



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0607-2022

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA PALMA RUTA NACIONAL N.º 307



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
12 de mayo, 2022



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0607-2022

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

Página 2 / 41

Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0607-2022		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA PALMA RUTA NACIONAL N.º 307		4. Fecha del Informe 12 de mayo, 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-0607-2022, Ruta Nacional n.º 307, quebrada La Palma, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de inspección especial del puente sobre la quebrada La Palma en la Ruta Nacional n.º 307, 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 . Las recomendaciones relacionadas con la seguridad vial en el puente contaron con la asesoría de los ingenieros Javier Zamora y Stephan Rodríguez de la Unidad de Seguridad Vial del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR. 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 3 - Unidad de Puentes	9. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	10. Revisado y aprobado por: Coordinador Unidad de Puentes y del Programa de Ingeniería Estructural
11. Revisión legal por: Asesora Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0607-2022

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

Página 4 / 41

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre la quebrada La Palma, ubicado en el kilómetro 5,889 de la Ruta Nacional n.º 307.

En la Tabla R.1 se muestra la siguiente información: principales deficiencias identificadas en los elementos, la calificación de condición resultante del elemento y recomendaciones generales de intervención.

Tabla R.1. Principales deficiencias por elemento, *Calificación de la condición* del elemento (CE) y recomendaciones generales de intervención

Elemento	Deficiencia/s observadas	CE	Recomendación
Sistema de contención vehicular de los accesos	Faltante del 100 % que aumenta el riesgo de accidentes por caída al cauce de los vehículos.	4-Deficiente	Evaluación de márgenes de carretera para implementar la mejor solución
Sistema de contención vehicular del puente y bordillo	Faltante del 100 % del sistema de contención vehicular y 80 % del bordillo que aumentan el riesgo de caída al cauce de los vehículos.	4-Deficiente	Evaluación de márgenes de carretera para implementar la mejor solución
Señalización y demarcación	Faltante en demarcación y señalización que aumenta el riesgo de accidentes de tránsito por salida de la vía. Además, se evidenció la presencia de obstáculos que dificultan la visibilidad de señales existentes. No se observó ninguna señal que restrinja la carga que puede transitar sobre el puente y es posible que sea requerida.	4-Deficiente	Programa de conservación



Tabla R.1. Principales deficiencias por elemento, *Calificación de la condición* del elemento (CE) y recomendaciones generales de intervención

Elemento	Deficiencia/s observadas	CE	Recomendación
Elementos principales de superestructura tipo viga y cercha de acero	Corrosión con pérdida de sección de que puede reducir la capacidad de carga del puente.	5- Alarmante	Programa de mejoramiento: Sustitución del puente Evaluación estructural
Elementos secundarios de acero de la superestructura	Corrosión con pérdida de sección de que puede reducir la capacidad de transferir cargas de los elementos.	4- Deficiente	Programa de mejoramiento: Sustitución del puente
Cuerpo del bastión	Socavación de cimentaciones superficiales con aparente pérdida de contacto con el terreno que podría provocar el colapso de la estructura en próximas crecidas del río.	5-Alarmante	Cierre del puente por seguridad. Programa de conservación: Restitución del contacto suelo-cimentación Programa de mejoramiento: Sustitución del puente
Sistemas de protección hidráulica	Bloqueo del cauce por altura libre inferior reducida que aumenta el riesgo de impacto de escombros que pueden ser arrastrados en las crecidas de la quebrada La Palma. Ausencia de sistemas de protección contra la socavación que permite el avance de la socavación observada.	4- Deficiente	Programa de conservación Monitoreo hidrológico e hidráulico



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	5
TABLA DE CONTENIDO.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
3. ALCANCE DEL INFORME	10
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	12
5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	16
5.1. DEFICIENCIAS EN SEGURIDAD VIAL.....	16
5.2. DEFICIENCIAS EN LA SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE ACERO CON REFUERZOS TIPO CERCHA DE ACERO.....	18
5.3. DEFICIENCIAS EN LA SUBESTRUCTURA Y EN LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	20
6. CONCLUSIONES.....	22
7. RECOMENDACIONES	24
7.1. EN EL CORTO PLAZO:.....	24
7.2. EN EL MEDIANO PLAZO:.....	28
8. REFERENCIAS.....	30
ANEXO 1 GLOSARIO	33
ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	38



Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre la quebrada La Palma en la Ruta Nacional n.º 307, 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.

