



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0371-2024

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE PEATONAL 15 DE SEPTIEMBRE SOBRE LA RUTA NACIONAL N.º 39



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
06 de marzo, 2024



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0371-2024		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE PEATONAL 15 DE SEPTIEMBRE SOBRE RUTA NACIONAL N.º 39		4. Fecha del Informe 06 de marzo de 2024
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 Puentes red vial nacional, Puente peatonal, Informe de inspección especial, EIC-Lanamme-INF-0371-2024, Ruta Nacional n.º 39, Circunvalación, 15 de setiembre, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de <i>inspección especial</i> del puente peatonal 15 de setiembre en la Ruta Nacional n.º 39, es un producto de las inspecciones de puentes existentes que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este informe se realiza en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la Ley n.º 8114. Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr . Este informe de inspección de puentes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR. La firma n.º 11 no se encuentra dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección e informe por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	9. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	10. Revisado y aprobado por: Coordinador Unidad de Puentes y a.i. del Programa de Ingeniería Estructural
11. Revisión legal por: Asesor Legal LanammeUCR		



Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente peatonal 15 de septiembre, ubicado sobre el kilómetro 6,735 de la Ruta Nacional n.º 39 (Circunvalación), realizada el 30 de enero del año en curso.

Durante la inspección, se observaron deficiencias en condición de Falla inminente (6), ya que la estabilidad del puente está comprometida ante eventos extremos como impactos vehiculares o sismos debido a desprendimientos de concreto de todo el ancho del elemento, agrietamiento estructural de más de 1,0 mm de ancho, deformación permanente del acero de refuerzo en la pila n.º 5 (costado sur del puente) y reducción en la capacidad estructural en las vigas de amarre entre las pilas n.º 5 y n.º 7 provocadas por un impacto vehicular (ver Tabla 5.1.).

Con base en los resultados obtenidos de la inspección, se recomienda incluir la estructura en un programa de atención que incluya actividades de *rehabilitación* para restituir la capacidad y continuidad estructural de la pila (ver Tablas 7.1, 7.2 y 7.3).



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0371-2024

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

Página 6 / 39

Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	OBJETIVOS	11
3.	ALCANCE DEL INFORME	12
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	13
5.	PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	18
5.1.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: CUERPO DE PILA N.º 5, DEL COMPONENTE: SUBESTRUCTURA	18
5.2.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR EN LA RUTA NACIONAL N.º 39 QUE PASA BAJO EL PUENTE, DEL COMPONENTE: SEGURIDAD VIAL	22
5.3.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: VIGAS CANAL EN RAMPAS Y TRAMOS PRINCIPALES, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA.	23
6.	CONCLUSIONES.....	24
7.	RECOMENDACIONES	25
7.1.	RECOMENDACIONES INMEDIATAS:.....	25
7.2.	EN EL CORTO PLAZO:.....	27
7.3.	EN EL MEDIANO PLAZO:.....	28
8.	REFERENCIAS.....	29
	ANEXO 1 GLOSARIO	31
	ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	36



Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente peatonal 15 de septiembre sobre la Ruta Nacional n.º 39 es un producto de las inspecciones de puentes en servicio que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) y se realiza en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según el artículo 6 de la Ley n.º 8114.

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

“Artículo 6º-Fiscalización para garantizar la calidad de la red vial nacional. Para lograr la eficiencia de la inversión pública, la Universidad de Costa Rica podrá celebrar convenios con el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) a fin de realizar, por intermedio de su Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, las siguientes tareas:

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

A su vez, el artículo 6 del Reglamento específico al artículo 6 de la Ley 8114, Decreto Ejecutivo No. 37016, emitido por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), señala:

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

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

En el caso de puentes que exhiben daños significativos y que ameriten una intervención inmediata, la Unidad de Puentes realiza una *inspección especial* con el fin informar sobre los



daños observados que pongan en peligro la seguridad de los usuarios y la continuidad del servicio público.

La *inspección especial* se realizó con base en la norma técnica “Manual de Puentes de Costa Rica 2020 Tomo I (MP-2020)” que la Unidad utiliza con el fin de cumplir con las responsabilidades legales que le han sido encomendadas.

En dicho Manual, en el punto “vi” de la sección 3.2, se define la *Inspección Especial* de la siguiente forma:

“Es una inspección no programada que se realiza a discreción de la Organización, para monitorear deficiencias conocidas, confirmar sospechas o notificaciones de daños, o para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tiene defectos. En algunas ocasiones se realiza porque personas ajenas a la Organización, notifican sobre alguna irregularidad observada en la estructura de puente. La Inspección especial es realizada por un(a) Inspector(a) Nivel III junto con otro(a) ya sea Inspector(a) Nivel I, Inspector(a) Nivel II o Inspector(a) Nivel III, o un(a) experto(a) en el uso de algún equipo o método en particular.”

