

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 1/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P18-2017

# EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO JESÚS MARÍA RUTA NACIONAL No. 27

Preparado por:  
Unidad de Puentes  
LanammeUCR



San José, Costa Rica  
Noviembre, 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><b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b></p>	<p><b>Página 2/57</b></p>	<p>VERSIÓN 04</p>

Página intencionalmente dejada en blanco

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 3/57</b>

Información técnica del documento

<b>1. Informe:</b> LM-PIE-UP-P18-2017		<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO JESÚS MARÍA RUTA NACIONAL No.27		<b>4. Fecha del Informe</b> Noviembre, 2017	
<b>5. Organización y dirección</b> 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			
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna			
<b>7. Resumen</b> <i>Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río Jesús María, en la Ruta Nacional No. 27, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
<b>8. Palabras clave</b> Puentes, Concesión, Ruta Nacional No. 27, río Jesús María, Evaluación de condición.		<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>10. Núm. de páginas</b> 57
<b>11. Inspección e informe por:</b> Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	<b>12. Revisado y aprobado por:</b> Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes		
<b>13. Revisado por:</b> Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR	<b>14. Revisado y aprobado por:</b> Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 4/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

Página intencionalmente dejada en blanco

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 5/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3. ALCANCE DEL INFORME .....</b>	<b>8</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....</b>	<b>14</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....</b>	<b>51</b>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 6/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 7/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Jesús María, en la Ruta Nacional No. 27, 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 13 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  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 8/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

### 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.

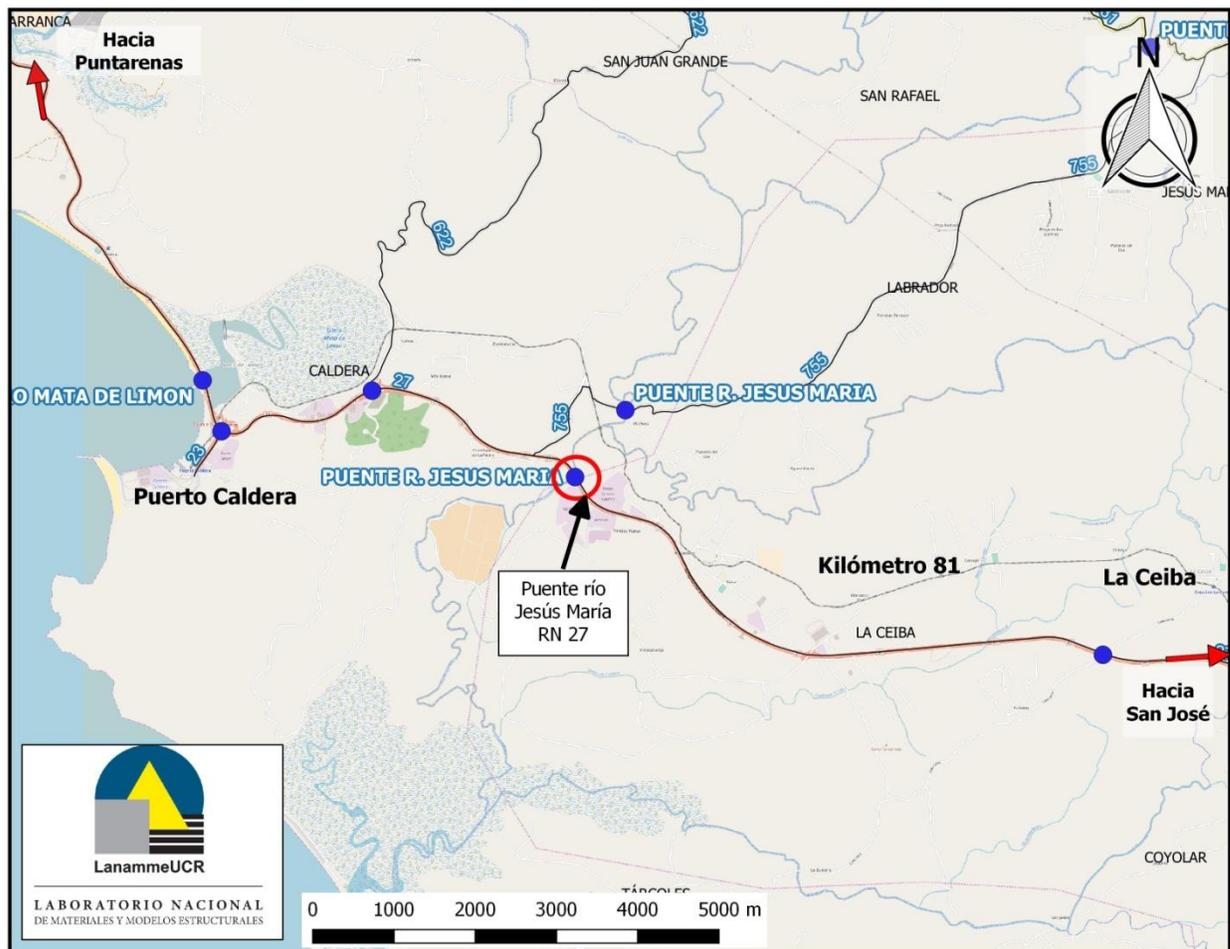
Las dimensiones de los elementos del puente se obtienen de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Estas dimensiones se verifican mediante mediciones realizadas en sitio de varios elementos clave del puente. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar para completar 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.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 9/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

