

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 1/47	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P06-2017

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

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-P06-2017</p>	<p>Página 2/47</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-P06-2017	Página 3/47

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P06-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CLARO 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 Claro, 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 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. 1, río Claro, Interamericana Norte, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 47
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	

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 4/47	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-P06-2017	Página 5/47	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.....	34
7. REFERENCIAS.....	39
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	41

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 6/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 6 de 47
----------------------------	-------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 7/47	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Claro 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 los días 02 y 04 de noviembre del 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-evaluación de la interacción del cauce del río con los bastiones de ambas márgenes del puente el día 23 de febrero del 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-P06-2017	Página 8/47	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-P06-2017	Junio, 2017	Página 8 de 47
----------------------------	-------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 9/47	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 Claro. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito Liberia, del cantón del mismo nombre, en la provincia de Guanacaste. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 10°38'32.0"N de latitud y 85°27'13.6" O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

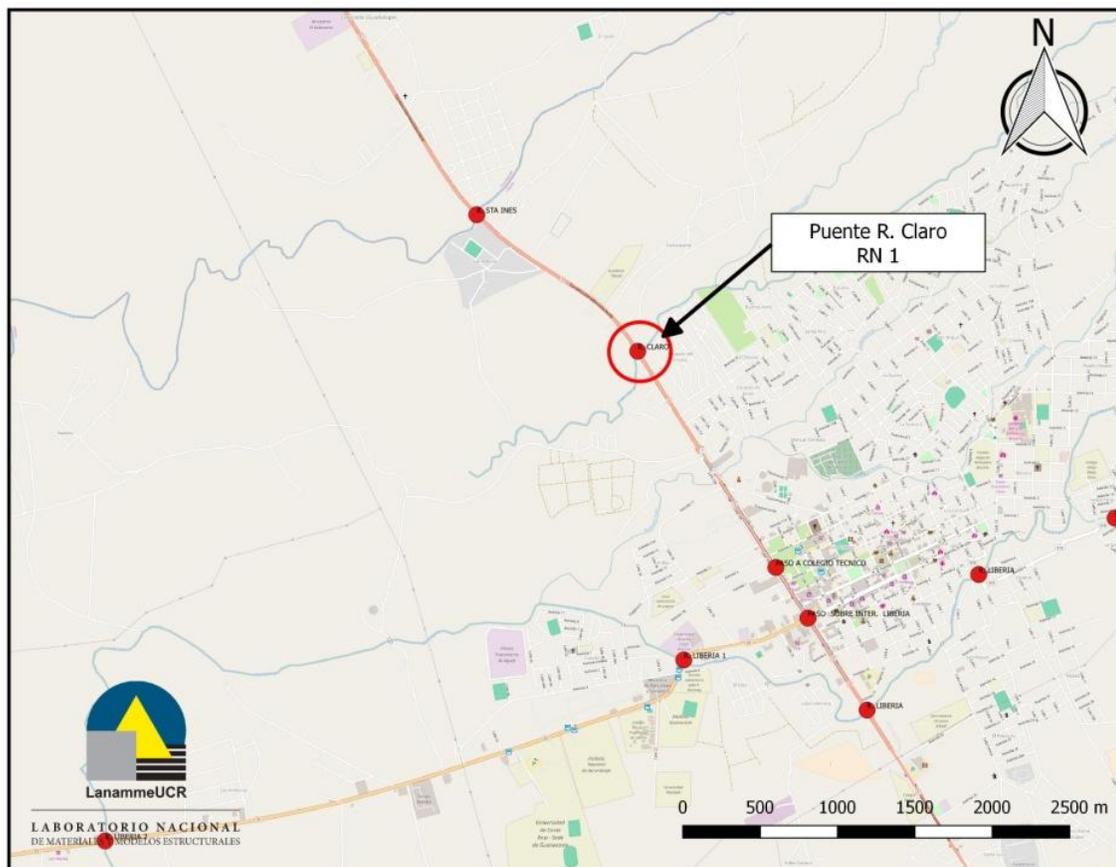


Figura A. Ubicación geográfica del puente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 10/47	VERSIÓN 04

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 4519 vehículos por día, medido en el 2012 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 26,9% (1216 vehículos), de los cuales el 12,92% (583 vehículos) corresponde a camiones de 5 ejes.