La *inspección especial* del puente peatonal se llevó a cabo el día 30 de enero del 2024, a raíz de un reporte de daño realizado por un usuario. El daño se produjo el 31 de julio de 2023 debido a un accidente de tránsito en el que un vehículo pesado impactó en una de las pilas del costado sur del puente, lo cual llevó a su clausura de manera preventiva (AmeliaRueda.com, 2023), aunque el día de la inspección el puente peatonal se encontraba en servicio. El daño observado puede producir el colapso parcial del puente ante un nuevo impacto o ante un sismo.

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



2. OBJETIVOS

El objetivo general es realizar una *calificación de la condición* de los elementos y componentes del puente considerando las *principales deficiencias* identificadas mediante el uso de los criterios establecidos en el MP-2020, con el fin de que este sea incluido en un programa de intervención.

Los objetivos específicos son:

- a) Describir de manera general el puente con base en la información disponible.
- b) Identificar, presentar y analizar las *principales deficiencias*, encontradas a partir de la visita al sitio, en distintos elementos del puente según se enlistan en el alcance de este informe.
- c) Proporcionar recomendaciones generales en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos con deficiencias en el puente evaluado, con base en su *calificación de la condición*.



3. ALCANCE DEL INFORME

Se realizó una inspección visual en sitio de todos los elementos accesibles del puente. En el presente informe de *inspección especial* se detallan únicamente las *principales deficiencias* observadas, las cuales se encontraban en los siguientes elementos del puente peatonal 15 de septiembre en la Ruta Nacional n.º 39:

- Elementos pertenecientes al componente Subestructura:
 - Cuerpo de pila n.º 5
- Elementos pertenecientes al componente Seguridad Vial:
 - Sistema de contención vehicular de los accesos (en ruta n.º 39 que pasa bajo el puente)
- Elementos pertenecientes al componente Superestructura:
 - Vigas canal en rampas y tramos principales.

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. Tampoco se revisaron los formularios de *inspección de inventario* e *inspección rutinaria* del puente, ya que el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) no dispone de información de puentes peatonales por el momento.

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



4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

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

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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	San José, San José, Hatillo
	Coordenadas (WGS84)	9°54'36,9"N de latitud / 84°05'47,1"O de longitud
Ruta Nacional sobre la que se ubica el puente peatonal	Número de ruta	39
	Kilómetro de ubicación	6,735
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	19098