#### 4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 27 (Carretera José María Castro Madriz), en la sección de control 21441 y cruza el río Jesús María. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito La Ceiba, del cantón de Orotina, en la provincia de Alajuela. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 9°54'41.3"N de latitud y 84°40'17.4"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.



**Figura A.** Ubicación geográfica del puente.  
 (Adaptado de Open Street Maps, 2017)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 10/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 11520 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 (MOPT, 2015a). Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 11 % (1260 vehículos), de los cuales el 5 % (577 vehículos) corresponde a camiones de 5 o más 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, se tuvo acceso a los planos de rehabilitación tal como fue construido el puente (“as-built”), según se indica en el cajetín de las láminas. No se tuvo acceso a los planos de diseño originales del puente. 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 de rehabilitación.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 11/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



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

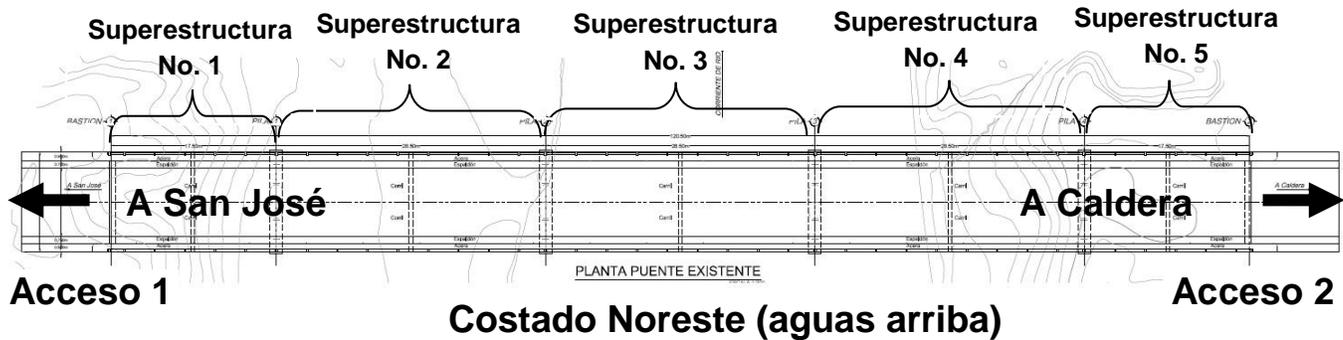


**Figura C.** Vista lateral

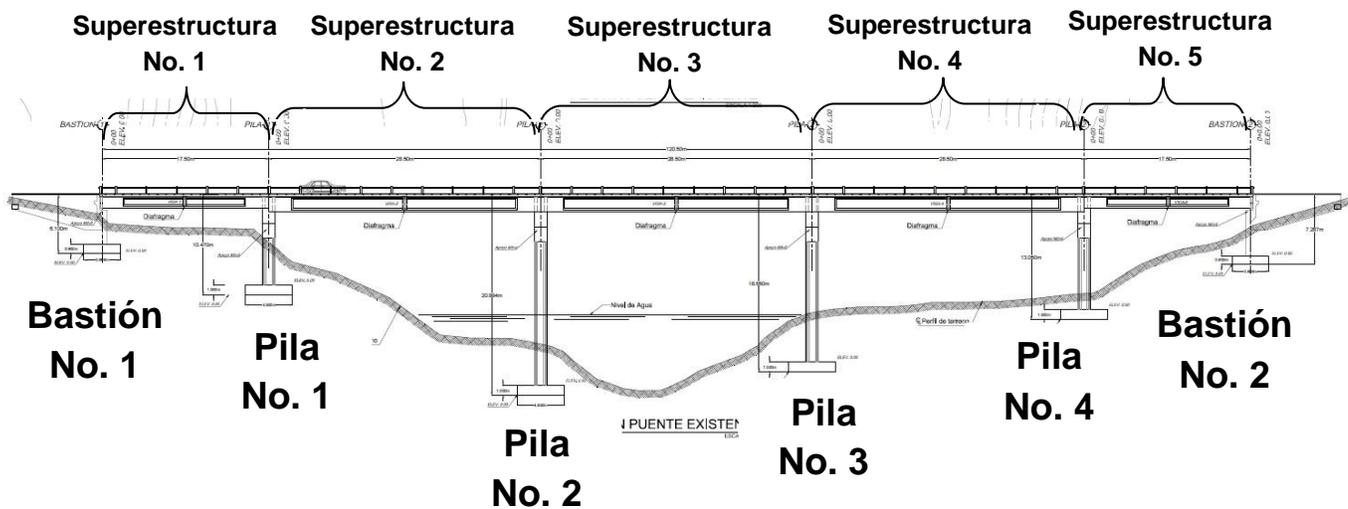
Informe LM-PIE-UP-P18-2017	Noviembre, 2017	Página 11 de 57
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 12/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

