

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 1/45	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P07-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CABALCETA RUTA NACIONAL No. 01

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Junio, 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-P07-2017</p>	<p>Página 2/45</p>	<p>VERSIÓN 04</p>

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-P07-2017	Página 3/45

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P07-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CABALCETA RUTA NACIONAL No.01		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 Cabalceta, en la Ruta Nacional No. 01, 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 DEFICIENTE. 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. 01, río Cabalceta, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 45
11. Inspección y redacción del informe por: Ing. Silvia Vargas Barrantes Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	13. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes	
Fecha: 20/02/2017	Fecha: 02/03/2017	Fecha: 03/05/2017	
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR	15. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural		
Fecha: 09/05/2017	Fecha: 04/05/2017		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 4/45	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-P07-2017		Página 5/45

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	32
7. REFERENCIAS.....	37
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	39

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 6/45	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 7/45	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Cabalceta, en la Ruta Nacional No.01, 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 la Comisión Nacional de Emergencias declaró con mayor regularidad alertas amarillas y rojas durante el evento, se realizó una re-evaluación de la interacción del cauce del río con las pilas y ambas márgenes del cauce en el sitio del puente. Esta reevaluación se realizó el día 22 de febrero de 2017.

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 8/45	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, 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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 9/45
		VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 01 (Interamericana Norte), en la sección de control 50060 y cruza el río Cabalceta. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito La Cruz, del cantón La Cruz, en la provincia de Guanacaste. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 11°12'08"N de latitud y 85°37'04"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 2547 vehículos por día en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de tránsito 2015, publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 56.91%, de los cuales el 47.33% corresponde a camiones de 5 ejes.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 10/45	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. 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	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 11/45	VERSIÓN 04

