en general):
 - Carga de diseño

El informe contempla la revisión de información relevante incluida en los planos de diseño y construcción del puente (MOPT, 1976; USS, 1974). La validez de los planos fue verificada por medio de comparación entre mediciones directas e indirectas realizadas en sitio de algunos elementos del puente y la dimensión reportada en planos de dichos elementos. También se dispone de los formularios de *inspección de inventario* (CONAVI, 2014) e *inspección rutinaria* (CONAVI, 2021) del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).



Adicionalmente, se presentan comentarios relacionados con lo observado respecto a las actividades de conservación requeridas en el puente, según los hallazgos críticos que se han identificado en el pasado.

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

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

En esta sección se recopila la siguiente información del puente inspeccionado: características generales del puente y de la ruta en la que se ubica (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) e identificación utilizada para elementos del puente en vista en planta y vista en elevación (ver Figura 4.4).

Tabla 4.1. Características generales del puente y de la ruta en la que se ubica

Adaptado de: CONAVI (2014).

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Cartago, Cartago, San Nicolás
	Coordenadas (WGS84)	09°52'52,16"N de latitud / 83°55'12,81"O de longitud
	Río que cruza	Río Reventado
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	219
	Kilómetro de ubicación	2,452
	Tipo de ruta	Secundaria
	Sección de control	30240
Características básicas del puente	Longitud (m)	60,96
	Tipo de superestructura	Cercha de paso inferior
	Número de tramos	1
	Año de construcción	1977
	Cantidad de bastiones y pilas	2 bastiones
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	No aplica
	Tipo de apoyos en bastiones	Bastión n.º 1: apoyo expansivo (tipo balancín) Bastión n.º 2: apoyo fijo de acero
	Tipo de apoyos en pilas	No aplica
Tipo de cimentación en bastiones y pilas	Bastión n.º 1 y n.º 2: superficial	



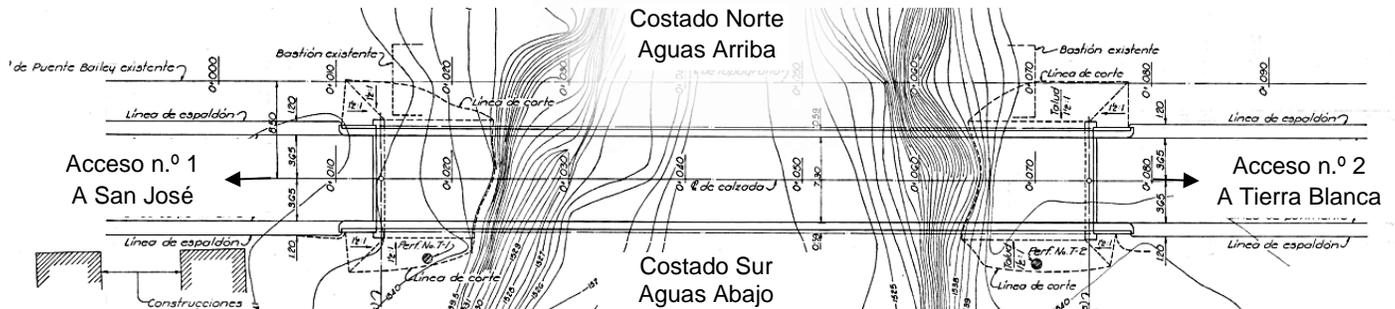
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
Adaptado de: Open Street Maps, (2022)



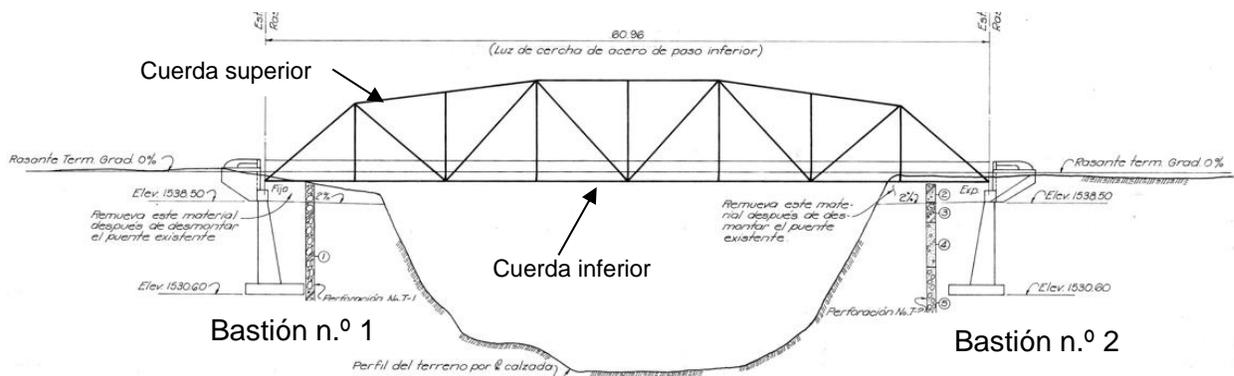
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro del puente hacia Tierra Blanca



