



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0413-2021

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE SOBRE EL RÍO TATISCÚ (RÍO YERBABUENA) RUTA NACIONAL N.º 219



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
16 de diciembre, 2021



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0413-2021		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RÍO TATISCÚ (RÍO YERBABUENA) RUTA NACIONAL N.º 219		4. Fecha del Informe 16 de diciembre de 2021
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 2021, Puentes red vial nacional, Informe de inspección especial, Ruta Nacional n.º 219, Puente sobre el río Taticú, río Taticú, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de inspección especial del puente sobre el río Taticú en la Ruta Nacional n.º 219, es un producto de las inspecciones de puentes existentes que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este informe se realiza, en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la Ley n.º 8114. Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr . El informe EIC-Lanamme-INF-0388-2021 incluido en el Anexo 3, realizado por el Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR no se encuentran dentro del alcance de acreditación. 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-0413-2021

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

Página 4 / 49

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre el río Taticú (identificado como “puente sobre el río Yerbabuena” en la herramienta SAEP de CONAVI), ubicado en el kilómetro 17,285 de la Ruta Nacional n.º 219.

En la Tabla R.1 se muestran las 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
Rellenos de aproximación del acceso n.º 2	Asentamiento o pérdida de relleno del talud aguas abajo que podría afectar la operación del puente.	Alarmante	Evaluación geotécnica - programa de mejoramiento
Sistema de drenaje de los accesos	Obstrucción y ausencia de sistema de drenaje en el acceso del acceso n.º 2 que ha potenciado la erosión del talud aguas abajo.	Regular	Programa de conservación
Juntas de expansión n.º 1 y n.º 2	Obstrucción y filtración de agua que afectan el funcionamiento de las juntas de expansión y la durabilidad de los elementos del puente.	Deficiente	Programa de conservación
Superficie de desgaste del puente	Sobrecapa sin evidencia de ser considerada en el diseño lo que podría afectar la capacidad de carga.	Aceptable	Evaluación estructural
Sistema de drenaje del tablero (salida)	Condición deficiente por ausencia de bajantes y bajantes con longitud insuficiente que afecta la durabilidad de los elementos del puente.	Regular	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
Sistema de contención vehicular del acceso y del puente	Faltante con presencia de riesgo de caída de vehículos por taludes cercanos al borde de la carretera. Faltante por presencia de baranda metálica en el puente sin capacidad de contener y redirigir a los vehículos ante una eventual colisión.	Deficiente	Evaluación de seguridad vial - Programa de mejoramiento
Elementos principales y secundarios de la cercha	Acumulación de sedimentos, que aparentan ser ceniza volcánica, la cual puede acelerar el proceso de corrosión. Descaramiento del sistema de protección contra la corrosión y oxidación puntual en elementos.	Aceptable	Programa de conservación
Apoyos fijos (acero)	Corrosión con pérdida de sección en algunos componentes del apoyo. Acumulación de sedimentos, humedad y musgo que puede acelerar el proceso de corrosión.	Regular	Programa de conservación
Apoyos móviles (acero)	Oxidación puntual en algunos componentes del apoyo. Restricción al movimiento por acumulación excesiva de sedimentos en placa deslizante.	Deficiente	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 ACCESOS: RELLENO DE APROXIMACIÓN Y SISTEMA DE DRENAJE	17
5.2.	DEFICIENCIAS EN ACCESORIOS: JUNTAS DE EXPANSIÓN, SUPERFICIE DE DESGASTE DEL PUENTE Y SISTEMA DE DRENAJE DEL TABLERO (SALIDA)	20
5.3.	DEFICIENCIAS EN SEGURIDAD VIAL: SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR (ACCESOS) Y SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR (PUENTE)	24
5.4.	DEFICIENCIAS EN SUPERESTRUCTURA (CERCHA DE ACERO): ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS	27
5.5.	DEFICIENCIAS EN SUBESTRUCTURA: APOYOS.....	29
6.	CONCLUSIONES.....	31
7.	RECOMENDACIONES	33
7.1.	EN EL CORTO PLAZO:.....	33
7.2.	EN EL MEDIANO PLAZO:.....	36
8.	REFERENCIAS.....	38



ANEXO 1 GLOSARIO	40
ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	45
ANEXO 3 INFORME: EIC-LANAMME-INF-0388-2021	49



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Taticú en la Ruta Nacional n.º 219 (identificado como “puente sobre el río Yerbabuena” en la herramienta SAEP de CONAVI), es un producto de las inspecciones de puentes en servicio que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) y se realiza en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según el artículo 6 de la Ley n.º 8114.

