

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 1 de 33

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P03-2020

INSPECCION ESPECIAL DEL PUENTE SOBRE EL ESTERO BOCA VIEJA RUTA NACIONAL N.º 235: Evaluación de la afectación por corrosión



Preparado por:
**Unidad de Puentes
LanammeUCR**



San José, Costa Rica
Diciembre, 2020



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 2 de 33
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 3 de 33
----------------	-------------	----------------

1. Informe: LM-PIE-UP-P03-2020		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INSPECCIÓN ESPECIAL DEL PUENTE SOBRE EL ESTERO BOCA VIEJA RUTA NACIONAL N.º 235: EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN POR CORROSIÓN		4. Fecha del Informe Diciembre, 2020
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 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias Ninguna.		
7. Resumen <i>Este informe de inspección especial de la evaluación de la afectación por corrosión del puente sobre el estero Boca Vieja en la Ruta Nacional n.º 235, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el Artículo 6 de la Ley n.º 8114.</i> <i>Según lo observado en el sitio, los elementos estructurales principales y secundarios de la superestructura presentan una pérdida de sección evidente por corrosión, que podría resultar en una disminución de la capacidad de cada uno de los elementos. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención inmediata de la estructura evaluada por parte de la Administración, se realizan recomendaciones relacionadas con las deficiencias expuestas en este informe.</i> <i>Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º 01-045, alcance disponible en www.eca.or.cr.</i>		
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional n.º 235, estero Boca Vieja, Inspección especial, corrosión.	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 33
11. Inspección e informe por: Ing. Mauricio Araya Con Unidad de Puentes	12. Inspección, revisión y aprobación por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes	13. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 4 de 33

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 5 de 33

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS	7
3. ALCANCE DEL INFORME	8
4. DESCRIPCIÓN.....	9
5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	12
5.1. OBSERVACIÓN N.º 1: PÉRDIDA DE SECCIÓN POR CORROSIÓN EN ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LA SUPERESTRUCTURA....	12
5.2. OBSERVACIÓN N.º 2: DEFICIENCIAS EN LA ZONA DE APOYOS.....	19
5.3. OBSERVACIÓN N.º 3: DAÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA LA EROSIÓN (ZAMPEADO) DE LOS RELLENOS DE APROXIMACIÓN DE LOS ACCESOS.....	23
6. CONCLUSIONES.....	26
7. RECOMENDACIONES	28
8. REFERENCIAS.....	30
ANEXO A GLOSARIO.....	32



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 6 de 33

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 7 de 33

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el estero Boca Vieja en la Ruta Nacional n.º 235, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, a partir de la inspección del puente, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley n.º 8603.

La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 26 de octubre del 2020, a raíz de la afectación evidente que se presenta debido al fenómeno de la corrosión en los elementos principales y secundarios de la superestructura con elementos principales tipos vigas I de acero. La corrosión, que ha afectado con distintas severidades los elementos del puente, deriva en una acelerada tasa de pérdida de sección de los elementos, y por ende, en una reducción de la capacidad de los mismos. Esta, junto con otras deficiencias importantes que fueron observadas durante la inspección, son presentadas y analizadas en este informe, y son sobre las cuales se hacen recomendaciones.

2. OBJETIVOS

- a) Realizar la *inspección especial* del puente a raíz de la afectación evidente por corrosión que se presenta en los elementos principales y secundarios de la superestructura del puente.
- b) Identificar, presentar y analizar otras deficiencias encontradas en los distintos elementos del puente a partir de la visita al sitio.
- c) Proporcionar recomendaciones generales para la toma de decisiones en relación con el puente y la intervención del mismo que es requerida en el corto y el mediano plazo.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 8 de 33

3. ALCANCE DEL INFORME

Se entiende por *Inspección especial* (AASHTO, 2018) a una inspección no programada usada para monitorear una deficiencia en particular ya conocida o que se sospecha que se ha presentado en alguno de los componentes del puente. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos. Este tipo de *inspección especial* no es lo suficientemente exhaustiva como para cumplir los requisitos de una *inspección rutinaria* según la define el CONAVI (2015), pero sí permite identificar y monitorear deficiencias que no sean producto de desastres naturales, accidentes, eventos extraordinarios o colapsos, como se limita en la *inspección de urgencia* (CONAVI, 2015). Ver Glosario en el Anexo A.

