



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0368-2022

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA HONDA RUTA NACIONAL N.º 239



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
23 de marzo, 2022



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0368-2022

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

Página 2 / 38

Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0368-2022		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA HONDA RUTA NACIONAL N.º 239		4. Fecha del Informe 23 de marzo de 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-0368-2022, Ruta Nacional n.º 239, Puente sobre la quebrada Honda, quebrada Honda, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de inspección especial del puente sobre la quebrada Honda en la Ruta Nacional n.º 239, es un producto de las inspecciones de puentes existentes que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este informe se realiza, en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la Ley n.º 8114. Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr . Este informe de inspección de puentes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR. La firma n.º 11 no se encuentra dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	9. Inspección e informe por: Inspector nivel 2 - 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-0368-2022

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

Página 4 / 38

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre la quebrada Honda, ubicado en el kilómetro 5,37 de la Ruta Nacional n.º 239.

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
Vigas de piso en superestructura n.º 2	Corrosión, agrietamiento (fractura) y deformación de viga de piso exterior del costado aguas arriba que provocó el asentamiento del tablero de concreto reforzado.	Alarmante	Programa de mejoramiento - Sustitución
Sistema de arriostramiento en superestructura n.º 2	Falla en la conexión del sistema de arriostramiento horizontal lo cual incrementó la vulnerabilidad sísmica del puente.	Regular	Programa de mejoramiento – Sustitución
Apoyos fijos de acero en superestructura n.º 2	Pérdida de soporte y pernos de anclaje expuestos por desprendimientos de concreto en el pedestal bajo los apoyos.	Alarmante	Programa de mejoramiento - Sustitución

Se debe mencionar que, para el momento de emisión del presente informe, ya el puente se encontraba cerrado y se encontraba en proceso la construcción de dos puentes modulares, uno para uso vehicular y otro peatonal. Es por ello, que el objetivo principal de este informe fue identificar las deficiencias que llevaron al cierre del puente. Asimismo, se realizan las siguientes observaciones relacionadas con la gestión del puente:



- Se debe resaltar la importancia de las inspecciones rutinarias y de la figura del Administrador Vial dentro del sistema de gestión de puentes en Costa Rica. Esto debido a que el accionar oportuno del inspector de campo permitió identificar deficiencias severas en el puente que comprometían su estabilidad e integridad estructural, representando un riesgo importante para los usuarios del puente, por lo que éste informó a la Administración sobre la situación resultando en el cierre del mismo.
- Se encontró que la intervención del puente en el año 2017, cuyo alcance principal fue la aplicación de pintura en el puente, correspondió a una medida paliativa y no a una solución integral de los problemas que presentaba el mismo. Este tipo de medidas no son costo efectivas (no existe un retorno de la inversión), ya que se invirtieron recursos públicos en un puente que se encontraba en una condición alarmante (Agüero-Barrantes et al., 2016) y que fue cerrado aproximadamente cinco años después.



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	OBJETIVOS	10
3.	ALCANCE DEL INFORME	11
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	12
5.	PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	16
5.1.	DEFICIENCIAS EN SUPERESTRUCTURA TIPO CERCHA N.º 2: VIGA DE PISO Y SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	16
5.2.	DEFICIENCIAS EN SUBESTRUCTURA: APOYOS.....	19
6.	OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE	20
7.	CONCLUSIONES.....	24
8.	RECOMENDACIONES	26
9.	REFERENCIAS.....	28
	ANEXO 1 GLOSARIO	30
	ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	35



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0368-2022

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

Página 8 / 38

Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre la quebrada Honda en la Ruta Nacional n.º 239, 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). Ésta, también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente presente deficiencias.

La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 03 de marzo del 2022.

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



2. OBJETIVOS

El objetivo general es efectuar una *inspección especial* para identificar y presentar las deficiencias que llevaron al cierre del puente sobre la quebrada Honda en la Ruta Nacional n.º 239.