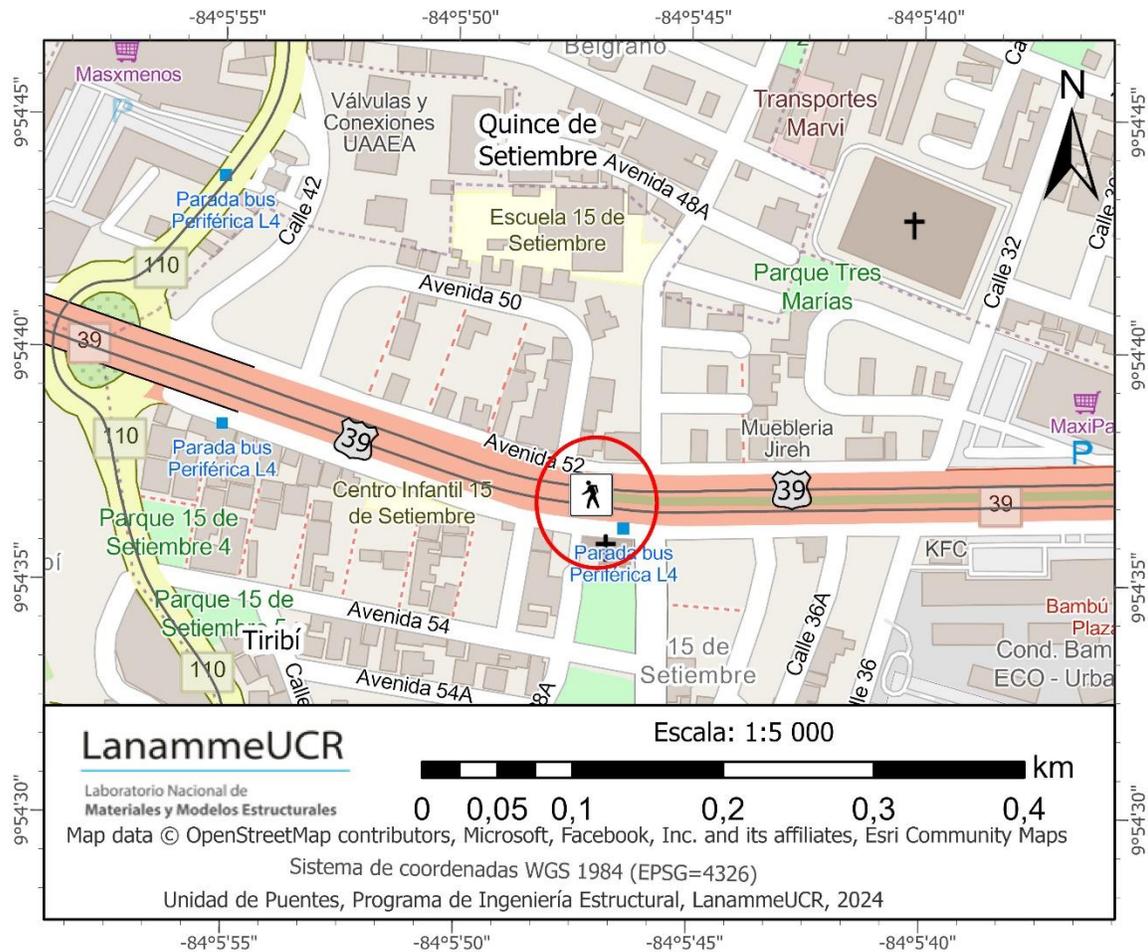


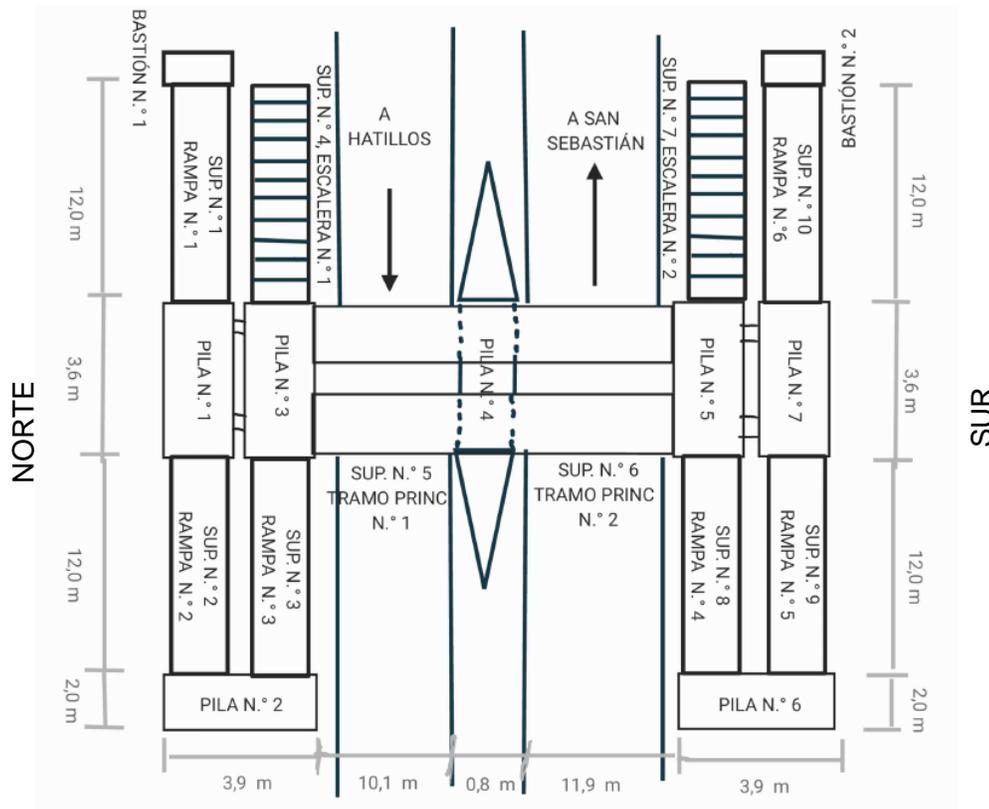
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente peatonal
Adaptado de: Open Street Maps, (2024)



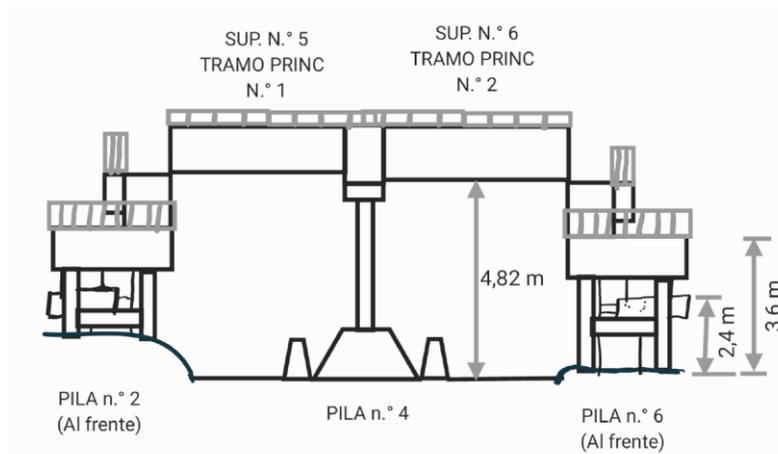
Figura 4.2. Vista hacia el sur a lo largo de la línea de centro de los tramos principales del puente peatonal