Figura 4.3. Vista lateral del costado aguas abajo del puente. Fuente: CONAVI (2021)



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente, la cual coincide con lo indicado en la herramienta SAEP y coincide con la que se utiliza en planos

Adaptado de: MOPT (1976)



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en el elemento: Sistema de arriostramiento de portal del componente: superestructura tipo cercha

En la Tabla 5.1 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Sistema de arriostramiento de portal del componente: superestructura tipo cercha.

Tabla 5.1. Deficiencias identificadas en el elemento: Sistema de arriostramiento (portal) del componente: superestructura tipo cercha.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de arriostramiento de portal	Deformación, impacto	Alarmante (5)

Observaciones

Se observaron deformaciones y desprendimientos de las piezas de acero que conforman el sistema de arriostramiento del portal ubicado frente al acceso n.º 1 del puente (acceso desde San José), debido aparentemente al impacto de vehículos de altura mayor que la altura libre vertical del puente, de 4,50 m.

Los desprendimientos de piezas implican un peligro para los usuarios por la posibilidad de que estas piezas caigan sobre peatones o vehículos. Al momento de la emisión de este informe, los elementos del sistema de arriostramiento de portal ya han sido sustituidos y el paso por el puente ya se encuentra abierto al tránsito de vehículos livianos y autobuses (MOPT, 2022).

Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en el elemento: Cerchas (cuerda inferior) del componente: superestructura.

En la Tabla 5.2 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Cerchas (cuerda inferior) del componente: superestructura.

Tabla 5.2. Deficiencias identificadas en el elemento: Cerchas (cuerda inferior) del componente: superestructura.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Cerchas (cuerda inferior)	Corrosión	Alarmante (5)

Observaciones

Se observó corrosión con pérdida de sección y delaminación por corrosión en aproximadamente el 90 % de las cuerdas inferiores de la cercha. La pérdida de sección es aparentemente menor al 10 % del espesor del elemento.

La pérdida de sección por corrosión es producida por la acumulación de agua, sedimentos y basura en la cuerda inferior del puente, debido a una ausencia de *mantenimiento cíclico* y a deficiencias en los drenajes en las cuerdas. Además, la pérdida de sección en la cuerda inferior puede provocar una reducción en la capacidad de carga del puente.

Evidencia fotográfica





5.3. Deficiencias en el elemento: Sistema de arriostamiento horizontal inferior del componente: superestructura tipo cercha

En la Tabla 5.3 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Sistema de arriostamiento horizontal inferior del componente: superestructura tipo cercha.

Tabla 5.3. Deficiencias identificadas en el elemento: Sistema de arriostamiento horizontal inferior del componente: superestructura tipo cercha.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de arriostamiento horizontal inferior	Conexiones, Corrosión	Alarmante (5)

Observaciones

Se observó la ausencia de elementos del sistema de arriostamiento horizontal ubicado en los extremos de la cercha. La pérdida de estos elementos se ha producido aparentemente por corrosión y por vandalismo, ya que en algunos puntos se observa corrosión severa en las conexiones y en otros se observan elementos cortados con algún tipo de herramienta.

La ausencia de los elementos del sistema de arriostamiento inferior puede reducir la estabilidad lateral de la cercha ante acciones como viento o sismo.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.3. Deficiencias identificadas en el elemento: Sistema de arriostramiento horizontal inferior del componente: superestructura tipo cercha (cont.).

Evidencia fotográfica





5.4. Deficiencias en el componente: Tablero de concreto reforzado

En la Tabla 5.4 se presentan las deficiencias observadas en el componente: Tablero de concreto reforzado.

