

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 1/51	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P05-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TEMPISQUITO RUTA NACIONAL No. 1

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Junio, 2017

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 2/51	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 3/51

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P05-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TEMPISQUITO RUTA NACIONAL No.1		4. Fecha del Informe Junio, 2017	
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 evaluación de la condición del puente sobre el río Tempisquito, en la Ruta Nacional No. 1, 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 8114. Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 1, río Tempisquito, Interamericana Norte, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 51
11. Inspección e informe por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes		
Fecha: 26/06/2017	Fecha: 26/06/2017		
13. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR	14. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes	15. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	
Fecha: 26/06/2017	Fecha: 26/06/2017	Fecha: 26/06/2017	

 <p>LanammeUCR</p>	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	<p>Código: RC-444</p>	
	<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017</p>	<p>Página 4/51</p>	<p>VERSIÓN 04</p>

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 5/51	VERSIÓN 04

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
3. ALCANCE DEL INFORME.....	8
4. DESCRIPCIÓN.....	9
5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....	14
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
7. REFERENCIAS.....	43
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	45

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 6/51	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 6 de 51
----------------------------	-------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 7/51	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Tempisquito, en la Ruta Nacional No. 1, 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 su inspección, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. La inspección del puente se realizó el día 03 de noviembre de 2016.

Debido a una posible afectación del huracán Otto en la estructura, la cual se encuentra ubicada en una de las zonas donde se declararon con mayor regularidad alertas amarillas y rojas por parte de la Comisión Nacional de Emergencias durante el evento, se realizó una re-inspección el día 23 de febrero del 2017 para evaluar la interacción del cauce del río con las pilas y bastiones del puente en ambas márgenes.

2. OBJETIVOS

- a) Realizar el inventario del puente utilizando la información incluida en los planos de diseño originales y verificar la información durante la inspección visual realizada en sitio.
- b) Efectuar una inspección visual de todos los componentes estructurales y no estructurales para evaluar su condición estructural.
- c) Inspeccionar y evaluar la seguridad vial del puente para reducir el riesgo de accidentes de tránsito y disminuir su severidad.
- d) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento y/o reparación.
- e) Brindar una calificación de la condición del puente basado en la evaluación de la condición de sus componentes

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 7 de 51
----------------------------	-------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 8/51	VERSIÓN 04

3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de evaluación de la condición estructural y funcional del puente se limita a presentar recomendaciones generales para mejoras, mantenimiento y reparación del puente así como de estructuras o elementos conexos a éste con base en observaciones realizadas en el sitio durante la inspección de la estructura y los elementos de seguridad vial.

Se entiende por inspección el reconocimiento visual de todos los elementos estructurales y no estructurales del puente a los cuales se tiene acceso por parte de un ingeniero calificado con el fin de evaluar su condición el día de la visita al sitio.

Se entiende por evaluación la valoración de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la inspección. Como resultado de la evaluación se le asigna una calificación al puente de acuerdo con una metodología desarrollada por la Unidad de Puentes, la cual, se describe en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et al., 2015). En el Anexo A se puede consultar un diagrama de flujo que resume los criterios, la metodología utilizada y una tabla donde se explica el significado de cada condición.

Las dimensiones de los elementos del puente se obtienen de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Estas dimensiones se verifican mediante mediciones realizadas en sitio de varios elementos clave del puente. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar para completar formularios de inventario del puente si se considera necesario, ya que en muchas ocasiones el inspector no tiene acceso físico y/o visual a algunos componentes del puente.

En el caso que se quisiera verificar la capacidad estructural o hidráulica del puente o la capacidad soportante del suelo se recomienda realizar una evaluación estructural detallada complementada con ensayos no destructivos, un análisis hidrológico e hidráulico y un estudio geotécnico.

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 8 de 51
----------------------------	-------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 9/51	VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 1 (Carretera Interamericana Norte), en la sección de control 50040 y cruza el río Tempisquito. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito Nacascolo, del cantón de Liberia, en la provincia de Guanacaste. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: $10^{\circ}48'56,6''N$ de latitud y $85^{\circ}32'38,1''O$ de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

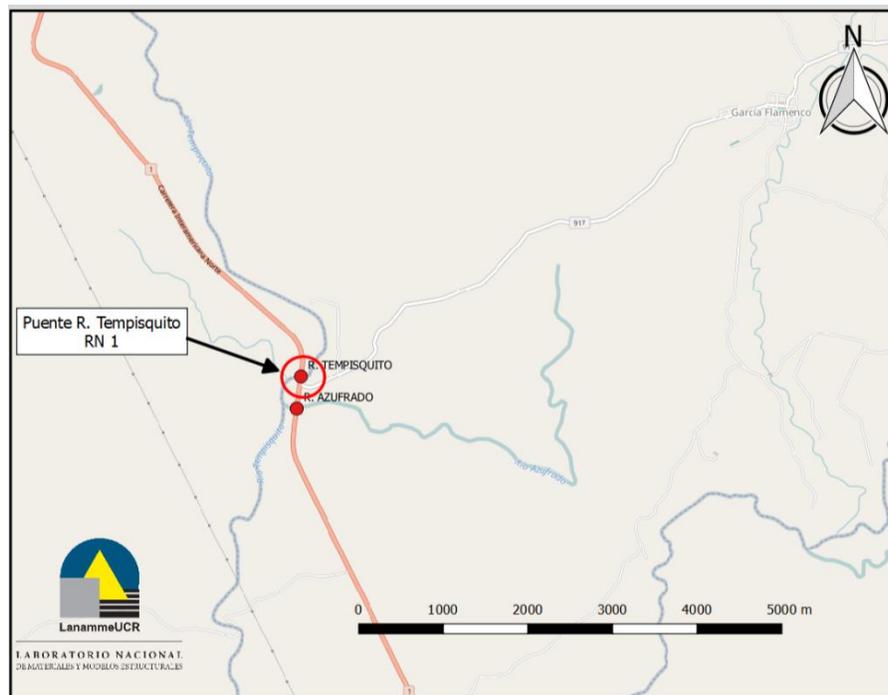


Figura A. Ubicación geográfica del puente.

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 4519 vehículos por día medidos en el año 2012 en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de tránsito 2015 (MOPT, 2015a), publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 26,9% (1215 vehículos), de los cuales, el 12,92% (584 vehículos) corresponden a camiones de 5 ejes.

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 9 de 51
----------------------------	-------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 10/51	VERSIÓN 04

La Tabla 1 resume las características básicas del puente y las figuras B y C presentan dos de las vistas principales del puente, la vista a lo largo de la línea de centro y una vista lateral respectivamente.