En el caso del puente sobre el estero Boca Vieja, la *inspección especial* se realizó a raíz de la afectación evidente que se presenta debido al fenómeno de la corrosión de los elementos principales y secundarios de la superestructura. Para esta inspección no se encontraron disponibles los planos de diseño y construcción (denominados también planos “As-built”) del puente, aunque si se dispuso de los formularios de inspección de inventario (MOPT, 2018a) e inspección rutinaria (MOPT, 2018b) más actualizados disponibles en el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes, por lo que la numeración utilizada en este informe para la identificación de los distintos elementos del puente, es congruente con la presentada en dichos formularios.

Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 9 de 33

4. DESCRIPCIÓN

Tabla No. A. Características básicas del puente y de la ruta en la que se ubica.

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Puntarenas, Aguirre, Quepos
	Coordenadas (WGS84)	9 ° 25 ' 58,10 " N de latitud / 84 ° 09 ' 53,90.20 " O de longitud
	Obstáculo que cruza	Estero Boca Vieja
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	235
	Tipo de ruta	Secundaria
	Sección de control	60462
TPDA - (MOPT, 2020)	Total	9211
	Porcentaje de vehículos pesados	7,09 %
	Camiones de 5 o más ejes	0,04 %
	Año en que se realizó el conteo	2015
Características básicas del puente	Longitud (m)	55
	Tipo de superestructura	Tipo viga con elementos principales tipo vigas I de acero
	Número de tramos	1
	Año de construcción	2016 (Ministerio de Comunicación, 2016)



Figura A. Ubicación geográfica del puente sobre el estero Boca Vieja (Adaptado de Open Street Maps, 2020).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 10 de 33



Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro.

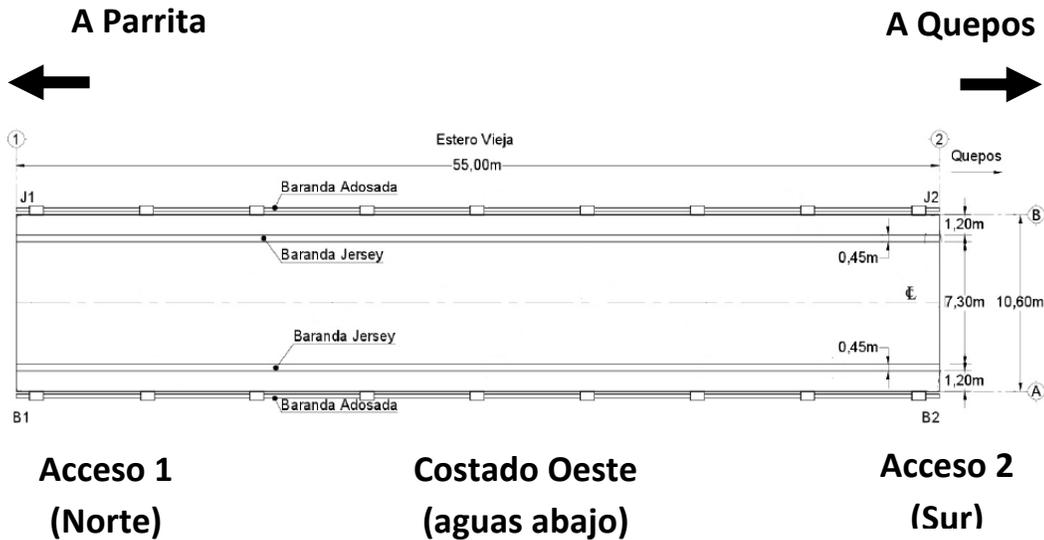


Figura C. Vista lateral del puente (aguas abajo).