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) Comentar acerca de la importancia de las inspecciones rutinarias realizadas por los Administradores Viales.
- d) Recalcar la necesidad de realizar intervenciones integrales en los puentes para asegurar que estas sean costo efectivas.



3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de *inspección especial* en el puente sobre la quebrada Honda en la Ruta Nacional n.º 239 se realizó a raíz del cierre del puente el día 26 de febrero debido a deficiencias que podían representar un riesgo a la estabilidad e integridad estructural del puente. Asimismo, se realiza para incluir observaciones de aspectos relacionadas con la gestión del puente.

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 superestructura tipo cercha n.º 2:
 - Viga de piso.
 - Sistema de arriostramiento.
- Elementos pertenecientes al componente subestructura:
 - Apoyos fijos de acero (de superestructura tipo cercha n.º 2).

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 (MOPT, 2014a) e inspección rutinaria (MOPT, 2014b) 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, Mora, Colón
	Coordenadas (WGS84)	9°53'5.49"N de latitud / -84°13'20.25"O de longitud
	Quebrada que cruza	Quebrada Honda
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	239
	Kilómetro de ubicación	5,372
	Tipo de ruta	Secundaria
	Sección de control	10491
Características básicas del puente	Longitud (m)	33,7
	Tipos de superestructuras	Superestructura n.º 1 y n.º 3: Tipo marco rígido de concreto reforzado Superestructura n.º 2: Tipo cercha de media altura
	Número de tramos	3
	Año de construcción	Administración Figueres 1953-1958 (según placa del puente, identificada en inspecciones anteriores)
	Cantidad de bastiones y pilas	2 bastiones; 2 pilas
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2, no es posible determinar su tipología de forma precisa (posiblemente tipo muro)
	Tipo de pilas	Pila n.º 1 y n.º 2, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de apoyos en bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2: apoyo rígido (marco)
	Tipo de apoyos en pilas	Pila n.º 1 y n.º 2: apoyo inicial y final fijo (aparentemente)
Tipo de cimentación en bastiones y pilas	No son visibles y no hay planos para determinarlas	



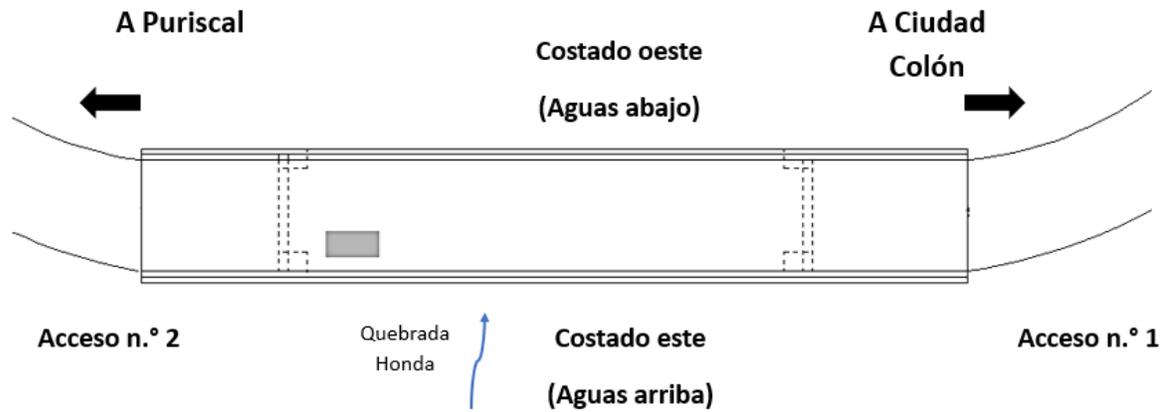
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
(Adaptado de Open Street Maps, 2022)