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

La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 02 de noviembre del 2021, a raíz de una solicitud de valoración técnica del puente realizada por la Unidad de Gestión Vial de la Municipalidad de Oreamuno, debido a la afectación evidente del relleno de aproximación en el costado aguas abajo del acceso n.º 2. Esta solicitud se realizó mediante el oficio MUOR-UTGV-361-2021 enviado al Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR el día 29 de octubre del 2021.

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



2. OBJETIVOS

El objetivo general es efectuar una *inspección especial* para evaluar y presentar las deficiencias observadas en varios elementos estructurales y no estructurales del puente sobre el río Taticú en la Ruta Nacional n.º 219.

Los objetivos específicos son:

- a) Describir de manera general el puente con base en la información de inventario disponible.
- b) Identificar, presentar y analizar las deficiencias, encontradas a partir de la visita al sitio, en distintos elementos del puente según se enlistan en el alcance de este informe.
- c) Proporcionar recomendaciones generales en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos 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 Tatiscú en la Ruta Nacional n.º 219 se realizó a raíz de la afectación evidente en el relleno de aproximación que se encuentra al costado aguas abajo en el acceso n.º 2, la cual podría llegar a comprometer el uso normal de la estructura en caso de que no sea atendida de manera oportuna.

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 accesos:
 - Rellenos de aproximación
 - Sistema de drenaje del acceso
- Elementos pertenecientes al componente accesorios:
 - Juntas de expansión
 - Superficie de desgaste del puente
 - Sistema de drenaje del tablero (salida)
- Elementos pertenecientes al componente seguridad vial:
 - Sistema de contención vehicular (puente)
- Elementos pertenecientes al componente superestructura (cercha de acero):
 - Elementos principales
 - Elementos secundarios
- Elementos pertenecientes al componente subestructura:
 - Apoyos

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, 2017a) e inspección rutinaria (MOPT, 2017b) disponibles en el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).



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

La inspección del talud del relleno de aproximación en el costado aguas abajo del acceso n.º 2 realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR (ver Anexo 3) no se encuentra dentro del alcance de acreditación.



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).

El presente puente aparece bajo el nombre “puente sobre el río Yerbabuena” en el SAEP, esto probablemente debido a la cercanía del puente a la confluencia del río Yerbabuena en el río Taticú. Sin embargo, utilizando el visor del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), se observa que el puente se ubica sobre el río Taticú (ver Figura 4.1), por lo que en este informe se decide denominarlo “puente sobre el río Taticú”.

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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Cartago, Oreamuno, Potrero
	Coordenadas (WGS84)	9° 56' 3.00" N de latitud / 83° 52' 40,29" O de longitud
	Río que cruza	Río Taticú
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	219
	Kilómetro de ubicación	17,28
	Tipo de ruta	Secundaria
	Sección de control	30500
Características básicas del puente	Longitud entre juntas (m)	61,00
	Tipo de superestructura	Cercha de acero de paso superior
	Número de tramos	1
	Año de construcción	1936-1940
	Cantidad de bastiones y pilas	2 bastiones; 0 pilas
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y bastión n.º 2, tipo muro de concreto reforzado (aparentemente ya que no se tienen los planos de diseño para verificarlo)
	Tipo de pilas	No aplica
	Tipo de apoyos en bastiones	Bastión n.º 1: apoyos fijos (acero) Bastión n.º 2: apoyos móviles (acero)
	Tipo de apoyos en pilas	No aplica
	Tipo de cimentación en bastiones y pilas	No se disponen de planos para definir las



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 Parque Nacional Volcán Irazú



Figura 4.3. Vista lateral del costado aguas abajo del puente



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en accesos: relleno de aproximación y sistema de drenaje

En la Tabla 5.1, se presentan las deficiencias observadas en los elementos del componente Accesos: relleno de aproximación y sistema de drenaje. Estas deficiencias pueden afectar la circulación por el puente y, si no llegan a ser atendidas oportunamente, pueden llegar a afectar la integridad estructural del mismo.

Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en elementos del componente: Accesos

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Relleno de aproximación	Asentamiento o pérdida de relleno	Alarmante (5)

Observaciones

En aproximadamente el 25% del relleno de aproximación del costado aguas abajo del acceso n.º 2, se observó el asentamiento severo del talud y pérdida de material.

Existen distintas situaciones que evidencian el movimiento de la masa del talud, a como lo son: presencia de agrietamiento en la cara del talud, árboles y señales inclinadas a favor de la pendiente y bloques de concretos caídos al pie del talud (aparentemente del bordillo de la vía). También, existen grietas en la corona del talud próximas a la carpeta asfáltica del acceso n.º 2, lo que evidencia que, en caso de continuar la progresión de la deficiencia, podría haber un posible riesgo al tráfico, o una afectación a la integridad estructural del puente.

Para mayor información del talud del relleno de aproximación, referirse al Informe EIC-Lanamme-INF-0388-2021 en el Anexo 3 (fuera del alcance de acreditación).

Evidencia fotográfica





Evidencia fotográfica





Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en elementos del componente: Accesos (*continuación*)

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de drenaje de los accesos	Condición y funcionamiento - Erosión	Regular (3)

Observaciones

Se observó que existen problemas de canalización de agua y manejo de la escorrentía superficial en la vía proveniente del Parque Nacional Volcán Irazú (acceso n.º 2). El sistema de drenaje del costado aguas arriba, correspondiente a una cuneta revestida de concreto, presenta obstrucciones severas de material que impiden su correcto funcionamiento, mientras que en el costado aguas abajo no hay sistema de drenaje, ya que únicamente presenta un canal no revestido formado por el material del sitio.

Los accesos tienen dos sistemas de drenaje: costado agua arriba y costado aguas abajo. El 50% del sistema de drenaje está obstruido (correspondiente al costado aguas arriba), mientras que para el 50% restante (correspondiente al costado aguas abajo), no existe, pero es necesario. Estas deficiencias han potenciado la erosión severa del talud aguas abajo del acceso n.º 2 (ver observación anterior).

Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en accesorios: juntas de expansión, superficie de desgaste del puente y sistema de drenaje del tablero (salida)

En la Tabla 5.2, se presentan las deficiencias en los elementos no estructurales del componente Accesorios: juntas de expansión, superficie de desgaste del puente y sistema de drenaje del tablero (salida). Estas deficiencias pueden afectar la durabilidad de los elementos o en el caso de la superficie de desgaste, afectar la capacidad de carga del puente.

Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en elementos del componente: Accesorios

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Junta de expansión n.º 1 y n.º 2	Obstrucción	Deficiente (4)

Observaciones

Las juntas de expansión se observaron cubiertas en su totalidad (100 %) con una sobrecapa de mezcla asfáltica, lo que impide su funcionamiento adecuado al restringir los movimientos relativos por expansión o contracción térmica de los elementos estructurales de la superestructura y movimientos por las cargas de tránsito vehicular. Además, se observó que sobre la junta de expansión n.º 2 (junta que coincide con la ubicación del apoyo móvil) se refleja una grieta horizontal que hace aún más evidente el problema de obstrucción.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.2. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Accesorios (*continuación*)

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Junta de expansión n.º 1 y n.º 2	Filtración de agua	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó filtración de agua a través de ambas juntas de expansión del puente. Lo anterior, ya que existen manchas de humedad en aproximadamente el 10 % de la pared del cabezal del bastión n.º 1, ubicado bajo la junta de expansión n.º 1, y en aproximadamente un 50 % de la pared del cabezal del bastión n.º 2, ubicado bajo la junta de expansión n.º 2. Esta situación evidencia que las juntas de expansión no se encuentran funcionando adecuadamente, ya que no cumplen con la función de proteger los elementos de la superestructura y subestructura contra los efectos del intemperismo.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.2. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Accesorios (*continuación*)

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Superficie de desgaste del puente	Sobrecapas	Regular (3)

Observaciones

En la inspección de inventario que se encuentra disponible en el Sistema de Administración de Puentes, se identificó que el puente no disponía de una superficie de desgaste (MOPT, 2017a). Sin embargo, en la presente inspección se identificó que en el 100 % del tablero se colocó una superficie de desgaste de mezcla asfáltica con espesor aproximado entre 50 mm y 100 mm. Como se mencionó en la Sección 3, para esta inspección no se tuvo a disposición los planos de diseño o de construcción del puente, por lo que no se pudo determinar si en el diseño se consideraba la carga adicional que representa la capa de mezcla asfáltica. Tampoco se obtuvo información de si, previo a esta intervención, se realizó un análisis de la capacidad de carga de la estructura considerando la carga adicional que representa la mezcla asfáltica colocada.