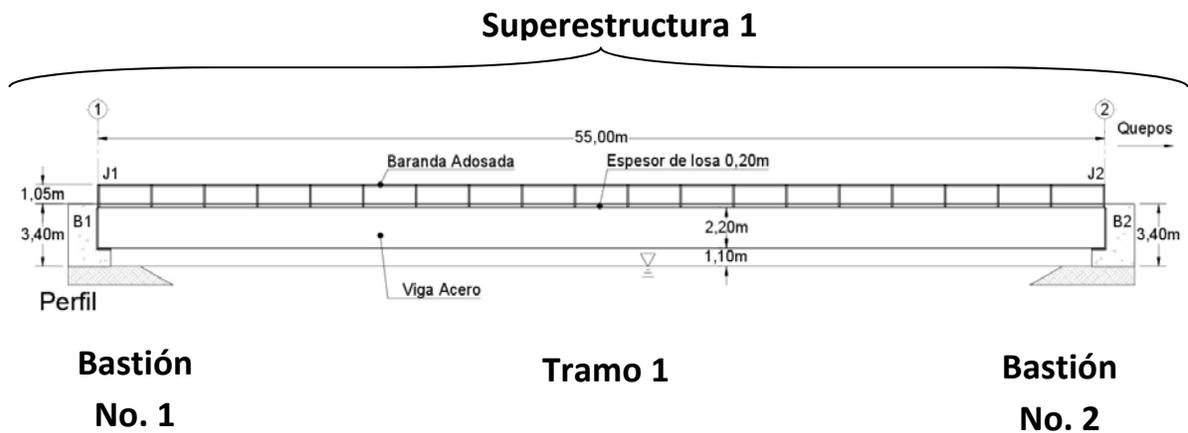


INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 11 de 33
----------------	-------------	-----------------



(a) Vista en planta



(b) Elevación

Figura D. Identificación en planta y en elevación utilizada para el puente sobre el estero Boca Vieja

(Fuente: Adaptado de MOPT, 2018a).

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 12 de 33

5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Observación n.º 1: Pérdida de sección por corrosión en elementos principales y secundarios de la superestructura

El puente presenta una superestructura tipo viga con elementos principales tipo vigas I de acero. A pesar de no disponer de los planos constructivos, ni encontrarse la información en el formulario de inventario del puente (MOPT, 2018a), durante la *inspección especial* se identificó en el alma de las vigas principales, anotaciones con información acerca del tipo de acero estructural utilizado. En la Figura 1.1 se muestra una fotografía de la anotación mencionada, en donde puede observarse indicado: “A709 GR 50W”. Dicha indicación hace referencia a que el acero utilizado cumple con el “*Standard Specification for Structural Steel for Bridges*” (también denominado “ASTM A709”), presenta un esfuerzo de fluencia mínimo de 345 MPa y corresponde a un acero con resistencia a la corrosión atmosférica o autopatinable (“*weathering steel*” como se le conoce formalmente en inglés por su designación normativa). La última versión de esta norma es del 2018, pero data como mínimo desde el año 2000 (ASTM, 2018).

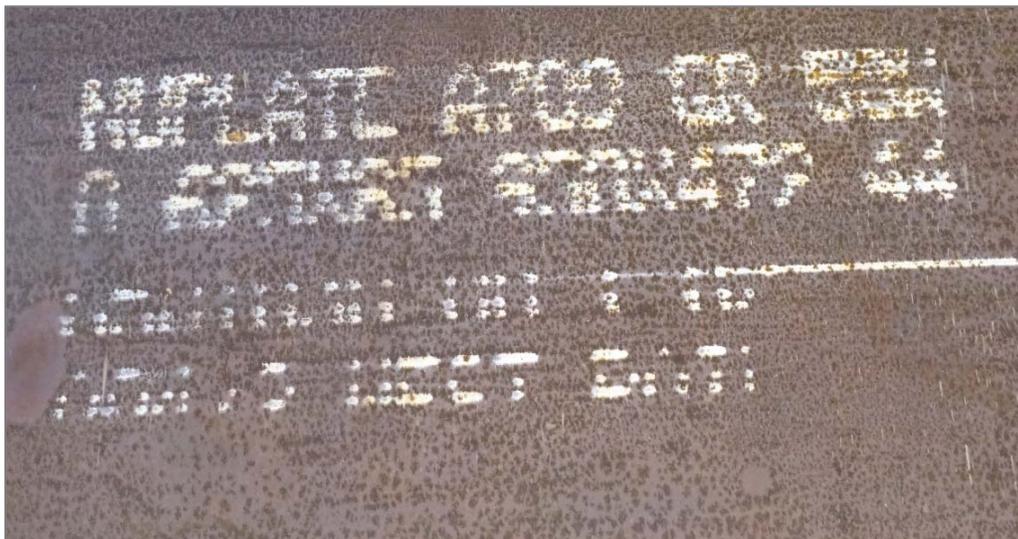


Figura 1.1. Anotación en viga principal con especificaciones del acero estructural utilizado.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 13 de 33