Para éste puente en particular, sí se tuvo acceso a los planos del diseño original exceptuando la lámina de detalles de la superestructura. La figura D muestra la identificación utilizada en este informe cuando se hace referencia a ciertos elementos del puente, la cual también coincide con la que se utiliza en los planos.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 11/51	VERSIÓN 04



Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro (Vista hacia Liberia)



Figura C. Vista lateral (costado aguas arriba)

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 11 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 12/51	VERSIÓN 04

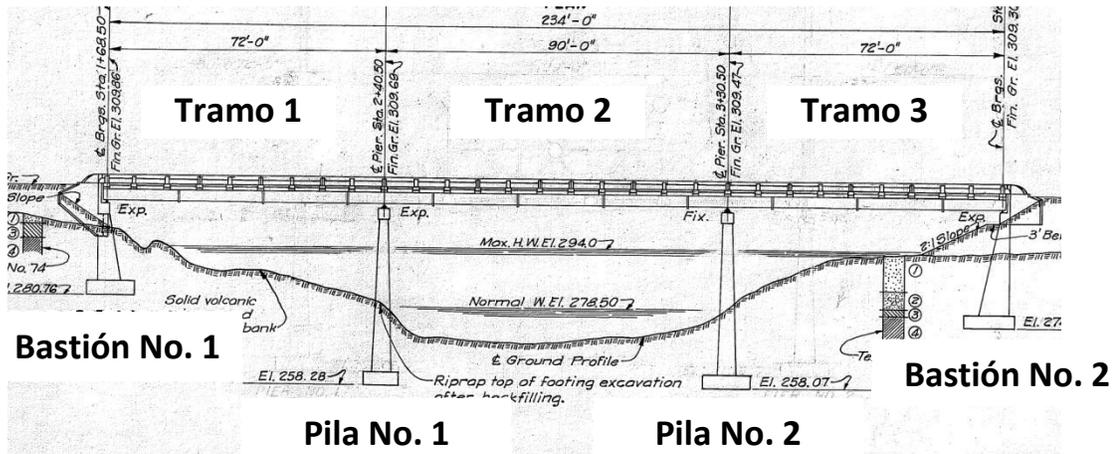
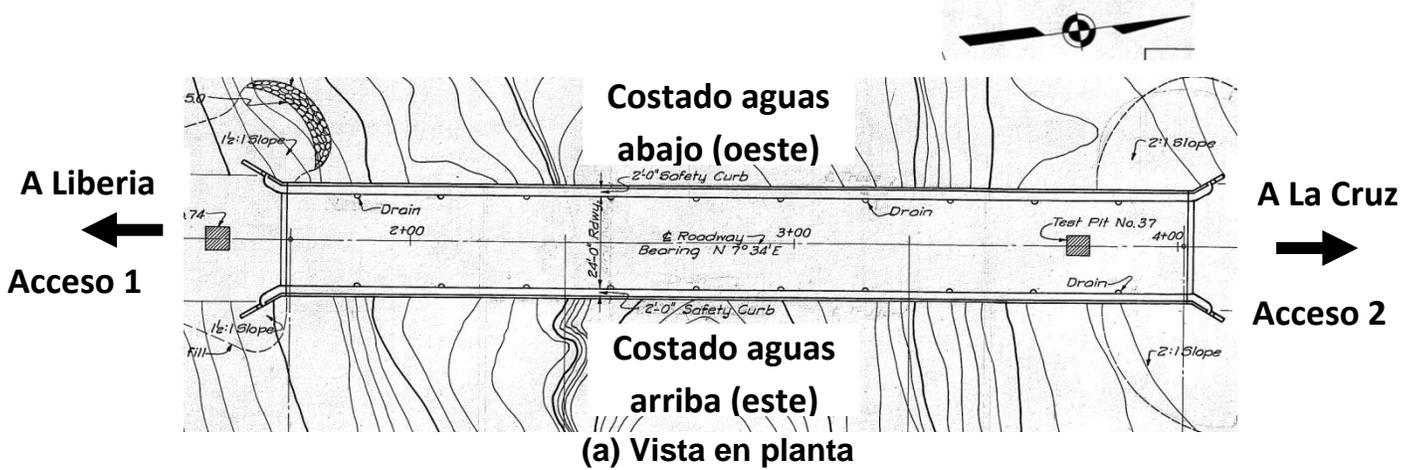


Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Tempisque.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 13/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	72 (medido en sitio entre juntas de expansión)
	Ancho total (m)	9,32 (medido en sitio)
	Ancho de calzada (m)	7,40 (medido en sitio)
	Número de tramos	3
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo viga continua con 4 vigas principales tipo I de acero
	Tipo de tablero	Losas de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo expansivo Bastión 2: apoyo expansivo
	Tipo de apoyo en pilas	Pila 1: apoyo expansivo Pila 2: apoyo fijo
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 2
	Tipo de bastiones	Bastiones 1: tipo marco de concreto reforzado con muro pantalla Bastión 2: tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	Pilas 1 y 2: tipo marco de concreto reforzado con muro pantalla
	Tipo de cimentación	Bastiones 1 y 2: tipo placa aislada Pilas 1 y 2: tipo placa aislada (según planos)
Diseño y construcción	Año de diseño	1952
	Año de construcción	1955
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O 1949
	Carga viva de diseño original	HS15-44
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se encontró información
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se encontró información
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se encontró información

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 14/51	VERSIÓN 04

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 5 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura (d) Subestructura y (e) Elementos de protección sísmica e hidráulica. De esta manera se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para realizar mantenimiento, mejoras y reparaciones y si fuera necesario se recomienda la realización de inspecciones detalladas y estudios especializados. Estas observaciones y recomendaciones se resumen en las Tablas No.2 a No.6 las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas GD y CE, las cuales corresponden, respectivamente, al Grado de Deficiencia (GD) y la Condición Evaluada (CE) para cada elemento del puente de acuerdo como se definen en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et al., 2015) y en el Anexo A. Los valores numéricos de GD (varían entre 0 y 3) y CE (varían entre 1 y 6), se refieren al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asignan de acuerdo con el componente más dañado que se observa en el respectivo elemento evaluado; sin embargo, la atención de la estructura se debe realizar haciendo un análisis integral de todos los deterioros detallados en la evaluación que se presenta en este informe. En las casillas correspondientes a GD y CE también podrían aparecer las siguientes expresiones: "NI" cuando el elemento no pudo ser inspeccionado por dificultades de acceso o "NA" cuando el elemento no se encontraba en el tipo de puente evaluado.

En el Anexo A se puede consultar el procedimiento y la definición de las variables que intervienen para determinar la Condición Evaluada (CE) a partir del grado de deficiencia (GD) observado.

