

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 1 de 28

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P01-2020

INSPECCION ESPECIAL DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CORONADO RUTA NACIONAL N°. 34: Evaluación de la condición del puente debido al asentamiento ocurrido en la pila n°. 2



Preparado por:
**Unidad de Puentes
LanammeUCR**



San José, Costa Rica
Setiembre, 2020



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 02	Página 2 de 28
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 02	Página 3 de 28
----------------	-------------	----------------

1. Informe: LM-PIE-UP-P01-2020		2. Copia n°. 1	
3. Título y subtítulo: INSPECCIÓN ESPECIAL DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CORONADO RUTA NACIONAL N°. 34: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE DEBIDO AL ASENTAMIENTO OCURRIDO EN LA PILA N°. 2		4. Fecha del Informe Setiembre, 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 del puente sobre el río Coronado en la Ruta Nacional n°. 34, 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 una 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°. 8114 y su reforma mediante la Ley n°. 8603. Según lo observado en el sitio, el puente presenta un asentamiento en la pila n°. 2 del puente, aparentemente por socavación de la cimentación. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada, 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°. 34, Río Coronado, Inspección especial.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 28
11. Inspección y revisión por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	14. Inspección, revisión y aprobación por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes		
14. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	15. 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: 02

Página 4 de 28

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 5 de 28

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
3. ALCANCE DEL INFORME	7
4. DESCRIPCIÓN.....	9
5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL.	12
5.1. OBSERVACIÓN N^o. 1:	12
5.2. OBSERVACIÓN N^o. 2:	15
5.3. OBSERVACIÓN N^o. 3:	17
5.4. OBSERVACIÓN N^o. 4:	18
6. CONCLUSIONES.....	20
7. RECOMENDACIONES	21
7.1. ACCIONES INMEDIATAS Y A CORTO PLAZO:	21
7.2. ACCIONES A MEDIANO Y A LARGO PLAZO	22
8. REFERENCIAS.....	23
ANEXO A GLOSARIO.....	26



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 6 de 28

Página intencionalmente dejada en blanco

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 7 de 28

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Coronado en la Ruta Nacional n°. 34, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) - 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 una 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°. 8114 y su reforma mediante la Ley n°. 8603.

La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 25 de agosto del 2020, debido a un asentamiento diferencial ocurrido el 15 de agosto del 2020 en la pila n°. 2 del puente (ver Figura E), que generó el cierre del mismo. El desplazamiento se evidenció luego de las fuertes lluvias en la zona, producto del paso de la tormenta tropical #28 por el país. Estas deficiencias 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 del asentamiento diferencial de la pila 2 y del cierre del puente.
- b) Identificar, presentar y analizar las deficiencias encontradas a partir de la visita al sitio.
- c) Proporcionar recomendaciones sobre las medidas por implementar en el puente para la atención de las deficiencias observadas.

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 una deficiencia que se sospecha que existe. 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). Para este caso en específico, en

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 8 de 28

donde se identificaron deficiencias que son el producto de eventos extraordinarios, coincide con la *inspección de urgencia* (CONAVI, 2015). Ver Glosario en el Anexo C (las definiciones incluidas en dicho glosario son resaltadas con letra cursiva en el cuerpo del informe para su identificación).

En el caso del puente sobre el río Coronado, la *inspección especial* se realizó a raíz del asentamiento diferencial ocurrido en la pila n°. 2 del puente, durante las crecidas del río Coronado el 15 de agosto del 2020.

La numeración utilizada en este informe para la identificación del puente sobre el río Coronado coincide con la que se utiliza en planos y la mostrada en la herramienta informática SAEP (MOPT, 2014). Para este puente en particular sí se tuvo acceso a los planos de diseño, los cuales se obtuvieron de la base de datos electrónica interna de la UP con fecha de 1979 (MOPT, 1979). Esto planos no son de cómo quedó construido el puente (conocidos como planos "*as-built*"). La información de planos es una guía para el proceso de *inspección*, pero no es determinante para establecer la condición del puente, pues esta solo puede determinarse a partir de la información que se recolecta y verifica en el sitio.

