



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0303-2022

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE SOBRE EL RÍO BARRANCA RUTA NACIONAL N.º 1



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
4 de marzo, 2022



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0303-2022		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL DEL PUENTE SOBRE EL RÍO BARRACA RUTA NACIONAL N.º 1		4. Fecha del Informe 4 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, Ruta Nacional n.º 1, Puente sobre el río Barranca, río Barranca, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de inspección especial del puente sobre el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1, 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 con el 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 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 2 - 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: Asesor Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0303-2022

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

Página 4 / 62

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre el río Barranca, ubicado en el kilómetro 91,299 de la Ruta Nacional n.º 1.

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.

Teniendo en consideración las observaciones realizadas y el final de la vida útil de la estructura, se recomienda a los responsables de la atención del puente en el MOPT y CONAVI, realizar las gestiones para la sustitución del puente de forma inmediata. Sin embargo, mientras se realizan estas gestiones, se recomienda intervenir el puente en el corto plazo para reducir el riesgo asociado a las deficiencias observadas.

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
Juntas de expansión [10001]	Obstrucción y filtración de agua que afectan el funcionamiento de las juntas de expansión y la durabilidad de los elementos del puente ubicados bajo las juntas.	Deficiente	Programa de conservación
Superficie de desgaste del puente [10004]	Sobrecapa sin evidencia de que haya sido considerada en el diseño lo que podría afectar la capacidad de carga del puente. Existencia de baches, afectando la funcionalidad del puente e incrementando el riesgo de ocurrencia de accidentes viales.	Deficiente	Evaluación estructural - Programa de conservación



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

Elemento	Deficiencia/s observadas	CE	Recomendación
Tablero [40001]	Agrietamiento en dos direcciones con presencia de eflorescencias y áreas reparadas, posiblemente debido a una capacidad insuficiente por carga viga.	Alarmante	Programa de conservación
Elementos principales [40301] de las vigas de acero	Corrosión localizada y pérdida de sección en ala y alma de las vigas principales, afectando la capacidad de carga del puente.	Deficiente	Programa de conservación
Elementos principales [41001] y elementos secundarios [41002] de la cercha de acero	Agrietamiento, deformación, y corrosión localizada y pérdida de sección en elementos de la cercha, afectando la capacidad de carga del puente.	Deficiente	Programa de conservación
Sistema de protección hidráulica [60005]	Socavación y falla del sistema de protección construido alrededor de las pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4, donde se observan los anillos perimetrales de micropilotes.	Alarmante	Programa de conservación



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS	10
3. ALCANCE DEL INFORME	11
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	13
5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	17
5.1. DEFICIENCIAS EN ACCESORIOS: JUNTAS DE EXPANSIÓN Y SUPERFICIE DE DESGASTE DEL PUENTE	17
5.2. DEFICIENCIAS EN SUPERESTRUCTURA (TABLERO): TABLERO DE CONCRETO REFORZADO	24
5.3. DEFICIENCIAS EN SUPERESTRUCTURA (VIGAS I DE ACERO) N.º 1, N.º 2, N.º 3 Y N.º 4: ELEMENTOS PRINCIPALES	27
5.4. DEFICIENCIAS EN SUPERESTRUCTURA (CERCHA DE ACERO) N.º 5: ELEMENTOS PRINCIPALES Y ELEMENTOS SECUNDARIOS	30
5.5. DEFICIENCIAS EN SISTEMA DE PROTECCIÓN: SISTEMA DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	35
6. OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE	40
7. CONCLUSIONES.....	42
8. RECOMENDACIONES	44
9. REFERENCIAS.....	49
ANEXO 1 GLOSARIO	53
ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	59



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0303-2022

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

Página 8 / 62



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1, 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.

El día 24 de noviembre de 2021, se realizó una *inspección rutinaria* en el puente. En dicha inspección, se identificaron varias deficiencias para las cuales se recomienda atención prioritaria, por lo que se realizó este informe de *inspección especial*, ya que pueden afectar la seguridad de los usuarios o inclusive la integridad estructural del puente.

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



2. OBJETIVOS

El objetivo general es efectuar una *inspección especial* para evaluar y presentar las deficiencias observadas en varios elementos estructurales y no estructurales del puente sobre el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1.

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 ausencia de intervenciones planificadas en el puente.
- d) Proporcionar recomendaciones generales en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos o componentes 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 el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1 se realizó a raíz de la severidad y las posibles consecuencias que puedan originar las deficiencias observadas durante la inspección rutinaria, en algunos elementos estructurales y no estructurales del puente, las cuales pueden afectar la seguridad de los usuarios, la funcionalidad del puente o inclusive la integridad estructural del mismo. Asimismo, se realiza para incluir observaciones de aspectos relacionados 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 accesorios
 - Juntas de expansión
 - Superficie de desgaste del puente
 - Estructuras de servicios públicos
- Elementos pertenecientes al componente superestructura (tablero):
 - Tablero de concreto reforzado
- Elementos pertenecientes al componente superestructura (vigas I de acero y cercha de acero):
 - Elementos principales
 - Elementos secundarios
- Elementos pertenecientes al componente sistema de protección:
 - Sistema de protección hidráulica



El informe contempla la revisión de información relevante incluida en los planos de diseño y construcción del puente, ya que dicha documentación estaba disponible (U.S. Federal Works Agency, 1943). La validez de los planos fue verificada por medio de mediciones aproximadas en sitio de algunos elementos del puente, y su corroboración con la dimensión reportada en planos. Si se dispuso de los formularios de inspección de inventario (MOPT, 2017a) e inspección rutinaria (MOPT, 2017b y MOPT, 2021) del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).

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



4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

En esta sección se recopila la siguiente información del puente inspeccionado: características generales del puente y de la ruta en la que se ubica (Ver Tabla 4.1), ubicación geográfica (ver Figura 4.1), vista desde línea centro y vista lateral (ver Figura 4.2 y Figura 4.3 respectivamente) e identificación utilizada para elementos del puente en vista en planta y vista en elevación (ver Figura 4.4).