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 14 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 15/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>Se observaron grietas en la viga de contención y postes de las barreras de concreto de ambos costados del puente, con anchos de grietas mayores que 2,0 mm y extendidas en sentido paralelo a la dirección del tránsito. También se observaron grietas en el sentido perpendicular a la dirección del tránsito, con anchos de grietas mayores que 1,0 mm, espaciadas a menos de 0,30 m. (ver figura 1).</p> <p>Estas grietas se pueden deber a delaminación y falta de recubrimiento. Además, la vibración por la flexibilidad del puente ha contribuido al deterioro.</p> <p>En la barrera vehicular del costado aguas arriba, sobre el tramo 3, se encontró un desprendimiento de concreto con acero de refuerzo expuesto y corroído (ver figura 2).</p> <p>Además, por el ingreso de agua en la grieta se ha producido corrosión del acero de refuerzo, lo cual ha intensificado el ancho de grietas y ha provocado delaminación y desprendimientos. Se descarta que se puedan deber a impactos de vehículos debido a que la barrera no presenta deformaciones.</p>	2	3	<p>Debido al estado de deterioro de la barrera se recomienda sustituirla, ya sea dentro de un proyecto de rehabilitación del puente o por medio de un programa de mantenimiento periódico. Considerar además, que el nuevo sistema de contención vehicular debería cumplir un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establece la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014)</p> <p>La sustitución de la barrera vehicular se puede realizar utilizando, en donde aplique, los procedimientos especificados en el <i>Manual de conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 16/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente (<i>Continúa de la página anterior</i>) (<i>Continúa de la página anterior</i>)	<p>(<i>Continúa de la página anterior</i>)</p> <p>Además, la barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014)</i>, debido a que fue diseñada con una normativa mucho más antigua.</p> <p>En esta sección de la Ruta 1 se permiten velocidades de tránsito de hasta 80 km/h, lo cual, según estimaciones basadas en el tránsito vehicular observado el día de la evaluación, puede ser fácilmente excedido. Además, se tiene un porcentaje de vehículos pesados de un 26,9%.</p>	2	3	Ver recomendaciones en la página anterior.
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	No se observaron sistemas de contención vehicular en los accesos, lo cual, implica un riesgo de accidentes de tránsito por salida de vehículos de la vía hacia el cauce del río (ver figura 3)	3	3	<p>Colocar sistemas de contención vehicular en los accesos y establecer en un programa periódico en donde se asegure mantenimiento de estos elementos.</p> <p>Para definir las longitudes requeridas, ángulos de esviaje, anchos de trabajo, condiciones de anclaje y transiciones con el sistema de contención del puente se recomienda consultar las especificaciones de los fabricantes y el <i>Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera</i> (Valverde, 2011).</p>
2.3. Aceras, ciclovías y sus accesos	El puente tiene bordillos de seguridad de 660 mm de ancho que se utilizan como acera.	1	2	Ver recomendaciones en la página siguiente

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 16 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 17/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras, ciclovías y sus accesos <i>(Continúa de la página anterior)</i> <i>(Continúa de la página anterior)</i>	<i>(Continúa de la página anterior)</i> Este ancho de 660 mm no cumple con el ancho requerido por la Ley 7600 (ver figura 4). El día de la visita al sitio no se observaron peatones sobre el puente, aunque existen poblados cercanos al puente y no se descarta tránsito peatonal y de ciclistas por el puente.	1	2	Valorar la posibilidad de establecer un proyecto para la ampliación de la sección transversal del puente con aceras y ciclovías, como parte de la rehabilitación del puente, o la construcción de un paso para peatones y ciclistas independiente a la estructura actual. Mientras se decide si se realiza alguno de los proyectos anteriores para dar facilidades para el tránsito seguro de peatones y ciclistas, colocar señales de advertencia a los conductores sobre la presencia de peatones y ciclistas en la vía.
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	Los rótulos de identificación del puente se encontraron en buen estado. No se requieren rótulos de altura máxima y no se observaron rótulos que indiquen que el puente tiene una restricción de carga.	NA	NA	Colocar rótulos de identificación que indiquen el nombre del río que cruza y el número de ruta nacional.
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal <i>(Continúa en la página siguiente)</i>	La demarcación horizontal y los captaluces se encontraban en buena condición según la <i>Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica</i> (Zamora-Rojas, Jiménez-Romero, Acosta-Hernández, Castillo-Barahona, Rodríguez-Roblero y Quirós-Serrano, 2012) (ver figuras A y 3). No se encontraron marcadores de objetos ni delineadores verticales frente a la barrera ni frente a los guardavías (ver figura 3).	1	1	Como parte de un programa de mantenimiento periódico, colocar marcadores de objeto frente a las barreras y guardavías del puente..

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 18/51 VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.5. Señalización <i>(Continúa de la página anterior)</i> • Delineadores verticales • Marcadores de objeto	<i>(Continúa de la página anterior)</i> La ausencia de elementos de señalización vial aumenta el riesgo de accidentes de tránsito en las inmediaciones del puente, principalmente en condiciones de baja visibilidad.	1	1	Ver recomendaciones en la página anterior.
2.6. Iluminación	El puente no tiene iluminación. Tampoco se observó iluminación en los accesos.	1	1	Valorar la posibilidad de colocar iluminación en el puente y sus accesos con el fin de mejorar las condiciones de seguridad vial de la zona.

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.1. Superficie de rodamiento del puente	Se encontró una capa de mezcla asfáltica sobre el puente como superficie de rodamiento, la cual, no presentaba daños. El espesor medido de esta capa es de 100 mm en promedio. No se encontraron consideraciones para capas de asfalto en los planos de diseño disponibles para el puente. No se tiene información si antes de colocar la capa de mezcla asfáltica se impermeabilizó la estructura. La sobrecapa de asfalto sobre el puente representa un aumento en la carga muerta de la estructura, lo que reduce su capacidad de carga viva.	3	3	Analizar si la capa de mezcla asfáltica existente afecta negativamente la capacidad de carga de la superestructura. Ver recomendaciones en 4.1 y 4.2 para evaluación de la capacidad de carga viva de la superestructura. En caso que el factor de capacidad de carga viva de la superestructura puente se vea reducido por la capa de mezcla asfáltica, eliminar o reducir el espesor de la capa, según las recomendaciones que brinde la evaluación estructural de capacidad de carga.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 19/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos
(continuación)