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 INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 11/47	VERSIÓN 04



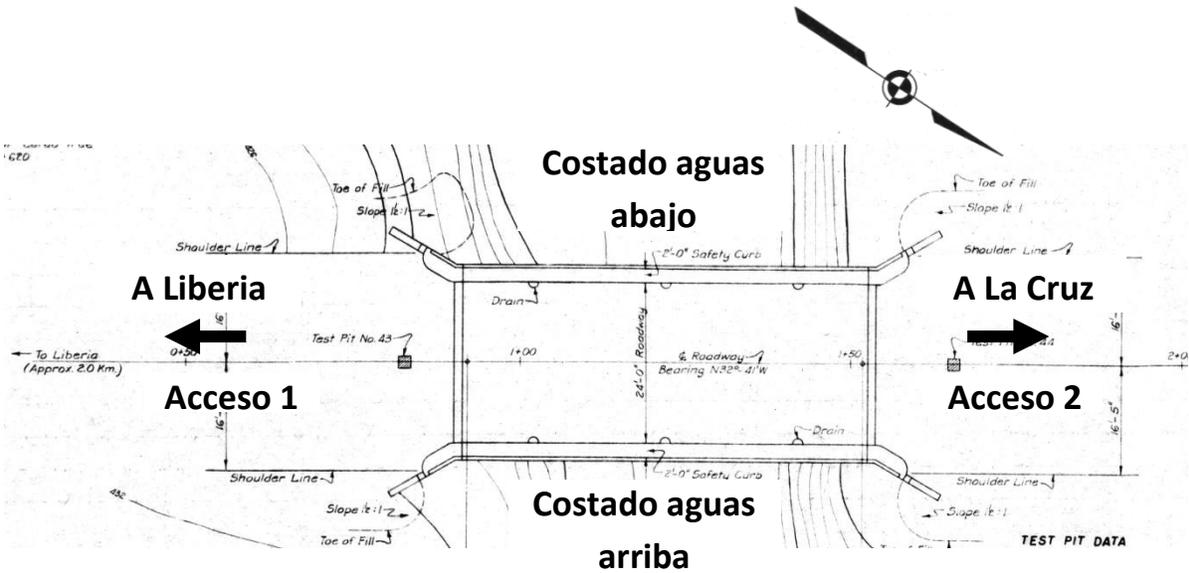
Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro (Vista hacia Liberia)



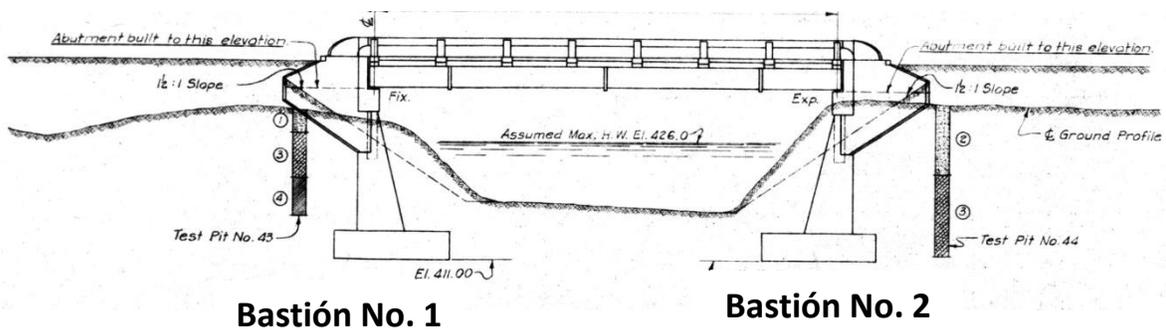
Figura C. Vista lateral (costado aguas abajo)

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 11 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 12/47	VERSIÓN 04



(a) Vista en planta



(b) Elevación

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017		Página 13/47

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	18,80
	Ancho total (m)	9,40
	Ancho de calzada (m)	7,50
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo viga con vigas principales tipo I de acero
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo fijo Bastión 2: apoyo expansivo
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 0
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	No aplica
	Tipo de cimentación	Bastiones 1 y 2, tipo placa aislada
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	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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 14/47	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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 15/47
		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 (ver figura 1).</p> <p>El murete de la barrera del costado aguas abajo del puente, en el acceso hacia La Cruz, fue impactado en un accidente de tránsito donde murió una persona en el 2015 (Solano, 2015) y se encontró deformado con respecto a su posición original. Este murete se encontró apoyado únicamente por las varillas de refuerzo que no fueron cortadas en el impacto (ver figura 2). Las varillas de refuerzo se observaron con oxidación</p> <p>Además, la barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014), debido a que fue diseñada con una normativa mucho más antigua (ver tabla No.1). 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%, que es considerable.</p>	2	3	<p>Restablecer el murete impactado a sus dimensiones y posición original, también, reparando los elementos que estaban conectados a este murete como el aletón, la pared del cabezal y uno de los postes de la barrera.</p> <p>Incluir dentro de un programa de mantenimiento periódico el sello de las grietas de la barrera.</p> <p>Especificar los trabajos de mantenimiento de acuerdo con lo establecido por el <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015)</p> <p>En el mediano plazo, valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente en el que se incluya: analizar si la barrera vehicular tiene capacidad para resistir las fuerzas de diseño para el nivel de contención TL-4, según los requerimientos de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014). Si no tiene capacidad, reforzar la barrera existente o sustituirla por un sistema con capacidad demostrada para un nivel de contención TL-4 como mínimo, en caso de que se decida sustituir la losa del puente.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 16/47