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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Puntarenas, Puntarenas, Barranca
	Coordenadas (WGS84)	9°59'49.20"N de latitud / 84°41'40.57"O de longitud
	Río que cruza	Río Barranca
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	1
	Kilómetro de ubicación	91,299
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	60210
Características básicas del puente	Longitud total entre línea de centro de apoyos (m)	98,64
	Tipos de superestructuras	Superestructura n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4, tipo vigas I de acero Superestructura n.º 5, tipo cercha de acero de paso inferior
	Número de tramos	8
	Año de construcción	1994
	Cantidad de bastiones y pilas	2 bastiones; 4 pilas
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1, tipo marco de concreto Bastión n.º 2, tipo muro con contrafuertes de concreto
	Tipo de pilas	Pila n.º 1, tipo muro de concreto Pila n.º 2, tipo muro de concreto Pila n.º 3, tipo muro de concreto Pila n.º 4, tipo muro de concreto
	Tipo de apoyos en bastiones	Bastión n.º 1: apoyo fijo Bastión n.º 2: apoyo fijo
	Tipo de apoyos en pilas	Pila n.º 1: apoyo fijo Pila n.º 2: apoyo fijo Pila n.º 3: apoyo fijo Pila n.º 4: apoyo inicial fijo, apoyo final expansivo
	Tipo de cimentación en bastiones y pilas	Bastión n.º 1: superficial Bastión n.º 2: superficial Pila n.º 1: profunda Pila n.º 2: profunda Pila n.º 3: profunda Pila n.º 4: profunda

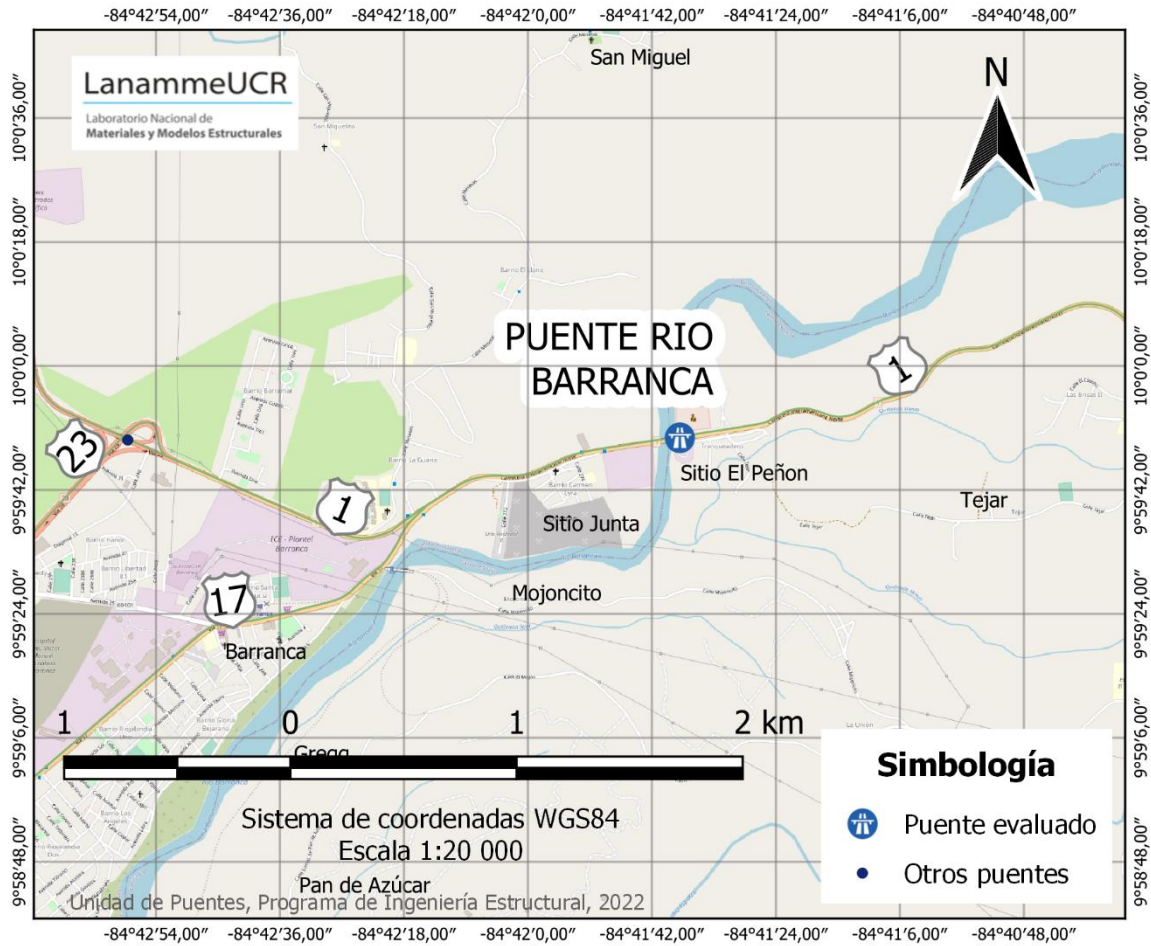


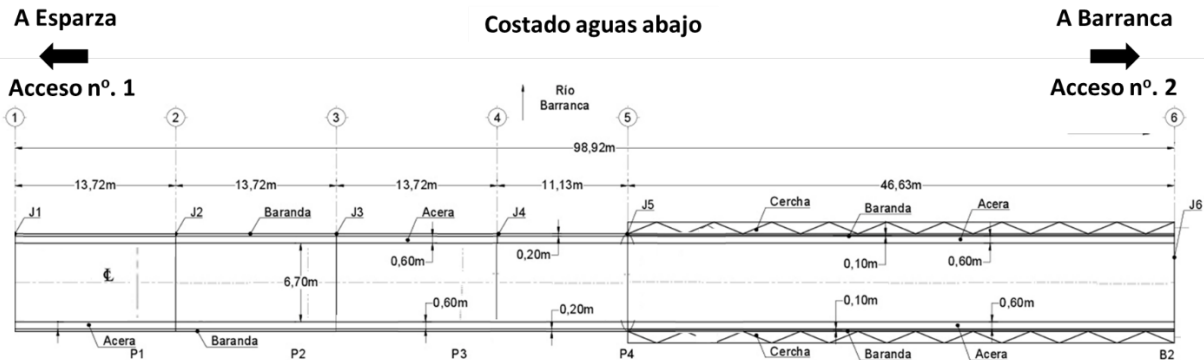
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente.
(Adaptado de Open Street Maps, 2021)