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se encontraron sedimentos acumulados en las cercanías de las entradas del sistema de drenaje del puente (ver figura 4).</p> <p>Los ductos de salida del sistema de drenaje de la superestructura se encontraron con corrosión en el extremo y puntos de oxidación.</p>	2	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya la limpieza del sistema de drenaje del puente.</p> <p>Además, si se decide renovar el sistema de protección contra la corrosión de la superestructura, proteger los ductos de salida del sistema de drenaje.</p>
3.3. Juntas de expansión	<p>Se encontró mezcla asfáltica de la superficie de rodamiento sobre ambas juntas de expansión. Aunque, se encontró un corte en la carpeta asfáltica a lo largo de las juntas, esto no garantiza que se puedan desplazar según las consideraciones de diseño (ver figura 6).</p> <p>La junta sobre el bastión 1 presentaba deformaciones verticales en el costado aguas abajo (ver figura 7). Este tipo de deformaciones podría representar riesgo de accidentes de tránsito en los accesos al puente.</p> <p>Se observaron manchas de humedad entre un 10% y un 50% del área de las vigas cabezal de ambos bastiones, producto del ingreso de agua a través de las juntas de expansión..</p>	3	3	<p>Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas sobre los bastiones. Además, evaluar el estado de las juntas para determinar las acciones a seguir acorde con su estado de conservación.</p> <p>Incluir dentro de estas acciones la colocación de un sello impermeable en las juntas.</p> <p>Establecer procedimientos en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión de puentes al recarpetear la carretera.</p> <p>Si se decide rehabilitar o intervenir la losa del puente según lo indicado en 4.1 <i>Tablero</i>, sustituir las juntas, realizando previamente un análisis para determinar el tipo de junta a utilizar acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 20/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.3. Juntas de expansión <i>(Continúa de la página anterior)</i>	<i>(Continúa de la página anterior)</i> El ingreso de agua es evidencia de que el sello de las juntas está ausente (junta abierta) o se encuentra dañado y perdió sus propiedades impermeables (ver figura 6)	3	3	<i>(Continúa de la página anterior)</i> Seguir en donde aplique, los procedimientos especificados en el <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015 (MOPT, 2015)</i>
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	No se observaron daños.	0	1	Ninguna
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	No se observaron daños	0	1	Ninguna
3.6. Muros de retención de los accesos	No se observaron muros de retención en los accesos	NA	NA	Ninguna
3.7. Losa de aproximación	No se tuvo acceso a las losas de aproximación del puente, ni se tiene evidencia de su existencia en los planos de diseño.	NI	NI	Ninguna
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	No se observaron sistemas de drenaje en los accesos.	NA	NA	Evaluar si se requieren construir sistemas de drenaje en los accesos.
3.9. Vibración	Las vibraciones en el puente fueron fuertemente perceptibles y se producían con el paso de vehículos pesados.	NA	Na	Ver recomendaciones en 4.1 y 4.2 para evaluar la capacidad de carga de la superestructura del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 21/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura tipo viga continua de acero.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto).	<p>Se encontraron grietas en dos direcciones en la cara inferior de la losa de los tramos 1 y 3 con anchos entre 0,40 mm y 2,0 mm; y espaciamientos menores que 300 mm. Además se observaron pequeños desprendimientos en algunos puntos a lo largo de las grietas. Estas grietas se observaron en más del 75% del área de la losa visible en cada uno de los tramos 1 y 3 (ver figuras 8 y 9).</p> <p>A lo largo de la mayoría de estas grietas se observaron eflorescencias y manchas de humedad producto de agua que se ha filtrado a través de las grietas.</p> <p>Además se observó eflorescencia en las juntas de construcción de la losa.</p> <p>No fue posible evaluar la cara superior de la losa debido a la carpeta asfáltica colocada sobre el puente.</p> <p>Además, se encontró una reparación realizada en el claro central de la losa entre las dos vigas internas del tramo 3 puente, para el cual se colocó una viga de acero soportada en las vigas principales (ver figura 10). En el área de losa reparada se encontraron grietas en una dirección con eflorescencia (ver figura 10-a)</p>	2	4	<p>Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el <i>Manual AASHTO para Evaluación de puentes</i> (AASHTO, 2011)</p> <p>Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente, en el que se incluyan estudios para evaluar la capacidad de carga de la losa considerando el deterioro del concreto y el posible deterioro del acero de refuerzo. Con esto, decidir si se justifica realizar el reforzamiento y reparación de grietas de la losa de concreto o si se debe sustituir por completo.</p> <p>En el corto plazo monitorear el avance del agrietamiento en la losa del puente y reparar posibles baches o agujeros que se puedan generar en la losa para garantizar la seguridad de los usuarios.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 22/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura tipo viga continua de acero (continuación).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.2. Vigas principales de acero	<p>Las vigas de acero se encontraron con corrosión puntual, en las zonas donde se filtra el agua a través de las grietas y de las juntas de construcción de la losa (ver figura 12).</p> <p>Además, se observó en toda el área de las caras de las vigas puntos de oxidación (ver figura 11).</p>	1	3	<p>Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el <i>Manual AASHTO para Evaluación de puentes</i> (AASHTO, 2011)</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la protección con un sistema de pinturas las vigas principales, vigas diafragma y apoyos del puente.</p> <p>En donde aplique seguir los procedimientos descritos en el <i>Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b) para la protección de superficies metálicas.</p>
4.3. Vigas Diafragma de acero	Las vigas diafragma de acero se encontraron con puntos de oxidación en el 100% de las caras visibles del elemento (ver figura 13).	1	2	Ver recomendación para protección de la superestructura con un sistema de pinturas en el punto 4.2.
4.4. Sistema de arriostramiento	El puente no tenía sistemas de arriostramiento.	NA	NA	Ninguna