### Costado Suroeste (aguas abajo)



(a) Vista en planta



(b) Elevación

**Figura D.** Identificación utilizada para el puente sobre el río Jesús María.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>		<b>Página 13/57</b>

**Tabla No. 1.** Características básicas del puente.

<b>Geometría</b>	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	121
	Ancho total (m)	10,5
	Ancho de calzada (m)	8,7
	Número de tramos	5
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	2
<b>Superestructura</b>	Número de superestructuras	5
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructuras 1, 2, 3, 4 y 5, simplemente apoyadas con vigas principales tipo I de concreto preesforzado
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado sobre paneles prefabricados de concreto
<b>Apoyos</b>	Tipo de apoyo en bastiones	Bastiones 1 y 2: apoyos móviles
	Tipo de apoyo en pilas	Pilas 1, 2, 3 y 4: apoyos iniciales móviles, apoyos finales móviles
<b>Subestructura</b>	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 4
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2: tipo muro en voladizo de concreto reforzado (Determinados según planos de rehabilitación)
	Tipo de pilas	Pilas 1, 2, 3 y 4: tipo columna sencilla con cabezal tipo martillo de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastiones y pilas: Cimentación tipo placa (según planos de rehabilitación)
<b>Diseño y construcción</b>	Año de diseño	No se tiene información
	Año de construcción	1982
	Especificación de diseño original	No se tiene información
	Carga viva de diseño original	No se tiene información
	Año de reforzamiento/rehabilitación	2009
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	AASHTO Standard 2002
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	HS20-44+25%

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 14/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## 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.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 15/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 2.** Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>Se observó agrietamiento vertical en algunos postes de la barrera vehicular de concreto de las superestructuras 3 y 4, lo cual, se pudo deber a impactos en accidentes de tránsito. En la barrera del costado noreste de la superestructura 4 se encontraron desprendimientos de concreto en uno de los postes y en otro se encontraron nidos de piedra (ver figura 1).</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 anterior que no los consideraba y no fue rehabilitada en el 2009.</p> <p>Un sistema de contención no acorde con las condiciones actuales de tránsito de la ruta, aumenta el riesgo de que ante el impacto de un vehículo la barrera no se desempeñe adecuadamente.</p>	1	2	<p>Incluir dentro de un programa de mantenimiento periódico el sello de las grietas de la barrera, la reparación de los nidos de piedra y de los desprendimientos.</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>Revisar si la barrera vehicular tiene capacidad estructural para cumplir con las especificaciones para el nivel de contención TL-4 como mínimo, utilizando los métodos indicados en el Apéndice A13 del capítulo 13 de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014).</p> <p>Si se determina que el sistema no tiene capacidad estructural, decidir entre reforzar la barrera existente o sustituirla por un sistema cuya capacidad se haya demostrado para un nivel de contención TL-4 como mínimo, evaluando mediante pruebas la suficiencia estructural, el riesgo para los ocupantes de un vehículo que impacte contra el sistema y el comportamiento del vehículo posterior al impacto (AASHTO, 2014).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 16/57</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>No se encontró un sistema de contención vehicular en el costado noreste del acceso 1 (ver figura 2-(c)) debido a que existe un acceso a una propiedad privada. Esta situación representa un riesgo de caída al cauce del río en un accidente de tránsito por salida de vía.</p> <p>El guardavía suroeste del acceso 1 aparenta no tener una longitud suficiente para evitar que un vehículo impacte los objetos fijos al costado de la carretera, en caso de un accidente por salida de vía (ver figura 2-(a))</p> <p>Las transiciones de los guardavías a la barrera rígida del puente tienen detalles que aparentemente podrían no desempeñarse adecuadamente en un accidente de tránsito, como por ejemplo: el detalle de los pernos de conexión. Adicionalmente, en las conexiones de los guardavías del acceso 2 se observó faltante de pernos (ver figura 2-(e) y (g))</p> <p>Además, los guardavías de ambos accesos se encontraron deformados (ver figura 2-(b), (d) y (f)). Estas deformaciones aparentan ser constructivas y podrían afectar el desempeño de los sistemas ante un impacto vehicular en un accidente de tránsito.</p>	3	3	<p>Colocar un sistema de contención vehicular en el costado noreste del acceso 1.</p> <p>Revisar si los detalles de los guardavías y de las transiciones al sistema de contención vehicular del puente están conforme a las recomendaciones del fabricante del sistema y a las disposiciones del <i>Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera</i> (Valverde, 2011).</p> <p>Corregir los detalles de los guardavías y las transiciones de acuerdo con la revisión realizada.</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento periódico donde se atiendan las deficiencias del sistema de contención vehicular de los accesos.</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		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 17/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente tiene bordillos de seguridad de 0,70 m de ancho que se podrían utilizar como acera. Sin embargo, el ancho de bordillo no cumple con el ancho requerido por la Ley 7600 (ver figura 3).</p> <p>El día de la visita al sitio no se observaron peatones sobre el puente, ni hay poblados cercanos que motiven el uso peatonal del puente.</p>	0	1	Ninguna
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	Sólo se observó un rótulo de identificación en el acceso 2 del puente.	NA	NA	<p>Colocar rótulos de identificación en el acceso 1.</p> <p>Considerar la posibilidad de incluir en los rótulos de identificación de ambos accesos el número de ruta nacional, además del nombre del puente.</p>
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> <li>• Captaluces</li> <li>• Demarcación horizontal</li> <li>• Delineadores verticales</li> <li>• Marcadores de objeto</li> </ul>	<p>La demarcación horizontal se observó en condición regular según la Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica (Zamora-Rojas et al., 2012) debido a que se encontró desgaste de la pintura de líneas de centro y de borde (ver figura 3).</p> <p>Solo se encontraron captaluces en las líneas de borde, los cuales, se encontraban en buena condición</p> <p>No se encontraron marcadores de objetos ni delineadores verticales frente a la barrera ni frente a los guardavías (ver figura 2).</p>	1	1	<p>Establecer un programa de atención periódica al puente donde se incluya la colocación de marcadores de objeto frente a la barrera del puente, la colocación de captaluces en la línea centro y en general el mantenimiento de la señalización horizontal.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 18/57</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.6. Iluminación	No hay iluminación en el puente ni en los accesos. Se evidencia que no se requiere, siempre que se brinde la demarcación adecuada y su mantenimiento.	0	1	Ver 2.5 Señalización.