Figura 4.3. Vista lateral del costado este del puente peatonal



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación (costado oeste)

Figura 4.4. Esquema de identificación utilizado para el puente peatonal



Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1. Características generales del puente peatonal

Geometría	Tipo de estructura	Puente	
	Longitud total entre juntas (m)	Rampas y cabezales de pilas costado norte: 48,8 Escalera costado norte: 12,0 Tramos principales: 22,0 Rampas y cabezales de pilas costado sur: 48,8 Escalera costado sur: 12,0	
	Ancho total (m)	Rampas: 1,55 Escaleras: 2,00 Tramos principales: 2 x 1,86 = 3,72	
	Ancho de calzada (m)	1,15 (en rampas, escaleras y tramos principales)	
	Número de tramos	10	
	Alineación del puente	Recto (en todos los tramos)	
Superestructura	Número de superestructuras	10	
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructuras n.º 1, n.º 2 y n.º 3 tipo rampa con 1 elemento principal tipo canal en U de concreto reforzado Superestructura n.º 4 tipo escalera con 1 elemento principal tipo canal en U de concreto reforzado Superestructuras n.º 5 y n.º 6 tipo vigas con 2 elementos principales tipo canal en U de concreto reforzado Superestructura n.º 7 tipo escalera con 1 elemento principal tipo canal en U de concreto reforzado Superestructuras n.º 8, n.º 9 y n.º 10 tipo rampa con 1 elemento principal tipo canal en U de concreto reforzado	
	Tipo de tablero	No aplica	
Subestructura	Número de bastiones y pilas	2 bastiones (al final de rampas); 7 pilas	
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2, tipo muro de concreto reforzado	
	Tipo de pilas	Pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3, n.º 4, n.º 5, n.º 6 y n.º 7: tipo marco de concreto reforzado	
	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2: apoyos tipo unión rígida	
	Tipo de apoyo en pilas	Pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3, n.º 4, n.º 5, n.º 6 y n.º 7: apoyo inicial tipo unión rígida, apoyo final tipo unión rígida	
Tipo de cimentación	No se tiene información		
Diseño y construcción	Planos disponibles	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No
	Año de diseño	No se tiene información	
	Año de construcción	No se tiene información	
	Especificación de diseño original	No se tiene información	
	Carga viva de diseño original	No se tiene información de carga peatonal de diseño	



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en el elemento: cuerpo de pila n.º 5, del componente: subestructura

En la Tabla 5.1, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: cuerpo de pila n.º 5 del componente: subestructura.

Tabla 5.1. Deficiencias identificadas en el elemento: cuerpo de pila n.º 5, del componente: subestructura

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Cuerpo de pila n.º 5	Desprendimientos de concreto	Falla inminente (6)
	Agrietamiento	
	Impacto	

Observaciones

En aproximadamente el 25 % del cuerpo de la columna oeste de la pila n.º 5 se observaron daños por impacto que requieren reparación, este impacto provocó desprendimientos de concreto de todo el ancho del elemento, los cuales están ubicados en la base de la pila. En estos desprendimientos se observó acero de refuerzo expuesto sin pérdida de sección medible, pero con deformaciones permanentes debido al impacto en el cuerpo de la pila (ver fotografías a, b y f).

Adicionalmente, por encima de la zona del impacto, se observó agrietamiento con ancho de grieta mayor que 1,0 mm (ver fotografías a y f). Por otra parte, en la columna oeste de la pila, en la zona superior entre la viga de amarre horizontal y el bloque de cabezal, se observaron grietas por flexión con anchos de grieta entre 0,3 mm y 1,0 mm (ver fotografía e).

También, se observaron grietas de ancho entre 0,3 mm y 1,0 mm en la unión de la columna este con la viga de amarre entre la pila n.º 5 y la pila n.º 7 (en aproximadamente un 5 % de la longitud total de la pila) debido aparentemente al desplazamiento que experimentó la pila al momento del impacto (ver fotografía d).



Tabla 5.1. Deficiencias identificadas en el elemento: cuerpo de pila n.º 5, del componente: subestructura (continuación)

Observaciones (continuación)

Además de las deficiencias anteriores, se observaron 5 agujeros cilíndricos en la columna oeste de la pila n.º 5 que aparentemente corresponden con tomas de muestras para ensayos de laboratorio (ver fotografía a y e).