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 23/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>Los apoyos sobre ambos bastiones se encontraron con oxidación generalizada producto del ambiente húmedo que se genera en la viga cabezal por el ingreso de agua a través de las juntas (ver figura 14). Uno de los pernos de restricción del apoyo de la viga externa del costado aguas arriba se encontró con pérdida de sección avanzada (ver figura 14-b).</p> <p>Además, los apoyos presentaban inclinación ligera hacia la pared del cabezal de ambos bastiones, lo cual podría ser producto de movimientos por temperatura. Aunque, si esta inclinación es una deformación permanente podría ser producto a movimientos sísmicos (ver figura 14).</p> <p>Los apoyos sobre las pilas 1 y 2 también presentan oxidación avanzada pero menos extendida que en los bastiones (ver figura 15). No fue posible acceder directamente a los apoyos de la pila pero fueron observados a la distancia.</p> <p>Los apoyos del puente sobre bastiones y pilas evidencian ser sísmicamente vulnerables según los criterios del capítulo 4 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p>	1	3	<p>Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente donde se incluya la sustitución de los apoyos considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p> <p>En caso de que se decida no sustituirlos, se recomienda intervenirlos de acuerdo a su estado de deterioro y siguiendo las recomendaciones del capítulo 8 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p> <p>Mientras se decide la manera de atender los apoyos mediante un proyecto de rehabilitación, programar dentro de las labores de mantenimiento del puente la protección de todos los apoyos del puente con un sistema de pinturas.</p> <p>En donde aplique seguir los procedimientos descritos en el <i>Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b) para la protección de superficies metálicas.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 24/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.2. Bastiones	<p>En la viga cabezal de ambos bastiones se encontraron grietas aparentemente por retracción, con ancho menor que 0,20 mm, espaciadas a menos de 0,30 m. (ver figuras 16 y 17).</p> <p>Además, se observaron desprendimientos de concreto puntuales con acero de refuerzo expuesto y oxidado en la viga cabezal de ambos bastiones (ver figuras 16 y 17).</p> <p>Estos daños sumados con la humedad presente en las vigas cabezal de los bastiones por el ingreso de agua a través de las juntas de expansión podrían aumentar el riesgo de corrosión del acero de refuerzo.</p>	1	3	<p>Verificar en próximas evaluaciones si ha aumentado el ancho y extensión de las grietas observadas en la viga cabezal de ambos bastiones.</p> <p>Limpiar y proteger el acero de refuerzo expuesto reparando los desprendimientos de concreto puntuales de las vigas cabezales.</p> <p>En donde aplique seguir los procedimientos descritos en el <i>Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b)</i>.</p>
5.3. Aletones	No se observaron daños.	0	1	Ninguna
5.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	No se observaron daños en las pilas.	0	1	Ninguna
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones y las pilas.	NI	NI	Ninguna

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 25/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 6. Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	<p>La longitud de asiento en ambos bastiones es de 450 mm, según las mediciones realizadas en sitio.</p> <p>La longitud de asiento requerida para el puente según el artículo 4.7.4.4 de la Especificación para diseño de Puentes AASHTO LRFD (AASHTO, 2014) es de 630 mm; la cual, es mayor que la longitud de asiento actual. La longitud de asiento actual es mayor que la mitad de la longitud de asiento requerida, y el puente tiene apoyos sísmicamente vulnerables (FHWA, 2006) (ver figura 14). Lo cual, podría implicar riesgo de pérdida de apoyo ante un sismo.</p>	2	3	<p>Considerar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación para el puente, donde se incluya la ampliación de la meseta de asiento de los bastiones, de acuerdo con lo establecido en el capítulo 8 del <i>Manual de rehabilitación sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006), al cual, se hace referencia en los <i>Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes</i> (CFIA, 2013)</p>
6.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	<p>No se observaron dispositivos para prevención de colapso en el puente (ver figuras 14 y 15). Los apoyos de las vigas del puente tienen pernos que los anclan a los bastiones y a las pilas, los cuales, podrían brindar resistencia limitada ante movimientos sísmicos (ver figuras 14 y 15).</p> <p>La ausencia de dispositivos de prevención de colapso podría permitir desplazamientos excesivos en la dirección paralela y perpendicular al tránsito durante un sismo.</p>	2	3	<p>Evaluar la necesidad de colocar en los bastiones del puente dispositivos para prevención de colapso de acuerdo con lo establecido en el capítulo 8 del <i>Manual de rehabilitación sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006) y en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014), a los cuales se hace referencia en los <i>Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes</i> (CFIA, 2013).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017		Página 26/51 VERSIÓN 04

Tabla No. 6. Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica
(continuación)

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.3. Protección de taludes de relleno	No se observaron daños en los taludes de los rellenos.	0	1	Ninguna
6.4. Protección de taludes frente al bastión	<p>No se encontraron medidas de protección contra la erosión en el talud frente al bastión 2. Este talud se encontró con cárcavas producto del ingreso de agua a través de las juntas de expansión y el agua que descarga desde los accesos (figura 18).</p> <p>El talud frente al bastión 1 tenía una escollera de protección.</p> <p>Se debe indicar que en los planos constructivos no se indica escollera de protección frente a ninguno de los dos bastiones.</p> <p>No se encontraron nuevas deficiencias en la evaluación de verificación realizada en febrero de 2017, posterior al paso del huracán Otto por la zona.</p>	2	3	<p>Valorar la posibilidad de incluir en un programa de mantenimiento periódico del puente la protección contra la erosión de los taludes frente a los bastiones del puente.</p> <p>Ver también recomendaciones en 3.3 <i>Juntas de expansión</i>.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 27/51	VERSIÓN 04

Tabla No. 6. Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica
(continuación)

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.5. Protección de socavación en pilas	<p>No se encontraron protecciones en las pilas del puente, sin embargo, no se encontraron daños por socavación.</p> <p>En los planos de diseño del puente no se indica la construcción de dichas protecciones.</p> <p>No se encontraron deficiencias en la evaluación de verificación realizada en febrero de 2017, posterior al paso del huracán Otto por la zona.</p>	0	1	<p>Evaluar la posibilidad de diseñar y construir medidas de protección contra la socavación en el cauce del río para proteger las pilas.</p>
6.6. Cauce del río	<p>El río interactúa con las pilas del puente, sin embargo, no se observaron daños por socavación.</p> <p>No se encontraron otros elementos de protección en el cauce del río que reduzcan la vulnerabilidad a la socavación.</p> <p>No se encontraron deficiencias en la evaluación de verificación realizada en febrero de 2017, posterior al paso del huracán Otto por la zona.</p>	NA	NA	<p>Ver recomendaciones en 6.4 y 6.5 para proteger los taludes frente al bastión B1 y las márgenes alrededor de las pilas.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 28/51



Figura 1. Grietas en las vigas de contención y en los postes en la barrera vehicular de concreto.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 29/51	VERSIÓN 04



Figura 2. Desprendimiento de concreto con acero de refuerzo expuesto y corroído en barrera vehicular



Figura 3. Ausencia de sistemas de contención vehicular en el acceso, rótulo de identificación y demarcación horizontal en buen estado (vista desde acceso 1-desde Liberia)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 30/51



Figura 4. Ausencia de sistemas de contención vehicular en el acceso, rótulo de identificación y demarcación horizontal en buen estado (vista desde acceso 1-desde Liberia)



Figura 5. Puntos de oxidación en viga principal externa (aguas arriba) y corrosión en ducto de salida del sistema de drenaje.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 31/51	VERSIÓN 04



Junta de expansión sobre bastión 1



Junta de expansión sobre bastión 2

Figura 6. Capa de mezcla asfáltica sobre las juntas de expansión del puente.