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

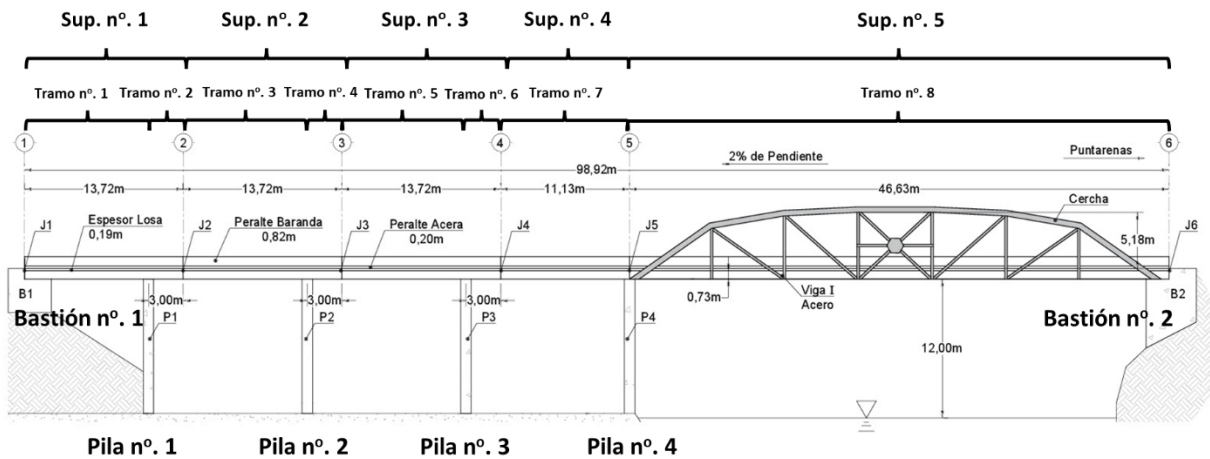


Figura 4.3. Vista lateral del costado aguas arriba del puente.



Costado aguas arriba

(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente, la cual coincide con la que se utiliza en planos.

(Fuente: Adaptado de MOPT, 2017a)



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES

5.1. Deficiencias en accesorios: juntas de expansión y superficie de desgaste del puente

De la Tabla 5.1.1 a la Tabla 5.1.5, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Accesorios: juntas de expansión y superficie de desgaste del puente. Estas deficiencias pueden afectar la durabilidad de los elementos o en el caso de la superficie de desgaste, afectar la funcionalidad y capacidad de carga del puente, así como aumentar el riesgo de ocurrencia de accidentes viales.



Tabla 5.1.1 Deficiencia identificada en juntas de expansión: Filtración de agua

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Juntas de expansión	Filtración de agua	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó evidencia de filtración de agua a través de las juntas de expansión n.º 1, n.º 2, n.º 3, n.º 4, n.º 5 y n.º 6 del puente. Lo anterior, ya que existen manchas de humedad en aproximadamente el 100 % de la pared del cabezal del bastión n.º 1, bastión n.º 2 y pila n.º 4 (ver ejemplo de evidencia fotográfica del bastión n.º 1 en Tabla 5.3.1), asimismo hay evidencia de corrosión en el 100 % de la longitud de los perfiles de acero existentes en bordes inferiores del tablero entre juntas y en zonas de uniones articuladas entre vigas principales de acero de los tramos en voladizo del puente (ver ejemplo de evidencia fotográfica para la junta de expansión n.º 4 en Tabla 5.3.1). La descarga de agua sobre los elementos estructurales del puente propicia su deterioro, y actualmente hay evidencia de corrosión en vigas principales de acero en la zona de los apoyos ubicados bajo las juntas de expansión y en zonas de uniones articuladas entre vigas principales (ver ejemplo de evidencia fotográfica para las juntas de expansión n.º 1 y n.º 4 en Tabla 5.3.1). Esta situación demuestra que las juntas de expansión no se encuentran funcionando adecuadamente, ya que no protegen a los elementos de la superestructura y subestructura contra los efectos del intemperismo.

Evidencia fotográfica

Ver ejemplo de evidencia fotográfica de la Tabla 5.3.1



Tabla 5.1.2 Deficiencia identificada en juntas de expansión: Obstrucción

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Juntas de expansión	Obstrucción	Deficiente (4)

Observaciones

Las juntas de expansión n.º 1, n.º 2, n.º 3, n.º 4, n.º 5 y n.º 6 estaban cubiertas en su totalidad (100 % de su longitud) con una sobrecapa de mezcla asfáltica, lo que impide el funcionamiento adecuado de la junta al restringir los movimientos relativos por expansión o contracción térmica de los elementos estructurales de la superestructura y movimientos producidos por las cargas de tránsito vehicular. Además, se observó que en la sobrecapa de mezcla asfáltica ubicada sobre las juntas existen grietas horizontales y desprendimiento de asfalto, lo que hace aún más evidente el problema de obstrucción.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.1.3 Deficiencia identificada en superficie de desgaste del puente: Sobrecapas

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Superficie de desgaste del puente	Sobrecapas	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó una sobrecapa de asfalto que aparenta no estar considerada en los planos de diseño del puente. La sobrecapa adicional tiene un espesor aproximadamente mayor a 100 mm y está presente en el 100 % del tablero. Dicha deficiencia fue reportada por primera vez en el 2011 a través del informe LM-PI-UP-001-2011 (Castillo-Barahona, et-al, 2011), realizado por la Unidad de Puentes. Se evidencia un aparente incremento del espesor de la carpeta asfáltica colocada sobre el puente, al comparar el espesor de la sobrecapa, medido en las inspecciones anteriores, con el espesor medido aproximadamente en esta inspección. Se estima que el espesor de sobrecapa es de aproximadamente 250 mm en los tramos de superestructuras de vigas de acero y alrededor de 160 mm en el tramo de la cercha.

Evidencia fotográfica





Evidencia fotográfica





Tabla 5.1.4 Deficiencia identificada en superficie de desgaste del puente: Baches

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Superficie de desgaste del puente	Baches	Deficiente (4)

Observaciones

Se observaron baches sobre la superficie de desgaste del puente, para los cuales los usuarios deben detener o disminuir la velocidad del vehículo para esquivarlo. Dicha deficiencia está presente en aproximadamente 5 % de la superficie de desgaste del puente, extendiéndose principalmente a lo ancho del tablero y en las zonas de las juntas de expansión (juntas de expansión n.º 1, n.º 2, n.º 4, n.º 5 y n.º 6) (ver también evidencia fotográfica de obstrucción identificada en juntas de expansión). Los movimientos relativos por expansión o contracción térmica de los elementos estructurales de la superestructura y los movimientos producidos por las cargas de tránsito vehicular se ven restringidos por la existencia de una sobrecapa de asfalto, que a su vez no tiene la capacidad para tomar dichos movimientos, lo que produce deficiencias en la superficie de desgaste, como baches. Actualmente esta deficiencia representa un problema funcional del puente, debido a que los vehículos deben reducir su velocidad sobre el puente. Además, aumenta el riesgo de ocurrencia de accidentes viales pues los usuarios intentan esquivar las zonas afectadas con baches, invadiendo el carril contrario.