Las deficiencias por impacto en la pila n.º 5 del puente peatonal generaron una pérdida de capacidad estructural de la pila y un desplazamiento localizado en la zona inferior de la columna oeste. El puente no colapsó debido a la redundancia estructural que presenta la pila n.º 5, ya que esta posee dos vigas de amarre que vinculan las columnas de esta pila, a la altura de la viga de amarre, con el cabezal de la pila n.º 7 (ver fotografías a, c y d). No obstante, la viga de amarre oeste presenta una condición muy cercana a la falla, debido al agrietamiento y desprendimientos del concreto circundante (ver fotografía c), a la deformación en la placa de anclaje con el cabezal de la pila n.º 7 que indica que los pines de anclaje de la conexión se han deslizado o han superado el límite de fluencia (ver fotografía e) y a la reducida longitud de anclaje de los pines con la columna (ver fotografía c). La falla de la viga de amarre entre las pilas puede provocar desplazamientos verticales en la pila n.º 7 que generen inestabilidad en las rampas y tramos principales del puente peatonal. Esta situación se puede presentar ante un evento extremo como un sismo o un nuevo impacto vehicular con la estructura.

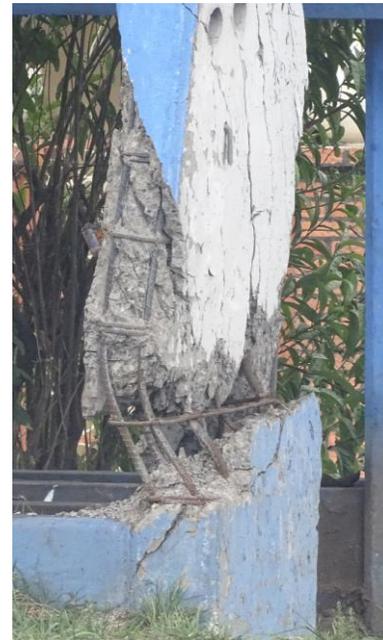


Tabla 5.1. Deficiencias identificadas en el elemento: cuerpo de pila n.º 5, del componente: subestructura (continuación)

Evidencia fotográfica



(a) Agrietamiento, acero de refuerzo expuesto y desprendimientos de concreto en la cara externa de la columna oeste



(b) Deformación permanente en la base de la columna oeste



(c) Desprendimientos de concreto e insuficiencia de anclaje en viga de amarre entre columna oeste de pila n.º 5 y cabezal de la pila n.º 7



(d) Agrietamiento en columna este de pila n.º 5 en las inmediaciones de la unión de la viga de amarre con el cabezal de la pila n.º 7



Tabla 5.1. Deficiencias identificadas en el elemento: cuerpo de pila n.º 5, del componente: subestructura (continuación)

Evidencia fotográfica (continuación)



(e) Deformación en la placa de la conexión de la viga de amarre entre columna oeste de pila n.º 5 y cabezal de la pila n.º 7



(f) Agrietamiento y desprendimientos de concreto en la cara interna de la columna oeste



(g) Agrietamiento y desprendimientos de concreto en la cara interna de la columna oeste



(h) Agrietamiento por flexión en la zona superior de la columna oeste



5.2. Deficiencias en el elemento: sistema de contención vehicular en la Ruta Nacional n.º 39 que pasa bajo el puente, del componente: seguridad vial

En la Tabla 5.2, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: sistema de contención vehicular en la Ruta Nacional n.º 39, del componente: seguridad vial.

Tabla 5.2. Deficiencias identificadas en el elemento: sistema de contención vehicular de los accesos en la Ruta Nacional n.º 39, del componente: seguridad vial

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de contención vehicular en la Ruta Nacional n.º 39	Faltante	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó faltante de un sistema de contención vehicular en la Ruta Nacional n.º 39 que pasa bajo el puente peatonal que evite que los vehículos impacten las pilas del puente, en caso de salirse de la vía, como sucedió con la pila n.º 5.

Evidencia fotográfica



(a) Costado sur (pila n.º 5)



(b) Costado norte (pila n.º 3)



5.3. Deficiencias en el elemento: vigas canal en rampas y tramos principales, del componente: superestructura.

En la Tabla 5.3, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: vigas canal en rampas y tramos principales, del componente: subestructura.

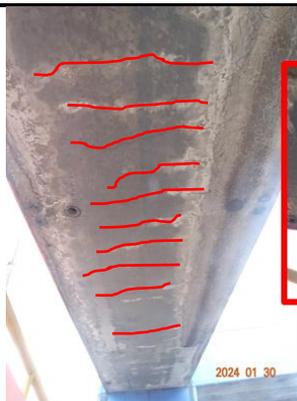
Tabla 5.3. Deficiencias identificadas en el elemento: vigas canal en rampas y tramos principales, del componente: subestructura.