Evidencia fotográfica



(Fuente: Adaptado de MOPT, 2017a)



Tabla 5.2. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Accesorios (*continuación*)

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de drenaje del tablero (salida)	Condición del sistema de drenaje	Regular (3)

Observaciones

En aproximadamente un 10 % de los drenajes se observó pérdida del bajante, lo que ha generado que el agua descargue directamente en la viga de piso ubicada por debajo del drenaje. Esta situación ya ha perjudicado el sistema de protección contra la corrosión de este elemento, favoreciendo el proceso de oxidación y posteriormente de corrosión. Asimismo, existen otros drenajes que, aunque si cuentan con bajantes para la salida del agua, su extensión y capacidad parece ser insuficiente. Lo anterior, ya que en el transcurso de la inspección se comprobó que, por los efectos del viento, el agua que sale por los bajantes salpica en los diferentes elementos de la superestructura (principalmente la cuerda inferior de la cercha).

Evidencia fotográfica





5.3. Deficiencias en seguridad vial: Sistema de contención vehicular (accesos) y sistema de contención vehicular (puente)

En la Tabla 5.3 se presentan las deficiencias en los elementos del componente Seguridad Vial: sistema de contención vehicular (accesos) y sistema de contención vehicular (puente). Estas deficiencias pueden aumentar el riesgo de ocurrencia y la severidad de los accidentes de tránsito.

Tabla 5.3. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Seguridad vial

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
No aplica	Alineamiento del acceso	No aplica

Observaciones

El alineamiento de ambos accesos respecto al puente es curvo. Esta situación aumenta el riesgo de accidentes para los usuarios del puente, ya que como se muestra más adelante para el siguiente elemento de la Tabla 5.3, existe evidencia que se podría relacionar con que el alineamiento ha sido la posible causa de accidentes viales debido al impacto presente en la baranda metálica que se encuentra en el ingreso al puente a través del acceso n.º 2.

Evidencia fotográfica



(Fuente: Adaptado de SNIT,2021)

Tabla 5.3. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Seguridad vial
(continuación)

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de contención vehicular (accesos)	Faltante	Deficiente (4)

Observaciones

Falta el 100% del sistema de contención vehicular en ambos accesos del puente.

En ambos accesos del puente se presenta un riesgo de accidentes al existir taludes pronunciados en sus costados. Teniendo en consideración los criterios definidos en el *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de márgenes de carreteras* (Valverde, 2011), estos taludes se definen como elementos críticos no traspasables, ya que, en caso de un vehículo se salga de la vía este puede caer al precipicio y este corre el riesgo de volcarse. Asimismo, la cercanía de estos taludes a los bordes de la calzada, sumado al alineamiento curvo del acceso (ver observación anterior), aumentan el riesgo de accidentes por lo que se debe colocar un sistema de contención vehicular en los accesos.

Evidencia fotográfica



Tabla 5.3. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Seguridad vial
(continuación)



Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de contención vehicular (puente)	Faltante	Deficiente (4)

Observaciones

Falta el 100% del sistema de contención vehicular del puente.

El puente tiene en sus costados una baranda metálica que no corresponde a los diseños típicos de un sistema de contención vehicular tipo “pretil de puente”. Según se menciona en *el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de márgenes de carreteras*, estos sistemas deberán ser rígidos y no presentar inclinaciones o deformaciones que permitan que el vehículo se vuelque y caiga del puente (Valverde, 2011). Como se puede observar en la evidencia fotográfica, la baranda metálica presenta deformaciones excesivas producidas aparentemente por una colisión, evidenciando que la baranda no es capaz de contener y redireccionar vehículos en una eventual colisión.