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
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, como el sucedido en 2015 en este puente, donde falleció una persona (Solano, 2015).	3	3	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico en donde se coloquen sistemas de contención vehicular en los accesos al puente.</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	<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 4).</p> <p>Los días de la visita al sitio se observaron peatones y ciclistas transitando por el puente (ver figura 3). Para los ciclistas, el bordillo representa un obstáculo que los hace ingresar a la calzada del puente, con el riesgo de ser atropellados por un vehículo automotor.</p> <p>En los accesos al puente no se observaron aceras ni ciclovías. Los peatones y ciclistas transitaban por el espaldón.</p>	2	3	<p>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.</p> <p>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.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 17/47

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
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 tiene conocimiento de que el puente requiera restricción de carga vehicular, lo cual amerita rotulación han definido restricciones de carga para el puente.</p>	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 • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>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 figura 4).</p> <p>No se encontraron marcadores de objetos ni delineadores verticales (ver figura 3).</p> <p>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.</p>	2	2	Como parte de un programa de mantenimiento periódico, colocar marcadores de objeto frente a las barreras y guardavías del puente.
2.6. Iluminación	<p>El puente no tiene iluminación. Tampoco se observó iluminación en los accesos.</p> <p>Podría requerirse iluminación debido al tránsito observado de peatones y ciclistas</p>	2	2	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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 18/47 VERSIÓN 04

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	<p>Se encontró una capa de mezcla asfáltica sobre el puente como superficie de rodamiento, la cual, se encuentra en buena condición. El espesor medido de esta capa es de 70 mm en promedio. Los planos de diseño del puente no indican la colocación de una capa de mezcla asfáltica.</p> <p>La capa de asfalto sobre el puente representa un aumento en la carga muerta de la estructura, lo que podría reducir su capacidad de carga viva.</p>	3	3	<p>Analizar si la capa de mezcla asfáltica existente afecta negativamente la capacidad de carga de la superestructura.</p> <p>Ver recomendaciones en 4.1 y 4.2 para evaluación de la capacidad de carga viva de la superestructura.</p> <p>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.</p>
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Las entradas del sistema de drenaje del puente se encontraban obstruidas por sedimentos y maleza (ver figura 4). En el bordillo de seguridad del puente se encontraron sedimentos, que podrían ser evidencia de que cuando llueve, el agua se acumula en la calzada y sube hasta el bordillo (ver figura 5).</p> <p>Además, los tubos de salida de drenaje en el costado aguas arriba del puente, fueron cortados para dar espacio a una tubería de servicios de agua. Por esta razón, descargan sobre las vigas de acero y generan corrosión de elementos de acero afectados por la descarga de agua (ver figura 6)</p>	2	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya la limpieza del sistema de drenaje del puente.</p> <p>Colocar tubos de extensión en las salidas del sistema de drenaje del costado aguas abajo del puente, que se extiendan más de 100 mm por debajo del nivel inferior de la superestructura, según el artículo 2.6.6.4 de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014)</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 19/47

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	<p>Se encontró mezcla asfáltica de la carpeta sobre ambas juntas de expansión. Aunque, se realizó un corte en la carpeta asfáltica a lo largo de las juntas, esto no garantiza que se puedan mover según las consideraciones de diseño (ver figura 7).</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 está ausente (junta abierta) o se encuentra dañado y perdió sus propiedades impermeables (ver figura 6).</p>	3	3	<p>Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas sobre los bastiones B1 y B2. 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 <i>4.1 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> <p>Seguir en donde aplique, los procedimientos especificados en el <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015)</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 20/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
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. Sin embargo, no se observaron daños evidentes relacionados con este aspecto.	NA	NA	Ninguna
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	Ninguna