La *inspección especial* corresponde a una inspección no programada para monitorear una deficiencia ya conocida o que se sospecha que se ha presentado en alguno de los elementos o componentes del puente (AASHTO,2018). Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente presenten deficiencias.

La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 26 de abril del 2022, a raíz de una solicitud de valoración técnica de la estructura realizada por la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Vásquez de Coronado, debido deficiencias que conllevan a que la circulación de los usuarios por el puente sea riesgosa. Esta solicitud se realizó mediante el oficio UT-206-123-2022 enviado al LanammeUCR el día 29 de marzo del 2022.

Las recomendaciones relacionadas con la seguridad vial en el puente contaron con la asesoría de los ingenieros Javier Zamora y Stephan Rodriguez de la Unidad de Seguridad Vial del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR.

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



2. OBJETIVOS

El objetivo general es efectuar una *inspección especial* para evaluar y presentar las deficiencias observadas en varios elementos estructurales y no estructurales del puente sobre la quebrada La Palma en la Ruta Nacional n.º 307.

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 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 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* en el puente sobre la quebrada la Palma en la Ruta Nacional n.º 307 se realizó a raíz de una solicitud de valoración técnica del puente realizada por la Municipalidad de Vásquez de Coronado mediante el oficio UT-206-123-2022, debido a deficiencias que conllevan a que la circulación de los usuarios por el puente sea riesgosa.

En sitio, se realizó una inspección visual de todos los elementos accesibles del puente, sin embargo, el presente informe se limitó a reportar las principales deficiencias identificadas en los siguientes elementos:

- Elementos pertenecientes al componente Seguridad vial:
 - Sistema de contención vehicular de los accesos.
 - Sistema de contención vehicular del puente.
 - Bordillo.
 - Señalización y demarcación.



- Elementos pertenecientes al componente Superestructura tipo vigas de acero con refuerzos tipo cercha de acero:
 - Elementos principales tipo viga.
 - Elementos principales tipo cercha de acero.
 - Elementos secundarios.

- Elementos pertenecientes al componente Subestructura:
 - Cuerpo de bastiones.

- Elementos de protección hidráulica perteneciente al componente Sistemas de protección:
 - Potencial bloqueo del cauce.
 - Sistema de protección contra la socavación.

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. Si se dispuso de los formularios de inspección de inventario (CONAVI, 2021a) e inspección rutinaria (CONAVI, 2021b) del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes.

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 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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	San José, Vásquez de Coronado, Dulce Nombre
	Coordenadas (WGS84)	10°0'25,92"N de latitud / 84°0'1,06"O de longitud
	Río que cruza	Quebrada La Palma
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	307
	Kilómetro de ubicación	5,889
	Tipo de ruta	Terciaria
	Sección de control	11171
Características básicas del puente	Longitud (m)	8,70 Este dato fue medido en sitio y difiere de lo indicado en el reporte de inventario del SAEP (CONAVI, 2021a)
	Tipo de superestructura	Superestructura n.º 1: tipo vigas I de acero simplemente apoyadas, reforzadas con cerchas de paso superior de acero
	Número de tramos	1
	Alineamiento	Sesgado 10,4 ° Este dato fue medido en sitio y difiere de lo indicado en el reporte de inventario del SAEP, donde se indicó alineamiento recto (CONAVI, 2021a)
	Año de construcción	No se tiene información Sustitución de tablero en 1984 (según información de vecino de la zona)
	Cantidad de bastiones	2 bastiones
	Tipo de bastiones	Bastiones n.º 1 y n.º 2, tipo muro de gravedad de concreto. Este dato difiere de lo indicado en el reporte de inventario del SAEP, donde se indicó tipo muro en voladizo (CONAVI, 2021a)
	Tipo de apoyos en bastiones	Bastiones n.º 1 y n.º 2: No se observaron apoyos en sitio
	Tipo de cimentación en bastiones	Bastión n.º 1: Superficial (se asume de acuerdo con lo observado en sitio) Bastión n.º 2: Superficial (observada en sitio)