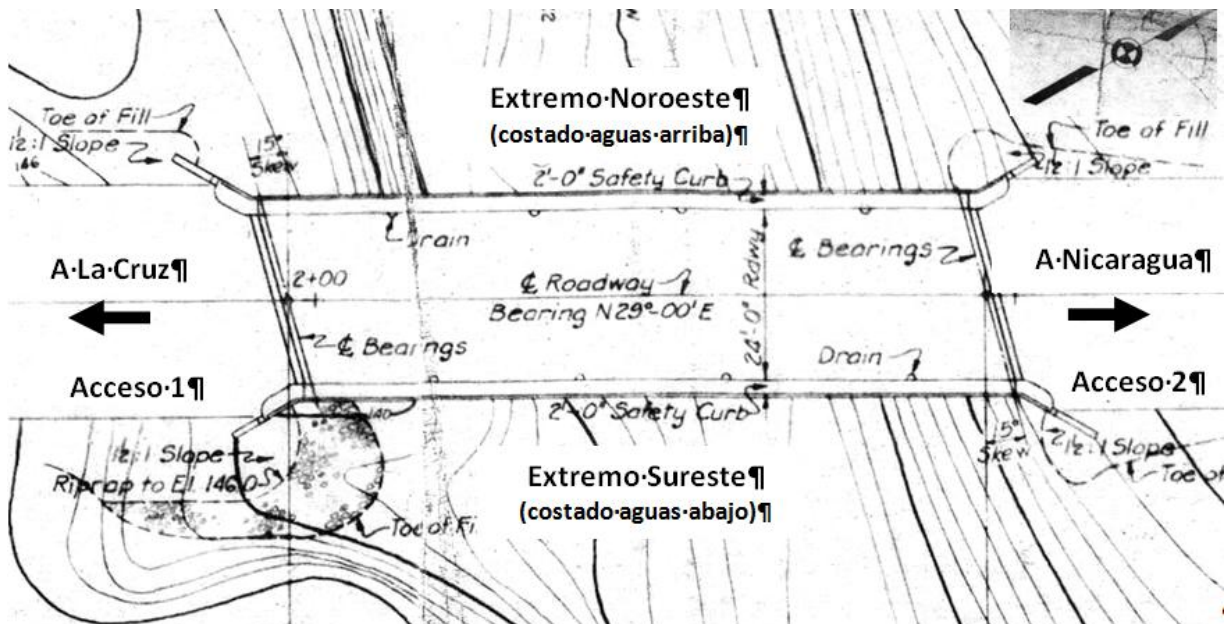


Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro

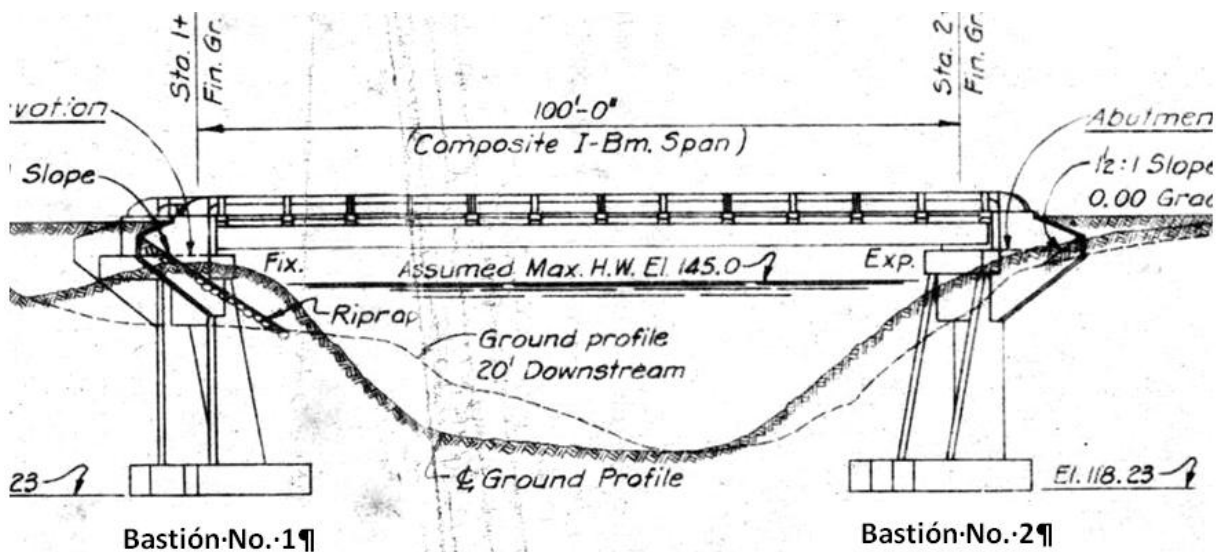


Figura C. Vista lateral

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 12/45	VERSIÓN 04



(a) Vista en planta



(b) Elevación

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 13/45	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	31
	Ancho total (m)	9.3
	Ancho de calzada (m)	7.4
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Sesgada (ángulo de sesgo 15°)
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo simple con vigas principales tipo I de acero
	Tipo de tablero	Losas de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo fijo Bastión 2: apoyo expansivo
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2.
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Placa de cimentación
Diseño y construcción	Año de diseño	1955
	Año de construcción	1959
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O 1953
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 14/45	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.5 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, et al., 2015) y en el Anexo A. Los valores numéricos de GD (varía entre 0 y 3) y CE (varía 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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 15/45	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 encontraron grietas con espesores entre 0.3 mm y 1.0 mm espaciadas a menos de 0.30 m a lo largo de las barreras vehiculares de ambos costados del puente, alrededor de las cuales se han empezado a generar leves desprendimientos superficiales (ver Figura 1).</p> <p>En la superficie inferior de la barrera vehicular se encontraron desprendimientos de concreto aparentemente provocados por el impacto de un objeto arrastrado por la corriente del río (ver Figura 2)</p> <p>Además, la barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención de la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO 2014), debido a que fue diseñada con una normativa mucho más antigua. Esta ruta presenta un porcentaje de vehículos pesados de un 56.9%.</p>	1	2	<p>Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación de los puentes de la ruta 1 entre Liberia y Peñas Blancas que ya han cumplido la vida de diseño de 50 años. Dicho proyecto debería incluir la sustitución de las barreras vehiculares por sistemas que hayan sido probados para un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establecido en la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014).</p> <p>Mientras tanto se concreta dicha sustitución, valorar la posibilidad de incluir dentro de un programa de mantenimiento periódico del puente la intervención de la barrera mediante el sello de las grietas y la reparación de los desprendimientos observados.</p> <p>Especificar los trabajos de mantenimiento de acuerdo con lo establecido por el <i>Manual de especificaciones generales para la MCV-2015</i> (MOPT, 2015).</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>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.</p>	3	3	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico en donde se coloquen sistemas de contención vehicular en los accesos a los puentes. 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 (...)</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 16/45	VERSIÓN 04