Elemento	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Vigas canal en rampas y tramos principales	Agrietamiento	Deficiente (4)

Observaciones

En aproximadamente el 10 % la superficie inferior de las vigas canal en U de los tramos de rampas y de la sección principal del puente peatonal existe agrietamiento. Este agrietamiento no aparenta haber sido provocado por el impacto observado, sino más bien pareciera ser agrietamiento por flexión debido a las cargas de servicio del puente. El ancho de las grietas se encuentra aproximadamente entre 0,30 mm y 1,0 mm y presentaba eflorescencias alrededor de las mismas. Lo anterior puede reducir la durabilidad del puente y amerita de una revisión estructural para verificar la capacidad de las vigas del puente peatonal.

Evidencia fotográfica



(a) Agrietamiento y eflorescencia en superestructura n.º 2 (rampa norte)



(b) Agrietamiento y eflorescencia en tramo principal del puente peatonal



6. CONCLUSIONES

En la Tabla 8.1 se enlistan las *principales deficiencias* por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente peatonal 15 de setiembre sobre la Ruta Nacional n.º 39. 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	Deficiencias observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Cuerpo de pila n.º 5	Desprendimientos de concreto de todo el ancho, agrietamiento de más de 1,0 mm de ancho y acero de refuerzo expuesto y deformado debido a impacto en la columna oeste y daños en vigas de amarre con la pila n.º 7 que han provocado la pérdida de capacidad estructural de la columna y que pueden generar una posible inestabilidad del puente peatonal ante eventos extremos como impactos vehiculares o un sismo.	Falla inminente (6)
Sistema de contención vehicular en la Ruta Nacional n.º 39	Ausencia de un sistema de contención vehicular que evite el impacto directo a los elementos de la subestructura del puente peatonal, en caso de que un vehículo se salga de la vía.	Deficiente (4)



Tabla 6.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencias observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Vigas canal en rampas y tramos principales	Agrietamiento por flexión en las vigas canal de las rampas y de los tramos principales ante cargas de servicio que puede provocar problemas de durabilidad en el puente y que requiere de una revisión de capacidad estructural de los elementos.	Deficiente (4)

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los responsables de la atención del puente por parte del MOPT y CONAVI, realizar las acciones mencionadas posteriormente para evitar el avance de las *principales deficiencias* observadas. Las recomendaciones se dividen en acciones por realizar de forma inmediata, en el corto y el mediano plazo, por cada elemento evaluado, o se coloca “general” para recomendaciones que no están asociadas a un elemento del puente.

Estas recomendaciones deben ser evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y *rehabilitación* de la estructura. En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionan en las secciones 7.1, 7.2 y 7.3.

7.1. Recomendaciones inmediatas:

Las recomendaciones por realizar de forma inmediata se incluyen en la Tabla 7.1. El periodo inmediato se recomienda que sea aproximadamente dentro los primeros 3 meses después de recibido este informe.



Tabla 7.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente de forma inmediata

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Cuerpo de pila n.º 5	<p>Programa de <i>rehabilitación</i>:</p> <p>Verificar los niveles del cabezal de la pila n.º 5 e instalar los elementos temporales que sean requeridos para garantizar la estabilidad de la estructura.</p> <p>Diseñar y planificar las labores para restituir la capacidad y continuidad estructural de la columna oeste de la pila n.º 5. Incluir los planes para restituir la capacidad del anclaje de las vigas de amarre entre las pilas n.º 5 y n.º 7.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 608 sobre reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes. No aplicarían los pasos 5 y 6 del procedimiento, relacionados con corrosión, excepto donde se especifica la sustitución de acero de refuerzo.</p> <p>Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI-318-19). – Capítulo 17 sobre anclaje al concreto y capítulo 25 sobre detalles del refuerzo (longitudes de desarrollo y anclaje).</p>
Sistema de contención vehicular en la Ruta Nacional n.º 39	<p>Programa de <i>rehabilitación</i>:</p> <p>Instalar un sistema de contención vehicular frente a los elementos estructurales del puente peatonal (longitud de sistema de aproximadamente 45 m a cada lado). Se recomienda un sistema que brinde una deflexión dinámica menor que la distancia entre el borde de la Ruta Nacional n.º 39 y los elementos estructurales del puente (el cual corresponde aproximadamente a un ancho de trabajo de 0,50 m).</p>	<p>Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011) – Capítulo III Procedimientos de análisis, sección 3 identificación de tratamientos.</p>



7.2. En el corto plazo:

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 7.2. El periodo de corto plazo se recomienda que sea aproximadamente entre 3 meses y 12 meses después de recibido este informe.