Evidencia fotográfica





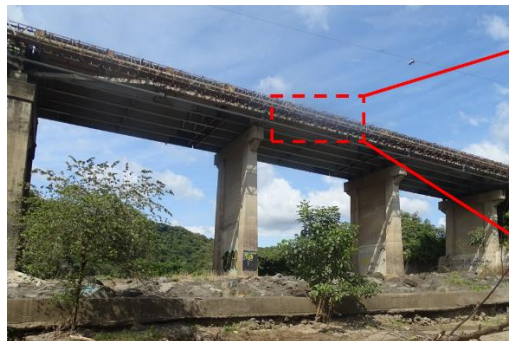
Tabla 5.1.5 Deficiencia identificada en estructuras de servicios públicos: Sobrecarga y filtración de agua

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Estructuras de servicios públicos	Sobrecarga de estructuras de servicios públicos y filtración de agua	No aplica

Observaciones

En el 100 % de la longitud del puente, tanto al costado aguas arriba como al costado aguas abajo existen estructuras para tuberías de servicios públicos adosadas que aparenta no estar consideradas en los planos de diseño del puente. Además, tampoco se obtuvo información de si, previo a su colocación, se realizó un análisis de la capacidad de carga de la estructura considerando la carga adicional que representa dichas estructuras. Adicionalmente se observó que en algunas zonas de las tuberías existe filtración de agua y descarga directa sobre elementos estructurales del puente, situación que propicia su deterioro.

Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en elementos de la superestructura (tablero): tablero de concreto reforzado

De la Tabla 5.2.1 a la Tabla 5.2.2, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: tablero de concreto reforzado del componente Superestructura. Estas deficiencias pueden afectar la integridad estructural del puente.



Tabla 5.2.1 Deficiencias identificadas en tablero de concreto reforzado: Grietas en dos direcciones y eflorescencias

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Tablero de concreto reforzado	Grietas en dos direcciones y eflorescencias	Alarmante (5)

Observaciones

Se observó un agrietamiento generalizado en el tablero de concreto reforzado del puente. En el tramo n.º 8 (cercha de acero) existe un patrón de agrietamiento denso, con grietas en dos direcciones con espaciamiento menor a 0,3 m en aproximadamente 30 % del área de la cara inferior del tablero de concreto reforzado. Además, se observó la presencia de eflorescencias en las grietas sin acumulación de carbonato de calcio en la superficie del tablero. El agrietamiento existente en el tablero del puente puede ser un indicativo del tránsito de vehículos con cargas mayores a la carga de diseño del puente.

Evidencia fotográfica

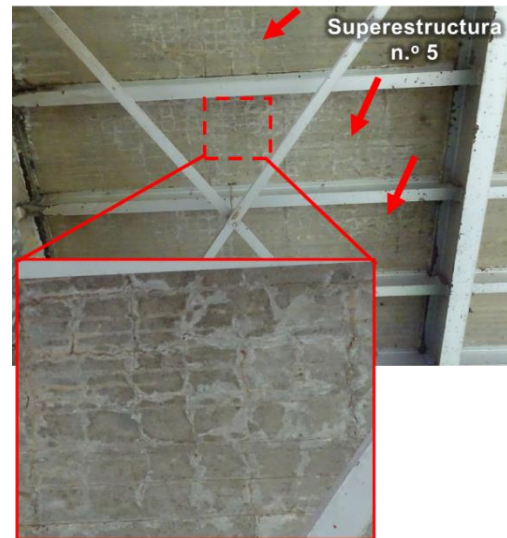




Tabla 5.2.2 Deficiencia identificada en tablero de concreto reforzado: Áreas reparadas

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Tablero de concreto reforzado	Área reparada	Regular (3)

Observaciones

Existen áreas reparadas en buen estado entre aproximadamente 15 % y 30 % del área de la cara inferior del tablero de concreto reforzado de los tramos n.º 3, n.º 4 y n.º 7 (vigas de acero). Según consta en un oficio elaborado tras una inspección realizada por funcionarios del CONAVI en el 2008 (MOPT, 2008), dichas reparaciones son consecuencia de desprendimientos de concreto experimentados por el tablero debido a una capacidad insuficiente por carga viga. Asimismo, en el 2020 se realizó un cambio de una lámina de acero y el colado de concreto de alta resistencia como medida de reparación de un agujero en el tablero del puente (MOPT, 2020a). La recurrencia de estas deficiencias es evidencia del tránsito de vehículos con cargas mayores a la carga de diseño del puente y que la vida útil de la estructura ya se ha superado.

Evidencia fotográfica





5.3. Deficiencias en elementos de la superestructura (vigas I de acero) n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4: elementos principales

En la Tabla 5.3.1, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Superestructura (vigas I de acero) n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4 (vigas I de acero): elementos principales. Estas deficiencias pueden afectar la integridad estructural del puente.



Tabla 5.3.1 Deficiencia identificada en elementos principales: Corrosión

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Elementos principales	Corrosión	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó corrosión localizada en aproximadamente 5 % de la longitud de las vigas principales de los tramos n.º 1, n.º 2, n.º 3, n.º 4, n.º 5, n.º 6 y n.º 7 especialmente en las zonas ubicadas bajo las juntas de expansión, en donde la descarga de agua sobre los elementos estructurales del puente propicia su deterioro. Según se observó en la zona de la viga principal externa (ubicada al costado aguas abajo) bajo la junta de expansión n.º 1 existe pérdida de sección por corrosión en la viga que excede aparentemente el 10 % del espesor del ala del elemento, asimismo existe pérdida de sección por delaminación en el alma de la viga. Dicha deficiencia se encontraba presente en aproximadamente 3 % de la longitud de las vigas principales de la superestructura n.º 1 (tramo n.º 1). Se debe tener presente que la pérdida de sección afecta la capacidad de carga de las vigas y, por la ubicación de la deficiencia, también aumenta la probabilidad de falla de la conexión de la viga con los apoyos del puente, y la conexión articulada entre vigas principales del puente.