2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos		3	3	(...) las especificaciones de los fabricantes y el Manual SCV, <i>Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras</i> (Valverde, 2011).
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente tiene bordillos de seguridad de 0.65 m de ancho que se utilizan como acera. Este ancho no cumple con el ancho requerido por la Ley 7600 (ver Figura 3).</p> <p>Los días de la visita al sitio se observaron pocos peatones transitando por el puente. Existe un poblado cercano al puente que podría generar afluencia de ciclistas.</p> <p>En los accesos al puente no se observaron aceras ni ciclovías. Los peatones y ciclistas transitan por el espaldón.</p>	2	3	<p>Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente sobre el río Cabalceta, donde se incluya una ampliación de la sección transversal del puente con aceras y ciclovías.</p> <p>Incluir dentro de un programa de mejoramiento de la carretera la colocación de aceras y ciclovías en los accesos al puente.</p> <p>Procurar la asesoría profesional para definir las dimensiones adecuadas de dichos elementos.</p>
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	<p>El puente no tiene rótulos de identificación.</p> <p>No se requieren rótulos de altura máxima y no se han definido restricciones de carga para el puente.</p>	NA	NA	En un posible futuro proyecto de rehabilitación de la vía, contemplar la colocación de rótulos de identificación en este puente que incluya el nombre del río que cruza y el número de ruta nacional.
2.5. Señalización • Captaluces	<p>Se encontraron algunos captaluces ausentes sobre la línea de centro. Sobre las líneas de borde, no fue posible determinar si estos estaban ausentes o estaban obstruidos por la acumulación de sedimentos y vegetación (ver Figura 3).</p> <p><i>(continúa en página siguiente)</i></p>	2	2	Como parte de un programa de mantenimiento periódico, limpiar los bordillos del puente de los sedimentos y maleza allí acumulados, restablecer los captaluces perdidos, demarcar nuevamente las líneas de borde (si fuera necesario) (...)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 17/45	VERSIÓN 04

<p>2.5. Señalización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demarcación horizontal • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>La demarcación horizontal de la línea de centro se encontraba en buena condición (Zamora-Rojas, Jiménez-Romero, Acosta-Hernández, Castillo-Barahona, Rodríguez-Roblero y Quirós-Serrano, 2012). Las líneas de borde se encuentran obstruidas por los sedimentos acumulados en los bordillos (ver Figura 3), lo cual, califica como malo (Zamora-Rojas & otros, 2012).</p> <p>Las deficiencias encontradas en los elementos de seguridad vial aumenta el riesgo de accidentes de tránsito en las inmediaciones del puente, principalmente en condiciones de baja visibilidad.</p>	2	2	<p>(...) y colocar marcadores de objeto frente a las barreras del puente.</p>
<p>2.6. Iluminación</p>	<p>El puente no tiene iluminación. Tampoco se observó iluminación en los accesos.</p> <p>En vista de que existe un poblado cercano al puente que podría generar afluencia de peatones y ciclistas en la vía, podría requerirse iluminación en el puente.</p>	2	2	<p>Valorar la posibilidad de colocar iluminación en el puente y sus accesos con el fin de aumentar las condiciones de seguridad vial de la zona.</p>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
<p>3.1. Superficie de rodamiento del puente</p>	<p>Se observó desgaste superficial generalizado de la carpeta asfáltica.</p>	1	1	<p>No hay recomendaciones.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 18/45	VERSIÓN 04