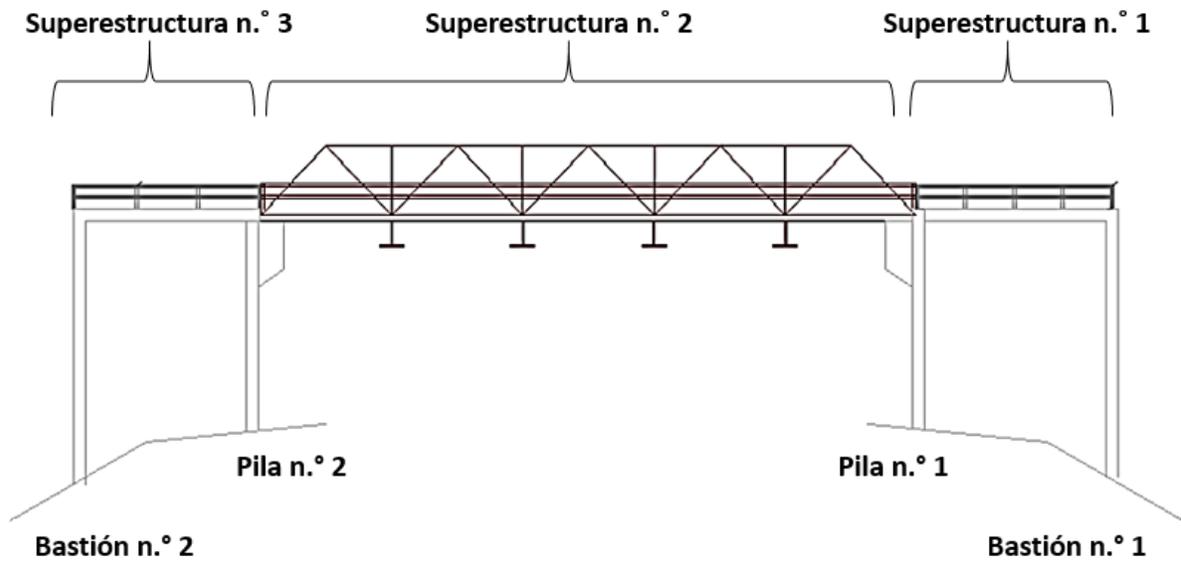
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro del puente hacia Puriscal



Figura 4.3. Vista lateral del costado aguas arriba del puente



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente, la cual coincide con el kilometraje de la carretera



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en superestructura tipo cercha n.º 2: viga de piso y sistema de arriostramiento

En la Tabla 5.1.1 y la Tabla 5.1.2, se presentan las deficiencias observadas en los elementos: vigas de piso y sistema de arriostramiento, respectivamente del componente Superestructura tipo cercha n.º 2. Estas deficiencias pueden afectar la funcionalidad e integridad estructural del puente.

Tabla 5.1.1 Deficiencias identificadas en vigas de piso: Corrosión, agrietamiento y deformación

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Vigas de piso	Corrosión, agrietamiento y deformación	Alarmante
Observaciones		

En aproximadamente un 5% de las vigas de piso de la cercha se observó corrosión con agujeros que atravesaban toda la sección del elemento. La viga de piso con mayor afectación corresponde a la exterior del costado aguas arriba, donde se observó que existe un agrietamiento o fractura en el punto de apoyo sobre la primera viga transversal (contigua a la superestructura n.º 1). Este agrietamiento ha generado una deformación por pérdida de asiento, ya que no hay evidencia de que existan conectores de cortante entre la viga de piso y el tablero de concreto reforzado.

Adicionalmente, a nivel del tablero de la superestructura n.º 2, justo por encima de la viga de piso afectada, puede observarse un desnivel de aproximadamente - 60 mm con respecto a la losa de la superestructura n.º 1. En esta zona, la vibración del tablero es perceptible inclusive con el tránsito de peatones y motocicletas.

Aunque las deficiencias presentadas son puntuales, su severidad ameritaba calificarlas como alarmantes, debido a la necesidad de tomar medidas inmediatas para su atención.

Finalmente, se debe mencionar que la zona de afectación mencionada se encuentra por debajo de la junta de expansión abierta, la cual permite la constante filtración de agua a los elementos de la superestructura y subestructura por debajo de la misma, lo que propicia el inicio de la corrosión de los elementos de acero.