Las condiciones de exposición a las que se encuentra sometido un puente, influyen en la tasa de corrosión y en la eficiencia del sistema de protección contra la corrosión que se utilice. Al utilizar las categorías de corrosividad ambiental establecidas en el FHWA (2015), las cuales son tomadas de la norma ISO 9223, el puente se encuentra sometido a condiciones ambientales severas (denominado como “*Marine (Severe)*” en la clasificación mencionada). Lo anterior, debido a su ubicación en una zona costera (entre la desembocadura de la quebrada Boca Vieja al Océano Pacífico y el estero Boca Vieja como puede observarse en la Figura A), por lo que se encuentra expuesto a las brisas o masas de aire que transportan sales y minerales del mar y que tienden a favorecer el fenómeno de la corrosión. Adicionalmente, la influencia de la marea genera que la altura libre entre el ala inferior de las vigas principales y el cuerpo de agua varíe constantemente, siendo esta altura reducida durante la marea alta. En el formulario de inventario se encuentra reportada una altura libre de 1,10 m (MOPT, 2018a). Según se indica en la guía denominada “*Uncoated Weathering Steel in Structures*” correspondiente al “*FHWA Technical Advisory 5140.32*”, el uso de acero autopatinable como técnica o enfoque de protección contra la corrosión debe ser evaluado con precaución en zonas costeras y en elementos ubicados a una distancia de 2,44 m o menos de cuerpos de agua en movimiento (FHWA, 1989). De forma concreta, en la guía denominada “*Guide Specifications for Service Life Design of Highway Bridges*”, se indica que el acero autopatinable no es recomendado para ser utilizado en zonas costeras, ya que no tendrá un comportamiento eficiente debido a que la película de óxido superficial no se desarrolla, generando que la tasa de corrosión sea más bien acelerada (AASHTO, 2020). Debido a lo anterior, y teniendo en consideración la ubicación del puente y las condiciones de exposición, el uso de acero autopatinable como único sistema de protección para la corrosión es inadecuado.

Se observó que, aunque la generalidad del puente presenta problemas de corrosión con distintas severidades, la mayor afectación se presenta en ambos extremos de la superestructura, principalmente sobre el área de proyección comprendida entre los bastiones y sus protecciones (ver Figura 1.2), en donde adicionalmente se presenta acumulación de agua en los distintos elementos expuestos. A pesar de que la mayor concentración de corrosión se presenta cerca de los bastiones, durante la inspección no se encontró evidencia de filtraciones a través de las juntas de expansión del puente en el acceso 1, mientras que en

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 14 de 33

el acceso 2 si se observó filtración en el costado aguas arriba, pero en una zona muy concentrada. Es recomendable que se investiguen las razones por las cuales se genera esta acumulación de agua y mayor afectación por corrosión en los extremos del puente, siendo una de las posibles causas el impacto del cuerpo de agua contra las protecciones de los taludes y bastiones durante las fluctuaciones de las mareas.



Figura 1.2. Zona de mayor afectación por corrosión y pérdida de sección en la superestructura sobre proyección de bastión 1.

En algunos elementos de la superestructura la pérdida de sección transversal es considerable. En la Figura 1.3 y Figura 1.4 se evidencia la pérdida de sección por el desprendimiento de delaminaciones que se presenta en el alma y el ala inferior de una de las vigas principales, respectivamente. En la Figura 1.5 se muestran algunos de los rigidizadores de la viga principal que se encuentran severamente dañados debido a la corrosión. Otros de los elementos del puente que de forma generalizada se observaron con problemas de corrosión y pérdida de sección por corrosión, corresponden a los pernos de alta resistencia utilizados para las conexiones y a las soldaduras en las vigas principales, según se puede observar en la Figura 1.6 y Figura 1.7 respectivamente.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 15 de 33



Figura 1.3. Evidencia de corrosión con pérdida de sección en alma de viga principal.



Figura 1.4. Evidencia de corrosión con pérdida de sección en el ala inferior de viga principal.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 16 de 33



Figura 1.5. Evidencia de corrosión con pérdida de sección en rigidizadores de viga principal. Imagen izquierda: evidencia de delaminación; imagen derecha: condición luego de eliminar las capas exteriores delaminadas.



Figura 1.6. Evidencia de corrosión con pérdida de sección en pernos de alta resistencia en conexiones de la superestructura.