<p>3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente</p>	<p>Las entradas del sistema de drenaje de la superestructura se encontraban obstruidas por sedimentos y maleza (ver Figura 3).</p> <p>Durante la inspección del 03 de noviembre de 2016, el clima se encontraba lluvioso y se pudo observar que se produce una importante acumulación de agua en la calzada del puente debido a la obstrucción del sistema de drenaje (ver Figura 4). Esto representa una condición de tránsito riesgosa para los usuarios del puente.</p>	2	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento rutinario para los puentes de la Carretera Interamericana Norte donde se incluya la limpieza del sistema de drenaje de los puentes.</p>
<p>3.3. Juntas de expansión</p>	<p>Ambas juntas de expansión se encontraron totalmente cubiertas por mezcla asfáltica de la carpeta, situación que podría impedirles moverse según las consideraciones de diseño (ver Figura 5).</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. Esta situación es evidencia de que el sello de las juntas se encuentra dañado y perdió sus propiedades impermeables (ver Figura 6).</p>	3	3	<p>Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas de expansión y evaluar su estado para determinar las acciones a seguir acordes con su estado de conservación.</p> <p>De ser necesario su reemplazo, considerar el movimiento por temperatura y por las cargas de servicio del puente en la elección del sistema de juntas. Además, implementar un sistema cuya impermeabilidad pueda estar garantizada por el fabricante durante un periodo definido.</p> <p>Establecer medidas en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión al recarpetear la carretera.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 19/45	VERSIÓN 04

3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	No se observaron daños.	0	1	No hay recomendaciones.
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	Ver segundo párrafo del punto 3.8.	1	2	Ver recomendaciones del punto 3.8.
3.6. Muros de retención de los accesos	No se observaron muros de retención en los accesos.	NA	NA	No hay recomendaciones.
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	No hay recomendaciones.
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	<p>En el talud aguas arriba del acceso 2 se encontró una cuneta de drenaje que está obstruida por ramas y basura (ver Figura 7). Este fue el único sitio donde se encontró un sistema de drenaje de los accesos.</p> <p>Tanto el talud aguas arriba como en el talud aguas abajo del acceso 1 se observó que el agua que drena desde la carretera ha formado canales en el relleno de aproximación y está generando erosión (ver Figura 8).</p>	NA	NA	<p>Contemplar la construcción de sistemas de drenaje adecuados en ambos accesos del puente, en los programas de mantenimiento vial.</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento rutinario para los puentes de la Carretera Interamericana Norte donde se incluya la limpieza del sistema de drenaje de los accesos a los puentes.</p>
3.9. Vibración	Las vibraciones en el puente fueron perceptibles y se producían con el paso de vehículos pesados, lo cual se considera normal.	NA	NA	No hay recomendaciones.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 20/45	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero.