Evidencia fotográfica





5.4. Deficiencias en superestructura (cercha de acero): Elementos principales y secundarios

En la Tabla 5.4 se presentan las deficiencias observadas en los siguientes elementos del componente Superestructura (cercha de acero): elementos principales y elementos secundarios. Si estas deficiencias no llegan a ser atendidas oportunamente pueden afectar la durabilidad de los elementos estructurales.

Tabla 5.4. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Superestructura (cercha)

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Elementos principales – Elementos secundarios	Acumulación de humedad y sedimentos	No aplica

Observaciones

En los elementos principales y secundarios de la superestructura, principalmente en los elementos de la cuerda inferior de la cercha y los elementos horizontales del sistema de arriostramiento, cerca del bastión n.º 2, se observó acumulación severa de sedimentos. Por la cercanía de la estructura al Volcán Irazú (aproximadamente a 6 km), existe la posibilidad de que estos sedimentos sean partículas de ceniza volcánica. Según Esquivel y Castillo (2015), las cenizas pueden provocar daños y acelerar el proceso de corrosión de estructuras metálicas, esto debido a que, por sus propiedades, la ceniza tiende a ser una sustancia ácida y abrasiva.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.4. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Superestructura (cercha)
(continuación)

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Elementos principales – Elementos secundarios	Descascaramiento de sistema de protección de los materiales - Corrosión	Acceptable (2)

Observaciones

Se observó descascaramiento en aproximadamente el 5 % del sistema de protección contra la corrosión del acero en los elementos principales y secundarios de la cercha. También, se observó que el metal ha quedado expuesto aproximadamente un 5 % de los elementos principales y secundarios, donde en algunos puntos se observó la presencia de óxido. Este deterioro de la pintura se presenta principalmente en la cuerda inferior de la cercha, la proyección por debajo de las juntas de expansión y zonas cerca de los bajantes del sistema de drenaje del tablero.

Evidencia fotográfica





5.5. Deficiencias en subestructura: Apoyos

En la Tabla 5.6 se presentan las deficiencias en el elemento del componente Subestructura: apoyos. Estas deficiencias pueden afectar la durabilidad y el funcionamiento de los elementos y, si no llegan a ser atendidas oportunamente, pueden afectar la integridad estructural del puente.

Tabla 5.6. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Subestructura

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Apoyos fijos (acero)	Corrosión	Regular (3)

Observaciones

En aproximadamente el 75 % de la superficie expuesta de los apoyos fijos de acero que se encuentran sobre el bastión n.º 1 se observan puntos de corrosión, acumulación de humedad y presencia de musgo, situación que puede haber sido potenciada por la filtración de agua a través de las juntas de expansión (ver Sección 5.2). Adicionalmente, en aproximadamente el 25% de la superficie expuesta de los apoyos, esta situación ha progresado, derivando en corrosión localizada con aparente pérdida de sección.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.6. Deficiencias identificadas en elementos del componente: Subestructura
(continuación)

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Apoyos móviles (acero)	Corrosión - Movimiento	Deficiente (4)

Observaciones

En aproximadamente el 75 % de la superficie expuesta de los apoyos móviles de acero que se encuentran sobre el bastión n.º 2 se observan puntos de corrosión, acumulación de humedad y presencia de musgo, situación que puede haber sido potenciada por la filtración de agua a través de las juntas de expansión (ver Sección 5.2). Adicionalmente, en aproximadamente el 25% de la superficie expuesta de los apoyos, esta situación ha progresado, derivando en corrosión localizada con aparente pérdida de sección.

También, en el 100 % de los apoyos móviles se observó una importante restricción al movimiento por acumulación de sedimentos en la placa de acero sobre la cual debe deslizarse el rodillo. Esta restricción al movimiento impide el correcto funcionamiento de los apoyos móviles, lo que puede conllevar a la presencia de esfuerzos adicionales en los elementos de la cercha. Esta deficiencia es la que determina la calificación de la condición presentada.

Evidencia fotográfica





6. CONCLUSIONES

En la Tabla 6.1 se enlistan las distintas deficiencias por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente sobre Taticú en la Ruta Nacional n.º 219. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias.