Evidencia fotográfica

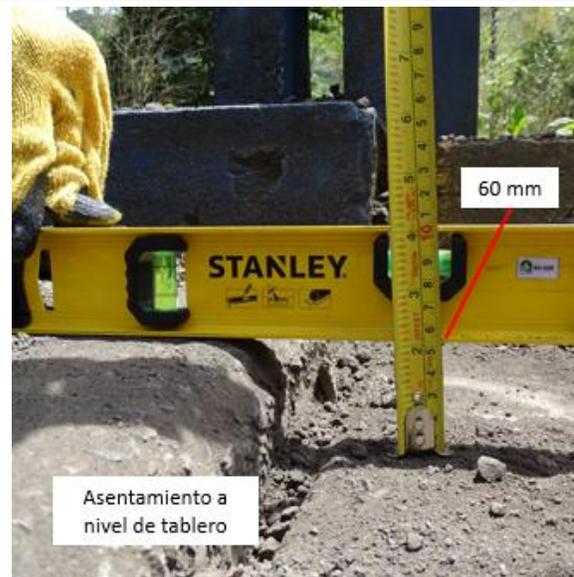




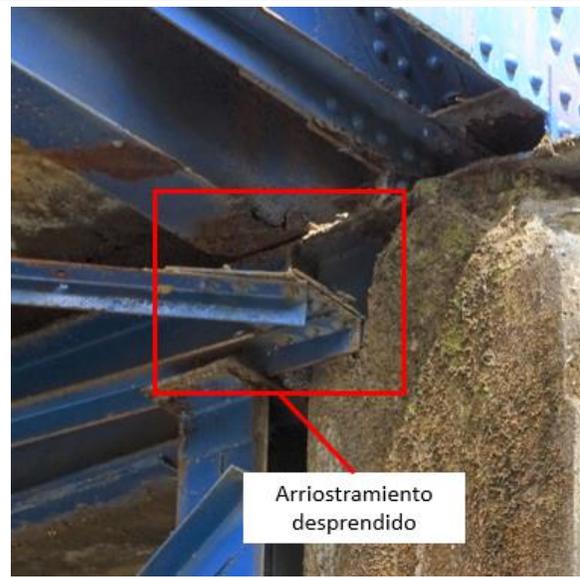
Tabla 5.1.2 Deficiencias identificadas en sistema de arriostramiento: Conexiones

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de arriostramiento	Conexiones	Regular (3)

Observaciones

Aproximadamente un 8% de las conexiones (1 de 12) del sistema de arriostramiento horizontal de la cercha ha fallado. Específicamente, la falla de la conexión se presenta en la misma zona donde se ha fracturado la viga de piso de la superestructura n.º 2 (ver Tabla 5.1.1), quedando los elementos que conforman el sistema de arriostramiento desprendidos. Esta deficiencia puede generar la pérdida de estabilidad ante cargas laterales del puente, aumentando su vulnerabilidad ante un evento sísmico.

Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en subestructura: apoyos

En la Tabla 5.2.1, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: apoyos del componente Subestructura (para la superestructura n.º 2). Estas deficiencias pueden afectar la estabilidad e integridad estructural del puente.