Tabla 7.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el corto plazo

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
	<p>Programa de rehabilitación:</p> <p>En caso de ser requerido, realizar labores de restitución de los niveles del cabezal de la pila n.º 5.</p> <p>Posteriormente, restituir la capacidad y continuidad estructural de la columna oeste de la pila n.º 5 y la capacidad del anclaje de las vigas de amarre entre las pilas n.º 5 y n.º 7, de acuerdo con el diseño y planificación realizada.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 608 sobre reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes. No aplicarían los pasos 5 y 6 del procedimiento, relacionados con corrosión, excepto donde se especifica la sustitución de acero de refuerzo. – Sección 606 sobre limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes</p>
Cuerpo de pila n.º 5	<p>Reparar los agrietamientos en la sección superior de la pila de manera que se devuelva la integridad del elemento.</p>	<p>Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI-318-19). – Capítulo 17 sobre anclaje al concreto y capítulo 25 sobre detalles del refuerzo (longitudes de desarrollo y anclaje).</p> <p>Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR-2020 (MOPT, 2020a) – Sección 568 Pegamento en concreto estructural (reparar grietas en estructuras de concreto, inyectando pegamentos epóxicos a presión)</p>



7.3. En el mediano plazo:

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo se incluyen en la Tabla 7.3. El periodo de mediano plazo se recomienda que sea aproximadamente entre 12 meses y 24 meses después de recibido este informe

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

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
General	<p>Evaluación estructural:</p> <p>Realizar una evaluación estructural del puente peatonal. Enfocarse en la capacidad de las vigas tipo canal en U que conforman la superestructura (rampas y tramos principales) y valorar si el agrietamiento observado implica una reducción de esta capacidad.</p>	<p>AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.) (AASHTO, 2020)</p> <p>AASHTO LRFD Guide Specifications for the design of pedestrian bridges (2ª ed.) with 2015 interim revisions (AASHTO, 2015)</p>
	<p>Programa de <i>rehabilitación</i>:</p> <p>De acuerdo con los resultados de la evaluación estructural, reparar las grietas observadas en las vigas canal de rampas y tramos principales.</p>	<p>MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 606 sobre limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes.</p> <p>CR-2020 (MOPT, 2020a) – Sección 568 Pegamento en concreto estructural (reparar grietas en estructuras de concreto, inyectando pegamentos epóxicos a presión)</p>
Vigas canal en rampas y tramos principales		



8. REFERENCIAS

1. ACI (2019) *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI-318-19)*. American Concrete Institute.
2. AASHTO (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (9° ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials.
3. AASHTO (2015) *LRFD Guide Specifications for the design of pedestrian bridges* (2ª ed.) with 2015 interim revisions. 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. MOPT. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes, MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
6. MOPT (2020a). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR-2020*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes
7. MOPT. (2020b). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
8. Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de márgenes de carreteras*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+SCV+%28Gu%C3%ADa+para+el+an%C3%A1lisis+y+dise%C3%B1o+de+seguridad+vial.pdf/ffb2d49f-bcd4-65ce-3be1-0a3d47b09dea?t=1559256817880>.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0371-2024

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

Página 30 / 39

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).
- **Principales deficiencias:** Aquellas deficiencias que se considera que representan un riesgo para los usuarios del puente.
- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de defectos de seguridad. La *rehabilitación* no es considerada una tarea de *conservación de puentes*, pero se pueden combinar actividades de *conservación* en varios elementos mientras se lleva a cabo una *rehabilitación*. Estos proyectos requieren recursos significativos de ingeniería para el diseño, un extenso cronograma de ejecución, y un costo considerable (FHWA, 2018).
- **Sustitución:** Es el reemplazo total de un puente estructural o funcionalmente obsoleto, por medio de una estructura construida en el mismo corredor vial. La estructura de reemplazo deberá cumplir los estándares más actuales de geometría, estructurales y



constructivos, requeridos para los tipos y volumen proyectado de tránsito en el puente para su vida de diseño. Al igual que la *rehabilitación*, la *sustitución* no es considerada una actividad de *conservación de puentes*, y requiere recursos de ingeniería para el diseño, un sustancial y complejo cronograma de ejecución, y considerables costos. Costos de ciclo de vida y otros factores económicos deberán usualmente ser considerados cuando se sopesen ambas alternativas de *rehabilitación* y *sustitución* (FHWA, 2018).