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

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 02	Página 9 de 28
----------------	-------------	----------------

4. DESCRIPCIÓN

Tabla N°. A. Características básicas del puente y de la ruta en la que se ubica.

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Puntarenas, Osa, Puerto Cortés
	Coordenadas (WGS84)	9°03'07"N de latitud / 83°37'10"O de longitud
	Río que cruza	Río Coronado
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	34
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	60093
TPDA (MOPT, 2019)	Total	3951
	Porcentaje de vehículos pesados	16,4 %
	Camiones de 5 o más ejes	6,87 %
	Año en que se realizó el conteo	2018
Características básicas del puente	Longitud (m)	55
	Tipo de superestructura	Superestructura 1, 2 y 3: Vigas I de concreto preesforzado, simplemente apoyadas, de 16 m, 22,5 m y 16 m.
	Número de tramos	3
	Año de construcción	1992 (Muñoz-Barrantes et al, 2016)



Figura A. Ubicación geográfica del puente sobre el río Coronado, ruta nacional n°. 34 (Adaptado de Open Street Maps, 2020).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 10 de 28



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: 02	Página 11 de 28
----------------	-------------	-----------------

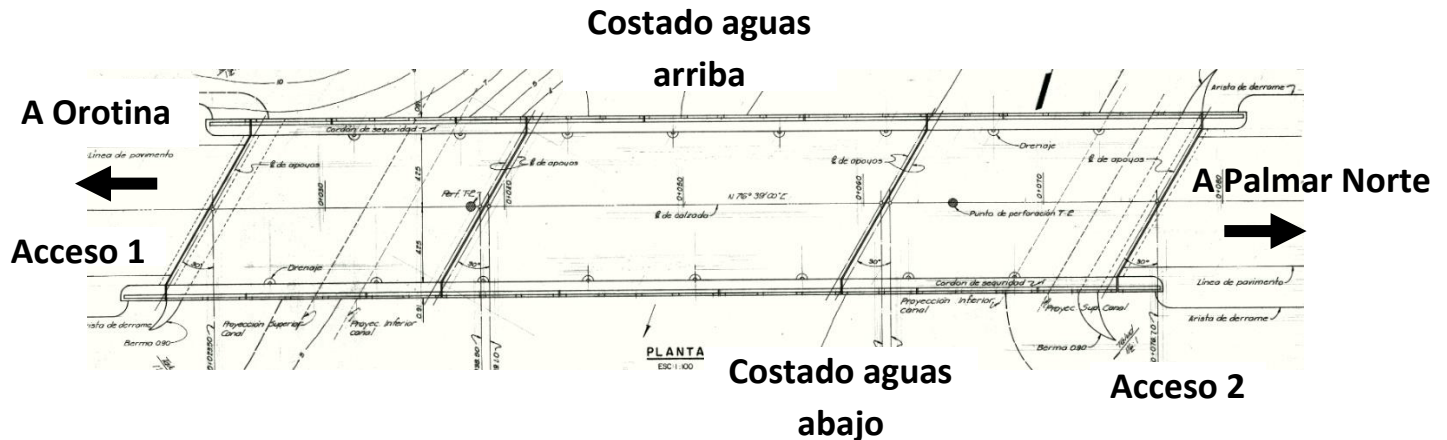


Figura D. Identificación en planta utilizada para el puente sobre el río Coronado (Fuente: MOPT, 1979).