Tabla 5.4. Deficiencias identificadas en el componente: Tablero de concreto reforzado.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Tablero de concreto reforzado	Grietas en una y dos direcciones	Alarmante (5)
	Desprendimientos	Deficiente (4)

Observaciones

Se observaron grietas en una y dos direcciones con ancho aproximadamente mayor que 1,00 mm, espaciadas a menos de 0,30 m en aproximadamente el 15 % de la superficie superior del tablero de concreto del puente y espaciadas entre 0,30 m y 0,90 m en aproximadamente el 60 % de la superficie superior del tablero.

Algunas de estas grietas sobrepasan todo el espesor del elemento, ya que se observaron eflorescencias en aproximadamente el 10 % de la superficie inferior del tablero donde se presentan grietas en dos direcciones con ancho aproximadamente entre 0,30 mm y 1,00 mm, con espaciamiento de menos de 0,30 m.

En algunos puntos del tablero (aproximadamente el 10 % del área superior), el agrietamiento ha avanzado a desprendimientos del concreto, con profundidad aproximadamente mayor que 25 mm y dimensiones de aproximadamente 150 mm. En las imágenes de la evidencia fotográfica se marcan en rojo los desprendimientos observados.

El agrietamiento de la losa puede producir una flexibilización de la estructura que aumenta las vibraciones y eventualmente puede provocar fatiga en otros elementos de acero del puente. Además, puede avanzar en desprendimientos de mayor espesor que provocaría que los vehículos deban transitar a menor velocidad y deban realizar maniobras para esquivar estas deficiencias en el puente.



Tabla 5.4. Deficiencias identificadas en el componente: Tablero de concreto reforzado (cont.).

Evidencia fotográfica



Grietas en una y dos direcciones en superficie superior

2022 11 07



Grietas en una dirección en superficie superior

2022 11 07



Grietas en dos direcciones con eflorescencia en superficie inferior



5.5. Deficiencias en el elemento: Apoyos del componente: Subestructura

En la Tabla 5.5 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Apoyos del componente: Subestructura.

Tabla 5.5. Deficiencias identificadas en el elemento: Apoyos del componente: Subestructura.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Apoyos	Movimiento, Corrosión	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó obstrucción al movimiento en los apoyos expansivos sobre el bastión n.º 1 y en los apoyos fijos sobre el bastión n.º 2. El apoyo expansivo del costado aguas abajo del bastión n.º 1 se observó obstruido en su totalidad con sedimentos, mientras que el apoyo expansivo del costado aguas arriba estaba cubierto de maleza, situación que no restringe el movimiento. El apoyo fijo del costado aguas abajo del bastión n.º 2 estaba totalmente cubierto de sedimentos, al punto que no fue posible inspeccionarlo, mientras que el apoyo fijo del costado aguas arriba se encontraba obstruido en un 50 % aproximadamente.

Las obstrucciones reducen la capacidad de los apoyos de permitir movimientos de rotación y traslación de la superestructura, lo cual puede generar sobreesfuerzos en los elementos de la cercha de acero.

Además, los tres apoyos que se pudieron inspeccionar, mostraban corrosión con pérdida de sección, que no aparenta estar reduciendo la capacidad de los apoyos. Sin embargo, si la corrosión y pérdida de sección avanza, sí podría reducir la capacidad de carga y afectar el funcionamiento de los apoyos.



Tabla 5.5. Deficiencias identificadas en el elemento: Apoyos del componente: Subestructura (cont.).

Evidencia fotográfica





5.6. Deficiencias en el elemento: Señalización (altura máxima) del componente: Seguridad Vial

En la Tabla 5.6 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Señalización (altura máxima) del componente: Seguridad Vial.

Tabla 5.5. Deficiencias identificadas en el elemento: Señalización (altura máxima) del componente: Seguridad Vial.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Señalización	Señalización de altura máxima	No aplica
Observaciones		
El puente no cuenta con rotulación de altura libre máxima. En sitio se midió una altura libre de 4,50 m, lo cual es mayor a 4,15 m (MOPT, 2003) pero menor a 5,50 m (SIECA, 2011). Aparentemente, por el puente han transitado vehículos con altura mayor que 4,50 m, ya que como se mencionó en la Tabla 5.1, los elementos del sistema de arriostramiento de portal se encuentran desprendidos debido a aparentes impactos vehiculares.		
Evidencia fotográfica		
No aplica		



5.7. Carga de diseño del puente

En la Tabla 5.6, se presentan aspectos relacionados con la carga de diseño del puente.