**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>El puente tiene una carpeta asfáltica como superficie de rodamiento. No fue posible medir en sitio el espesor de la superficie. En los planos "as-built" de la rehabilitación del puente se indica una superficie de rodamiento asfáltica de 50 mm de espesor.</p> <p>La carpeta asfáltica se evaluó según el <i>Manual de Auscultación Visual de pavimentos de Costa Rica MAV-2016</i> (MOPT, 2016) y se observaron los siguientes deterioros (ver figura 3):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste superficial de severidad media: <i>"La pérdida de la matriz de agregado fino es notable y los bordes de agregado grueso pueden estar expuestos hasta ¼ de la anchura (del lado más largo) del agregado grueso debido a la pérdida de la matriz de agregado fino."</i> (MOPT, 2016)</li> </ul> <p>(Continúa en la página siguiente)</p>	1	1	<p>Verificar que el espesor de la superficie de rodamiento asfáltica del puente tiene el espesor de 50 mm especificado en los planos "as-built" de la rehabilitación del puente y prohibir la colocación de sobrecapas adicionales.</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente donde se atiendan los deterioros en la superficie de rodamiento asfáltica. Siguiendo en donde aplique las "posibles acciones de intervención" definidas para cada tipo de deterioro según su severidad en el <i>Manual de Auscultación Visual de pavimentos de Costa Rica MAV-2016</i> (MOPT, 2016)</p> <p>También, seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el capítulo 3 del <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 19/57</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.1. Superficie de rodamiento del puente	<p><i>(Continúa de la página anterior)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimientos de agregados con severidad media: <i>“Desprendimiento considerable de agregados, al menos 20 partículas de agregado por metro cuadrado.”</i> (MOPT, 2016)</li> <li>Exudación de severidad baja: <i>“(…) ha ocurrido en pequeña medida (…), el asfalto no se pega a los zapatos o vehículos, se hace visible la coloración algo brillante de la superficie.”</i> (MOPT, 2016)</li> </ul>	1	1	Ver recomendaciones en la página anterior
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 3). En el bordillo de seguridad del puente que funciona como acera 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 3). La acumulación de agua en la calzada podría generar un riesgo de accidentes de tránsito por hidroplaneo de los vehículos.</p> <p>Los ductos de salida del sistema de drenaje son cortos y descargan directamente sobre las vigas principales externas, generando manchas de humedad (ver figura 4).</p> <p><i>(Continúa en la página siguiente)</i></p>	3	3	<p>Establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya la limpieza del sistema de drenaje del puente.</p> <p>Evaluar la posibilidad de colocar extensiones en los ductos de drenaje que descarguen el agua lejos de los elementos estructurales de la superestructura. Considerar las disposiciones del artículo 2.6.6.4 de <i>AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2016) para la colocación de los ductos de descarga.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 20/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p><i>(Continúa de la página anterior)</i></p> <p>La descarga directa de agua sobre los elementos de concreto del puente podría acelerar su deterioro.</p>	3	3	Ver recomendaciones en la página anterior
3.3. Juntas de expansión	<p>Las juntas de expansión se encontraban cubiertas totalmente por un material de apariencia bituminosa (ver figura 5).</p> <p>La membrana elastomérica de la junta 1 se observó con roturas.</p> <p>Además, todas las juntas permiten el ingreso de agua, lo cual, se comprobó al observar las vigas cabezales de pilas y bastiones con más del 50 % del área de las caras expuestas cubiertas por manchas de humedad, lo cual, evidencia el mal funcionamiento del sello impermeable (ver figura 6).</p>	3	3	<p>Eliminar el material colocado sobre los sellos de las juntas de expansión para evaluar el estado de las juntas. y determinar las acciones a seguir de acuerdo con su estado de conservación.</p> <p>De acuerdo con la evaluación realizada después de eliminar el material sobre las juntas decidir si se deben reparar los sellos de las juntas, utilizando un sistema impermeable, o si es necesario sustituir las junta por completo, realizando para esto último 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, 2015b)</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 21/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**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	<p>La carpeta asfáltica se evaluó según el <i>Manual de Auscultación Visual de pavimentos de Costa Rica MAV-2016</i> (MOPT, 2016) y se observaron los siguientes deterioros (ver figura 8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exudación de severidad baja (MOPT, 2016) (ver criterio en punto 3.1) en ambos accesos y en toda el área.</li> <li>• La superficie de rodamiento del acceso 1 se observó con grietas en arco de severidad media en un área de aproximadamente 4 m<sup>2</sup>: "(...) el ancho promedio de la grieta está entre 10 mm y 40 mm" y "el área alrededor de la grieta está ligeramente fracturada o rodeada de grietas más pequeñas." (MOPT, 2016).</li> <li>• La superficie de rodamiento del acceso 2 se observó con grietas en bloque de severidad baja, en aproximadamente un área de 10 m<sup>2</sup>: "Ancho menor a 6 mm" (MOPT, 2016).</li> <li>• En ambos accesos se observó en toda el área desgaste superficial de severidad media y desprendimientos de agregados con severidad media (MOPT, 2016) (ver criterio en punto 3.1)</li> </ul>	2	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento siguiendo en donde aplique los procedimientos especificados en el capítulo 3 del <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b) donde se incluya la atención a la superficie de rodamiento de los accesos.</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>		<b>Página 22/57</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	<p>Los taludes de los rellenos de aproximación a los costados de los bastiones presentaban leve colapso debido a la erosión por agua de escorrentía superficial (ver figura 9)</p> <p>Esto ha provocado que se acumulen suelo y basura en la zona de asiento de los bastiones (ver figura 9-(d))</p>	1	2	<p>Reconformar los taludes contiguos a los bastiones para evitar que el agua de escorrentía arrastre suelo y sedimentos.</p> <p>Evaluar la posibilidad de proteger contra la erosión los taludes contiguos a los bastiones.</p>
3.6. Muros de retención de los accesos	No se observaron muros de retención	NA	NA	Ninguna
3.7. Losa de aproximación	No se tuvo acceso visual a la losa de aproximación de los accesos ni se tiene información de su existencia en los planos "as-built" de la rehabilitación del puente.	NI	NI	Ninguna
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	Solo se observó un sistema de drenaje en el costado noroeste del acceso 1, el cual, tenía basura y sedimentos (ver figura 7). Sin embargo, aparentemente no es efectivo al recolectar el agua y mantenerla lejos del bastión, porque, como se indicó en el punto 3.5, el agua que escurre por los taludes ha provocado colapso leve de los taludes (ver figura 9).	NA	NA	Evaluar la posibilidad de construir un sistema de drenaje en los accesos considerando las características hidrológicas de la zona e hidráulicas de los accesos.
3.9. Vibración	Se percibió vibración con el paso de vehículos pesados que se disipa poco tiempo después de que pasa el vehículo, lo cual, se considera normal.	NA	NA	Ninguna