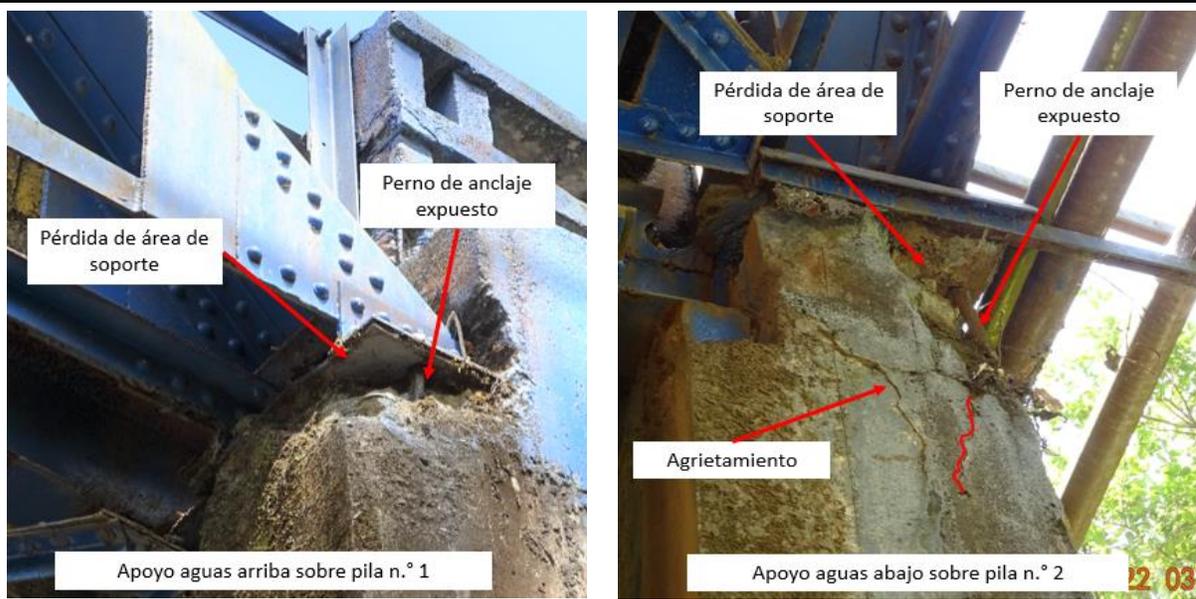
Tabla 5.2.1 Deficiencias identificadas en apoyos: Pérdida de soporte y pernos de anclaje

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Apoyos fijos de acero / ménsulas de concreto en pila n.º 1 y n.º 2	Pérdida del área de soporte / pernos de anclaje	Alarmante (5)

Observaciones

En aproximadamente un 50% de los apoyos fijos sobre la pila n.º 1 y sobre la pila n.º 2 (correspondiente al menos a 1 de los dos apoyos por cada pila), se ha perdido más del 25% del área de soporte. Esta situación es generada debido a que las ménsulas donde se anclan los apoyos presentan agrietamiento y desprendimientos severos del concreto directamente bajo el apoyo. Asimismo, estos desprendimientos han generado que algunos de los pernos de anclaje de los apoyos se encuentren expuestos. Estas dos deficiencias afectan directamente el funcionamiento de los apoyos e inclusive pueden llevar a que la estabilidad global del puente este comprometida.

Evidencia fotográfica





6. OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE

En la Tabla 6.1.1 y Tabla 6.1.2 se presentan otros aspectos relacionados con la gestión del puente.

Tabla 6.1.1 Aspectos relacionados con la gestión del puente: Administradores Viales