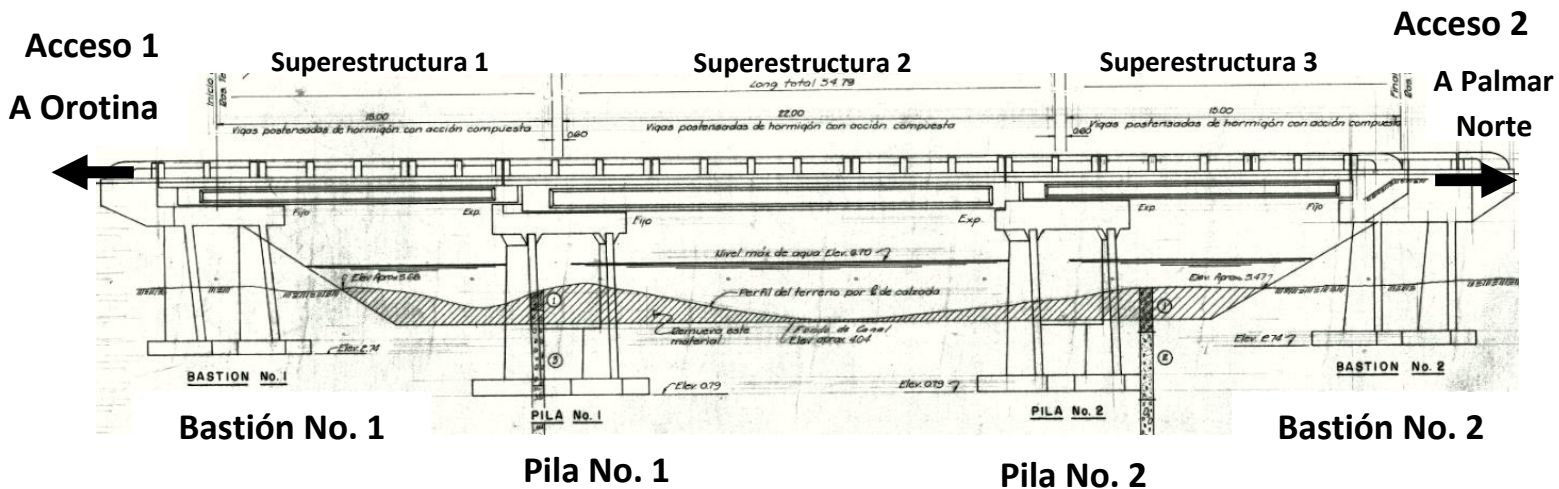


Figura E. Identificación en elevación utilizada para el puente sobre el río Coronado (Fuente: MOPT, 1979).

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 12 de 28

5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL.

5.1. Observación n°. 1:

Se observó un asentamiento diferencial transversal en la pila n°. 2 (ver Figuras 1.1, 1.2, y 1.3), debido aparentemente a la socavación de la placa de cimentación de la columna del costado aguas abajo de la pila. Esta socavación no pudo ser corroborada o medida en su extensión el día de la inspección, debido a que las placas de cimentación se encontraban por debajo del nivel del río, y además, la visibilidad a través del agua era muy baja pues el río transportaba una alta carga de sedimentos (ver Figura 1.2). La socavación de esta cimentación generó que la pila rotara como un cuerpo rígido, hacia el costado aguas abajo (ver Figura 1.2), generando un asentamiento diferencial en la pila n°. 2 y un desplazamiento en los apoyos de las superestructuras n°. 2 y n°. 3, que provocaron una diferencia de nivel en la superficie de rueda (ver Figuras 1.1 y 1.3). Aún con el desplazamiento vertical producido, no se observaron daños en los elementos de concreto reforzado y presforzado de las superestructuras n°. 2 y n°. 3, ni en los elementos de concreto reforzado de la pila n°.2 visibles el día de la inspección.

El valor de distorsión angular longitudinal del puente sobre el río Coronado fue de 0,013 radianes (ver Figura 1.1), medidos a lo largo de la superestructura n°. 3 entre la pila n°. 2 y el bastión n°. 2, considerando un desplazamiento vertical de la superestructura de aproximadamente 190 mm. Ese valor es mayor que el máximo permitido para el asentamiento de subestructuras simplemente apoyadas, que está entre 0,004 radianes y 0,008 radianes medidos longitudinalmente (FHWA, 1982; WDOT, 2019; ADOT, 2019; AASHTO, 2020). En estos estudios no se analizó la pérdida de soporte por socavación ni un asentamiento relativo transversal en una misma pila, como sucedió en el puente sobre el río Coronado, los cuales se consideran casos más severos.