Tabla 5.6. Aspectos relacionados con la carga de diseño del puente.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Puente (en general)	Carga de diseño	No aplica
Observaciones		
<p>De acuerdo con los planos disponibles (MOPT, 1976), el puente fue diseñado para una carga viva HS15-44 (24,5 t). Esta carga resulta ser un 60 % de la carga viva de diseño HL-93 (41 t, considerando el peso del vehículo HS20-44 y la carga distribuida de carril) (AASHTO, 2020). La carga de diseño HL-93 cubre la mayor parte del peso de vehículos de carga que transitan en Costa Rica.</p> <p>Lo anterior implica que el puente puede tener una capacidad de carga menor a la que transita actualmente y los elementos que lo componen podrían tener sobreesfuerzos que pueden llevar a deformaciones permanentes, agrietamientos, fatiga y fallas locales que podrían llevar al puente a una condición de inseguridad.</p>		
Evidencia fotográfica		
No aplica		



6. OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE

En la Tabla 6.1 se mencionan otros aspectos, distintos a las deficiencias identificadas a través de la *inspección especial* realizada, relacionados con la gestión del puente.

Tabla 6.1 Aspectos identificados relacionados con la gestión del puente desde su puesta en funcionamiento

Aspecto identificado de gestión
Ausencia de <i>mantenimiento rutinario o basado en la condición</i>
Manejo inadecuado de hallazgos críticos
Observaciones
<p>Al momento de la inspección se observa que el puente no ha recibido atención por medio de labores de <i>mantenimiento cíclico o basado en la condición</i>. Lo anterior queda evidenciado en la basura, sedimentos y acumulación de agua sobre las cuerdas inferiores de la cercha de acero, la acumulación de maleza y sedimentos alrededor de los apoyos y la ausencia de reparación de elementos secundarios que se desprendieron o fueron removidos por aparente vandalismo.</p> <p>Por otra parte, la deficiencia en el sistema de arriostamiento de portal, que llevó al cierre del puente, fue detectada en inspecciones realizadas en el año 2021 (Zamora-Coto, et al., 2021) y no fue sino hasta un año después (2022) donde se consideró que la deficiencia era peligrosa e implicaba un cierre preventivo. Lo anterior, refleja un manejo inadecuado de hallazgos críticos que implican riesgos a los usuarios, debido a que no se tomaron acciones inmediatas, esto a pesar de que la Dirección de diseño de vías y puentes informó por medio del Oficio DVP-32-2021-0323 del 20 de julio de 2021 (Zamora-Coto, et al., 2021) de las deficiencias y brindó recomendaciones a las dependencias a lo interno del CONAVI, que podrían realizar los trabajos de reparación requeridos.</p> <p>Además, se presentó una inspección registrada en la herramienta informática SAEP en noviembre de 2021 donde se informa también de la deficiencia observada en el sistema de arriostamiento de portal (CONAVI, 2021), pero se desconocen las acciones que tomó la Administración con esta información.</p> <p>Posteriormente, el 18 de enero de 2022, la Dirección de Puentes del MOPT de nuevo informó de las deficiencias y brindó recomendaciones de intervención por medio del Oficio DVOP-DP-2022-15 (Ramírez-González, 2022) y el informe MOPT-02-10-01-002-2022 (Muñoz-Peralta, Ramírez-González, 2022).</p>



7. CONCLUSIONES

En la Tabla 8.1 se enlistan las *principales deficiencias* por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente sobre el río Reventado en la Ruta Nacional n.º 219. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias.

Tabla 7.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Sistema de arriostramiento de portal	Deformación debido a impacto que ha generado desprendimientos de los elementos y podría caer sobre usuarios.	Alarmante (5)
Cerchas (cuerda inferior)	Corrosión con pérdida de sección generalizada que puede reducir capacidad de carga.	Alarmante (5)
Sistema de arriostramiento horizontal inferior	Elementos cortados en conexiones debido a corrosión y vandalismo, que pueden generar inestabilidad dimensional en el puente.	Alarmante (5)
Tablero de concreto	Grietas en una y dos direcciones que evidencian una reducción en la capacidad de carga del tablero y puede generar flexibilización del puente.	Alarmante (5)
Apoyos	Obstrucciones al movimiento y corrosión que puede afectar el funcionamiento de los apoyos.	Deficiente (4)



Tabla 7.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento (cont.)