Figura 7. Deformación vertical en junta de expansión sobre el bastión 1 en el costado aguas abajo.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 32/51	VERSIÓN 04



(a) Cara entre viga externa de aguas arriba y viga central



(b) Cara entre vigas internas



(c) Cara entre viga externa aguas arriba y viga interna



(d) Vista general de la cara inferior de la losa

Figura 8. Grietas en dos direcciones en la cara inferior de la losa de concreto del puente en el tramo 1.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 33/51	VERSIÓN 04



(a) Cara aguas arriba



(b) Cara aguas abajo



(c) Cara aguas arriba



(d) Cara central

Figura 9. Grietas en dos direcciones en la cara inferior de la losa de concreto del puente en el tramo 3.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 34/51



(a) Viga de reparación cerca del bastión 2



(b) Viga de reparación cerca de la pila 2

Figura 10. Elementos de acero utilizados para reparar áreas de la losa en el tramo 3.



Figura 11. Puntos de oxidación en viga principal (viga externa aguas abajo, cerca del bastión 1).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 35/51	VERSIÓN 04



(a) Tramo 1



(b) Tramo 3

Figura 12. Zonas puntuales de corrosión en vigas principales por el agua que ha ingresado a través de la losa.



Figura 13. Puntos de oxidación en vigas diafragma.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 36/51



(a) Apoyos sobre bastión 1



(b) Apoyos sobre bastión 2

Figura 14. Apoyos sobre los bastiones sísmicamente vulnerables y con corrosión avanzada.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 37/51 VERSIÓN 04



(a) Apoyos sobre pila 1



(b) Apoyos sobre pila 2

Figura 15. Apoyos sobre las pilas sísmicamente vulnerables y con oxidación avanzada.



Figura 16. Grietas y acero de refuerzo expuesto y oxidado en viga cabezal del bastión 1.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 38/51	VERSIÓN 04



Figura 17. Grietas y acero de refuerzo expuesto y oxidado en viga cabezal del bastión 2.



Figura 18. Cárcavas en el talud frente al bastión 2 por el agua que ingresa a través de las juntas y el agua que descarga desde los accesos.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 39/51	VERSIÓN 04

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Tempisquito ubicado en la Ruta Nacional No. 1 (Carretera Interamericana norte). Las Tablas No. 2 a No. 6 resumen la condición de deterioro del puente y proveen algunas recomendaciones generales.

Con base en lo observado y la metodología descrita en el ANEXO A, se concluye que el estado de conservación del puente es considerado como SERIO:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
4	SERIA	Puente estable pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios	<u>Atención pronta.</u> Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa

La calificación anterior se brinda por las siguientes razones:

- El agrietamiento en dos direcciones con eflorescencia y filtraciones de agua en la losa de concreto del puente.
- La vibración fuertemente perceptible en el puente con el paso de vehículos pesados.

Además, se observó lo siguiente, que permite calificar el puente con una condición DEFICIENTE:

- La longitud de asiento disponible que es menor que la longitud de asiento mínima requerida, según *la Especificación de diseño AASHTO LRFD* (AASHTO, 2014).
- Los apoyos sobre bastiones y pilas que son sísmicamente vulnerables según el *Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA* (FHWA, 2006).

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 39 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 40/51	VERSIÓN 04

- e. La ausencia de dispositivos para prevención de colapso ante eventos extremos en los bastiones y en las pilas del puente.
- f. La capa de mezcla asfáltica sobre la losa del puente que representa un aumento en la carga muerta de la estructura, lo cual, podría reducir su capacidad de carga.
- g. La obstrucción de las juntas de expansión con la carpeta de mezcla asfáltica del puente y el ingreso de agua a través de las juntas de expansión que podría evidenciar daños en las propiedades impermeables del sistema.
- h. Los puntos de corrosión y decoloración de pintura generalizados en las vigas principales y vigas diafragma.
- i. La corrosión avanzada de los apoyos del puente sobre pilas y bastiones.
- j. El agrietamiento y desprendimientos de concreto con acero de refuerzo expuesto en las vigas cabezal de ambos bastiones.
- k. Agrietamiento y desprendimientos de concreto en las barreras vehiculares del puente.
- l. Ausencia de sistemas de contención vehicular en los accesos
- m. Ausencia de medidas de protección contra la socavación frente al bastión 2 y en las pilas del puente.

También, se observó lo siguiente:

- n. Ausencia de aceras en el puente.
- o. Sedimentos acumulados en la entrada del sistema de drenaje del puente.
- p. Ausencia de sistemas de drenaje en los accesos.
- q. Ausencia de iluminación y señalización vertical de marcadores de objetos en el puente.

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 40 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 41/51	VERSIÓN 04

Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura se recomienda realizar las siguientes acciones:

1. Se recomienda a la Administración realizar un análisis de factibilidad estructural, funcional y económica para determinar si el puente sobre el río Tempisquito puede continuar en funcionamiento, debe ser rehabilitado o reemplazado con base en normativa vigente.
2. Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el *Manual AASHTO para Evaluación de puentes* (AASHTO, 2011)
3. Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente con base en normativa vigente, en el que se incluya lo siguiente:
 - a. Sustituir la losa de concreto del puente debido a su estado de deterioro.
 - b. Ampliar la sección transversal del puente y sus accesos para incluir aceras.
 - c. Sustituir la barrera vehicular por un sistema de contención que cumpla para un nivel de contención mínimo de TL-4 (AASHTO, 2014).
 - d. Proteger con un sistema de pinturas las vigas principales, las vigas diafragma y los apoyos del puente.
 - e. Decidir entre sustituir los apoyos considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente o intervenirlos según las recomendaciones del *Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA* (FHWA, 2006).
 - f. Aumentar la meseta de asiento de los bastiones y colocar dispositivos para prevención de colapso de acuerdo con lo establecido en el *Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA* (FHWA, 2006).
4. Establecer un programa de mantenimiento del puente, siguiendo en donde aplique los procedimientos especificados en el *Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015* (MOPT, 2015b) para realizar lo siguiente:

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 41 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 42/51	VERSIÓN 04

- a. Eliminar o reducir el espesor de capa de mezcla asfáltica, de acuerdo con los resultados de la evaluación de capacidad de carga viva del puente.
- b. Limpiar y proteger el acero de refuerzo expuesto y reparando los desprendimientos de concreto de las vigas cabecal de los bastiones.
- c. Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas sobre los bastiones. Además, evaluar el estado de las juntas para determinar las acciones a seguir acorde con su estado de conservación. Incluir dentro de estas acciones la colocación de un sello impermeable en las juntas
- d. Incluir procedimientos en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión de puentes al recarpetear con mezcla asfáltica la carretera.
- e. Proteger contra la erosión el talud frente al bastión 2.
- f. Colocar sistemas de contención vehicular en los accesos de acuerdo con las especificaciones del fabricante y lo establecido en el *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera* (Valverde, 2011).
- g. Limpiar periódicamente todas las superficies del puente.

Estas recomendaciones se asume 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.