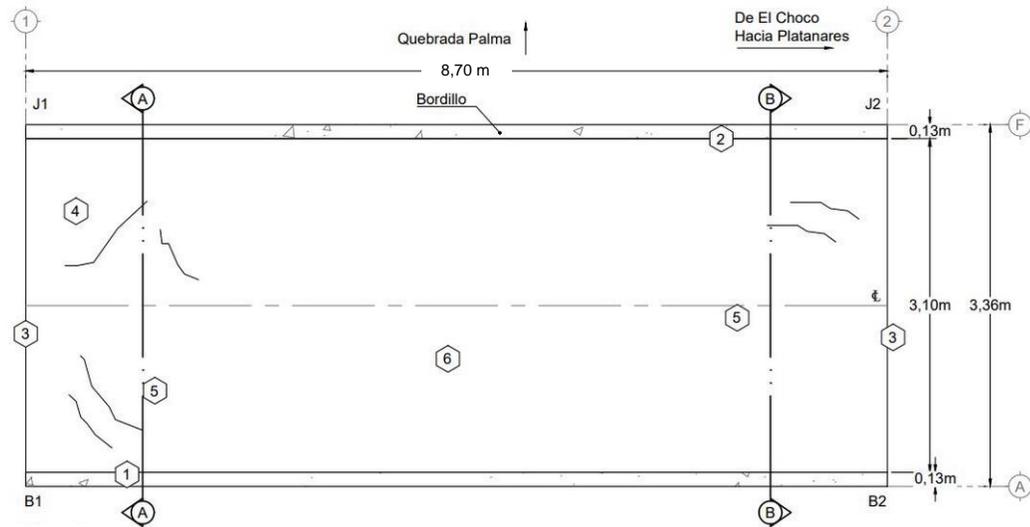
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
(Adaptado de Open Street Maps, 2022)



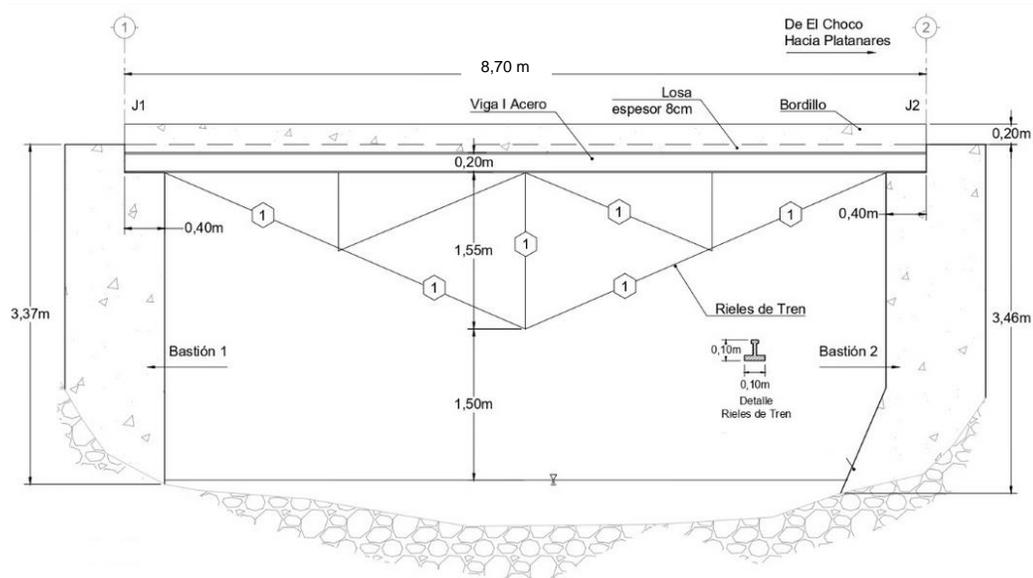
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro del puente hacia Choco



Figura 4.3. Vista lateral del costado aguas abajo del puente



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente, la cual está en sentido contrario al avance del kilometraje de la carretera y coincide con la utilizada en el reporte de la herramienta informática SAEP (Fuente: Adaptado de CONAVI, 2021a)



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en seguridad vial

En la Tabla 5.1, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Seguridad vial. Estas deficiencias pueden aumentar el riesgo de ocurrencia y la severidad de accidentes viales.

Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en elementos del componente: Seguridad vial

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a las deficiencias
Sistema de contención vehicular de los accesos	Faltante	4 - Deficiente
Sistema de contención vehicular del puente	Faltante	4 - Deficiente
Bordillo	Faltante	4 - Deficiente
Señalización y demarcación	Demarcación horizontal Señalización de carga Señalización vertical	4 - Deficiente
Observaciones		

Sistema de contención vehicular de los accesos: Se observó faltante del 100 % del sistema de contención vehicular de los accesos (ver fotografía a), lo cual aumenta del riesgo de ocurrencia de accidentes por caída al cauce del río clasificados como muy graves (Valverde, 2011).

Sistema de contención vehicular del puente: Se observó faltante del 100 % del sistema de contención vehicular del puente (ver fotografía a), lo cual aumenta del riesgo de ocurrencia de accidentes por caída al cauce del río clasificados como muy graves (Valverde, 2011).

Bordillo: Se observó la ausencia de aproximadamente el 80 % del bordillo de concreto debido a aparentes desprendimientos por impacto de los vehículos. En aproximadamente 10 % del bordillo se observó acero de refuerzo expuesto y oxidado (ver fotografía a).

Señalización y demarcación: Se observó ausencia de demarcación vial y captaluces, lo cual reduce la visibilidad de los usuarios en condiciones de poca iluminación (ver fotografía a). Asimismo, se observaron obstáculos que dificultan la visibilidad de las señales verticales que alertan de la proximidad del puente sobre el acceso n.º 2 (desde Choco) (ver fotografía b).

Adicionalmente, no se observó ninguna señal que restrinja la carga que puede transitar sobre el puente y es posible que sea requerida debido a las condiciones de corrosión de la superestructura.



Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en la superestructura tipo vigas de acero con refuerzos tipo cercha de acero

En la Tabla 5.2, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Superestructura: vigas de acero con refuerzo tipo cercha de acero. Estas deficiencias pueden estar provocando una disminución en la capacidad de carga de los elementos principales del puente, lo cual aumenta la posibilidad de colapso ante del paso de vehículos cuyo peso supere esta capacidad.

Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en elementos del componente: Superestructura tipo vigas de acero con refuerzos tipo cercha de acero.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a las deficiencias
Elementos principales - Vigas de acero	Corrosión	5 - Alarmante
Elementos principales - Refuerzo tipo cercha de acero	Corrosión	5 - Alarmante
Elementos secundarios de acero	Corrosión	4 - Deficiente

Observaciones

Elementos principales - Vigas de acero: En aproximadamente un 25 % de los elementos principales tipo viga se observó delaminación, pérdida de sección por corrosión y corrosión localizada (ver fotografías a, b y f). Además, en aproximadamente el 10 % de las vigas principales, cerca de los bastiones y en las conexiones con los elementos de la cercha de refuerzo, se observó corrosión donde se ha perdido aproximadamente un 10 % del espesor del elemento (ver fotografías c y d). En el restante 65 % de las vigas se observaron puntos de oxidación.

Elementos principales - Refuerzo de tipo cercha de acero: En el 100 % de los elementos tipo cercha se observó delaminación y pérdida de sección por corrosión (ver fotografías a, b, e y f).

Elementos secundarios de acero: Se observaron elementos de arriostre transversal tipo barra corrugada de acero que presentaban corrosión con pérdida de sección generalizada en el 100 % de la longitud de los elementos (ver fotografía f). Además, en aproximadamente el 10 % de la longitud de otros elementos de arriostre observados en el puente, tipo angular de acero, se observó corrosión que reduce en aproximadamente un 10 % del espesor del elemento. En aproximadamente el 25 % de estos elementos también presenta pérdida de sección por corrosión (reduciendo aproximadamente menos que el 10 % del espesor) y corrosión localizada. En las restantes superficies de los arriostres tipo angular (aproximadamente el 65 %) se observaron puntos de oxidación (ver fotografía f).



Evidencia fotográfica





5.3. Deficiencias en la subestructura y en los sistemas de protección hidráulica

En la Tabla 5.3, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Subestructura y en los Sistemas de protección hidráulica. Estas deficiencias pueden provocar el colapso de la estructura ante eventuales crecidas de la quebrada la Palma.