Tabla 6.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Rellenos de aproximación y acceso n.º 2	Pérdida de relleno en costado aguas abajo que podría afectar la operación y circulación por el puente.	Alarmante (5)
Sistema de drenaje del acceso n.º 2	Condición y funcionamiento deficiente que ha potenciado la erosión del talud aguas abajo.	Regular (3)
Juntas de expansión n.º 1 y n.º 2	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	Sobrecapa sin evidencia de que haya sido considerada en el diseño lo que podría afectar la capacidad de carga.	Aceptable (2)
Sistema de drenaje del tablero (salida)	Condición del sistema de drenaje deficiente por ausencia de bajantes y bajantes con longitud insuficiente que afectan la durabilidad de los elementos del puente.	Regular (3)



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

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Sistema de contención vehicular (puente)	Faltante por presencia de baranda metálica sin capacidad de contener y redirigir a los vehículos ante una eventual colisión.	Deficiente (4)
Elementos principales y secundarios de la cercha	Acumulación de sedimentos, que aparentan ser ceniza volcánica, la cual puede acelerar el proceso de corrosión. Descaramiento del sistema de protección contra la corrosión y oxidación puntual en elementos.	Aceptable (2)
Apoyos fijos (acero)	Puntos de corrosión en la mayor parte de la superficie del apoyo, con algunas secciones con corrosión localizada. Acumulación de sedimentos, humedad y musgo que pueden acelerar el proceso de corrosión.	Regular (3)
Apoyos expansivos (acero)	Puntos de corrosión en la mayor parte de la superficie del apoyo, con algunas secciones con corrosión localizada. Restricción al movimiento por acumulación excesiva de sedimentos en placa deslizante.	Deficiente (4)



7. RECOMENDACIONES

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

7.1. En el corto plazo:

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
	Evaluación geotécnica:	
Rellenos de aproximación del acceso n.º 2	Realizar un estudio geotécnico completo, utilizando como insumo el Informe EIC-Lanamme-INF-0388-2021 (ver Anexo 3), incluyendo los análisis y propuestas intervención mediante la implementación de actividades de estabilización de taludes en el mediano plazo.	Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica (ACG, 2015). Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 106 relacionada con estabilización de taludes.
	Programa de conservación:	
Sistema de drenaje del acceso n.º 2	Realizar una limpieza de la cuneta revestida en el costado aguas arriba para remover todo el material que impide la correcta evacuación del agua. Diseñar y construir una cuneta revestida en el costado aguas abajo para evitar el flujo de la escorrentía superficial a la corona erosionable del talud.	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 201 relacionada con limpieza de canales y cunetas y Sección 211 relacionada con el revestimiento o reparación mayor de canales, cunetas o contracunetas revestidas.



Tabla 7.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
	Programa de conservación:	
Juntas de expansión	Remover las obstrucciones provocadas por la sobrecapa de mezcla asfáltica. Posteriormente, colocar una junta de expansión adecuada que impida la filtración de agua hacia los elementos de la superestructura y subestructura.	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 609 relacionada con sustitución de juntas de expansión.
	Evaluación estructural	
Superficie de desgaste del tablero	Determinar si, para la colocación de la carpeta asfáltica, se realizó un análisis estructural de forma tal que se garantice que no hay una afectación o reducción de la capacidad de carga del puente.	The Manual for Bridge Evaluation (AASHTO, 2018) – Sección 6 relacionada con las evaluaciones de capacidad de carga.
	Programa de conservación:	
Sistema de drenaje del tablero (salida)	Colocar nuevos bajantes en todos los drenajes del puente con la longitud suficiente (por lo menos a 0,1 m por debajo del punto más bajo de la superestructura y a 1,0 m de los bastiones para evitar socavación de estos). Valorar como alternativa la colocación de elementos longitudinales para canalizar el agua hasta un sitio donde no afecte los elementos del puente y procurando mantener la estética del puente.	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 604 relacionada con sustitución y complementación de dispositivos de drenaje.