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 23/57</b> <b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de concreto.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto).	<p>En la cara inferior del tablero de todas las superestructuras se observaron losetas que se apoyan entre vigas, las cuales, no están especificadas en los planos “as-built” de la rehabilitación de la estructura.</p> <p>Estas losetas se observaron con grietas entre 0,30 mm y 1,0 mm de ancho, espaciadas entre 0,30 m y 1,0 m (ver figura 12).</p> <p>Además, se encontraron desprendimientos de concreto dispersos en varias losetas con diámetros mayores que 150 mm y profundidades mayores que 25 mm. En la mayor parte de estos desprendimientos se encontraron elementos de madera adheridos, que aparentemente no fueron retirados desde la rehabilitación (ver figura 10). Además, en los desprendimientos se encontró acero de preesfuerzo de las losetas expuesto y corroído (ver figura 12).</p> <p>En las juntas entre losetas se encontraron manchas blancas posiblemente producidas durante el proceso constructivo. Además, en algunos puntos se encontraron manchas de residuos que expulsan los murciélagos que se posan en esos puntos (ver figura 11).</p> <p>No se tuvo acceso visual de la cara superior del tablero debido a la carpeta asfáltica que posee sobre el mismo.</p>	1	3	<p>Realizar una inspección detallada del tablero para determinar la extensión, severidad y causa de los daños.</p> <p>Si se determina que los daños observados no afectan la capacidad de carga del tablero, aún así se recomienda reparar los deterioros utilizando métodos adecuados de acuerdo al tipo y nivel de deterioro, para maximizar la vida útil del tablero.</p> <p>Seguir en donde apliquen los procedimientos especificados en el <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b).</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 24/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.2. Vigas principales de concreto	<p>Las vigas principales de las superestructuras 1, 2, 4 y 5 presentaban nidos de piedra puntuales principalmente ubicados en los bordes de las caras (ver figura 14)</p> <p>También, se observó en forma generalizada en todas las vigas un aparente ataque por contaminación química del concreto con sulfatos, el cual, podría estar relacionado con productos utilizados en plantaciones agrícolas que se encuentran contiguas al puente. Esta contaminación química se muestra como manchas oscuras que progresivamente han degradado el concreto de la cara inferior de las vigas (ver también IMCYC, 2006 y ACI, 2001). En algunos puntos, como algunas vigas del tramo 1, tramo 2 y tramo 5 se midió una profundidad de degradación de 10 mm como máximo. No hay evidencia de que esta degradación haya alcanzado aún al acero de refuerzo, pero en estas zonas deterioradas se hizo una prueba de fenolftaleína brindando como resultado que el concreto superficial está carbonatado. (ver figura 13)</p> <p>No se tuvo acceso visual a las vigas de la superestructura 3 debido a la presencia de un cocodrilo en el río.</p>	1	3	<p>Realizar una inspección detallada de las vigas para determinar si ha iniciado un proceso de ataque químico con sulfatos por contaminación del concreto y si el acero ha sido afectado. Para esto, se debería hacer uso de una combinación de ensayos no destructivos y destructivos. Determinar además la extensión y severidad del deterioro. Con base en los resultados de la inspección detallada, definir las labores de atención inmediata que se deben realizar.</p>
4.3. Vigas Diafragma	No se observaron daños	0	1	Ninguna