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1. Tablero (losa de concreto, rejilla de acero, tablero de acero, tablero de madera).	<p>Se observaron grietas en la cara inferior de la losa con espesores entre 0.2 mm y 0.4 mm; y espaciamentos menores a 0.30 m. Estas grietas se observaron en más del 50% del área de la losa (ver Figura 9).</p> <p>Debido a la presencia de la carpeta asfáltica, no fue posible evaluar la cara superior de la losa.</p>	1	3	<p>Evaluar la capacidad de carga viva de la losa utilizando la metodología LRFR descrita en el <i>Manual AASHTO para Evaluación de puentes</i> (AASHTO, 2011). Se debe considerar la condición de su acero de refuerzo. A partir de estos resultados decidir si se justifica realizar el reforzamiento de la losa de concreto (que contemple la reparación de sus grietas) o si esta debe sustituirse.</p>
4.2. Vigas principales de acero	<p>Se encontró oxidación puntual en las vigas de acero, principalmente en los extremos por el ingreso de agua a través de las juntas (ver Figura 10).</p> <p>Además, se observaron varios puntos donde se ha desprendido la capa superficial del sistema de protección de pintura (ver Figura 11).</p>	0	1	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico que incluya la limpieza y pintura de las vigas principales y vigas diafragma del puente.</p>
4.3. Vigas Diafragma de acero	<p>Se encontraron puntos de desprendimiento de pintura, oxidación y corrosión localizada en las vigas diafragma de los extremos, que se encuentran en contacto con el agua que ingresa a través de las juntas de expansión (ver Figura 12).</p>	0	1	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico que incluya la limpieza y pintura de las vigas principales y vigas diafragma del puente.</p>
4.4. Sistema de arriostramiento	<p>El puente no tenía sistemas de arriostramiento.</p>	NA	NA	<p>No hay recomendaciones.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 21/45	VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones	<p>Se observó oxidación superficial de los apoyos sobre el bastión 1 y corrosión severa de los apoyos sobre el bastión 2 (ver ¡Error! No e encuentra el origen de la referencia.).</p> <p>Además, los apoyos en ambos bastiones mostraron una ligera inclinación fuera del eje vertical (ver Figura 14).</p> <p>Los apoyos evidencian ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios de la sección 4.2.1.1(a). 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 (dada su condición de vulnerabilidad sísmica) 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 de la sección 8.3 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la limpieza y pintura de los apoyos.</p>
5.2. Bastiones	<p>En la viga cabezal del bastión 2 se encontraron grietas aparentemente por retracción, con un ancho entre 0.2 mm y 0.4 mm, espaciadas a más de 100 cm. En algunas secciones de estas grietas se observaron eflorescencias (ver Figura 15).</p> <p>No se observaron daños en el cuerpo del bastión 2.</p> <p>No se observaron daños en la viga cabezal o el cuerpo del bastión 1.</p>	1	3	<p>Monitorear en próximas evaluaciones el agrietamiento en la viga cabezal del bastión 2.</p>
5.3. Aletones	<p>No se observaron daños en los aletones de los bastiones.</p>	0	1	<p>No hay recomendaciones.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 22/45	VERSIÓN 04

5.4. Cimentaciones	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones.	NI	NI	No hay recomendaciones.
--------------------	--	----	----	-------------------------

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	<p>La longitud de asiento medida en sitio en ambos bastiones es de 0,50 m.</p> <p>La longitud de asiento requerida para el puente según el artículo 4.7 de los Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013) es de 0,48m.</p> <p>La longitud de asiento actual es mayor a la longitud de asiento requerida.</p>	0	1	No hay recomendaciones.
5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	<p>No se observaron dispositivos para prevención de colapso en el puente. Los apoyos de las vigas del puente tienen pernos que los anclan a los bastiones, los cuales podrían brindar resistencia limitada ante movimientos sísmicos.</p> <p>La ausencia de dispositivos de prevención de colapso podría permitir desplazamientos excesivos en la dirección perpendicular al tránsito durante un evento extremo.</p>	2	3	Realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura y a partir de él determinar la necesidad de construir llaves de cortante en los bastiones del puente de acuerdo con lo establecido en el Manual de rehabilitación sísmica FHWA (FHWA, 2006) y en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014), a los cuales se hace referencia en los Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013).
5.3. Protección de taludes del relleno de aproximación	Se observó una situación que está generando erosión en los taludes del relleno del acceso 1 debido a la descarga de agua del sistema de drenaje de los accesos (ver punto 3.8.)	1	1	Ver recomendación en punto 3.8.

Informe LM-PIE-UP-P07-2017	Junio, 2017	Página 22 de 45
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 23/45	VERSIÓN 04

5.4. Protección de taludes frente al bastión	Los taludes frente a los bastiones se encontraron con indicios de erosión, la cual no ha alcanzado el cuerpo de los bastiones (ver Figura 16).	2	2	Valorar la posibilidad de incluir en un programa de mantenimiento periódico de la carretera la protección contra la erosión de los taludes frente a los bastiones del puente.
5.5. Cauce del río	No hay observaciones.	NA	NA	No hay recomendaciones.