Tabla 5.3 Deficiencias identificadas en elementos del componente subestructura y sistema de protección hidráulica

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a las deficiencias
Cuerpo de bastiones	Socavación de cimentaciones superficiales	5 - Alarmante
Sistemas de protección hidráulica	Potencial bloqueo del cauce Sistemas de protección contra socavación	4 - Deficiente

Observaciones

Cuerpo de bastiones: Se observó socavación significativa en la cimentación del cuerpo del bastión n.º 2, donde aparentemente, se ha perdido contacto con el terreno (ver fotografía a). La profundidad vertical de socavación se midió aproximadamente como 1,20 m desde la cara expuesta de la cimentación del bastión n.º 2 (ver fotografía b). En el bastión n.º 1 se observó aproximadamente el 50 % de la superficie superior de la cimentación (ver fotografía c).

Sistemas de protección hidráulica: Los refuerzos tipo cercha de acero colocados en la superestructura reducen el área hidráulica, dejando una altura libre inferior de aproximadamente 1,50 m entre el punto más bajo de la cercha y el nivel de agua observado en la inspección (ver fotografía d). Esta situación, hace que el puente sea vulnerable a impactos provocados por escombros que puedan ser arrastrados por la quebrada La Palma cuando se producen crecidas, aumentando así el riesgo de colapso de la estructura.

Adicionalmente, no se observaron sistemas de protección contra la socavación, por lo cual, la socavación observada en los bastiones puede seguir avanzando (ver fotografía d).



Evidencia fotográfica





6. CONCLUSIONES

En la Tabla 6.1 se enlistan las distintas deficiencias por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente sobre la quebrada La Palma en la Ruta Nacional n.º 307. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias.

Tabla 6.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Sistema de contención vehicular de los accesos	Faltante del 100 % que aumenta el riesgo accidentes de tránsito muy graves por caída al cauce de los vehículos.	4 - Deficiente
Sistema de contención vehicular del puente y bordillo	Faltante del 100 % del sistema de contención vehicular y 80 % del bordillo que aumentan el riesgo de accidentes de tránsito por caída al cauce de los vehículos.	4 - Deficiente
Señalización y demarcación	Faltante en demarcación y señalización que aumenta el riesgo de accidentes de tránsito por salida de la vía. Además, se evidenció la presencia de obstáculos que dificultan la visibilidad de señales existentes. No se observó ninguna señal que restrinja la carga que puede transitar sobre el puente y es posible que sea requerida.	4 - Deficiente
Elementos principales de superestructura tipo viga y cercha de acero	Corrosión con pérdida de sección que puede estar reducir la capacidad de carga del puente.	5 - Alarmante



Tabla 6.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento (continuación)

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Elementos secundarios de acero de la superestructura	Corrosión con pérdida de sección que puede reducir la capacidad de transferir cargas de los elementos.	4 - Deficiente
Cuerpo del bastión	Socavación de cimentaciones superficiales con aparente pérdida de contacto con el terreno que podría provocar el colapso de la estructura en próximas crecidas del río.	5 - Alarmante
Sistemas de protección hidráulica	Bloqueo del cauce por altura libre inferior reducida que aumenta el riesgo de impacto de escombros que pueden ser arrastrados en las crecidas de la quebrada La Palma. Ausencia de sistemas de protección contra la socavación que permite el avance de la socavación observada.	4 - Deficiente



7. RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración las principales observaciones que son presentadas en el informe, se recomienda a los responsables de la atención del puente en el MOPT y CONAVI, realizar las siguientes acciones para evitar el avance de las deficiencias observadas. Las recomendaciones se dividen en acciones por realizar en el corto y mediano plazo, por cada elemento evaluado en este informe o se coloca “general” para recomendaciones que no están asociadas a un elemento del puente.

Estas recomendaciones son complementarias a las realizadas en el oficio EIC-Lanamme-343-2022, donde se hizo una evaluación preliminar con base en la información incluida en la herramienta informática SAEP de CONAVI (2021b).