Evidencia fotográfica





Evidencia fotográfica





5.4. Deficiencias en elementos de la superestructura (cercha de acero) n.º 5: elementos principales y elementos secundarios

De la Tabla 5.4.1 a la Tabla 5.4.4, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Superestructura (cercha de acero) n.º 5: elementos principales y elementos secundarios. Estas deficiencias pueden afectar la integridad estructural del puente.



Tabla 5.4.1 Deficiencia identificada en elementos principales y elementos secundarios:
Agrietamiento

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Elementos principales – Elementos secundarios	Agrietamiento	Deficiente (4)

Observaciones

Se observaron grietas en aproximadamente 5 % de la longitud los elementos verticales de la cercha, y no se han tomado medidas para su estabilización. Asimismo, existen grietas en aproximadamente 5 % de los elementos secundarios de la cercha, específicamente en elementos del portal. La aparición de grietas podría ser causada por sobreesfuerzos en los elementos de la cercha, ya sea por causa de un impacto o debido al hecho de que sobre el puente transitan vehículos con cargas mayores a la carga de diseño.

Evidencia fotográfica

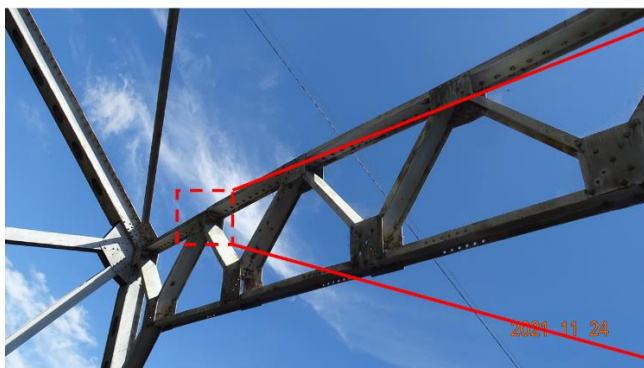




Tabla 5.4.2 Deficiencia identificada en elementos principales: Corrosión

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Elementos principales	Corrosión	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó corrosión localizada en aproximadamente 15 % de la longitud de los elementos de la cercha, especialmente en las cuerdas inferiores, donde existe acumulación de humedad y sedimentos. En una zona cercana a la pila n.º 4 de la cuerda inferior de la cercha ubicada en el costado aguas abajo del puente, se observaron dos agujeros que atraviesan todo el espesor de la sección de la cuerda inferior, lo que representa aproximadamente un 1 % de extensión. Dicha zona corresponde a la unión de la cuerda inferior con una de las placas de conexión de la cercha, donde existe transmisión de esfuerzos de la cuerda inferior hacia los pernos y elementos de conexión de la unión, por lo que la cuerda no se encuentra trabajando plenamente en tensión en dicha zona.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.4.3 Deficiencia identificada en elementos principales y elementos secundarios:
Deformación

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Elementos principales – Elementos secundarios	Deformación	Deficiente (4)

Observaciones

Se observaron que deformaciones locales significativas en aproximadamente 5 % de la longitud los elementos verticales de la cercha. La aparición de deformaciones podría ser causada por sobreesfuerzos en los elementos de la cercha, ya sea por causa de un impacto o debido al hecho de que sobre el puente transitan vehículos con cargas mayores a la carga de diseño. Asimismo, existen deformaciones que requieren medidas correctivas y no han sido aplicadas en aproximadamente 15 % de la longitud los elementos secundarios (portales).

Evidencia fotográfica

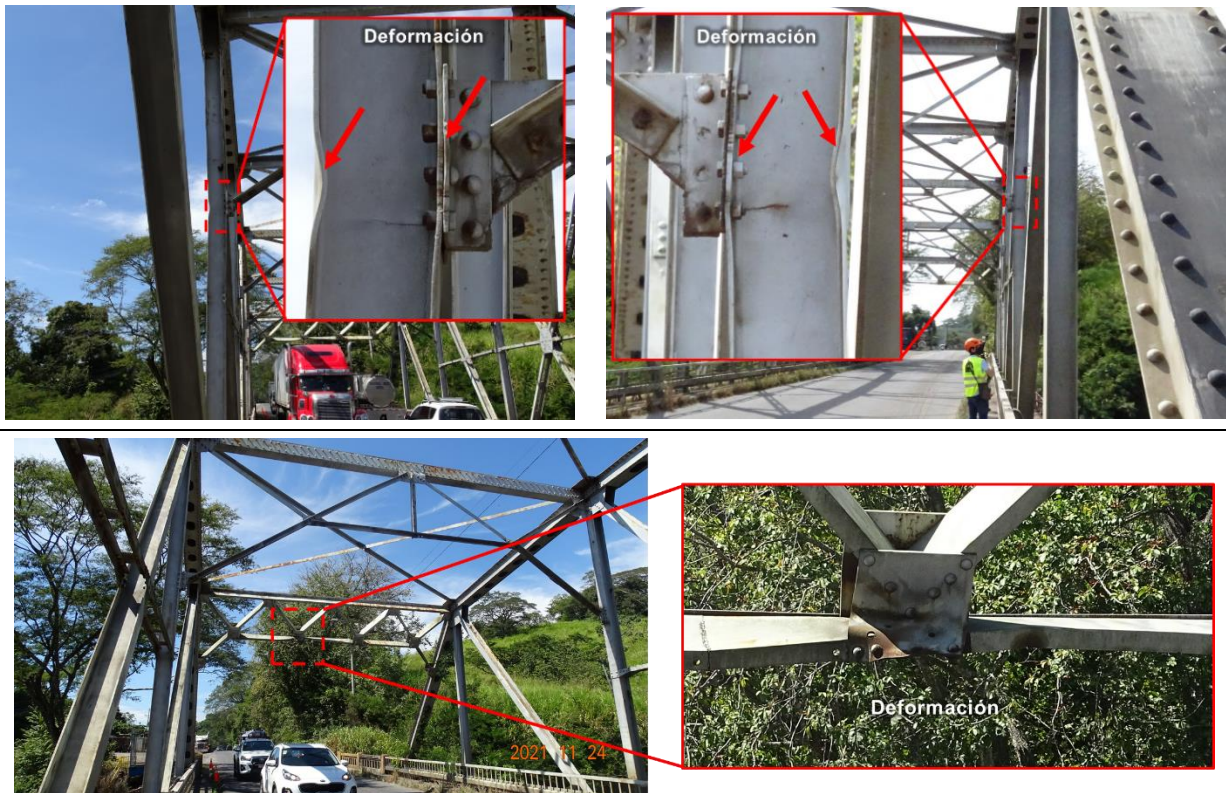




Tabla 5.4.4 Deficiencia identificada en elementos principales y elementos secundarios:

Vibración

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Elementos principales – Elementos secundarios	Vibración	No aplica

Observaciones

El puente experimenta vibraciones significativas ante el tránsito de vehículos pesados, aparentemente debido a una flexibilidad excesiva de la cercha. Durante la inspección se observó la vibración continua de los elementos del sistema de arriostramiento superior de la cercha. Las vibraciones significativas son un indicativo de que la estructura de acero está sujeta a deformaciones que pueden provocar fatiga, lo que posiblemente ha producido la aparición de grietas en elementos principales y elementos secundarios de la cercha, las cuales, son reportadas en este informe.

Evidencia fotográfica





5.5. Deficiencias en sistema de protección: sistema de protección hidráulica

De la Tabla 5.5.1 a la Tabla 5.5.2, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Sistema de protección: sistema de protección hidráulica. Estas deficiencias pueden afectar la integridad estructural del puente.



Tabla 5.5.1 Deficiencias identificadas en elementos del componente: Sistema de protección – Sistema de protección hidráulica

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de protección hidráulica	Sistemas de protección contra la socavación y socavación cimentaciones profundas	Alarmante (5)

Observaciones

Las medidas de protección contra la socavación construidas alrededor de las pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4 fallaron en su totalidad (100 % del elemento). La situación anterior puede propiciar que los problemas de socavación ya existentes en el puente incrementen de forma más acelerada en severidad y extensión.

La socavación se observó en aproximadamente el 100 % de la losa de protección construida alrededor de las pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4, donde se observan los anillos perimetrales de micropilotes, construidos en 1997 (aparentemente de forma integral con las cimentaciones del puente), como contramedida ante los problemas de socavación experimentados por las subestructuras del puente, según consta en un oficio elaborado tras una inspección realizada por funcionarios del CONAVI en el 2008 (MOPT, 2008).

De acuerdo con la medición realizada en esta inspección, se observó una pérdida de material por debajo de la losa de protección en el costado aguas abajo del puente, que se extiende hasta un máximo de aproximadamente 1,00 m bajo el borde exterior del anillo perimetral de la protección. Los micropilotes se observaron expuestos en menos del 10 % de su longitud total. Dicha deficiencia fue reportada por primera vez en el 2011 a través del informe LM-PI-UP-001-2011 (Castillo-Barahona, et-al, 2011), realizado por la Unidad de Puentes, asimismo se tienen a disposición fotografías del 2012, donde se sigue observando la situación. Posteriormente, en el 2017 y en el 2021 esta misma deficiencia fue reportada en la inspección de inventario (MOPT, 2017a) y la inspección rutinaria (MOPT, 2017b) que se encuentran disponibles en el Sistema de Administración de Puentes. Al comparar las inspecciones anteriores al 2021 con la inspección realizada para este informe, se evidencia un incremento en altura y extensión de la socavación en la losa de protección y los micropilotes del anillo perimetral (en dirección hacia la pila n.º 4). Lo anterior es prueba de la agresividad erosiva del



Observaciones

río Barranca en la sección del puente y además un indicativo de que las medidas implementadas en el pasado no han sido efectivas para detener los problemas de socavación. El avance de la socavación podría alcanzar los cimientos, causando la inestabilidad de las pilas y el eventual colapso del puente en caso de no atenderse.

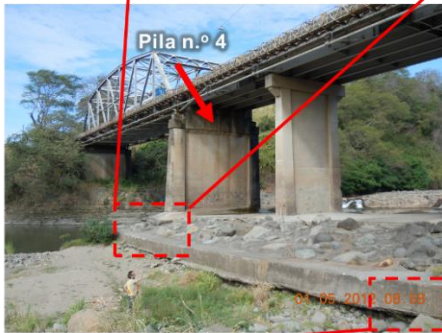
Asimismo, debido a las deficiencias en la protección el puente tiene cierres temporales por seguridad cuando se presentan lluvias fuertes (Amelia Rueda, 2021). Lo anterior, también denota un problema funcional, ya que no puede mantenerse en servicio durante todo el año, por el riesgo que perciben los habitantes de la zona, lo cual tiene implicaciones económicas debido a la importancia estratégica del puente.

Evidencia fotográfica





Evidencia fotográfica



Fotografía de la Unidad de puentes
(Mayo, 2012)



Fotografía de la inspección realizada para este
informe (Noviembre, 2021)





Tabla 5.5.2 Deficiencia identificada en sistema de protección hidráulica: Potencial de bloqueo

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de protección hidráulica	Potencial de bloqueo del cauce	Deficiente (4)

Observaciones

El sistema de protección hidráulica construido alrededor de las pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4 se convierte en un bloqueo del cauce del río, para los niveles de agua normales. Esta situación, ha propiciado la falla la losa de protección e incrementa la posibilidad de que se agraven los problemas de socavación existentes en el puente, pues el río al intentar seguir su cauce natural y encontrar este obstáculo, erosiona el material de relleno bajo la losa de protección, el cual actualmente se encuentra desprotegido debido a la falla del sistema de protección hidráulica existente.

Evidencia fotográfica





6. OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE

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

Tabla 6.1 Aspectos identificados relacionados con la gestión del puente

Aspecto identificado de gestión
Ausencia de intervenciones planificadas en el puente
Observaciones
<p>Las deficiencias observadas en el puente sobre el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1 durante esta inspección no son nuevas. Los problemas observados como: la socavación de las protecciones, el agrietamiento y la existencia de áreas reparadas en el tablero, la corrosión de las vigas principales de acero y elementos de la cercha, el tránsito de vehículos con cargas mayores a la carga de diseño del puente, así como la vibración excesiva y el final de la vida útil de la estructura, entre otros aspectos, habían sido reportados en el pasado a través del informe LM-PI-UP-001-2011 (Castillo-Barahona, et-al, 2011), y sugería incluso desde aquel entonces, la necesidad de sustitución inmediata del puente. Sin embargo, a la fecha la estructura no ha sido sustituida, mientras tanto las deficiencias existentes continúan incrementando en severidad y extensión. Además, se evidencia la aparición de otras nuevas deficiencias, tal como el agrietamiento observado en elementos principales y elementos secundarios de la cercha, reportado en este informe.</p> <p>El puente sobre el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1 también formó parte del primer decreto presidencial firmado en la Administración 2014 – 2018 (Ministerio de la Presidencia, 2017) para intervenir con carácter de urgencia un grupo de puentes en mal estado, no obstante, las medidas de atención que se implementaron fueron mínimas (La Nación, 2017), sin llegar a mejorar significativamente la condición del puente.</p> <p>En el informe LM-PIE-UP-A01-2019 (Vargas-Alas, Villalobos-Vega, et-al, 2019) realizado por la Unidad del Puentes como una asesoría solicitada mediante el oficio DIE-02-19-0250 (24) de la Dirección Ejecutiva del CONAVI, se presentaron los resultados de una priorización de puentes para el denominado “Programa de Intervención de Puentes en Estado Deficiente”,</p>