De acuerdo con los planos de diseño del puente (MOPT, 1979), el suelo bajo la cimentación de la pila n°. 2 corresponde con arenas y gravas de tamaño máximo estimado de 100 mm, que tienen algo de limo arcilloso, con densidad relativa de mediana a densa, el cual se extiende hasta la elevación de 0 m (MOPT, 1979). El estrato inmediato inferior, corresponde con gravas arenosas con algo de limo, de tamaño máximo estimado de 250 mm, con densidad relativa



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 13 de 28

densa, el cual se extiende hasta la elevación -4,0 (MOPT, 1979). Inmediatamente después, se encuentra un estrato de arenisca (MOPT, 1979).

Si el perfil del suelo bajo la cimentación es el que se establece en los planos de diseño, el puente se encuentra en una condición de riesgo ante otras crecidas del río que puedan seguir socavando las cimentaciones, debido a la susceptibilidad a la socavación del suelo tipo arenoso (Idaho Transportation Department, 2004), lo cual, podría aumentar los asentamientos y desestabilizar las superestructuras n°. 2 y n°. 3 que están apoyadas sobre la pila n°. 2.

Sin embargo, es necesario señalar que los planos disponibles no son planos de cómo quedó construido el puente (conocidos como planos “*as-built*”), por lo que no se puede asegurar que los niveles de los estratos de suelo que se describen en los planos disponibles son los que realmente se encuentran bajo la cimentación y sobre los que se construyó el puente.

Adicionalmente, la forma rectangular de la pila propicia la socavación, ya que, se ha determinado que la profundidad de socavación local en pilas rectangulares es un 20 % mayor que en pilas con terminaciones en punta frente al flujo y un 10 % mayor que en pilas cilíndricas (Idaho Transportation Department, 2004).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 14 de 28



Figura 1.1. Asentamiento de la superficie de rodamiento del puente en la junta de expansión entre las superestructuras n.º 2 y n.º 3 (sobre la pila n.º 2).



Figura 1.2. Vista de la pila n.º 2 donde se observa el asentamiento de la columna aguas-abajo.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 15 de 28