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 21/47	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).	<p>Se encontraron grietas en la cara inferior de la losa con anchos entre 0,40 mm y 1,0 mm; y espaciamientos menores que 0,30 m. Estas grietas se observaron en más del 50% del área de la losa (ver figura 8)</p> <p>A lo largo de la mayoría de estas grietas se observaron eflorescencias sin acumulación de carbonato de calcio. También, se observaron eflorescencias en las juntas de construcción de la losa. Esto es un indicador de filtraciones de agua a través 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>	1	3	<p>Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (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.</p>
4.2. Vigas principales de acero	<p>Las vigas de acero se encontraron con oxidación puntual, principalmente en las zonas donde descarga el agua desde el sistema de drenaje del puente (ver figura 6) y en los extremos cerca de las vigas cabezales por el ingreso de agua a través de las juntas (ver figura 12).</p> <p>Además, se observó en menos del 50% del área de las caras de las vigas decoloración de pintura y puntos de oxidación (ver figuras 9 y 10).</p>	0	1	<p>Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (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>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 22/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (continuación)

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.3. Vigas Diafragma de acero	Las vigas diafragma de acero se encontraron con puntos de oxidación, desprendimientos puntuales de pintura y oxidación puntual en las zonas donde se encuentran en contacto con agua que ingresa a través de las juntas de expansión.	0	1	Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la limpieza y pintura de las vigas principales, vigas diafragma y apoyos del puente.
4.4. Sistema de arriostramiento	El puente no tenía sistemas de arriostramiento	NA	NA	Ninguna

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 23/47
		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 el bastión 2 se encontraron con corrosión leve producto del ambiente húmedo que se genera en la viga cabezal por el ingreso de agua a través de las juntas (ver figura 12).</p> <p>No se tuvo acceso visual a los apoyos sobre el bastión 1, sin embargo, se estima que se encuentran en una condición similar.</p>	1	3	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la limpieza y pintura de las vigas principales, las vigas diafragma y los apoyos del puente.</p>
5.2. Bastiones	<p>En la viga cabezal del bastión 2 se encontraron grietas aparentemente por retracción, con ancho menor que 0,20 mm, espaciadas a menos de 0,30 m. Estas grietas se ubicaron principalmente en el costado aguas arriba de la viga cabezal (ver figura 13).</p> <p>Además, se observaron desprendimientos de concreto con acero de refuerzo expuesto en el costado aguas abajo de la pared del cabezal, producto del impacto que recibió el murete de la barrera vehicular (ver figura 14 y el punto 2.1 de la tabla 2)</p> <p>No se observaron daños en el cuerpo del bastión 2.</p> <p>No se observaron daños en el bastión 1.</p>	1	3	<p>Verificar en próximas evaluaciones si ha aumentado el ancho y extensión de las grietas observadas en la viga cabezal del bastión 2.</p> <p>Restablecer el murete impactado a sus dimensiones y posición original, también, reparando los elementos que estaban conectados a este murete como la pared del cabezal del bastión 2.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 24/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.3. Aletones	El aletón del costado aguas abajo del bastión 2 se encontró con desprendimientos de concreto y acero de refuerzo expuesto, producto del impacto que recibió el murete de la barrera vehicular. (ver figura 14 y punto 2.1 de la tabla 2)	1	2	Restablecer el murete impactado a sus dimensiones y posición original, también, reparando los elementos que estaban conectados a este murete como el aletón del costado aguas abajo del bastión 2.
5.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	No aplica	NA	NA	Ninguna
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones	NI	NI	Ninguna

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 el bastión 2 es de 350 mm, según la medición realizada en sitio (ver figura 12).</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 440 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. Lo cual, podría implicar un riesgo de pérdida de asiento ante un sismo.</p>	2	3	Considerar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación del 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)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 25/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
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 figura 15). Los apoyos de las vigas del puente tienen pernos que los anclan a los bastiones, los cuales, podrían brindar resistencia limitada ante movimientos sísmicos (ver figura 16).</p> <p>La ausencia de dispositivos de prevención de colapso podría permitir desplazamientos excesivos de la superestructura en la dirección perpendicular al tránsito durante un sismo.</p>	2	3	<p>Evaluar la necesidad de construir llaves de cortante en los bastiones del puente 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 Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013)</p>
6.3. Protección de taludes de relleno de aproximación	<p>No se observaron protecciones en los taludes de los rellenos de aproximación. Sin embargo, no se encontraron daños por erosión en estos taludes.</p>	0	1	Ninguna
6.4. Protección de taludes frente al bastión	<p>Los taludes frente a los bastiones se encontraron con indicios de erosión cerca de las márgenes del cauce del río, la cual no ha alcanzado el cuerpo de los bastiones (ver figura 15). Estos taludes frente a los bastiones no estaban protegidos contra la erosión.</p> <p>En la reevaluación del 23 de febrero de 2017 no se encontraron deficiencias en los taludes frente al bastión relacionadas con la afectación del huracán Otto.</p>	2	2	<p>Valorar la posibilidad de incluir en un programa de mantenimiento periódico del puente un sistema de protección contra la erosión de los taludes frente a los bastiones 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-P06-2017	Página 26/47	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	No aplica	NA	NA	Ninguna
6.6. Cauce del río	<p>Se observó erosión leve de las márgenes del río que no ha alcanzado elementos de la subestructura debido a la ausencia de protección contra la erosión en las márgenes frente a los bastiones.</p> <p>No se encontraron otros elementos de protección en el cauce del río.</p> <p>En la reevaluación del 23 de febrero de 2017 no se encontraron deficiencias en el cauce del río relacionadas con la afectación del huracán Otto.</p>	NA	NA	Ver recomendación para protección de los taludes frente a los bastiones en el punto 6.4.