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 25/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de la subestructura.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>Se observaron sedimentos y basura en la zona de asiento de ambos bastiones producto de la erosión de los taludes de los rellenos de aproximación a los costados de los bastiones y por el deterioro del sello de las juntas de expansión.</p> <p>Esta situación podría obstruir el funcionamiento de los apoyos e iniciar el proceso de deterioro.</p> <p>En la pila 1 se observó un apoyo elastomérico sin soporte en una de sus esquinas debido a un desprendimiento de concreto en la viga cabezal (Ver figura 17)</p> <p>No se tuvo acceso visual a los apoyos de las pilas 2, 3 y 4.</p>	1	3	<p>Limpiar los sedimentos de la zona de apoyos de ambos bastiones.</p> <p>Ver las recomendaciones en 5.4 para reparar los desprendimientos de concreto de la viga cabezal de la pila 1.</p>
5.2. Bastiones	<p>En el bastión 2 se encontraron nidos de piedra en la base de la ampliación de la viga cabezal que se realizó en el 2009 (ver planos "as-built"), con diámetro mayor que 100 mm (ver figura 16).</p> <p>Además, se encontró una separación que se asemeja a una grieta entre el suelo del talud frontal y la ampliación de la viga cabezal del bastión 2 (ver figura 16).</p> <p>No se observaron daños en el bastión 1.</p>	1	3	<p>Reparar el concreto de los nidos de piedra siguiendo 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, 2015b).</p> <p>Monitorear de forma visual en futuras inspecciones si se nota un avance en la separación entre la ampliación de la viga cabezal y el suelo circundante, para tomar las acciones que se requieran en caso de que se considere necesario.</p>
5.3. Aletones	No se observaron daños	0	1	Ninguna