Figura 1. Agrietamiento típico en el sistema de contención vehicular 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-P07-2017	Página 24/45	VERSIÓN 04



Figura 2. Desprendimientos de concreto en la superficie inferior de la barrera vehicular.



Figura 3. Bordillo de seguridad, acumulación de sedimentos y maleza en las entradas del sistema de drenaje del puente y demarcación horizontal de la línea de centro en buen estado.

	<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-P07-2017</p>	<p>Página 25/45</p>



Figura 4. Acumulación de agua en la calzada del puente que evidencia la obstrucción total del sistema de drenaje de la superestructura.



Figura 5. Carpeta asfáltica sobre las juntas de expansión.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 26/45	VERSIÓN 04



Figura 6. Manchas de humedad en bastión producto del ingreso de agua a través de la junta de expansión.



Figura 7. Cuneta de drenaje obstruida por ramas y basura en el acceso 2.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 27/45



Figura 8. Canales formados por el agua que drena desde la carretera en el relleno de aproximación del acceso 1.



Figura 9. Agrietamiento en la cara inferior de la losa 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-P07-2017	Página 28/45



Figura 10. Oxidación puntual de las vigas cerca de los extremos y oxidación generalizada de los apoyos sobre el bastión 1.



Figura 11. Puntos donde se ha desprendido la capa superficial del sistema de protección de pintura de las vigas.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 29/45



Figura 12. Puntos de oxidación, corrosión y desprendimiento de pintura en vigas diafragma extremas de la superestructura.



Figura 13. Corrosión severa de apoyos sobre el bastión 2.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 30/45	VERSIÓN 04



Figura 14. Leve inclinación de los apoyos fuera del eje vertical.



Figura 15. Agrietamiento y eflorescencias en la viga cabezal del bastión 2.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017		Página 31/45



Figura 16. Erosión de los taludes frente a los bastiones.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 32/45	VERSIÓN 04

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Cabalceta ubicado en la Ruta Nacional No.01 (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 DEFICIENTE:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
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

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. Ausencia de dispositivos de prevención de colapso en el puente que podría permitir desplazamientos excesivos durante un evento extremo.
- b. Grietas aparentemente por retracción en la viga cabezal del bastión 2.
- c. Inclinación de los apoyos fuera del eje vertical en ambos bastiones.
- d. Agrietamiento en más del 50% del área de la cara inferior de la losa.
- e. Juntas de expansión totalmente cubiertas por mezcla asfáltica, situación que podría impedirles moverse según las consideraciones de diseño.
- f. Ausencia de aceras del ancho requerido por la Ley 7600 y de ciclovías, creando una condición de riesgo para peatones, quienes deben transitar por el estrecho bordillo, y ciclistas, que deben ingresar a la calzada del puente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 33/45	VERSIÓN 04

g. Ausencia de sistemas de contención vehicular en los accesos al puente.

Además, se observó lo siguiente:

h. Corrosión de los apoyos sobre el bastión 2.

i. Oxidación superficial de los apoyos sobre el bastión 1.

j. Manchas de humedad en la viga cabezal de ambos bastiones producto del ingreso de agua a través de las juntas de expansión.

k. Indicios de erosión en el talud frente a los bastiones.

l. Ausencia de sistemas de drenaje en 3 de los 4 taludes de los accesos. Tanto en el talud aguas arriba como en el talud aguas abajo del acceso 1 se observaron canales formados por el agua que drena desde la carretera, a partir de los cuales se está generando erosión del relleno de aproximación.

m. Cuneta de drenaje en el talud aguas arriba del acceso 2 obstruida por ramas y basura.

n. Entradas del sistema de drenaje de la superestructura obstruidas por sedimentos y maleza, lo cual está ocasionando la acumulación de agua en la calzada del puente generando una condición de tránsito riesgosa para los usuarios.

o. Ausencia de iluminación en el puente y sus accesos.

p. Ausencia de algunos captaluces sobre la línea de centro, así como de marcadores de objeto o delineadores verticales. Tanto las líneas de borde como los captaluces sobre ellas aparentan estar ocultos tras la acumulación de sedimentos y vegetación en los bordillos.

q. Agrietamiento de las barreras vehiculares de ambos costados del puente. Por la antigüedad del puente, estas podrían no cumplir con los niveles de contención de la especificación AASHTO LRFD.