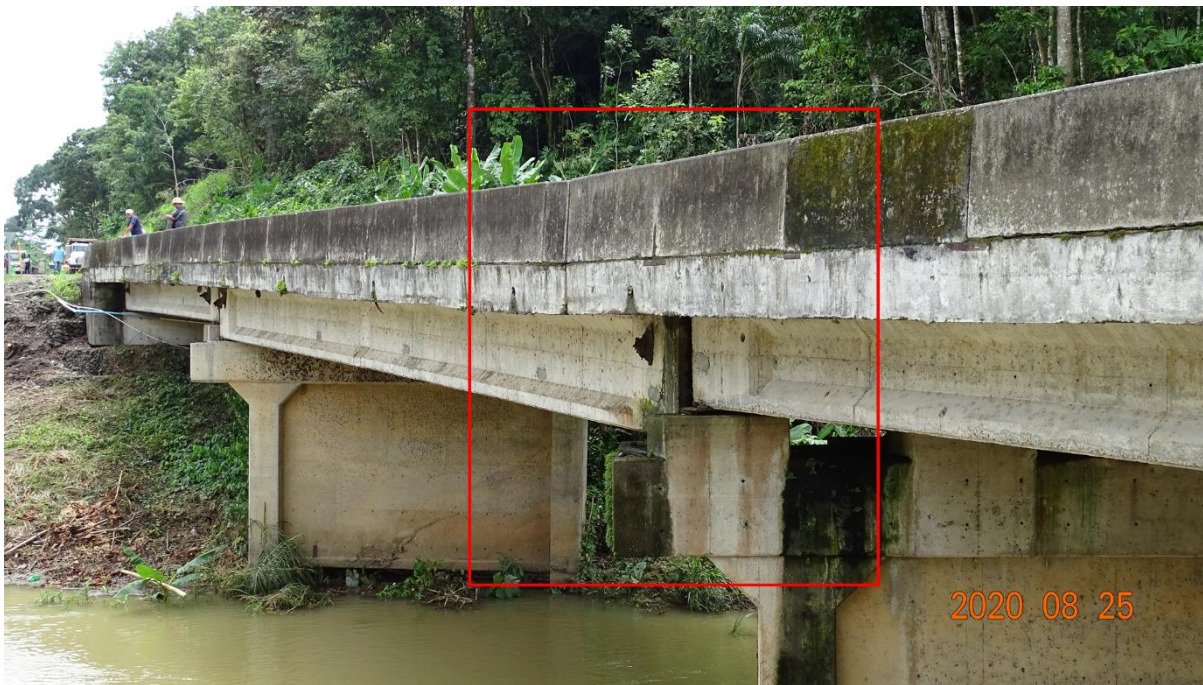


Figura 1.3. Vista lateral de las superestructuras del puente donde se observa la diferencia de nivel en la superestructura n°. 2.

5.2. Observación n°. 2:

El día de la inspección el puente se encontraba cerrado al tránsito vehicular. Se observaron trabajos de construcción de dos medidas temporales para habilitar el paso. Una de ellas por medio de un vado ubicado aguas abajo del puente (ver Figura 2.1), el cual se encontraba en funcionamiento. La otra, corresponde con la instalación de un puente temporal de tipo modular aguas abajo de la estructura existente, cuyas piezas se encontraban en el acceso n°. 2 del puente cerrado y se estaba preparando el terreno para dar acceso a la estructura temporal (ver Figura 2.2).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 16 de 28



Figura 2.1. Vado para el paso temporal de vehículos observado durante la inspección.



Figura 2.2. Obras de construcción del puente temporal tipo modular observadas durante la inspección.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 17 de 28

5.3. Observación n.º 3:

Se observaron deformaciones importantes y rotura en los pernos de anclaje y deformaciones por cortante permanentes en las almohadillas de los apoyos elastoméricos de las vigas de la superestructura n.º. 2 (ver Figura 3.1) y la superestructura n.º. 3 (ver Figura 3.2) sobre la pila n.º. 2, perdiendo incluso parte de la longitud de asiento de estas vigas sobre los apoyos.

También, se observaron deformaciones de almohadillas elásticas de los apoyos de la superestructura n.º. 2 sobre el bastión n.º. 2 (ver Figura 3.3) y de la superestructura n.º. 3 sobre la pila n.º. 1 (ver Figura 3.4), los cuales, fueron de menor magnitud que los observados en la pila n.º. 2.

No se observaron daños en los apoyos de la superestructura n.º. 1 sobre el bastión n.º. 1 y sobre la pila n.º. 1.

Las deformaciones observadas en los elementos de los apoyos elastoméricos se deben al asentamiento generado en la pila n.º. 2, que provocó un desplazamiento relativo en los apoyos de las superestructuras (n.º. 2 y n.º. 3) que se apoyan sobre esas pilas, generando la falla de los mismos. No se tiene evidencia de que los daños estén relacionados en algún grado con movimientos provocados por sismos anteriores a la fecha de inspección del puente.

El nivel de deformación de los apoyos en la pila n.º. 1 y en el bastión n.º. 2 no necesariamente es atribuible al asentamiento, ya que podría ser por condiciones de servicio debido al sesgo de 30° que posee el puente, con excepción de la observada en el apoyo de la viga del costado aguas abajo sobre el bastión n.º. 2.

Las deformaciones de las almohadillas elásticas en los apoyos sobre el bastión n.º. 2, fueron de 10 mm como máximo (en el apoyo del costado aguas abajo), que corresponde a un 25 % de la altura del apoyo (40 mm) (Ver Figura 2.4). Este apoyo, se ubica en la misma viga que está apoyada sobre la columna que se asentó junto con la pila n.º. 2. Esta deformación por cortante está en el límite para la deformación permisible por cortante de apoyos elastoméricos, el cual se establece como 25 % de la altura (FHWA, 2003).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 18 de 28

5.4. Observación n°. 4:

La longitud de asiento mínima disponible es de 0,34 m (de acuerdo con los planos de diseño) (MOPT, 1979). Esta longitud de asiento es insuficiente, ya que debería ser de 0,49 m de acuerdo con la especificación para diseño de puentes de AASHTO LRFD (2020) para evitar la pérdida de contacto entre las vigas y la viga cabezal de la pila ante el sismo de diseño. Lo anterior, sumado a la condición de los apoyos, genera un riesgo de colapso de la estructura ante el avance en los asentamientos, la socavación o la ocurrencia de un sismo de intensidad alta, haciendo énfasis en que la estructura se encuentra muy cerca de la costa y por lo tanto de la zona de subducción.