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 26/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	<p>En la pila 1 se observaron desprendimientos de concreto con profundidad menor que 25 mm y diámetro menor que 100 mm (ver figura 18), producto de delaminación del concreto por corrosión en el acero de refuerzo.</p> <p>Además, en la pila 1 se encontró un desprendimiento de concreto en la parte superior de la viga cabezal que ha dejado expuesto parte del acero de refuerzo (ver figura 17).</p> <p>Las vigas cabezal de las pilas 2, 3 y 4 se inspeccionaron a la distancia y no se observaron daños.</p> <p>No se observaron daños en el cuerpo de las pilas 2 y 3. El cuerpo de la pila 2 se observó desde una distancia aproximada de 30 m debido a que se encuentra dentro del cauce del río (ver punto 5.5). La pila 3 se inspeccionó desde el nivel de terreno y desde una distancia de aproximadamente 15 m debido a su cercanía con la ribera del río donde se observó la presencia de un cocodrilo.</p> <p>En la pila 1 y 4 se encontraron agujeros realizados posiblemente para extraer núcleos, que no fueron reparados (ver figura 20).</p> <p>En todas las vigas cabezal y cuerpo de las pilas se observaron manchas de humedad producto del ingreso de agua a través de las juntas.</p>	1	3	<p>Incluir la limpieza de las superficies de las pilas en un programa de mantenimiento periódico.</p> <p>Realizar una inspección detallada de las pila 1 para determinar la extensión de acero de refuerzo que puede estar corroído, utilizando una combinación de ensayos no destructivos y destructivos. Determinar además la severidad del deterioro. Con base en los resultados de la inspección detallada, definir las labores de atención inmediata que se deben realizar.</p> <p>Verificar por medio de una inspección visual con métodos de acceso para acercarse más a las pilas, si se requiere realizar evaluaciones con ensayos no destructivos y destructivos en otras pilas.</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, 2015b)</p> <p>Ver las recomendaciones brindadas en 3.3. <i>Juntas de expansión</i></p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 27/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	<p>La pila 2 está dentro del cauce del río y a la distancia se observó la cara superior de la placa de cimentación (Ver figura 19). En los planos "as-built" se indica una cimentación tipo placa, que representaría un riesgo alto en caso de que existiera socavación del terreno bajo la placa. Sin embargo, según se observa en los planos, la rehabilitación realizada no incluyó la intervención de las cimentaciones del puente, por lo cual, no hay certeza que la cimentación sea del tipo que aparece en los planos. Esta situación se observó también en una inspección realizada en marzo de 2013 (ver figura 19)</p> <p>No se observaron evidencias de asentamiento o inclinación que indiquen pérdida de soporte de la pila 2.</p> <p>No fue posible inspeccionar si existía socavación bajo la placa de la pila 2 ya que se encontró un cocodrilo en el cauce del río.</p> <p>No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones 1 y 2 y de las pilas 1, 3 y 4 ya que se encuentran enterradas.</p>	1	4	<p>Evaluar la posibilidad de realizar una inspección bajo el agua para determinar el tipo de cimentación y si se está socavando el material bajo la pila, considerando con las respectivas autoridades el manejo de animales peligrosos en el río y aplicando medidas de seguridad para mitigar este riesgo.</p> <p>Mientras se deciden las labores por realizar en el puente, monitorear al menos una vez cada año y después de cada período de lluvia intensa lo siguiente: el alineamiento vertical de la pila 2, el estado de la junta 3, el nivel de la calzada y si se observa la condición de la placa de cimentación.</p> <p>De manera paralela a la evaluación, diseñar y planificar la construcción de una rehabilitación de la subestructura que incluya medidas de atención a la socavación observada en la pila 2 y la protección de las pilas del puente considerando las características del río determinadas mediante un estudio hidrológico e hidráulico Ver 6.3 <i>Protección de socavación en pilas.</i></p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 28/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**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>No fue posible medir la longitud de asiento en pilas y bastiones en sitio.</p> <p>Los planos de rehabilitación “as-built” de la estructura no tienen detalles de donde se pueda obtener la longitud de asiento.</p> <p>No obstante, parte de la rehabilitación del puente consistió en la colocación de dispositivos para prevención de colapso en caso de sismo y la ampliación de la longitud de asiento disponible para el puente.</p>	NI	NI	Ninguna
6.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	<p>El puente contaba con llaves de corte de concreto en los bastiones y elementos de acero que funcionan como llaves de corte y dispositivos de prevención de colapso en las pilas (ver figura 10).</p> <p>No se observaron daños en estos elementos.</p>	0	1	Ninguna
6.3. Protección de taludes de relleno	<p>No se observaron protecciones contra la erosión en los taludes del relleno de aproximación ubicados a los costados de los bastiones. En estos taludes se encontraron colapsos leves por erosión que han permitido que se acumulen sedimentos en la zona de asiento de los bastiones (ver figura 9).</p>	3	3	Evaluar la necesidad de construir protecciones contra la erosión en los taludes del relleno de aproximación ubicados a los costados del puente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 29/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.4. Protección de taludes frente al bastión	No se observaron protecciones de los taludes frente a los bastiones y parecen no ser requeridas ya que el río no interactúa con los bastiones.	NA	NA	Ninguna
6.5. Protección de socavación en pilas	Ninguna de las pilas tiene protección contra la socavación. Existe probabilidad que en una crecida todas las pilas interactúen con el río, dado que se encuentran ubicadas en la planicie de inundación.  La pila 2 del puente se encuentra dentro del cauce normal del río y presentaba socavación que ha dejado al menos la parte superior de la placa de cimentación expuesta (ver figura 19).	3	4	Diseñar y planificar la construcción de medidas de protección para las pilas del puente, después de evaluar la severidad de la socavación observada en la pila 2 con una inspección detallada y considerando las características del río determinadas mediante un estudio hidrológico e hidráulico.  <i>Ver 5.5 Cimentaciones (pilas y bastiones)</i>
6.6. Cauce del río	El río hace una curva en su alineamiento aguas arriba (costado noreste) del puente que podría afectar en caso de una crecida extrema del río (ver figura 21 y figura A (mapa)).  Tras un análisis visual de ortofotos del año 2005 y fotografías satelitales de los años 2003, 2012, 2013, 2016 y 2017, se evidencia que el río tuvo un cambio considerable en el alineamiento en el periodo entre los años 2005 y 2012, de manera que desde el 2012 impacta con una curva la margen derecha aproximadamente 30 m antes de entrar bajo el puente.	NA	NA	Realizar un estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río que incluya recomendaciones para protección del cauce y mitigación de socavación en las pilas.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 30/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