Informe LM-PIE-UP-P07-2017	Junio, 2017	Página 33 de 45
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 34/45	VERSIÓN 04

- r. Oxidación puntual en las vigas de acero (principalmente en los extremos) y desprendimiento de la capa superficial del sistema de protección de pintura en varios puntos.
- s. Desprendimiento del sistema de protección de pintura, oxidación y corrosión localizada de las vigas diafragma extremas de la superestructura.
- t. Desgaste superficial generalizado de la carpeta asfáltica.
- u. Ausencia de rótulos de identificación del puente.

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

1. Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación de los puentes de la ruta 1 entre Liberia y Peñas Blancas en el que se incluya, para el caso del puente sobre el Río Cabalceta:
 - a. Sustitución de los apoyos del puente.
 - b. Evaluación de la capacidad de carga viva de la losa, considerando el posible deterioro del acero de refuerzo, para decidir, a partir de los resultados, si se justifica realizar su reforzamiento o su sustitución.
 - c. Ampliación de la sección transversal del puente con aceras y ciclovías.
 - d. Construcción de sistemas de drenaje adecuados en los accesos al puente.
 - e. Colocación de iluminación en el puente y sus accesos con el fin de aumentar las condiciones de seguridad vial de la zona.
 - f. Sustitución de las barreras vehiculares por sistemas que hayan sido probados para un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establecido en la especificación AASHTO LRFD.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 35/45	VERSIÓN 04

- g. Colocación de rótulos de identificación del puente que incluyan el nombre del puente y el número de ruta nacional.
2. Monitorear en próximas evaluaciones el agrietamiento en la viga cabezal del bastión 2.
 3. Evaluar la necesidad de construir llaves de cortante en los bastiones del puente.
 4. Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas de expansión y evaluar su estadio de deterioro para determinar las acciones a seguir acordes con su estado de conservación. De ser necesario su reemplazo, considerar el movimiento por temperatura y cargas de servicio del puente en la elección del sistema, así como la garantía del fabricante de su impermeabilidad.
 5. Establecer medidas en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión al recarpetear la carretera.
 6. Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya:
 - a. Limpieza y pintura de los apoyos, vigas principales y vigas diafragma del puente.
 - b. Colocación de sistemas de contención vehicular en los accesos.
 - c. Colocación de sistemas de protección contra la erosión de los taludes frente a los bastiones.
 - d. Limpieza del sistema de drenaje de la superestructura y de los accesos.
 - e. Limpieza de los bordillos del puente.
 7. Colocar señales de advertencia a los conductores sobre la presencia de peatones y ciclistas en la vía.
 8. Colocar marcadores de objeto frente a las barreras del puente.
 9. Incluir dentro de un programa de mejoramiento de la carretera la colocación de aceras y ciclovías en los accesos al puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 36/45	VERSIÓN 04

Se asume que estas recomendaciones 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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 37/45	VERSIÓN 04

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2014). *LRFD Bridge Design Specifications. Seventh Edition with 2015 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2014). *Manual for Bridge Element Inspection. First Edition with 2015 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 (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
6. MOPT (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR 2010*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. MOPT (2015). *Anuario de Información de Transito 2015*. Dirección de Planificación Sectorial. Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
8. MOPT (2014). *Revisión al Manual de Inspección de Puentes, Primera Edición 2007. Actualización del capítulo 5*. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 38/45	VERSIÓN 04

9. 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.
10. 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.
11. 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-P07-2017	Página 39/45	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-P07-2017	Página 40/45	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 41/45	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 INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017	Página 42/45	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:

$$CE = \begin{cases} 1 & \text{si } GD = 0 \\ \text{Entero}\{[(FCF * RE) - 1] + GD\} \leq 6 & \text{si } GD \neq 0 \end{cases} \quad \text{Ecuación 1.}$$

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.