Imagen izquierda: corrosión en pernos y placas de conexión en viga principal; imagen derecha: corrosión en conexión de rigidizadores.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 17 de 33



Figura 1.7. Evidencia de corrosión con pérdida de sección en cordón de soldadura en ala inferior de viga principal.

La tasa de pérdida de sección por corrosión en el puente es acelerada, más si se tiene en consideración los resultados de la inspección rutinaria del puente llevada a cabo en el año 2018, dos años después de la entrada en servicio del puente, en donde ya se reportaba para la deficiencia de corrosión un grado de daño de 4 (5 es el grado de daño máximo), tanto para las vigas principales como para el sistema de arriostamiento (MOPT, 2018b).

En la Figura 1.8 se muestra una gráfica comparativa de la pérdida de sección, para acero al carbono y acero autopatinable, contra el tiempo. En dicha gráfica puede observarse que el problema principal corresponde a que, a diferencia del acero autopatinable ubicado en ambientes industriales o rurales en donde la pérdida de sección llega a estabilizarse alrededor de los 4 años, la pérdida de sección del acero autopatinable en ambientes marinos no llega a estabilizarse y continúa aumentando aceleradamente (FHWA, 2015). Lo anterior, refleja que entre más tiempo pase para solucionar el problema, mayor será el daño en el puente y por ende se reducirán las condiciones de seguridad para los usuarios y aumentará el costo de las posibles reparaciones.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 18 de 33

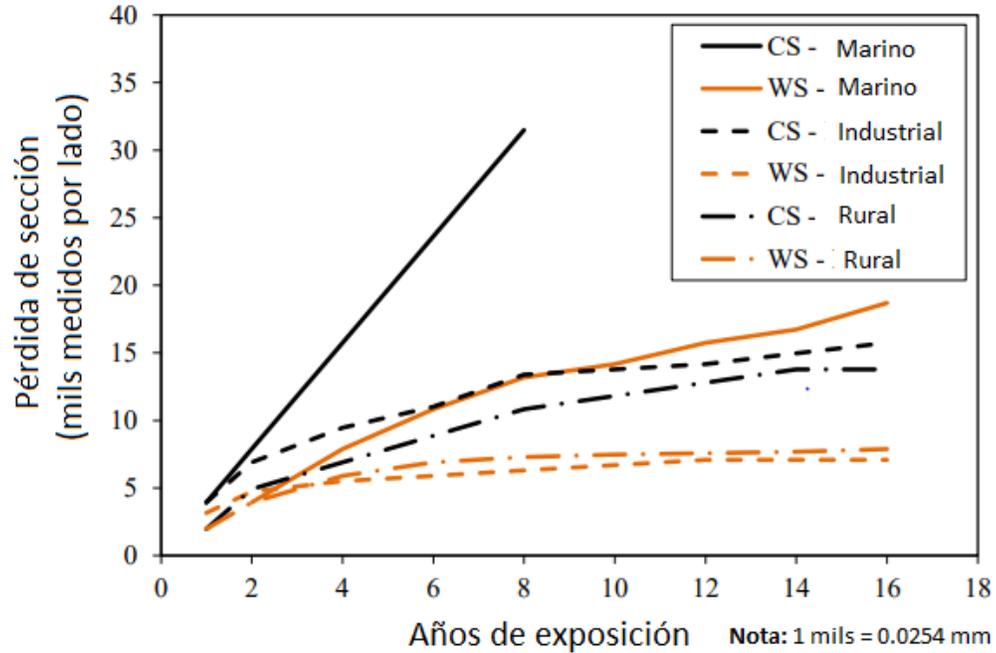


Figura 1.8. Pérdida de sección en el tiempo para acero al carbono (CS) sin protección y acero autopatinable (WS) en distintos ambientes (marino, industrial y rural).

(Fuente: Traducido de FHWA, 2015).

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 19 de 33

5.2. Observación n.º 2: Deficiencias en la zona de apoyos

Se observó que el problema de corrosión presentado en la Observación n.º 1 (ver Sección 5.1) también afecta a los apoyos del puente. En general, todos los apoyos presentan problemas de oxidación o en otros casos de corrosión (en distintos grados de severidad) afectando las placas de acero de soporte y los pernos de anclaje (ver evidencia en Figura 2.1). Se considera que dicha deficiencia podría afectar el funcionamiento de los apoyos, principalmente el de los apoyos expansivos, en donde la corrosión podría representar una restricción al movimiento y al funcionamiento general previsto en el diseño.