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 42 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 43/51	VERSIÓN 04

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2011). The Manual for Bridge Evaluation. 2nd Edition with 2011, 2013, 2014, 2015 and 2016 Interim Revisions. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2014). LRFD Bridge Design Specifications. 7th Edition with 2015 and 2016 Interim Revisions. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. CFIA (2013). Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica.
4. FHWA (2006). Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 - Bridges. Publication N° FHWA-HRT-06-032. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
5. MOPT (2015a). Anuario de Información de Transito 2015. Secretaría de Planificación Sectorial. Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios de Infraestructura y de Transporte. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
6. MOPT (2015b). Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., et al. (2015). Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 44/51	VERSIÓN 04

8. Valverde-González, G.(2011). Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
9. Zamora-Rojas, J., Jiménez-Romero, D., Acosta-Hernández, E., Castillo-Barahona, R., Rodríguez-Roblero, M. J., Quirós-Serrano, C. (2012). Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica. Versión 02-2012. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR. San José, Costa Rica.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 45/51	VERSIÓN 04

ANEXO A

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 46/51	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P05-2017	Junio, 2017	Página 46 de 51
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 47/51	VERSIÓN 04

La evaluación de la condición de un puente a partir de los deterioros observados en sus elementos se realiza de acuerdo con la metodología definida en el informe LM-PI-UP-05-2015. El proceso de evaluación se realiza para cada uno de los elementos del puente y posteriormente se asigna la condición al puente de acuerdo con el elemento más deteriorado.

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

- Grado de Deficiencia (GD):** Considera una serie de deficiencias que pueden ser causadas por efecto de las cargas que actúan sobre el puente, condiciones ambientales, defectos constructivos o defectos en el diseño del puente. Esta variable permite cuantificar la severidad y extensión de los deterioros observados en un elemento. Tiene los siguientes valores: 0 para deficiencias mínimas o nulas, 1 para deficiencias leves, 2 para deficiencias moderadas y 3 para deficiencias graves
- Relevancia Estructural (RE):** Esta variable considera la importancia relativa del elemento respecto a todos los demás elementos en el sistema del puente, tomando en cuenta incluso a los que no tienen una función estructural explícita. La RE se obtiene considerando la función del elemento dentro del flujo principal de las cargas gravitacionales del puente. También considera si la ausencia o falla del elemento implica la salida de operación del puente, y si la ausencia o falla del elemento implica un riesgo para la seguridad de vida de los usuarios del puente. La forma de obtener la RE es diferente si la función del elemento es de protección ante sismos o ante eventos hidrológicos como crecidas o inundaciones, considerando en este caso: la importancia operacional del puente, la frecuencia de los eventos extremos y la vida de servicio remanente del puente. La RE tiene valores enteros entre 1 y 4, de menor a mayor relevancia estructural respectivamente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 48/51	VERSIÓN 04

- Factor de Consecuencia de Falla (FCF):** Esta variable considera los efectos de la falla de alguno de los elementos del puente en términos económicos, de pérdida de vidas o lesiones a los usuarios, y de la importancia del puente para el funcionamiento de la vía a la cual pertenece. El valor de la variable se determina tomando en cuenta el tipo de falla probable del puente como sistema ante la falla del elemento en evaluación, la importancia operacional y la Relevancia Estructural (RE) del elemento. Tiene distintos valores según el nivel de consecuencia obtenido para el elemento, los cuales, son 0,60; 0,80; 1,00 y 1,25 para los niveles de consecuencia 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Al combinar estas variables se obtiene la Condición Evaluada (CE) y la Condición Global del Puente (GP) las cuales se definen a continuación:

- Condición Evaluada (CE):** Esta variable representa la condición del elemento en evaluación. Se obtiene al combinar el GD, la RE y el FCF en la siguiente ecuación:

$$CE = \begin{cases} 1 & \text{si } GD = 0 \\ Entero\{(FCF * RE) - 1\} + GD & \text{si } GD \neq 0 \end{cases} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Con esta ecuación se obtienen valores enteros entre 1 y 6. Cada uno de estos valores representa una condición para el elemento que se describe en la tabla A-1.

- Condición Global del Puente (CP):** Corresponde con el máximo valor de Condición Evaluada (CE) que se obtiene después de evaluar todos los elementos del puente. Al igual que la CE, tiene valores entre 1 y 6, los cuales corresponden a las condiciones descritas en la tabla A-1.

En el diagrama de flujo de la figura A-1 se esquematiza el proceso para obtener la Condición Evaluada (CE) de cada elemento del puente y la Condición Global del Puente (GP) a partir del Grado de Deficiencia (GD) observado en la evaluación realizada, tal como se define en el informe LM-PI-UP-05-2015.