Figura 1. Agrietamiento típico y desprendimiento en el sistema de contención vehicular del puente

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 26 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 27/47	VERSIÓN 04



Figura 2. Murete en el costado aguas abajo del puente impactado y deformado en un accidente de tránsito.

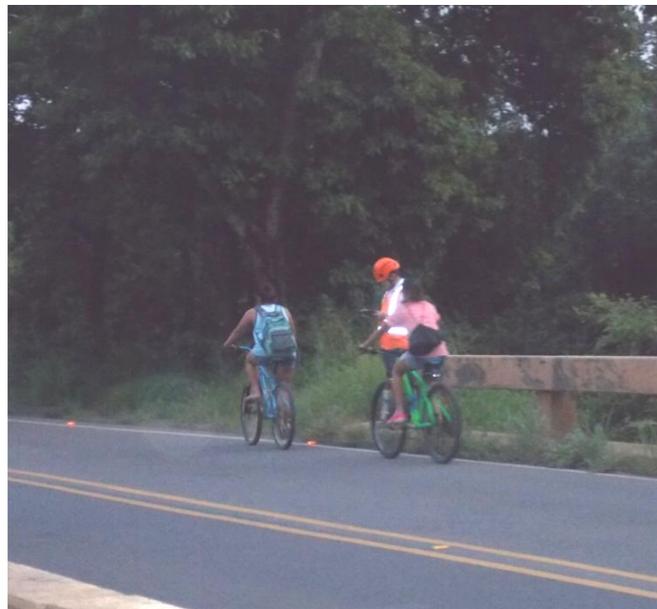


Figura 3. Ciclistas transitando por el puente. Nótese que utilizan el carril para vehículos automotores

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 28/47



Figura 4. Bordillo de seguridad, capa de mezcla asfáltica y obstrucciones en las entradas del sistema de drenaje del puente.



Figura 5. Sedimentos en bordillo de seguridad del puente que podrían evidenciar la acumulación de agua en la calzada por obstrucción del sistema de drenaje.

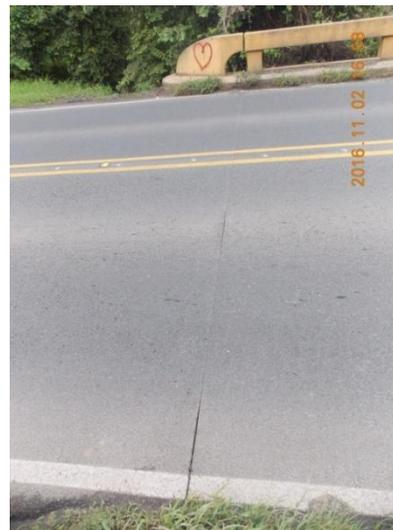
 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 29/47



Figura 6. Tubos de salida del sistema de drenaje cortados y manchas de humedad en viga cabezal del bastión 1 por ingreso de agua a través de la junta de expansión.



(a) Junta de expansión sobre bastión 1



(b) Junta de expansión sobre bastión 2

Figura 7. Capa de mezcla asfáltica sobre las juntas de expansión 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-P06-2017	Página 30/47	VERSIÓN 04



Figura 8. Grietas y eflorescencia en la cara inferior de la losa de concreto.



Figura 9. Puntos de oxidación en las vigas principales.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 31/47



Figura 10. Desprendimientos puntuales de la capa de pintura y puntos de oxidación en viga diafragma sobre el bastión 2.