Aspecto identificado de gestión
Importancia de la inspección de puentes realizada por los Administradores Viales
Observaciones
<p>En el cartel “Contratación de empresas consultoras como administradores viales para la conservación en la Red Vial Nacional para todo el país (4 años)” (MOPT-CONAVI, 2017), se especifica en la Sección 1.2 del Capítulo II, las responsabilidades de los Administradores Viales, dentro de las cuales se resalta la siguiente:</p> <p>1.2.1 Responsabilidades- Punto a:</p> <p><i>“Inspección rutinaria continua de los puentes, ejecutada como parte de la inspección del sector de la carretera, con el objeto de realizar un seguimiento continuo de su estado y reportar a la Dirección Regional cualquier cambio en las condiciones del puente.”</i></p> <p>A través de una comunicación telefónica, con el inspector de campo Freddy Bermúdez Jiménez, de los Administradores viales de la zona de conservación a la que pertenece el puente, se determinó que, durante el proceso de elaborar el inventario de necesidades de la ruta, identificaron una vibración inusual en el puente, lo que conlleva a realizar una inspección rutinaria del mismo. Dicha inspección se llevó a cabo el 12 de febrero del 2022 y a través de esta se identificó la existencia de un potencial riesgo en el puente debido a la afectación en una de las vigas de piso de la superestructura n.º 2 (ver Tabla 5.1.1). Posteriormente, se da la comunicación al Ingeniero de Zona, la que conlleva a que luego de una inspección de la Dirección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, se procediera a cerrar el puente el 26 de febrero del 2022 (F. Bermúdez, comunicación personal, 10 de marzo del 2022).</p> <p>Debido a lo anterior, se considera importante resaltar el accionar oportuno y la importancia de la figura del Administrador Vial, el cual tiene como parte de sus funciones la identificación, prevención y atención de riesgos potenciales en las estructuras de puentes a su cargo. Para cumplir con esta función es importante que los inspectores se encuentren capacitados en inspección de puentes, de forma tal que puedan identificar las deficiencias presentes en sus distintos elementos y componentes, especialmente aquellas que pueden afectar la estabilidad e integridad estructural del puente.</p>



Evidencia fotográfica

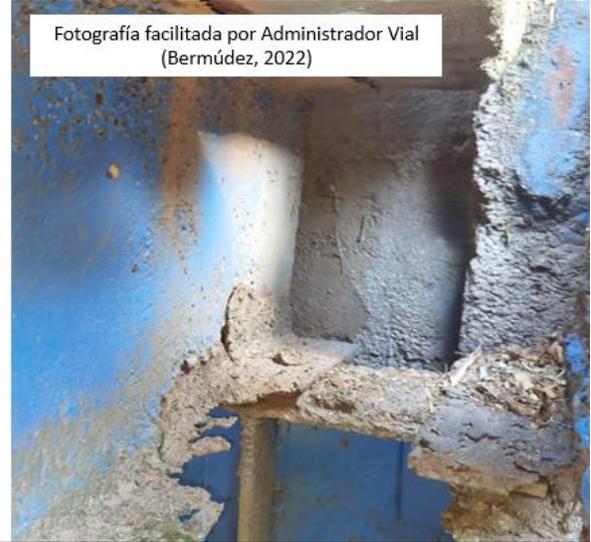




Tabla 6.1.2 Aspectos relacionados con la gestión del puente: Costo efectividad de intervenciones

Aspecto identificado de gestión
Costo efectividad de intervenciones en puentes
Observaciones
<p>En la inspección realizada en el año 2016 por la Unidad de Puentes del LanammeUCR, se recomendaba a la Administración intervenir el puente, valorando la sustitución o rehabilitación del mismo. En el caso de rehabilitación, se recomendaba una lista de acciones necesarias, entre las cuales se destacan las siguientes (Agüero-Barrantes et al., 2016):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la cercha (superestructura n.º2), se recomendaba el cambio de elementos dañados y refuerzo de la estructura para cumplir con los requerimientos mínimos de la normativa actual. Además de dar un tratamiento adecuado de mantenimiento a la superficie de acero para evitar problemas de corrosión. • Cambiar el sistema de apoyos buscando readecuar aspectos relativos a los pedestales y pilas para proveer la longitud de asiento requerida, verificando la capacidad de la subestructura. Reconstruir las pilas brindando pedestales adecuados. • Colocar un sistema adecuado de juntas de expansión. <p>Posterior a la inspección del puente realizada por el Lanamme (Agüero-Barrantes et al, 2016), específicamente en el mes de setiembre del año 2017 (F. Bermúdez, comunicación personal, 10 de marzo del 2022), se intervino el puente, siendo la actividad principal la aplicación de un sistema de protección de pintura a la cercha (ver evidencia fotográfica). No se dispone información acerca del alcance que tuvo esta intervención, su costo, ni de los procedimientos seguidos para su aplicación.</p> <p>Aunque la medida de pintar los elementos de la cercha cumple con el fin de reducir el avance de la corrosión, ésta corresponde a una medida paliativa y no una solución integral. Como se observa en el informe del Lanamme (Agüero-Barrantes et al., 2016), eran necesarias otras acciones entre ellas, el cambio o reparación de los elementos dañados de la cercha y proveer al puente de juntas de expansión. Cabe recordar que la falla de la viga de piso sucede en la zona por debajo de la junta de expansión abierta (ver Tabla 5.1.1). Asimismo, aparentemente no se solventó uno de los problemas alarmantes, correspondientes a la pérdida de soporte de los apoyos por desprendimientos en las ménsulas sobre las pilas del puente.</p> <p style="text-align: center;"><i>(continúa en página siguiente)</i></p>