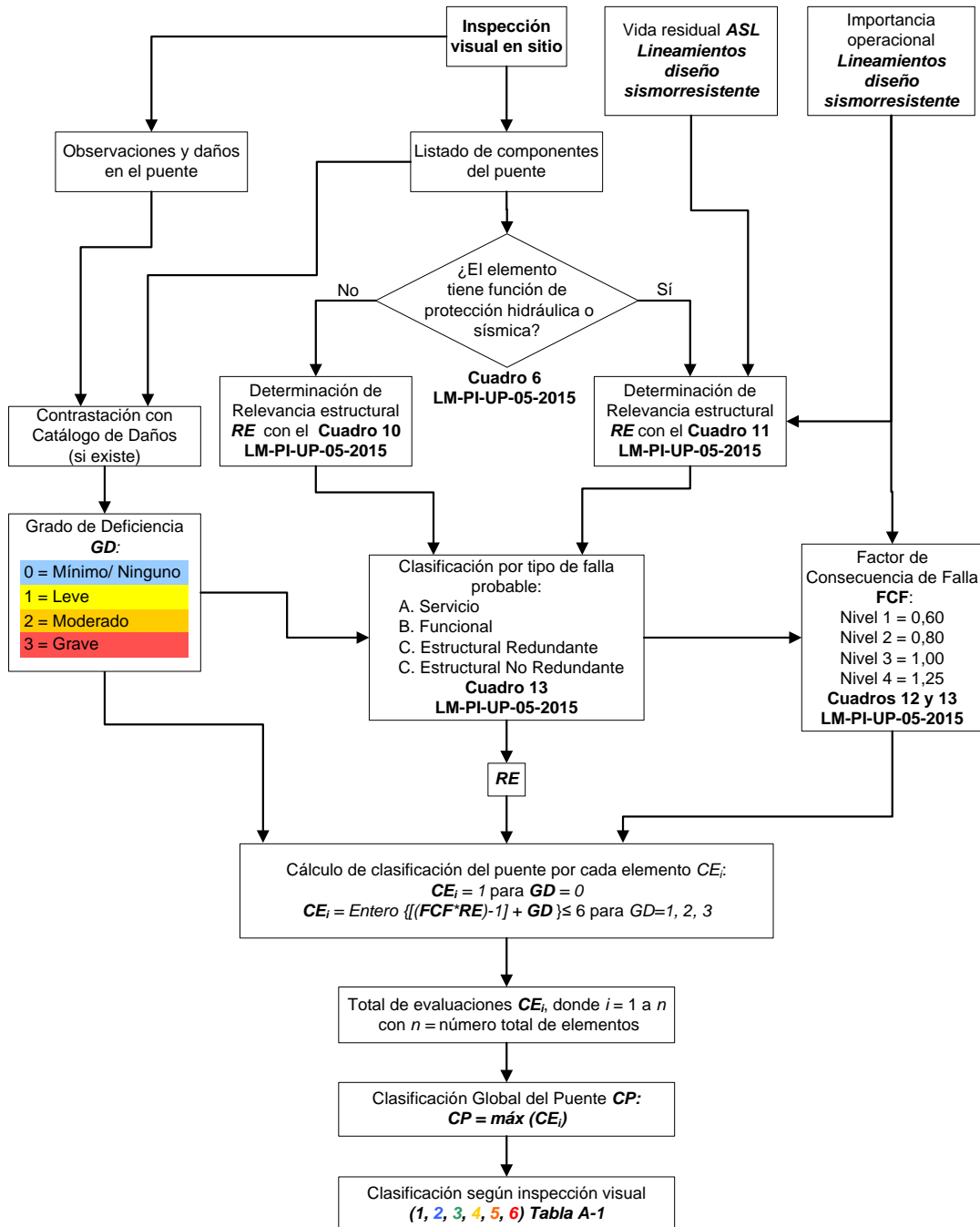


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P07-2017		Página 44/45

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