Figura 11. Desprendimientos puntuales de pintura y oxidación puntual en vigas diafragma.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 32/47	VERSIÓN 04



Figura 12. Corrosión leve de apoyo sobre el bastión 2, corrosión leve en extremo de viga principal y longitud de asiento medida en el bastión 2.



Figura 13. Grietas por retracción en el costado aguas debajo de la viga cabezal del bastión 2.

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 32 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 33/47



Figura 14. Desprendimientos de concreto en la parte superior de la pared del cabezal y del aletón del bastión 2 en el costado aguas abajo del puente.



Figura 15. Ausencia de dispositivos para prevención de colapso y erosión de márgenes del río (vista hacia el bastión 1). Fotografías de noviembre de 2016 y febrero de 2017, mostrando un nivel de erosión similar entre ambos puentes.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 34/47
		VERSIÓN 04

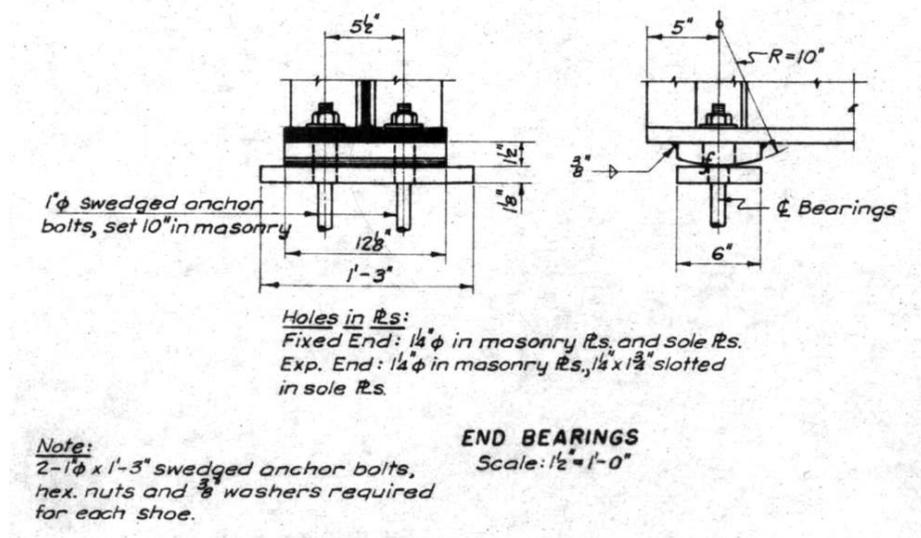


Figura 16. Detalle del sistema de anclaje de los apoyos a la viga cabezal de los bastiones (tomado de los planos de diseño del puente).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Claro 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 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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 35/47	VERSIÓN 04

La calificación anterior se brinda por las siguientes razones:

- a. El agrietamiento con eflorescencia de la losa de concreto del puente.
- b. La capa de asfalto sobre el puente que aumenta la carga muerta y podría reducir la capacidad de carga viva.
- c. La corrosión leve de los apoyos del puente.
- d. Los desprendimientos con acero de refuerzo expuesto en la pared del cabezal y los aletones del bastión 2 por el desprendimiento del murete de la barrera vehicular provocado por un impacto de un vehículo en un accidente de tránsito.
- e. La longitud de asiento de los bastiones que es menor que la requerida según los Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013).
- f. La ausencia de dispositivos sísmicos para prevención del colapso de la superestructura (llaves de corte, cadenas, anclajes o aislamiento sísmico) ante eventos extremos como sismos o crecidas del río.
- g. La capa de mezcla asfáltica colocada sobre las juntas de expansión y las manchas de humedad en la viga cabezal de los bastiones que evidencian ausencia o daños del sello de las juntas.
- h. La ausencia de sistemas de contención vehicular en los accesos.
- i. La ausencia de ciclovías y los bordillos de seguridad con ancho inferior al requerido por la Ley 7600, cuando en el puente se observó alto tránsito de peatones y ciclistas.

Además, se observó lo siguiente:

- j. Oxidación puntual, decoloración de la pintura y puntos de oxidación en vigas principales y vigas diafragma de acero.

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 35 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 36/47	VERSIÓN 04

- k. Agrietamiento aparentemente por retracción en bastiones.
- l. Ausencia de un sistema de protección contra la erosión en los taludes frente a los bastiones.
- m. Ausencia de un sistema de protección contra la erosión en los taludes de los rellenos de aproximación.
- n. Obstrucción de las entradas del sistema de drenaje por sedimentos y maleza.
- o. Tubos de drenaje cortados para acomodar una tubería de servicios de agua.
- p. Ausencia de iluminación y señalización vertical de marcadores de objetos en el puente.