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Señalización (altura máxima)	Ausencia de señalización de altura máxima y altura libre menor que 5,50 m (SIECA, 2011), lo cual, ha provocado que vehículos impacten el sistema de arriostramiento de portal	No aplica

Además de lo señalado en la tabla 7.1., se observó que el puente fue diseñado en 1976 (MOPT, 1976) para una carga viva vehicular HS15-44 que representa aproximadamente un 60 % de la carga viva vehicular HL-93, que se utiliza para el diseño de puentes en el 2022. Esto implica que el puente puede tener una capacidad de carga menor que la requerida para soportar el peso de los vehículos que transitan actualmente por el puente.

Hasta el día de la inspección realizada, el puente no aparentaba haber recibido intervenciones de *mantenimiento cíclico o basado en la condición*, que puedan retrasar la progresión de deficiencias como la corrosión de los elementos o la reparación de elementos dañados.

En la atención del puente no se evidencia un buen manejo de hallazgos críticos. Las deficiencias en el sistema de arriostramiento del portal y en las cuerdas de la cercha se habían reportado en informes de inspecciones realizadas en: julio de 2021 por parte de la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI (Zamora-Coto, et al., 2021), en noviembre de 2021, contratada por CONAVI (CONAVI, 2021) y registrada en la herramienta SAEP y en enero de 2022 por la Dirección de Puentes del MOPT (Ramírez-González, 2022). A pesar de esto, no fue sino hasta noviembre de 2022, más de un año después de la primera inspección, que se realizó el cierre preventivo del puente, manteniendo el riesgo mencionado por todo el periodo.



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los responsables de la atención del puente 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, o se coloca “general” para recomendaciones que no están asociadas a un elemento del puente.

La mayor parte de las deficiencias recalçadas en este informe ya se habían reportado en el oficio DVP-32-2021-0323 del 20 de julio de 2021 (Zamora-Coto, et al., 2021) donde la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI remite un informe y recomendaciones relacionadas con la intervención del puente, así como en el informe MOPT-02-10-01-002-2022 (Muñoz-Peralta, Ramírez-González, 2022), remitido por la Dirección de Puentes el 18 de enero del presente año mediante el oficio DVOP-DP-2022-15 (Ramírez-González, 2022), donde igualmente se realizan observaciones sobre la condición de los elementos del puente y recomendaciones de atención. Las recomendaciones brindadas en este informe son un complemento de las brindadas en los documentos citados y buscan que las labores de intervención del puente sean efectivas.

En las recomendaciones que se brindan a continuación, también se indica cuáles ya han sido recomendadas por la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI y por la Dirección de Puentes del MOPT en sus respectivos informes:

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
Sistema de arriostamiento de portal	<p>Programa de conservación:</p> <p>Remover y sustituir los elementos desprendidos en el portal del acceso n.º 1 al puente, con el fin de restituir el paso sobre la estructura (lo cual, ya fue atendido a la fecha de emisión de este informe (MOPT, 2022)).</p> <p>Incluir señales de tránsito antes del puente y sobre el puente que indiquen la altura máxima permitida para los vehículos que pueden transitar a través de la estructura.</p> <p>Esta recomendación, coincide con las que brinda la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI y la Dirección de Puentes del MOPT a corto plazo.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) – Apartados relacionados con reparación de puentes de acero mediante reposición y adición de elementos de acero.</p> <p>Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014).</p>
Sistema de arriostamiento horizontal inferior y	<p>Programa de conservación:</p> <p>Restituir los elementos de arriostre horizontal inferior ausentes, lo cual aparentemente está siendo realizado al momento de emisión de este informe, según los comunicados oficiales del CONAVI (2022) y del MOPT (2022).</p> <p>Esta recomendación, coincide con las que brinda la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI a corto plazo y la Dirección de Puentes del MOPT a corto y mediano plazo.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) – Apartados relacionados con reparación de puentes de acero mediante reposición y adición de elementos de acero.</p>



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

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Sistema de arriostramiento vertical superior	<p>Programa de conservación:</p> <p>Adicionalmente, en los informes de la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI (Zamora-Coto, et al., 2021) y la Dirección de Puentes del MOPT (Muñoz-Peralta, Ramírez-González, 2022) se indica que los elementos diagonales que unen el sistema de arriostramiento horizontal superior a los elementos verticales de la cercha presentan deficiencias por corrosión y se recomendó su sustitución, por lo cual, se recomienda incluir estos elementos en los trabajos de intervención que se están realizando en el puente.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) – Apartados relacionados con reparación de puentes de acero mediante reposición y adición de elementos de acero.</p>



8.2. En el corto plazo:

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 8.2. El periodo de corto plazo se recomienda que sea aproximadamente entre 3 meses y 12 meses después de recibido este informe.