Tabla 7.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
Sistema de contención vehicular del acceso y del puente	Evaluación de seguridad vial:	Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014).
	Realizar un análisis de margen en la zona del puente y sus accesos, para identificar, evaluar y clasificar los riesgos, así como determinar la zona libre necesaria. En caso de que se determine la necesidad de un sistema de contención vehicular, proceder con la acción recomendada en el mediano plazo.	
Elementos principales y secundarios de la cercha	Programa de conservación:	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 605 relacionada con la limpieza de superficies de puente con agua a presión.
	Evaluar las alternativas que permitan mitigar el riesgo que genera la ausencia de un sistema de contención vehicular adecuado y el alineamiento curvo en ambos accesos del puente. Algunas acciones posibles para mitigar el riesgo de forma temporal pueden ser: restringir la velocidad en el puente, colocar reductores de velocidad, demarcar el carril con captaluces e iluminación para aumentar la visibilidad, entre otras medidas.	
Elementos principales y secundarios de la cercha	Programa de conservación:	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 605 relacionada con la limpieza de superficies de puente con agua a presión.
	Realizar una limpieza con agua a presión de todas las superficies donde hay acumulación de sedimentos, tierra, óxido u otras sustancias que puedan acelerar el proceso de corrosión. La limpieza se puede complementar con el uso de inhibidores de óxido y reposición del sistema de protección contra la corrosión (pintura) cuando así se requiera.	



Tabla 7.1. Recomendaciones en el corto plazo y publicaciones sugeridas (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
Apoyos	<p>Programa de conservación:</p> <p>Realizar una limpieza, lubricación y pintura de los apoyos, además de un reemplazo parcial de las piezas del apoyo que se encuentran afectadas por corrosión con pérdida de sección.</p>	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 610 relacionada con el mantenimiento y reemplazo de dispositivos de apoyos de puentes.

7.2. En el mediano plazo:

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo se incluyen en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Recomendaciones en el mediano plazo y publicaciones sugeridas

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
Rellenos de aproximación del acceso n.º 2	<p>Programa de mejoramiento:</p> <p>En caso de ser necesario como resultado de la evaluación geotécnica, implementar las actividades para la estabilización del talud aguas abajo.</p>	<p>Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica (ACG, 2015).</p> <p>Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 106 relacionada con estabilización de taludes.</p>



Tabla 7.2. Recomendaciones en el mediano plazo y publicaciones sugeridas (*continuación*)

Elemento	Recomendación	Publicación sugerida
Sistema de contención vehicular del acceso y del puente	<p>Programa de mejoramiento:</p> <p>En caso de ser necesario como resultado del análisis de margen, colocar un sistema de contención vehicular adecuadamente diseñado, con la capacidad de contener y redirigir los vehículos ante una eventual colisión. Para determinar el alcance completo de la intervención requerida, se recomienda que se realice un análisis de los sistemas de contención vehiculares que son factibles dadas las condiciones del puente y los accesos.</p>	<p>AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020) y Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).</p>
General	<p>Programa de conservación:</p> <p>Establecer un plan de acciones de conservación para la atención de la estructura a lo largo de su vida útil. Por lo general, dichas actividades de conservación tendrán un menor costo que las rehabilitaciones mayores que serán requeridas cuando las deficiencias ya han progresado en severidad y extensión, por lo que la intervención del puente deberá realizarse en el momento adecuado para asegurar el uso eficiente de los recursos públicos.</p>	<p>Manual MCV-2015 (MOPT, 2015).</p>

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



8. REFERENCIAS

1. ACG (2015). *Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica*. Asociación Costarricense de Geotecnia. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
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. 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. Esquivel, M.; Castillo, R. (2015). *Efectos de la ceniza volcánica sobre estructuras*. Boletín Estructuras, Programa de Ingeniería Estructural-LanammeUCR. San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/879>.
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 (2017a). *Puente sobre río Yerbabuena*. 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 01 de noviembre de 2021].
8. MOPT (2017b). *Puente sobre río Yerbabuena*. 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 01 de noviembre de 2021].



9. MOPT. (2020b). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
10. SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica de Centroamérica.
11. Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de márgenes de carreteras*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+SCV+%28Gu%C3%ADa+para+el+an%C3%A1lisis+y+dise%C3%B1o+de+seguridad+vial.pdf/ffb2d49f-bcd4-65ce-3be1-0a3d47b09dea?t=1559256817880>.



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.



ANEXO 3

Informe: EIC-Lanamme-INF-0388-2021

El informe se puede acceder desde el siguiente enlace:

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/3TpP0SkFE7ka3m7>

El informe EIC-Lanamme-INF-0388-2021 hace referencia al informe de ensayos de laboratorio EIC-Lanamme-INF-0369-2021 que se puede acceder desde el siguiente enlace:

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/LuDXHbl2AqTWnRD>

Estos informes no son parte del alcance de inspección acreditado para la Unidad de Puentes.