7.1. En el corto plazo:

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 7.1, en el caso que la Administración decida cerrar el puente. Si la Administración decide mantener abierto el paso sobre el puente existente y no colocar un puente temporal, se recomienda realizar en el corto plazo lo indicado en la Tabla 7.2

Tabla 7.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo si se decide cerrar el puente en el corto plazo

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
General	Gestión del puente:	Ver criterios en <i>Technical Advisory: Evaluating Scour at Bridges</i> de FHWA (1991) y la Circular HEC-18 5ta edición: <i>Evaluating Scour at Bridges</i> (FHWA, 2012)
	Cerrar el paso por el puente debido a las condiciones riesgosas que presenta en la superestructura y la subestructura. Brindar rutas alternas a los usuarios.	
	Mantener este cierre al menos hasta que se realicen labores de restitución del contacto entre la cimentación y el suelo que se recomiendan en la Tabla 7.2.	



Tabla 7.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo si se decide mantener abierto el paso sobre el puente en el corto plazo

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Subestructura	<p>Programa de conservación:</p> <p>Restituir el contacto entre la cimentación del bastión n.º 2 y el suelo.</p> <p>Construir protecciones en las márgenes para evitar el avance de la socavación (ver recomendaciones respecto a sistemas de protección hidráulica en esta misma tabla).</p>	<p>Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2021) Sección 6.5: Reparaciones en puentes existentes debido a socavación</p>
	<p>Monitoreo hidrológico e hidráulico e inspecciones con mayor regularidad:</p> <p>Hasta que no se ejecuten las labores de restitución del contacto entre la cimentación del bastión n.º 2 y el suelo, realizar inspecciones de todo el puente cada vez que se presenten fenómenos hidrometeorológicos que hagan crecer el nivel de agua en la quebrada La Palma. Lo anterior, con el fin de cerrar oportuna y temporalmente el paso sobre el puente ante el riesgo de colapso por socavación de los bastiones,</p>	<p>Circular HEC-23: Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures Vol. I and II. (FHWA, 2009)</p> <p>Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 616 Restitución del contacto suelo-cimentación en puentes</p> <p>Ver criterios de monitoreo en la circular HEC-18, 5ta edición: <i>Evaluating Scour at Bridges</i> (FHWA, 2012), sección 10.8 de Monitoreo de puentes ante socavación.</p>

La tabla continúa en la página siguiente



Tabla 7.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo si se decide mantener abierto el paso sobre el puente en el corto plazo (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Superestructura	Evaluación estructural: Realizar una evaluación estructural para determinar la capacidad de carga viva del puente en su condición actual y así poder colocar la señalización de restricción de carga correspondiente. En caso de ser necesaria la señalización de restricción de carga en el puente, colocar además señales en zonas donde sea factible desviar el tránsito hacia rutas alternas.	AASHTO: <i>The Manual for Bridge Evaluation</i> (AASHTO, 2018) – Sección 6 relacionada con las evaluaciones de capacidad de carga
	Inspecciones con mayor regularidad: Mientras se realizan las gestiones para la sustitución del puente, inspeccionar la superestructura cada vez que se presenten fenómenos hidrometeorológicos que hagan crecer el nivel de agua en la quebrada La Palma, con el fin de verificar si se han producido daños por impacto de escombros que comprometan la estabilidad de la superestructura actual.	

La tabla continúa en la página siguiente



Tabla 7.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo si se decide mantener abierto el paso sobre el puente en el corto plazo (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Sistema de contención vehicular de los accesos	Evaluación de seguridad vial: Realizar un análisis de márgenes de la carretera para definir la solución óptima que se pueda implementar en los accesos al puente y así, reducir el riesgo de accidentes por caída al cauce.	Manual SCV - Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011)
Sistema de contención vehicular del puente	Evaluación de seguridad vial: Realizar un análisis de márgenes de la carretera para definir la solución óptima que se pueda implementar de manera temporal en el puente y así, reducir el riesgo de accidentes por caída al cauce.	Manual SCV - Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011)
Señalización y demarcación	Programa de conservación: Colocar señalización y demarcación vial faltante que permita canalizar el tránsito sobre el puente y alertar a los usuarios sobre el riesgo de caída al vacío al no existir sistemas de contención vehicular en el puente. Adicionalmente remover excesos de vegetación presentes en la señalización existente. Valorar la posibilidad de colocar iluminación en los accesos al puente. Colocar una señal en ambos accesos que informe sobre el mal estado del puente, como medida de precaución. Incluso, se puede sugerir a los usuarios de la zona por diferentes medios, evitar el paso en condiciones de lluvia intensa.	Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014) Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 701 Conservación de señales verticales y Sección 703 Mantenimiento de la demarcación vial horizontal Manual SCV - Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011)