Observaciones

proyecto del CONAVI, con el objeto de atender puentes con necesidades de rehabilitación o sustitución. En dicho informe, se incluyó entre otros aspectos, una priorización de los puentes con necesidad de atención que se encuentran incluidos dentro del Banco de Proyectos de Inversión en Infraestructura que tiene el CONAVI registrados en el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). En estos listados, el puente sobre el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1 se encuentra incluido y sobresale encabezando la lista con la prioridad más alta, indicando que “hay evidencia suficiente de que el puente necesita algún tipo de intervención urgentemente”.

Por otro lado, recientemente, una nota periodística publicada en el 2021 (CRHoy, 2021) informó sobre la declaración con lugar de un recurso de amparo interpuesto por un usuario del puente, quien solicitó de manera inmediata una intervención en el puente ante el riesgo de colapso del mismo, y a través de la resolución 2021-019089 (Sala Constitucional, 2021), se le otorgó al MOPT y CONAVI un plazo máximo de 3 años a partir de la notificación de la sentencia para la construcción de un puente nuevo, situación que también es indicativa del estado tan deteriorado en que se encuentra el puente.

En otra nota periodística, también publicada en el 2021 (Amelia Rueda, 2021) se indicó que, una vez concluido el diseño del puente, se previa que el proceso de licitación para la demolición del puente existente y la construcción del puente nuevo iniciaría a finales del 2021, sin embargo, a principios del presente año aún no se tiene evidencia de la publicación de dicha licitación en el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP).

Los antecedentes anteriores y la situación actual son evidencia de una gestión deficiente del puente, pues a pesar del conocimiento de su deterioro significativo y la necesidad de atención desde hace más de una década, aún no se ha realizado una intervención del mismo.



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 el río Barranca en la Ruta Nacional n.º 1. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias.

Tabla 7.1. Deficiencias y condición resultante de los elementos

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Juntas de expansión [10001]	Obstrucción y filtración de agua que afectan el funcionamiento de las juntas de expansión y la durabilidad de los elementos del puente ubicados bajo las juntas.	Deficiente (4)
Superficie de desgaste del puente [10004]	Sobrecapa sin evidencia de que haya sido considerada en el diseño lo que podría afectar la capacidad de carga del puente. Existencia de baches, afectando la funcionalidad del puente e incrementando el riesgo de ocurrencia de accidentes viales.	Deficiente (4)
Tablero [40001]	Agrietamiento en dos direcciones con presencia de eflorescencias y áreas reparadas, posiblemente debido a una capacidad insuficiente por carga viga.	Alarmante (5)
Elementos principales [40301] de las vigas I de acero	Corrosión localizada y pérdida de sección en ala y alma de las vigas principales, afectando la capacidad de carga del puente.	Deficiente (4)



Tabla 7.1. Deficiencias y condición resultante de los elementos (*continuación*)

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Elementos principales [41001] y elementos secundarios [41002] de la cercha de acero	Agrietamiento, deformación, corrosión localizada y pérdida de sección en elementos de la cercha, afectando la capacidad de carga del puente.	Deficiente (4)
Sistema de protección hidráulica [60005]	Socavación de la losa de protección y los micropilotes y falla del sistema de protección construido alrededor de las pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4.	Alarmante (5)



8. RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración las principales observaciones que son presentadas en el informe y el final de la vida útil de la estructura, se recomienda a los responsables de la atención del puente en el MOPT y CONAVI, realizar las gestiones para la sustitución del puente de forma inmediata. Se tiene conocimiento de la resolución 2021-019089 (Sala Constitucional, 2021), en la cual se le otorgó al MOPT y CONAVI un plazo máximo de 3 años para la construcción de un puente nuevo (CRHoy, 2021), y que, además, se prevé un proceso de licitación para la construcción del mismo en un futuro cercano (Amelia Rueda, 2021). Por esto, únicamente se emiten recomendaciones en el corto plazo con el propósito de reducir el riesgo asociado a las deficiencias observadas y en el caso en que la sustitución del puente existente no suceda en el mediano plazo, y se insta a la Administración a que inicie el proceso de contratación para la sustitución de la estructura lo más pronto posible.

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
	Programa de conservación:	
Juntas de expansión [10001]	<p>Remover las obstrucciones provocadas por la sobrecapa de mezcla asfáltica (independientemente de que se decida remover o no la carpeta asfáltica del puente) y realizar la reparación de los bordes del tablero adyacentes a las juntas.</p> <p>Si se pospone la sustitución del puente, colocar una junta de expansión adecuada que impida la filtración de agua hacia los elementos de la superestructura y subestructura.</p>	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 609 relacionada con sustitución de juntas de expansión



Tabla 8.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
Superficie de desgaste del puente [10004]	<p>Evaluación estructural:</p> <p>Realizar un análisis estructural para definir si la carpeta asfáltica colocada está reduciendo la capacidad de carga del puente.</p>	<p>The Manual for Bridge Evaluation (AASHTO, 2018) – Sección 6 relacionada con las evaluaciones de capacidad de carga.</p>
	<p>Programa de conservación:</p> <p>En el caso en que se determine que la carpeta asfáltica no está reduciendo la capacidad de carga del puente, reparar los baches existentes en la superficie de desgaste del puente evitando la colocación de más sobrecapas.</p> <p>Si se considera que es necesario remover la carpeta asfáltica, se recomienda realizar las reparaciones necesarias en el tablero de concreto.</p>	
Tablero [40001]	<p>Programa de conservación:</p> <p>Monitorear con una frecuencia mensual, o según la Administración determine necesario, el tablero del puente y realizar reparaciones paliativas en la losa cuando se presenten problemas como desprendimientos de concreto o agujeros de espesor completo. Lo anterior en el entendido de que son reparaciones para mantener el tránsito mientras se realiza la contratación para la construcción del puente nuevo.</p> <p>Si se considera económicamente efectivo, ante la posible sustitución del puente en el mediano plazo, se puede reparar el agrietamiento de la losa.</p>	<p>Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 608 relacionada con la reparación de losas de concreto reforzado, y Sección 606 relacionada con limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes.</p>