Tabla 6.1.2 Aspectos identificados relacionados con la gestión del puente: Costo efectividad de intervenciones (*continuación*)

Observaciones

Se debe resaltar que este tipo de medidas paliativas no suelen ser costo-efectivas (es decir no suelen tener un retorno de la inversión realizada) y su aplicación debe ser valorada por la Administración en los casos en los que una intervención mayor no es posible en el corto plazo, y la medida permita solventar un riesgo inaceptable para los usuarios del puente. Por lo tanto, se realizan usualmente de manera temporal para garantizar el tránsito seguro sobre la estructura, mientras se completan los procesos de contratación los trabajos definitivos de mejoramiento (rehabilitación completa o sustitución) de un puente.

Las prácticas de atención paliativa se alejan de un sistema de gestión de puentes eficiente, en el cual se debe utilizar un enfoque sistemático para organizar y ejecutar las intervenciones de puentes, de forma preventiva y no reactiva, asegurando el uso eficiente de los recursos públicos.

La decisión de no implementar prácticas de atención preventiva de forma oportuna y sistemática, deriva en una necesidad creciente de prácticas de atención reactiva o cierres de puentes, como sucedió en el puente sobre Quebrada Honda y en otros puentes del país.

Evidencia fotográfica



Puente sin pintura - 2016



Puente con pintura - 2022



7. CONCLUSIONES

En la Tabla 7.1 se enlistan las distintas deficiencias por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente sobre la quebrada Honda en la Ruta Nacional n.º 239. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias. Se considera que las deficiencias observadas en los elementos evaluados son la principal razón que generaron el cierre del puente el 26 de febrero del 2022.

Tabla 7.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Vigas de piso [4100103]	Corrosión, agrietamiento y deformación en viga de piso exterior del costado aguas arriba que ha provocado un asentamiento en el tablero de concreto reforzado con respecto al de la superestructura contigua.	Alarmante
Sistema de arriostamiento [4100201]	Falla de la conexión del sistema de arriostamiento horizontal, lo que aumenta la vulnerabilidad ante un evento sísmico.	Regular
Apoyos fijos (acero) [5000604]	Pérdida del área de soporte y pernos de anclaje expuestos que afecta el funcionamiento y la estabilidad de los apoyos.	Alarmante

Asimismo, en el presente informe se realizan las siguientes observaciones relacionadas con la gestión del puente:



- Las inspecciones rutinarias de puentes son parte de las responsabilidades y actividades que deben ser realizadas por los Administradores Viales. En este caso, se debe resaltar el accionar oportuno del inspector de campo que identificó y notificó la presencia de un riesgo severo para los usuarios, debido a la presencia de deficiencias que pueden comprometer la estabilidad e integridad estructural del puente.
- La intervención del puente en el año 2017, cuyo alcance principal fue la aplicación de pintura en el puente, correspondió a una medida paliativa y no a una solución integral de los problemas que presentaba el puente y que fueron reportados a través de la inspección del Lanamme (Agüero-Barrantes et al., 2016). Este tipo de medidas no suelen ser costo efectivas, ya que como se evidenció en este caso, se invirtieron recursos públicos en un puente que tuvo que ser cerrado en el año 2022.