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

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
General	<p>Evaluación estructural:</p> <p>Realizar una evaluación de capacidad de carga viva con el fin de definir si se puede abrir el tránsito a vehículos pesados o si es necesario restringir el peso de vehículos que pueden transitar sobre el puente, mientras se decide realizar las labores de rehabilitación o sustitución.</p> <p>Esta recomendación, no está incluida entre las que brinda la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI y la Dirección de Puentes del MOPT. El CONAVI, solamente brinda una recomendación de limitar el peso de los vehículos que pueden transitar sobre el puente a 13,6 ton, lo cual, es menor que las 24,5 ton a las que corresponde la carga de diseño HS15-44.</p>	<p>The Manual for Bidge Evaluation (AASHTO, 2018)</p> <p>- Sección 6 relacionada con la evaluación de capacidad de carga viva en puentes (conocido en inglés como "Load Rating")</p>



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

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Cerchas	<p>Programa de conservación:</p> <p>Limpiar y proteger los elementos estructurales de la corrosión. Estas labores no implican una mejora en la capacidad de carga del puente.</p> <p>Valorar si es posible realizar estas acciones con la intervención del sistema de arriostramiento que está siendo realizada al momento de emisión de este informe (CONAVI, 2022; MOPT, 2022).</p> <p>Esta recomendación, coincide con las que brinda la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI a corto plazo y la Dirección de Puentes del MOPT a corto y mediano plazo.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) – Apartados relacionados con Limpieza de superficies de acero de puentes con agua a presión y preparación y protección de superficies de puentes.</p>
Apoyos	<p>Programa de conservación:</p> <p>Limpiar los alrededores de los apoyos y protegerlos de la corrosión.</p> <p>Valorar si es posible realizar estas acciones con la intervención del sistema de arriostramiento que está siendo realizada al momento de emisión de este informe (CONAVI, 2022; MOPT, 2022).</p> <p>Esta recomendación, coincide con las que brinda la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI a corto plazo y la Dirección de Puentes del MOPT a corto y mediano plazo.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) – Apartados relacionados con mantenimiento de dispositivos de apoyo en puentes.</p>



8.3. En el mediano plazo:

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo se incluyen en la Tabla 8.3. El periodo de mediano plazo se recomienda que sea aproximadamente entre 12 meses y 24 meses después de recibido este informe.

Tabla 8.3. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
General	Programa de <i>mejoramiento</i> y Evaluación estructural:	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)
	Realizar una evaluación estructural del puente con el fin de determinar las labores de rehabilitación integral que requiere la estructura. La evaluación estructural se recomienda que considere: todos los elementos del puente, las cargas gravitacionales y sísmica y un análisis dinámico para tomar en cuenta las vibraciones del puente.	Lineamientos para mantenimiento de puentes (MOPT, 2007) - Capítulo 7 Diseño, Sección 7.2 medidas correctivas.
	Se recomienda realizar esta evaluación estructural de manera previa a la sustitución del tablero, con el fin de evitar que se presenten deterioros prematuros en el nuevo elemento debido a la interacción con los demás elementos estructurales y así generar acciones de rehabilitación costo efectivas.	Informe LM-PIE-UP-A01-2020_Versión n.º 2: Asesoría al CONAVI para el denominado “Programa de intervención de puentes en estado deficiente” Parte 2: Análisis de costos en el ciclo de vida (Araya-Con, Villalobos-Vega y Castillo-Barahona, 2020)
	Definir las estrategias de rehabilitación de la estructura tipo cercha con base en la evaluación estructural y compararlas con alternativas de sustituir el puente, utilizando un análisis de costo en el ciclo de vida (el cual considera las labores de mantenimiento futuro) con el fin de facilitar la toma de decisiones costo efectivas para la estructura.	