Figura 2.1. Deformación y rotura de pernos observada en apoyos de la superestructura n°. 3 sobre la pila n°. 2



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 19 de 28



Figura 2.2. Deformación observada en apoyos de la superestructura n°. 2 sobre la pila n°. 2



Figura 2.3. Deformación del 25 % de la altura del apoyo del costado aguas abajo de la superestructura n°. 3 sobre el bastión n°. 2



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 20 de 28



Figura 2.4. Deformación en los apoyos de la superestructura n°. 2 sobre la pila n°. 1.

6. CONCLUSIONES

El puente sobre el río Coronado en la Ruta Nacional n°. 34 presenta un asentamiento en la columna del costado aguas debajo de la pila n°. 2, provocado, en evidencia, por socavación del suelo bajo la cimentación. Este asentamiento provocó deformaciones y rotura en los pernos de anclaje y las almohadillas elastoméricas de los apoyos, principalmente los que se ubican en sobre la pila n°. 2, así como pérdida de asiento de las vigas.

Este asentamiento es un hallazgo crítico que coloca al puente en una condición de riesgo inaceptable, ya que la estabilidad de la estructura se ve comprometida por las deficiencias observadas. Debido a la información disponible del puente, hay probabilidades de que en las próximas crecidas del río la socavación avance y se puedan producir nuevos asentamientos que a su vez podrían desestabilizar la superestructura del puente. Adicionalmente, debido a que no se cuenta con información certera del tipo de suelo bajo la cimentación, ni de la condición real de las placas de fundación de concreto reforzado, ni de la extensión de la socavación, existe además un grado de incertidumbre sobre la magnitud del problema y sus posibles consecuencias.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 21 de 28

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Administración, realizar las acciones que se presentan a continuación, las cuales, se agrupan en las siguientes categorías:

1. Acciones inmediatas y a corto plazo
2. Acciones a mediano y largo plazo

La Administración debe definir los plazos requeridos en cada categoría, en el caso de que se realicen las acciones recomendadas.

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

Además, se recomienda en aras de buscar la mayor efectividad posible de las intervenciones, realizar una coordinación conjunta entre el MOPT, el CONAVI y la Municipalidad de Osa, para la realización de las acciones de intervención del puente.

7.1. Acciones inmediatas y a corto plazo:

El objetivo de estas acciones es asegurar la continuidad segura del tránsito y brindar estabilidad al puente que presentó las deficiencias. Por lo cual, se recomienda lo siguiente:

1. Mantener cerrado por completo el paso sobre el puente para vehículos y para peatones, para evitar riesgos a los usuarios de la ruta ante eventuales crecidas del río, aumento en los daños sufridos, o acciones o eventos que puedan desestabilizar la estructura.
2. Continuar con la instalación del puente temporal para habilitar el tránsito, señalizando los accesos al puente temporal para un tránsito seguro de los usuarios. La ubicación del puente temporal debe ser tal que no dificulte o imposibilite las tareas de inspección, la realización de estudios y de las intervenciones de emergencia, temporales o permanentes, sobre el puente existente.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 22 de 28

3. Mientras se concluye con los trabajos de construcción del puente temporal, se puede habilitar el paso por el vado que se está construyendo, siguiendo estrictas medidas de seguridad para el tránsito vehicular y priorizando ante todo, y en todo momento la seguridad de los usuarios que transitan por la carretera.
4. Aplicar medidas temporales de atención para brindar estabilidad al puente de manera que se evite la evolución de las deficiencias y prevenir que se presenten daños que se extiendan más allá de toda posibilidad de reparación del puente o se presente el colapso parcial o completo de la estructura.