Figura 2.1. Corrosión presentada en placa y pernos de anclaje de apoyo ubicado sobre el bastión 1.

Adicional al problema de corrosión mencionado, en la Figura 2.2 se muestra que uno de los apoyos ubicados sobre el bastión 1 presenta una pérdida de soporte entre la placa de acero y la almohadilla elastomérica. A pesar de que la pérdida de soporte observada representa menos del 10% del área de contacto, la deficiencia presentada es evidencia de un mal funcionamiento del apoyo, por lo que se requiere de una evaluación que permita determinar la causa posible y la alternativa de solución. Lo anterior, antes de que la severidad de la deficiencia continúe incrementándose pudiendo generarse un problema de estabilidad en el apoyo.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 20 de 33



Figura 2.2. Pérdida del área de soporte sobre almohadilla elástica en apoyo ubicado sobre el bastión 1.

Durante la inspección, también pudo identificarse en los apoyos ubicados sobre el bastión 1 un posible volcamiento (denominado como “*rollover*” en inglés) o levantamiento ligero de uno de los costados de las almohadillas elásticas (ver Figura 2.3). Adicional al tema de levantamiento de los apoyos, se identificó un desplazamiento lateral en los mismos que podría ser cercano, o inclusive superior, al 25 % máximo permisible (medido con respecto a la altura de la almohadilla) para condiciones de servicio (ver Figura 2.4) (FHWA, 2003). Estas dos deficiencias mencionadas deberán ser evaluadas ya que podrían ser evidencia de que en las almohadilladas se estén presentando sollicitaciones de esfuerzos y deformaciones por cortante mayores a las previstas en el diseño.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 21 de 33



(a) Vista frontal del apoyo



(b) Vista lateral del apoyo

Figura 2.3. Evidencia de levantamiento en los costados internos de los apoyos ubicados sobre el bastión 1.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 22 de 33



Figura 2.4. Deformación lateral cercana al 25 % de su altura, la cuál es el valor permisible máximo en condiciones de servicio para las almohadillas elastoméricas en apoyos ubicados sobre el bastión 1.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 23 de 33

5.3. Observación n.º 3: Daño del sistema de protección contra la erosión (zampeado) de los rellenos de aproximación de los accesos

Se observó que el zampeado, correspondiente al sistema de protección contra la erosión, colocado en los rellenos de aproximación de ambos accesos del puente, presenta fallas severas. En la Figura 3.1 se muestra un agujero presente en el sistema de protección y en el relleno ubicado aguas abajo en el acceso 1, donde puede observarse que la profundidad medida del agujero es de 0.90 m. Adicionalmente, una vista lateral de este mismo relleno (ver Figura 3.2), en donde no hay sistema de protección, evidencia la pérdida severa del material del relleno por erosión en dicho acceso. Finalmente, en la Figura 3.3 y Figura 3.4 puede observarse la falla parcial del sistema de protección del relleno de aproximación ubicado aguas abajo en el acceso 2, visto desde el acceso 1 y desde el bastión 2 respectivamente. Se considera que esta deficiencia es de alto riesgo, más si se tiene en consideración que sobre dicho relleno se colocó un espacio recreativo para las personas de la comunidad.



Figura 3.1. Agujero en sistema de protección contra la erosión y pérdida de material de relleno de aproximación en acceso 1.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 24 de 33



Figura 3.2. Vista lateral que evidencia pérdida severa de material de relleno de aproximación en acceso 1.



Figura 3.3. Vista desde acceso 1 a daño en sistema de protección contra la erosión del relleno de aproximación en el acceso 2.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 25 de 33



Figura 3.4. Vista desde bastión 2 a daño en sistema de protección contra la erosión del relleno de aproximación en el acceso 2.