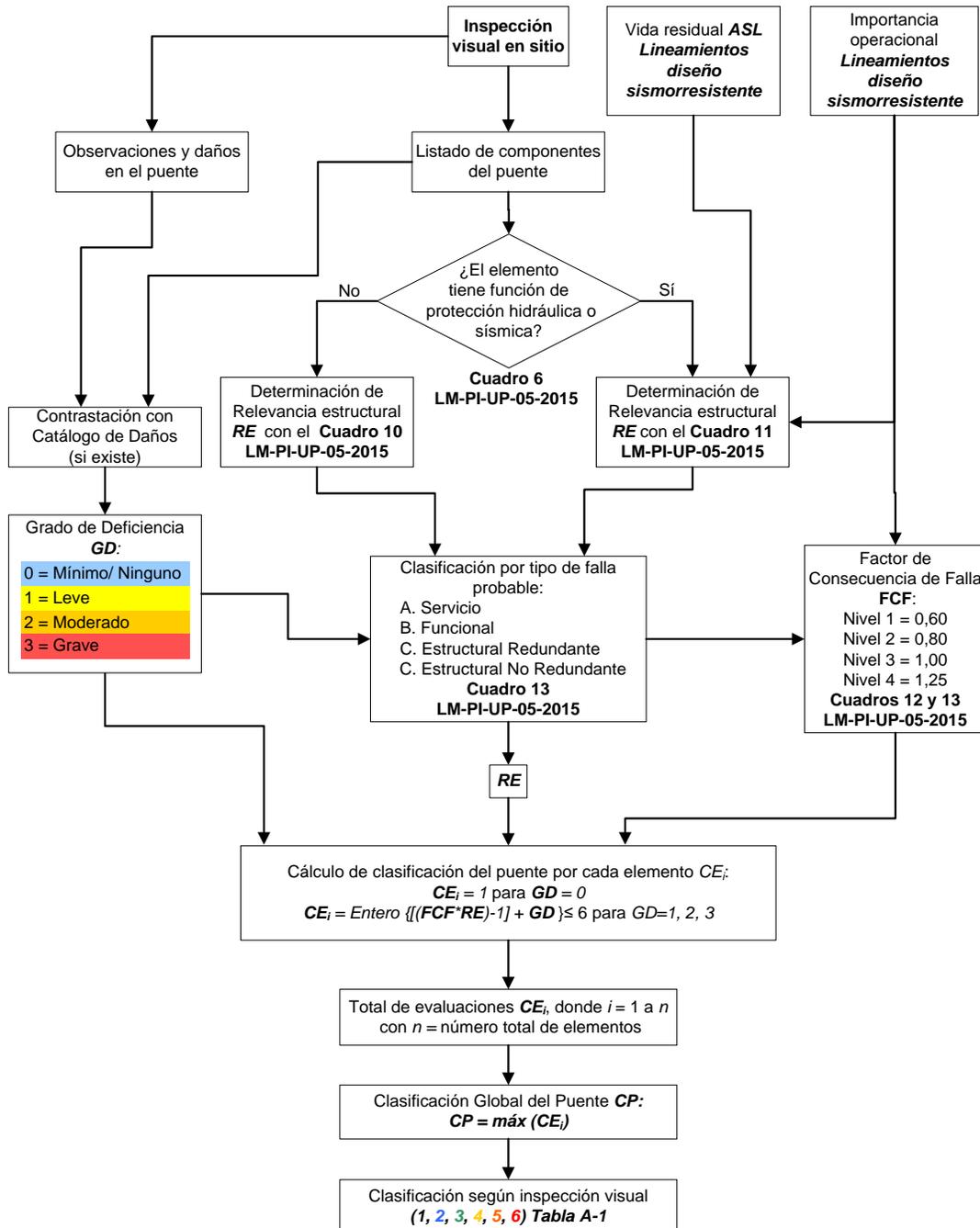


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 50/51	VERSIÓN 04

Tabla A-1. Descripción de los niveles de calificación cualitativa de la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
1	SATISFACTORIA	Estado bueno. Sin daño o daños son leves. La estabilidad estructural, seguridad vial y durabilidad están asegurados	Mantenimiento rutinario (Se asume que está programado para todos los puentes de la Red Vial Nacional)
2	REGULAR	Deterioros ligeros que deben ser tratados por aspectos de durabilidad o progresión del daño. Deficiencias en aspectos de seguridad vial	Reparaciones se programan en conjunto con el siguiente mantenimiento rutinario del puente
3	DEFICIENTE	Deficiencia importante pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada. Daño o defecto en seguridad vial peligroso	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario
4	SERIA	Puente estable pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios	<u>Atención pronta.</u> Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa
5	ALARMANTE	Situación crítica. La estabilidad del puente puede estar comprometida en un periodo de tiempo corto gracias a la progresión del daño. Procurar reparación o tratamiento inmediato para asegurar estabilidad y evitar daños irreversibles en los elementos	<u>Atención prioritaria.</u> Se debe señalar la condición estructural peligrosa del puente y los trabajos de reparación son prioritarios. Evaluar la capacidad estructural residual del puente para juzgar si es necesario restringir la carga permitida
6	RIESGO INACEPTABLE o FALLA INMINENTE	Condición de deterioro inaceptable en puentes de importancia muy alta o situación de puente inestable con riesgo alto de colapso de la estructura. Daño severo en un elemento crítico o daños severos extendidos sobre varios elementos principales. Daño irreversible que posiblemente requiera el cambio del puente o la sustitución de elementos dañados	<u>Atención inmediata.</u> Cerrar el puente o restringir el paso de vehículos pesados (según criterio de la Administración). Evaluar necesidad de colocación de soportes temporales o un puente temporal. Estudio estructural del puente y propuesta de reparación o cambio del puente

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P05-2017	Página 51/51

 LanammeUCR		RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual	Versión: 01 Página: 1/1				
Nombre del puente y Ruta Fecha Evaluación Año de construcción o diseño	Rio Tempisque, Ruta Nacional 1 3/11/2016 1955	Importancia Operacional (LDSP 2013) TPD (veh/día) Vida de diseño según código (años)	Crítico 4519 50				
		DESCRIPCIÓN DE DANOS O REFERENCIA	TIPO DE FALLA				
	ELEMENTO	RE	GD	FCF	CE_i		
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	2	Tabla No. 2. Punto 2.1.	B	0.8	3
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Tabla No. 2. Punto 2.2.	A	0.6	3
	Aceras	2	1	Tabla No. 2. Punto 2.4.	B	0.8	2
	Señalización Vial	1	1	Tabla No. 2. Punto 2.5.	A	0.6	1
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	Tabla No. 2. Punto 2.3.	A	0.6	
	Iluminación	1	1	Tabla No. 2. Punto 2.6.	A	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	3	Tabla No. 3. Punto 3.1.	A	0.6	3
	Sistema de drenaje del puente	1	2	Tabla No. 3. Punto 3.2.	A	0.6	2
	Juntas de expansión	1	3	Tabla No. 3. Punto 3.3.	A	0.6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	0	Tabla No. 3. Punto 3.4.	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla No.3. Punto 3.5.	B	0.8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla No.3. Punto 3.7.	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla No.3. Punto 3.6.	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	2	Tabla No. 4. Punto 4.1.	C	1	4
	Vigas principales de concreto o acero	3	1	Tabla No. 4. Punto 4.2.	C	1	3
	Vigas diafragma de concreto o acero	2	1	Tabla No. 4. Punto 4.3.	B	0.8	2
	Sistema de arriostramiento de acero	2	No Aplica	Tabla No. 4. Punto 4.4.	B	0.8	
SUBESTRUC-TURA	Apoyos	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.1.	C	1	3
	Aletones	2	0	Tabla No. 5. Punto 5.3.	B	0.8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.1.	C	1	3
	Bastiones: Cuerpo	3	0	Tabla No. 5. Punto 5.1.	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla No. 5. Punto 5.5.	C	1	
	Pilas: Viga cabezal	3	0	Tabla 6. Punto 6.4.	C	1	1
	Pilas: Cuerpo tipo columna	4	0	Tabla 6. Punto 6.4.	C	1	1
Pila: Cimentación	4	No Insp.	Tabla 6. Punto 6.5.	C	1		
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	2	Tabla No. 6. Punto 6.1.	C	1	3
	Llaves de corte	2	2	Tabla No. 6. Punto 6.2.	C	1	3
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	No Aplica		C	1	
	Dispositivos especiales	2	No Aplica		C	1	
	Protección de taludes de rellenos	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.3.	C	1	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Escollera de protección	2	2	Tabla No. 6. Punto 6.4.	C	1	3
	Protección de socavación en pilas	2	0		C	1	1
CP =						4 Condición Seria	

Figura A-2. Metodología para evaluar la condición del puente