ANEXO 2

Criterios para calificar la condición de los elementos evaluados en el puente



La *calificación de la condición* de los elementos de puente se realiza a partir de la severidad y extensión de las deficiencias observadas, de acuerdo con la metodología definida en el capítulo 8 y el Apéndice F del Manual de Puentes de Costa Rica 2020, Tomo I (conocido como MP-2020 Tomo I), el cual, está en proceso de aprobación y oficialización por parte del MOPT. El proceso de *evaluación* se realiza para los elementos del puente que fueron objeto de *evaluación* en la *inspección especial* con el siguiente procedimiento, el cual, no se encuentra dentro del alcance acreditado para la *inspección especial*:

1. Recopilación de información de deficiencias: Se recopila información de las deficiencias en los elementos del puente que fueron objeto de *evaluación* en la *inspección especial*, registrando el tipo, la severidad y la extensión de cada deficiencia observada.
2. Clasificación de los elementos de acuerdo con su función: Los elementos que fueron evaluados se clasifican en una de cuatro categorías, de acuerdo con la función que tengan en el sistema del puente y las posibles consecuencias de una deficiencia severa en el elemento. Esta clasificación define la calificación de condición máxima a la que puede llegar el elemento. Las categorías en las que se clasifican los elementos son las siguientes:

Categoría del elemento	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Elemento funcional secundario	1 (menor)	4 – Deficiente.
2- Elemento funcional primario	2	5 – Alarmante.
3- Elemento estructural secundario	3	5 – Alarmante.
4- Elemento estructural primario	4 (mayor)	6 – Falla inminente.

3. Clasificación de las deficiencias de acuerdo con el nivel de afectación a los elementos del puente: Las deficiencias que se observan en cada elemento se clasifican de acuerdo con el efecto que producen en el elemento donde se encuentren. Esta clasificación también determina la calificación de condición máxima que puede llegar a tener un elemento. Las categorías en las que se clasifican las deficiencias son las siguientes:



Categoría de la deficiencia	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1 (menor)	4 – Deficiente
2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	2 (mayor)	6 – Falla inminente

4. Calificación de la condición de cada deficiencia (Cd): Se asigna una calificación de condición a cada conjunto compuesto por severidad y extensión, teniendo en cuenta las dos clasificaciones que se definieron en los puntos 2 y 3 (función del elemento y efecto de la deficiencia) y la acción de intervención más recomendable para cada grado de daño de la deficiencia que se observó en un elemento particular. La extensión se puede categorizar en rangos, para determinar la *calificación de la condición*. En la Tabla B-1 se describe cada *calificación de la condición* y la acción de intervención recomendada a la que está relacionada.
5. Calificación de la condición de los elementos (CE): Para obtener la *calificación de la condición* de un elemento en particular, se comparan las calificaciones de condición obtenidas para todas las deficiencias que afectan a ese elemento, y se selecciona la calificación mayor. Esto se realiza para cada uno de los elementos del puente que fueron evaluados en la *inspección especial*.

En el informe de *inspección especial* no se busca obtener la *calificación de la condición* global del puente, sino, solamente de los elementos evaluados. Lo anterior, debido a que no se evalúan todos los elementos que componen el puente.



Tabla A2.1. Descripción de los niveles de *calificación de la condición* para elementos y programa de trabajo recomendado para su intervención

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	PROGRAMA DE TRABAJO RECOMENDADO PARA LA INTERVENCIÓN
1 SATISFACTORIA	Elementos sin deficiencias o con deficiencias leves que afectan únicamente la durabilidad del elemento. La estabilidad estructural y la seguridad vial están aseguradas.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Mantenimiento cíclico</i> de aspectos preestablecidos para el puente.
2 ACEPTABLE	Elementos con deterioros ligeros. Se observan deficiencias leves en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias moderadas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Mantenimiento cíclico</i> de aspectos preestablecidos para el puente. - <i>Mantenimiento basado en la condición</i> de elementos aplica si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como aceptables.
3 REGULAR	Deficiencias importantes, pero los componentes del puente aún funcionan de forma adecuada. Se observan deficiencias moderadas en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias significativas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Mantenimiento basado en la condición</i> de elementos.
4 DEFICIENTE	Deficiencias serias, pero, que no llegan a comprometer la estabilidad del puente. Se observan deficiencias moderadas en elementos estructurales primarios o deficiencias significativas en elementos estructurales secundarios o elementos funcionales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa. O bien, se observan deficiencias severas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Mantenimiento basado en la condición</i> de elementos. - <i>Rehabilitación</i> de elementos aplica si se considera que las acciones de mantenimiento no son efectivas para mejorar la condición del elemento, si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como deficientes.
5 ALARMANTE	La estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente, o a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales secundarios o elementos funcionales.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Rehabilitación</i> de elementos. - <i>Sustitución</i> de elementos aplica si se considera que las acciones de <i>rehabilitación</i> no son efectivas para mejorar la condición de los elementos.
6 FALLA INMINENTE	Inestabilidad estructural del puente o de sus componentes. Riesgo alto de colapso de la estructura debido a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente. Daño irreversible que posiblemente requiera la <i>sustitución</i> del puente o al menos la <i>sustitución</i> de los elementos dañados.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Sustitución</i> de elementos. - <i>Sustitución</i> del puente aplica solo si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican con falla inminente.