7.2. Acciones a mediano y a largo plazo

El objetivo de estas acciones es establecer el tipo de intervención que debe ser llevado a cabo en el puente para habilitar el paso normal sobre el mismo.

1. Realizar todos los estudios requeridos para determinar las alternativas de intervención que lleven a la solución efectiva y a largo plazo de las deficiencias observadas.
2. Establecer alternativas de intervención para la solución final de las deficiencias del puente que consideren la rehabilitación o sustitución del puente, las cuales deben ser en todos los casos integrales en todos los aspectos, que aseguren una adecuada vida de servicio, protecciones ante eventos hidrológicos extremos y que estén acorde con la normativa y cargas más actualizadas, de la especificación para diseño de puentes AASHTO LRFD (2020) y lo indicado en los Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013).
3. Realizar un análisis de costos en el ciclo de vida para una mejor toma de decisiones entre las opciones, que considere aspectos técnicos, aspectos económicos y riesgos que la Administración estime necesarios. Una referencia que puede servir como guía útil para este proceso, debido a que el problema se presentó en la subestructura, es la publicación *Foundation Reuse for Highway Bridges* de FHWA (2018).

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 23 de 28

8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2020). *Bridge Design Specifications. 9th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. ADOT (2011). ADOT Bridge Design Guidelines. Section 10: Foundations. Arizona Department of Transportation. Disponible en: <https://azdot.gov/sites/default/files/2019/05/section10-foundations.pdf>
3. CFIA (2013). *Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes*. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. LanammeUCR: San José, Costa Rica.
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 (1982). *Tolerable Movement Criteria for Highway Bridges Volume I - Interim Report*. Report. N°. FHWA/RD - 81/162. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA. Disponible en: <https://vulcanhammer.net.files.wordpress.com/2017/01/fhwa-rd-81-162.pdf>
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 (2009a). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 1. Hydraulic Engineering Circular N°. 23. Publication N°. FHWA-NHI-09-111. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/09111/09111.pdf>
8. FHWA (2009b). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 2. Hydraulic Engineering Circular



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 24 de 28

- Nº. 23. Publication Nº. FHWA-NHI-09-112. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/09111/09112.pdf>
9. FHWA (2016). *Protocols for the Assessment and Repair of Bridge Foundations*. Final Report. Publication Nº. FHWA-HIF-17-044. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/hif17044.pdf>
10. FHWA (2018). *Foundation Reuse for Highway Bridges*. Report No. FHWA-HIF-18-055. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/18055/hif18055.pdf>
11. Idaho Transportation Department (2004). *Scour Critical Bridges: High-Flow Monitoring and Emergency Procedures. Field Manual*. Idaho, USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/idfieldpoa.pdf>
12. MOPT (1979). *Planos de diseño del puente sobre el río Coronado* [JPEG]. Proyecto Costanera Sur. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.
13. MOPT (2019). *LISTADO TPDA TOTAL*. [Archivo de MSEXcel]. Subproceso de Sistematización de la Información. Departamento de Planificación Estratégica Multimodal. Secretaría de Planificación Sectorial. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
14. Muñoz-Barrantes, J., Vega-Salas, P., Vargas-Alas, L. G., Barrantes-Jiménez, R., & Loria-Salazar, L. G. (2016). Información de Inventario para puentes en la Red Vial Nacional de Costa Rica. LM-PI-UP-02-2016. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte, PITRA-LanammeUCR.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 25 de 28

15. NCHRP (2007). *NCHRP Report 583: Countermeasures to Protect Bridge Piers from Scour*. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board. Washington, D.C., USA. Disponible en: https://www.engr.colostate.edu/CIVE510/Manuals/nchrp_rpt_593.pdf
16. SIECA (2016). *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamerica*. Secretaría de Integración Económica Centroamericana, San Salvador, El Salvador.
17. WSDOT (2019). *Geotechnical Design Manual*. M 46-03.12. Washington State department of Transportation. Tumwater, WA. USA. Disponible en: <https://wsdot.wa.gov/Publications/Manuals/M46-03.htm>



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 26 de 28

ANEXO A Glosario.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 27 de 28

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 02

Página 28 de 28

- **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).