Tabla 8.3. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
General (cont.)	<p>Programa de <i>mejoramiento</i> y Evaluación estructural (cont.):</p> <p>Posteriormente, realizar las gestiones necesarias para rehabilitar o sustituir el puente de acuerdo con los resultados obtenidos de la comparación entre alternativas.</p> <p>Estas recomendaciones coinciden en parte con la que brinda la Dirección de diseño de vías y puentes del CONAVI a mediano plazo, ya que indican la posibilidad de decidir entre rehabilitar el puente o sustituirlo. La Dirección de puentes del MOPT recomienda intervenciones de rehabilitación de la estructura, entre las cuales se encuentra la sustitución del tablero, pero no indica recomendaciones sobre la necesidad de analizar toda la estructura o la posibilidad de que la sustitución del puente sea una opción por considerar.</p>	Ver referencias en la página anterior.

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. Araya-Con, M., Villalobos-Vega, E., Castillo-Barahona, R. (2020). *Asesoría al CONAVI para el denominado “Programa de intervención de puentes en estado deficiente”. Parte 2: Análisis de costos en el ciclo de vida*. Informe n.º LM-PIE-UP-A01-2020_Versión n.º 2. Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica. Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2117>.
4. CONAVI (2014). Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Reportes de inspección de inventario del PUENTE RÍO REVENTADO en Ruta Nacional n.º 27, km 2,452. Disponibles con usuario y contraseña en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/publico/login.xhtml. Consulta del 7 de noviembre de 2022.
5. 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.
6. CONAVI (2021). Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Reportes de inspección rutinaria del PUENTE RÍO REVENTADO en Ruta Nacional n.º 27, km 2,452. Disponibles con usuario y contraseña en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/publico/login.xhtml. Consulta del 7 de noviembre de 2022.
7. CONAVI (2022). *CONAVI interviene puente sobre el río Reventado en Ruta Nacional 219*. Comunicado de Prensa del 7-11-2022. Unidad de Comunicación. Consejo Nacional de Vialidad.



8. MOPT (1976). *Puente sobre el río Reventado. Proyecto Cartago - Tierra Blanca*. [Planos en formato JPG]. Departamento de Puentes. Dirección General de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas y Transportes
9. MOPT (2003). *Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga*. Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT. Disponible en:
http://www.pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=51549&nValor3=101802&strTipM=TC
10. MOPT (2007). *Lineamiento para mantenimiento de puentes*. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica. Disponible en:
<http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/3665>
11. 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>.
12. MOPT. (2020). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
13. MOPT (2022). *MOPT - CONAVI anuncian apertura por puente Bailey sobre río Reventado a partir de este martes 8 de noviembre*. Comunicado de Prensa. Disponible en:
<https://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home/noticias/>
14. Muñoz-Peralta, G., Ramírez-González, M. (2022). Informe de Inspección: Puente sobre río Reventado en la Ruta Nacional 219. Informe n.º MOPT-02-10-01-002-2022. Departamento de Diseño de Puentes, Dirección de Puentes, División de Obras Públicas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
15. Ramírez-González, M. (18 de enero de 2022) “se remite el Informe de Inspección MOPT-02-10-01-002-2022”. Oficio n.º DVOP-DP-2022-15 dirigido a Rodolfo Sandí Morales. [Distribución solo con autorización del remitente].



16. SIECA (2011). Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial. (3 edición actualizada). Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica de Centroamérica. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4858>
17. SIECA. (2014). Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito. Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica de Centroamérica. Disponible en: <http://web-sieca.s3.amazonaws.com/comitran/archivos%20num%203/Manual%20de%20Dispositivos%20uniformes%20para%20el%20%20Control%20del%20Tr%C3%A1nsito.pdf>
18. USS (1974). *Planos estándar de cercha de 60,96 m Order n.º K5975*. [Planos en formato JPG]. American Bridge Division of United States Steel (USS). USSI ORDER TS4601.
19. Zamora-Coto, A. F., Campos-Jiménez, L. G., Villalobos-Pacheco, L.J., Monge-Chávez, A. (20 de julio de 2021) “Atención a correo de fecha 21 de junio de 2021 en el cual se informa que el puente sobre el río Reventado en la Ruta Nacional No. 219 ya fue limpiado y se solicita una inspección visual del mismo para realizar una valoración de su condición.”. Oficio n.º DVP-32-2021-0323 dirigido a Esteban Jarquín Vargas. [Distribución solo con autorización de los remitentes].



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.