La tabla continúa en la página siguiente



Tabla 7.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo si se decide mantener abierto el paso sobre el puente en el corto plazo (continuación)

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Señalización y demarcación (continuación)	Con base en el análisis de márgenes de carretera recomendado, valorar la posibilidad de reducir la velocidad de tránsito sobre el puente, y colocar la señalización respectiva	Ver página anterior
Sistemas de protección hidráulica	Programa de conservación: Mientras se realizan las gestiones para la sustitución del puente, valorar la posibilidad de proveer de sistemas de protección contra la socavación en la subestructura del puente.	Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2021) Sección 6.5: Reparaciones en puentes existentes debido a socavación Circular HEC-23: <i>Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures Vol. I and II.</i> (FHWA, 2009) Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 617 Protección de riberas

7.2. En el mediano plazo:

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo, relacionadas con la sustitución del puente, se incluyen en la Tabla 7.3.



Tabla 7.3. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
General	<p>Programa de mejoramiento:</p> <p>Sustituir por completo el puente existente, diseñando y construyendo una nueva estructura.</p> <p>Si la Administración lo valora conveniente se pueden mantener los mismos bastiones existentes en la solución final. Para esto se recomienda verificar que los bastiones son estructuralmente competentes y haber realizado antes las acciones para restituir el contacto entre la cimentación del bastión n.º 2 y el suelo, como se recomendó en la Tabla 7.2</p>	<p>AASHTO LRFD <i>Bridge Design Specifications</i> (AASHTO, 2020)</p> <p>Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2021)</p>

Estas recomendaciones se asumen que serán 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.



8. 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 (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.
4. CONAVI (2021a). *Puente sobre quebrada La Palma. Reporte de inspección inventario* [PDF]. Sistema de Administración de Puentes. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica. Disponible, accediendo como usuario invitado o con usuario y contraseña en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/login.faces [Consulta del 08 de abril de 2022].
5. CONAVI (2021b). *Puente sobre quebrada La Palma. Reporte de inspección rutinaria* [PDF]. Sistema de Administración de Puentes. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica. Disponible, accediendo con usuario y contraseña en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/login.faces [Consulta del 08 de abril de 2022].
6. FHWA (1991). *Technical Advisory T5140.23: Evaluating Scour at Bridges*. Federal Highway Administration. USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/policymemo/t514023.cfm>
7. FHWA (2009). *Hydraulic Engineering Circular No. 23 Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Publication No. FHWA-NHI-09-112. Federal Highway Administration. USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/scourtech/counter.cfm>



8. FHWA (2012). *Hydraulic Engineering Circular No. 18 Evaluating Scour at Bridges Fifth Edition*. Publication No. FHWA-HIF-12-003. Federal Highway Administration. USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/hif12003.pdf>
9. 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>.
10. MOPT. (2020). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
11. 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>
12. SIECA. (2021) *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica*. El Salvador: Secretaría de Integración Económica de Centroamérica. Disponible en: <https://web-sieca.s3.ca-central-1.amazonaws.com/comitran/archivos%20num%203/Manual%20Consideraciones%20T%C3%A9cnicas%20H%26H.pdf>
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>.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0607-2022

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

Página 32 / 41

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).
- **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.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento cíclico 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.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento cíclico de aspectos preestablecidos para el puente. - Mantenimiento basado en la condición 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.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento basado en la condición 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.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento basado en la condición de elementos. - Rehabilitación 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.	<ul style="list-style-type: none"> - Rehabilitación de elementos. - Sustitución de elementos aplica si se considera que las acciones de rehabilitación 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 sustitución del puente o al menos la sustitución de los elementos dañados.	<ul style="list-style-type: none"> - Sustitución de elementos. - Sustitución 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.