8. RECOMENDACIONES

Debido a que, para el momento de emisión del presente informe ya el puente se encontraba cerrado, únicamente se realiza la recomendación de continuar con el proceso de construcción de los puentes modulares en la zona que funcionaran como solución temporal a los problemas de movilidad producidos por el cierre del puente. Asimismo, se debe acelerar el proceso de diseño del nuevo puente definitivo y la construcción posterior. Este proceso se inició mediante la Contratación No. 2018CD-000005-000600001 y según la información disponible en SICOP al día 11 de marzo del 2022, ya se debía haber finalizado, a menos que haya existido una nueva orden de servicio para suspensión de actividades por parte de la Administración.

Adicionalmente, teniendo en consideración las principales observaciones de gestión que son presentadas en el informe, se recomienda a los responsables de la atención del puente en el MOPT y CONAVI, las acciones presentadas en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Recomendaciones relacionadas con la gestión del puente

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
	Gestión del puente:	No aplica.
General	Evaluar y reforzar los conocimientos en inspección de puentes de los Administradores Viales, los cuales tienen la importante función de realizar inspecciones rutinarias de puentes y de participar activamente en la prevención de riesgos en la ruta de la cual son responsables.	
General	Gestión del puente: Establecer un sistema de gestión eficiente que permita asegurar la costo efectividad de las acciones de intervención en puentes, las cuales deben de realizarse de forma integral y en los momentos adecuados para asegurar el uso eficiente de los recursos públicos, erradicando la práctica de realizar intervenciones consideradas reactivas y paliativas en puentes en condición deficiente o peor.	Bridge Preservation Guide (Federal Highway Administration [FHWA], 2018) Manual de Puentes de Costa Rica 2020_MP-2020 (MOPT, 2020)



Tabla 8.1. Recomendaciones relacionadas con la gestión del puente (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
General	<p>Gestión del puente:</p> <p>Realizar control y aseguramiento de la calidad de las actividades de conservación para garantizar que los trabajos realizados, como fue la aplicación de un sistema de protección con pintura en la cercha de este puente, sean realizados según los lineamiento y procedimientos establecidos en la normativa nacional, de forma tal que se asegure cumplir con el objetivo de preservar y extender la vida de servicio del puente.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015)</p>
General	<p>Gestión del puente:</p> <p>Evaluar las consecuencias sociales que implicaron el cierre del puente, así como tomar medidas preventivas para minimizarlas en los futuros trabajos de construcción del puente nuevo.</p>	No aplica.

Se asume que estas recomendaciones serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y mejoramiento 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. FHWA (2018). *Bridge Preservation Guide – Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility (Publication n. ° FHWA-HIF-18-022)*. Washington, D.C: Federal Highway Administration. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/preservation/guide/guide.pdf>
4. CONAVI (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puente (SAEP)*. Consejo Nacional de Vialidad, San José, Costa Rica.
5. CONAVI (2018). *Diseño del puente sobre la Quebrada Honda, Ruta Nacional No.239*. Contratación No. 2018CD-000005-0006000001. San José: Consejo Nacional de Vialidad. Disponible en: <https://conavi.go.cr/puente-quebrada-honda>
6. 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>.
7. MOPT (2014a). *Puente sobre la quebrada Honda*. 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 3 de marzo del 2022].
8. MOPT (2014b). *Puente sobre la quebrada Honda*. Reporte de inspección rutinaria [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 3 de marzo del 2022].

9. MOPT-CONAVI (2017). *Contratación de empresas consultoras como administradores viales para la conservación en la Red Vial Nacional para todo el país (4 años)*. Licitación Pública. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes - Consejo Nacional de Vialidad, Costa Rica.
10. MOPT (2020). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
11. Agüero-Barrantes, P.; Muñoz-Barrantes, J.; Barrantes-Jiménez, R.; Loria-Salazar, G. (2016). *Evaluación de la condición del puente sobre la quebrada Honda Ruta Nacional No. 239*. Informe LM-PI-UP-PN14-2016. 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/50625112500/1005>



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.