Debido a la pérdida de funcionalidad de los sistemas de protección contra la erosión de los rellenos de aproximación en los accesos ocasionada por los daños mostrados, y de continuar erosionándose ambos rellenos de aproximación, sumado a la pérdida de material que ya se presenta actualmente, no es posible descartar un posible asentamiento en la transición entre los accesos y el tablero del puente que pueda llegar a afectar el nivel de servicio del puente e inclusive la seguridad de los usuarios que circulan por el mismo.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 26 de 33

6. CONCLUSIONES

El puente sobre el estero Boca Vieja en la Ruta Nacional n.º 235 se encuentra ubicado en un ambiente agresivo en términos de corrosión debido a su ubicación en zona costera y también debido a la cercanía de la superestructura con respecto al cuerpo de agua. En este puente, se utilizó para los elementos principales y secundarios de la superestructura un acero autopatinable (conocido en inglés como “weathering steel”); sin embargo, el uso de este tipo de acero como estrategia para la protección contra la corrosión no es efectivo en las condiciones de exposición mencionadas.

El uso de una estrategia de protección contra la corrosión inadecuada para la ubicación y condiciones de exposición del puente, ha generado problemas de corrosión de forma generalizada en los elementos principales (vigas), elementos secundarios (sistema de arriostramiento) y en los apoyos del puente. Este problema de corrosión se presenta con distintas severidades, siendo mayor en los extremos del puente (en las zonas por encima de las protecciones de los bastiones), donde los elementos presentan pérdidas de sección considerables para un puente construido en el año 2016.

Adicional al problema de corrosión y pérdida de sección mencionado, los apoyos del puente, principalmente los ubicados sobre el bastión 1, presentan deficiencias como la pérdida de soporte entre la almohadilla elastomérica y la placa de acero, así como posible volcamiento o levantamiento ligero de uno de los costados de la almohadilla y una deformación lateral que podría estar cercana al límite permisible para condiciones de servicio (25 % de la altura de la almohadilla).

Finalmente, existe un problema evidente en el zampeado que corresponde al sistema de protección contra la erosión de los taludes en los rellenos de aproximación de los accesos. En el acceso 1, existen agujeros en el zampeado, a través de los cuales se evidencia la pérdida del material de relleno por erosión, mientras que en el acceso 2 el problema en el zampeado es más severo, ya que gran parte del mismo ha fallado y por ende se ha perdido el material de relleno. Adicionalmente, en el costado aguas abajo del acceso 2 se colocó una zona recreacional cuya estabilidad podría encontrarse comprometida debido a la pérdida de relleno.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 27 de 33

Todo esto, se suma a otras deficiencias tales como el agrietamiento y las eflorescencias y presentes en el tablero de concreto, por mencionar dos ejemplos, que, aunque no han sido incluidas en el presente informe, fueron indicadas en el reporte de la inspección rutinaria realizada en el año 2018 (MOPT, 2018b) que se encuentra disponible en el Sistema de Administración de Puentes (conocido como SAEP por sus siglas). Durante la inspección especial realizada, se ha observado que estas deficiencias no han sido atendidas.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 28 de 33

7. RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración las principales deficiencias detectadas y que son presentadas en el informe, se recomienda a la Administración (representada en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Consejo Nacional de Vialidad):

1. Debido a que el enfoque de sistema de protección ante la corrosión utilizado (acero autopatinable) es inadecuado para las condiciones ambientales en donde se ubica el puente, y su condición actual así lo demuestra al evidenciar una tasa acelerada de pérdida de sección por corrosión, se recomienda rehabilitar el puente, ya que pareciera probable que serían recomendables acciones incluso mayores que aplicar un nuevo sistema de protección contra la corrosión para los elementos de acero de la superestructura, actividad que de por sí supera el alcance de una intervención por conservación. Para determinar el alcance completo de la rehabilitación requerida, se recomienda llevar a cabo la determinación de lo siguiente: pérdida de espesor en los distintos elementos estructurales afectados e incidencia de esta deficiencia en la pérdida de capacidad estructural de acuerdo a lo establecido en AASHTO (2018); además de acciones de durabilidad a seguir que garanticen una vida de servicio adecuada siguiendo las recomendaciones de AASHTO (2020).
2. Como parte de la planificación de las intervenciones que sean requeridas en el puente, se recomienda que se evalúen las consecuencias sociales de las mismas, de forma tal que se propongan medidas con el objetivo de minimizarlas debido a la importancia del puente para la comunidad de Quepos y el sector turístico de Manuel Antonio.
3. En el corto plazo, se recomienda determinar si, de acuerdo a la pérdida de sección sufrida a la fecha y también la proyectada al momento en que se lleve a cabo la intervención final, son necesarias medidas de restricción de la carga permitida para circular por el puente con el objetivo de salvaguardar la integridad física de los usuarios.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 29 de 33