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 Claro puede continuar en funcionamiento o debe ser rehabilitado o reemplazado.
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 en el mediano plazo un proyecto de rehabilitación en el que se incluya lo siguiente:
 - a. Estudios para evaluar la capacidad estructural y la condición de durabilidad del acero de refuerzo y del concreto de la losa, para justificar si se debe realizar el reforzamiento y reparación de grietas o si se debe sustituir la losa del puente.
 - b. Eliminar o reducir el espesor de carpeta asfáltica sobre el puente según se indique a partir de una evaluación de capacidad de carga viva de la superestructura del puente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 37/47	VERSIÓN 04

- c. Ampliar la sección transversal del puente o construir un puente paralelo para peatones y ciclistas.
 - d. Analizar si la barrera vehicular tiene capacidad para resistir las fuerzas de diseño para el nivel de contención TL-4, según los requerimientos de la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014). Si no tiene capacidad, reforzar la barrera existente o sustituirla por un sistema con capacidad demostrada para un nivel de contención TL-4, en caso de que se decida sustituir la losa del puente.
 - e. Si se decide sustituir la losa del puente, sustituir también las juntas de expansión realizando previamente un análisis para determinar el tipo de junta a utilizar acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.
 - f. Aumentar la meseta de asiento de los bastiones y construir llaves de cortante o algún otro dispositivo de prevención de colapso de acuerdo con lo establecido en el *Manual de rehabilitación sísmica de FHWA (2006)*.
4. Establecer un programa de mantenimiento del puente, siguiendo en donde aplique, los procedimientos especificados en el *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b)* para realizar lo siguiente:
- a. Eliminar la obstrucción de mezcla asfáltica sobre las juntas de expansión y evaluar el estado de las juntas para determinar acciones a seguir acorde con su estado. Incluir dentro de estas acciones la colocación de un sello impermeable en las juntas.
 - b. 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.
 - c. Aplicar un sistema de protección de pinturas a las vigas principales, las vigas diafragma y los apoyos del puente

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 38/47	VERSIÓN 04

- d. Restablecer el murete impactado a sus dimensiones y posición originales, también, reparando los elementos que estaban conectados a este murete como el aletón, la pared del cabezal del bastión 2 y los postes de la barrera vehicular actual.
- e. Proteger contra la erosión los taludes frente a los bastiones.
- f. Sellar las grietas de la barrera vehicular.
- g. 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).
- h. Colocar señalización vertical como marcadores de objetos frente a la barrera del puente y frente al sistema de contención que se coloque en el acceso.
- i. Colocar advertencias sobre la presencia de peatones y ciclistas en la vía, mientras se realiza algún proyecto para dar facilidades que permitan el tránsito seguro de estos usuarios.
- j. Colocar rótulos de identificación en los accesos del puente
- k. Limpiar periódicamente todas las superficies del puente.

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-P06-2017	Página 39/47	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.
8. Solano, H. (22 de enero de 2015). Funcionario del ICE fallece al precipitarse en un río el carro que conducía. La Nación. Recuperado de:

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 39 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 40/47	VERSIÓN 04

http://www.nacion.com/sucesos/accidentes/Funcionario-ICE-fallece-precipitarse-conducia_0_1465053624.html

9. 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.
10. 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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 41/47	VERSIÓN 04

ANEXO A

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 41 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 42/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 42 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 43/47	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-P06-2017	Página 44/47	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:

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

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 *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015* (Muñoz-Barrantes et al., 2015).

Informe LM-PIE-UP-P06-2017	Junio, 2017	Página 44 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