Tabla 8.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
Elementos principales [40301] de las vigas de acero	<p>Inspección detallada:</p>	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 615 relacionada con la reparación de puente de acero mediante reposición y adición de elemento de acero.
	<p>Realizar una inspección detallada para cuantificar la severidad y extensión de la corrosión en las vigas principales (incluyendo la inspección de los componentes de su conexión), y con ello, definir las medidas de reparación necesarias para el programa de conservación, especialmente en zonas de ubicación de los apoyos y uniones articuladas entre vigas principales, donde se tuvo acceso visual limitado.</p>	
<p>Programa de conservación:</p>	<p>Reparar, reforzar o sustituir de forma temporal las vigas principales de acero para recuperar su integridad estructural, ante los problemas de corrosión observados, y de acuerdo con las medidas de reparación que sean definidas a partir de la inspección detallada recomendada, mientras se realiza la contratación para la construcción de un puente nuevo.</p>	



Tabla 8.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
Programa de conservación:		
Elementos principales [41001] y elementos secundarios [41002] de la cercha de acero	<p>Reparar o sustituir los elementos principales y secundarios de las cerchas de acero para recuperar su integridad estructural, ante lo problemas de corrosión y agrietamientos observados mientras se realiza la contratación para la construcción de un puente nuevo.</p> <p>En el caso de los elementos deformados y de requerirse, reforzar la zona dañada para recuperar parcialmente su capacidad mientras se realiza la contratación para la construcción de un puente nuevo.</p>	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 615 relacionada con la reparación de puente de acero mediante reposición y adición de elemento de acero.
Programa de conservación:		
Sistema de protección hidráulica [60005]	<p>Diseñar y construir alguna medida de protección hidráulica temporal alrededor de las pilas con el fin de evitar el avance de la socavación y mientras se realiza la contratación para la construcción de un puente nuevo. Para el diseño de las contramedidas se puede utilizar los estudios hidrológicos-hidráulicos efectuados como parte de la inspección detallada realizada al puente en el 2017 (MOPT, 2017c), según se indica en el reporte disponible en el SAEP.</p> <p>Monitorear con regularidad la progresión de la socavación en las protecciones de las pilas del puente, principalmente en época lluviosa, después de la ocurrencia de eventos extremos, como crecidas por eventos hidrometeorológicos o sismos importantes.</p>	Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016) Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 616 relacionada con la restitución del contacto suelo-cimentación en puente y Sección 617 relacionada con la protección de riberas.



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.



9. REFERENCIAS

1. Amelia Rueda (17 de julio de 2021) *Tras 10 años de alerta por mal estado, Conavi prevé licitación de puente de Barranca a fin de año*. Disponible en: <https://www.ameliarueda.com/nota/reconstruiran-puente-rio-barranca-noticias-costa-rica> [Consulta del 03 de enero de 2022].
2. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. AASHTO (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.)*. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
4. Castillo-Barahona, R., Rodríguez-Roblero, M., et al. (2011). *Inspección del puente sobre el río Barranca Ruta Nacional No. 1 LM-PI-UP-001-2011*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
5. CONAVI (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puente (SAEP)*. Consejo Nacional de Vialidad, San José, Costa Rica.
6. CRHoy (24 de septiembre de 2021). *Una década sin acción: puente sigue en estado crítico pese a numerosas advertencias*. Disponible en: <https://www.crhoy.com/nacionales/una-decada-sin-accion- puente-sigue-en-estado-critico-pese-a-numerosas- advertencias/> [Consulta del 03 de enero de 2022].
7. Ministerio de la Presidencia (2017). *Decreto N° 38489 -MP-MOPT*. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/3391;jsessionid=1822B29C8A5F66F08F228545BE933101>. [Consulta del 26 de enero de 2022].
8. MOPT (28 de mayo del 2008). *Oficio 311.08 - Ref. Protección de fundaciones del puente sobre río Barranca, en ruta 1*. División de Obras Públicas, Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.



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 (2017a). *Puente sobre río Barranca*. 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 03 de enero de 2022].
11. MOPT (2017b). *Puente sobre río Barranca*. 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 03 de enero de 2022].
12. MOPT (2017c). *Puente sobre río Barranca*. Reporte de inspección detallada [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 23 de enero de 2022].
13. MOPT (2020a). *Paso por puente sobre río Barranca, en Interamericana Norte, tendrá paso regulado por reparaciones*. Disponible en: <https://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home/noticias>. [Consulta del 03 de enero de 2022].
14. MOPT. (2020b). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
15. MOPT (2021). *Puente sobre río Barranca*. 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 18 de febrero de 2022].

16. La Nación (2017). *¿Qué pasó con los puentes y alcantarillas del primer decreto del presidente?* Disponible en: <https://www.nacion.com/el-pais/infraestructura/que-paso-con-los-puentes-y-alcantarillas-del-primer-decreto-del-presidente/NIOKESHZCVBKDPZVAIPVT5QQE/story/>. [Consulta del 03 de enero de 2022].
17. Sala Constitucional (2021). *Resolución N° 19089 - 2021* Disponible en: <https://nexuspi.poder-judicial.go.cr/document/sen-1-0007-1048442> [Consulta del 18 de febrero de 2022].
18. SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica de Centroamérica.
19. Villalobos-Vega, E., Vargas-Alas, L. G., Castillo-Barahona, R (2019). *Asesoría al CONAVI para el denominado “Programa de Intervención de Puente en Estado Deficiente” LM-PIE-UP-A01-2019*. San José, Costa Rica: Programa de Ingeniería Estructural (PIE), LanammeUCR.
20. SIECA (2016). *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica*. Secretaría de Integración Económica Centroamericana, San Salvador, El Salvador. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/123456789/488>



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0303-2022

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

Página 52 / 62

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).



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0303-2022

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

Página 58 / 62

Página intencionalmente dejada en blanco



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.