4. Se recomienda establecer un plan de inspecciones especiales que permita realizar un seguimiento del avance de la corrosión en el puente, de forma tal que se puedan tomar acciones oportunas en caso de requerirse.
5. Una vez realizada la rehabilitación del puente, se recomienda establecer un plan de acciones de conservación que permitan solventar las nuevas deficiencias que sean identificadas a través de los procesos de inspección del puente. Por lo general, dichas actividades de conservación tendrán un menor costo que las rehabilitaciones mayores que son requeridas cuando el daño o deficiencia ya ha progresado, por lo que la intervención del puente deberá realizarse en el momento adecuado para asegurar el uso eficiente de los recursos públicos.
6. Se recomienda incluir los planos constructivos del puente en la información que se encuentra en el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Lo anterior, para que los mismos puedan ser consultados con mayor facilidad, tanto por usuarios internos o externos, y que formen parte de la base de datos que se utiliza para la gestión de los puentes ubicados en la Red Vial Nacional.
7. Llamar la atención a la Administración sobre la decisión, permisividad o falta de control durante las etapas de diseño y construcción, que derivaron en el uso de un acero autopatinable el cual es inadecuado para la exposición ambiental y ubicación del puente, lo cual va a implicar invertir una cantidad importante de recursos e impactar negativamente a los usuarios en un puente con solo 4 años de vida de servicio, tomando en cuenta que 75 años es la vida de servicio mínima que se busca en un puente. La durabilidad, característica en la que impactan las etapas de diseño, construcción y conservación, no es un factor que se deba tomar a la ligera, debido a su importancia en asegurar un adecuado y eficiente uso de los recursos públicos.

Estas recomendaciones se asumen que serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables de dar seguimiento a las deficiencias que presenta el puente. En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionaron en los puntos anteriores.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 30 de 33

8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation*. 3rd Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials: Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2020). *Guide Specification for Service Life Design of Highway Bridges*. 1st Edition. American Association of Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. ASTM (2018). *Standard Specification for Structural Steel for Bridges*. ASTM A709/A709M. ASTM International: USA. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/A709.htm> [Consulta del 12 de noviembre de 2020]
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. FHWA (1989). *Uncoated Weathering Steel in Structures*. Technical Advisory 5140.22: Washington, D.C, USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/t514022.cfm>. [Consulta del 29 de octubre de 2020]
6. FHWA (2003). *Bridge Maintenance Training Reference Manual*. Publication No. FHWANHI-03-045. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
7. FHWA (2015). *Steel Bridge Design Handbook: Corrosion Protection of Steel Bridges*. Publication No. FHWA-HIF-16-002-Vol.19: Washington, D.C, USA.
8. Ministerio de Comunicación (2016). MOPT / CONAVI ponen en servicio nuevo puente sobre el estero Boca Vieja en Quepos. Presidencia de la República de Costa Rica. Disponible en: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2016/12/mopt-conavi-ponen-en-servicio-nuevo- puente-sobre-el-estero-boca-vieja-en-quepos/> [Consulta del 29 de octubre de 2020]



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 31 de 33

9. MOPT (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
10. MOPT (2018a). *Puente sobre estero Boca Vieja*. Reporte de inspección inventario [PDF]. Sistema de Administración de Puentes. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.
11. MOPT (2018b). *Puente sobre estero Boca Vieja*. Reporte de inspección rutinaria [PDF]. Sistema de Administración de Puentes. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 32 de 33

ANEXO A Glosario.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 33 de 33

- **Inspección de inventario:** Inspección utilizada para registrar la primera información de inventario e inspección del puente. El objetivo de esta inspección es recopilar dimensiones, fotografías e información básica del puente, así como efectuar una primera inspección visual de daños de los elementos del puente (CONAVI, 2015).
- **Inspección rutinaria:** Tipo de inspección que se realiza cada dos años, una vez que la información de la *inspección de inventario* ha sido registrada. En el caso de puentes nuevos o con pocas deficiencias este período puede ser ampliado hasta cinco años. El objetivo de este tipo de inspección consiste en verificar la información registrada en la *inspección de inventario*, así como conocer y evaluar el grado de deterioro actual de los diferentes elementos del puente (CONAVI, 2015).
- **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).