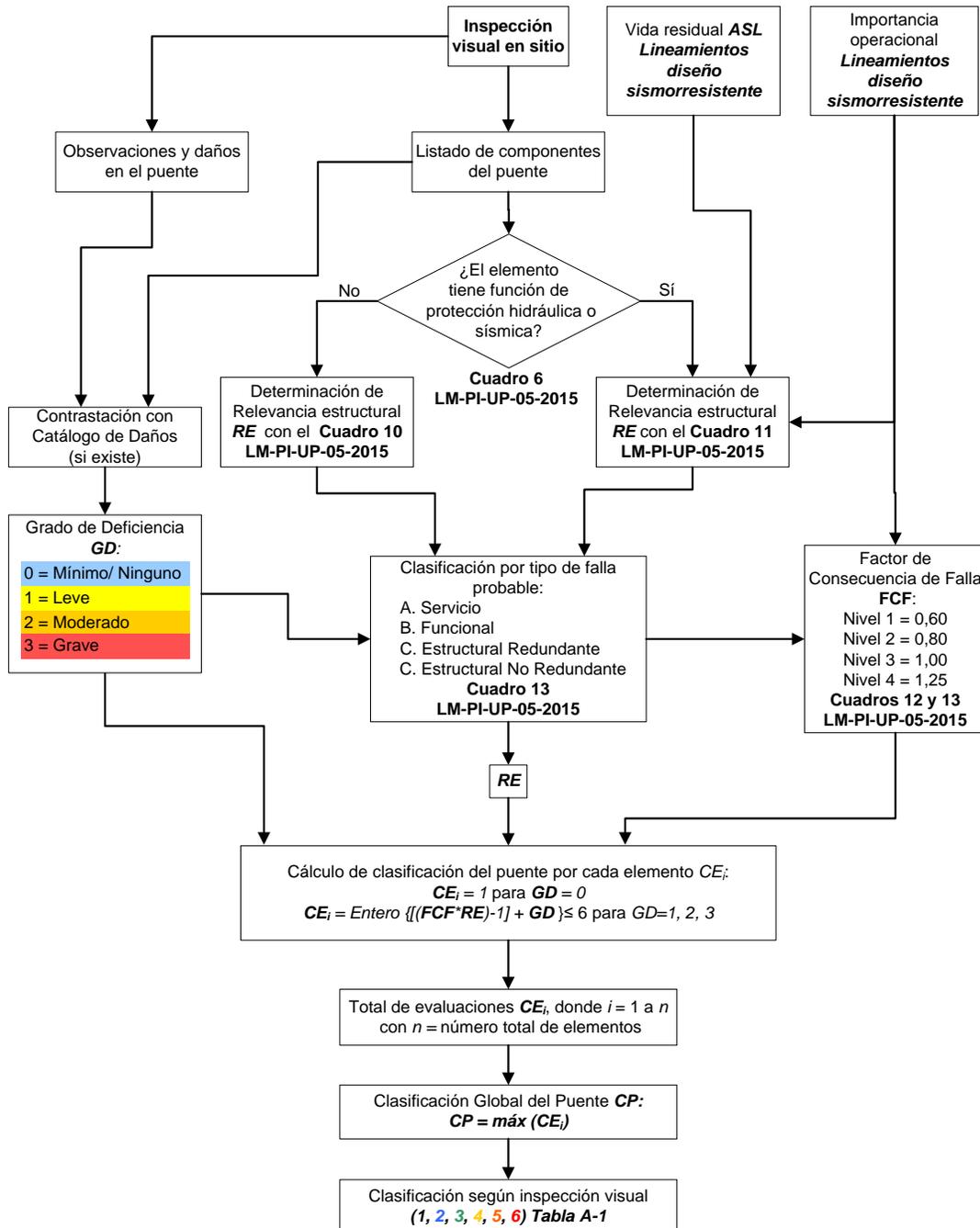


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P06-2017	Página 46/47	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-P06-2017	Página 47/47
		VERSIÓN 04

 LanammeUCR		RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual	Versión: 01 Página: 1/1		
Nombre del puente y Ruta	Rio Claro, Ruta Nacional 1	Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico		
Fecha Evaluación	4/11/2016	TPD (veh/día)	4519		
Año de construcción o diseño	1959	Vida de diseño según código (años)	50		
		DESCRIPCION DE DANOS O REFERENCIA	TIPO DE FALLA		
ELEMENTO	RE	GD	FCF	CE_i	
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	2	0.8	3
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	0.6	3
	Aceras	2	2	0.8	3
	Señalización Vial	1	2	0.6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	0.6	
	Iluminación	1	1	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	3	0.6	3
	Sistema de drenaje del puente	1	2	0.6	2
	Juntas de expansión	1	3	0.6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	0	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	0.8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	0.8	
SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	1	1	3
	Vigas principales de concreto o acero	3	0	1	1
	Vigas diafragma de concreto o acero	2	0	0.8	1
	Sistema de arriostramiento de acero	2	No Aplica	0.8	
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	1	1	3
	Aletones	2	1	0.8	2
	Bastiones: Viga cabezal	3	1	1	3
	Bastiones: Cuerpo	3	0	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	2	1	3
	Llaves de corte	2	2	1	3
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	No Aplica	1	
	Dispositivos especiales	2	No Aplica	1	
	Protección de taludes de rellenos	1	0	1	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Escollera de protección	1	2	1	2
	Protección de socavación en pilas	1	No Aplica	1	
			CP =	3	
				Condición Deficiente	

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