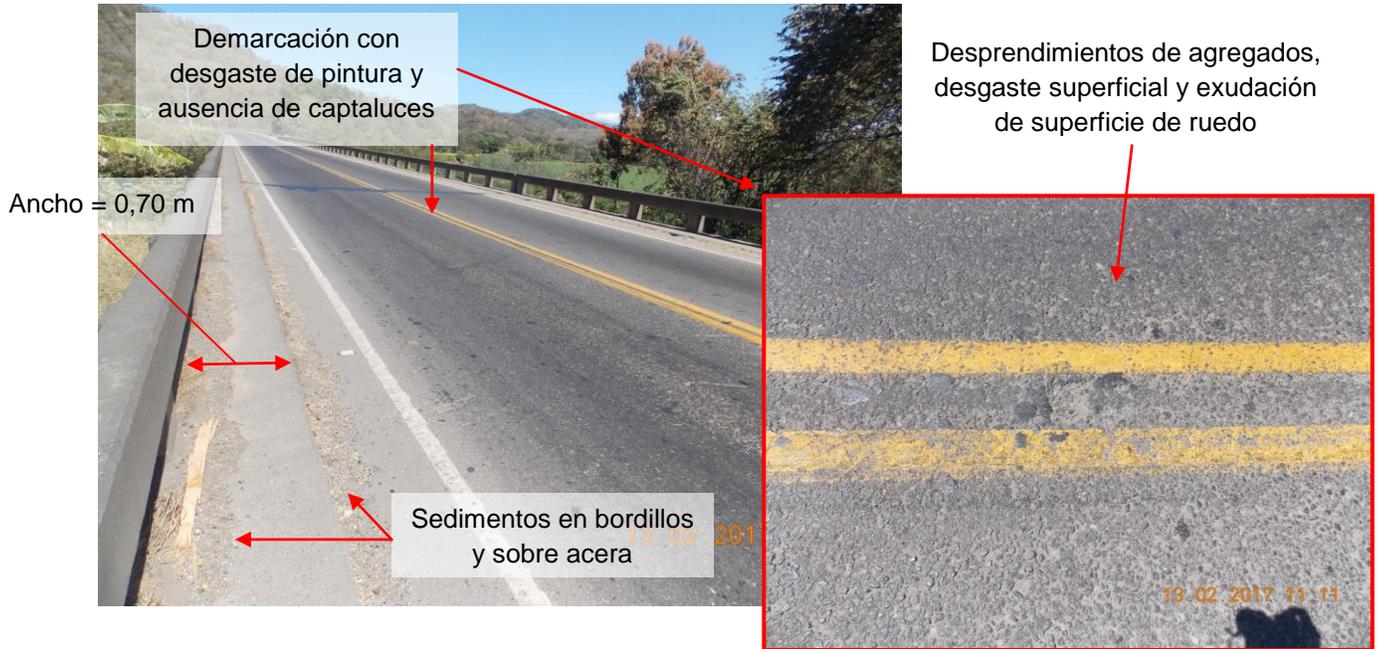
**Figura 1.** Grietas, desprendimientos y nidos de piedra en postes de la barrera vehicular del costado aguas abajo.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 31/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura 2.** Deficiencias en guardavías.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 32/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

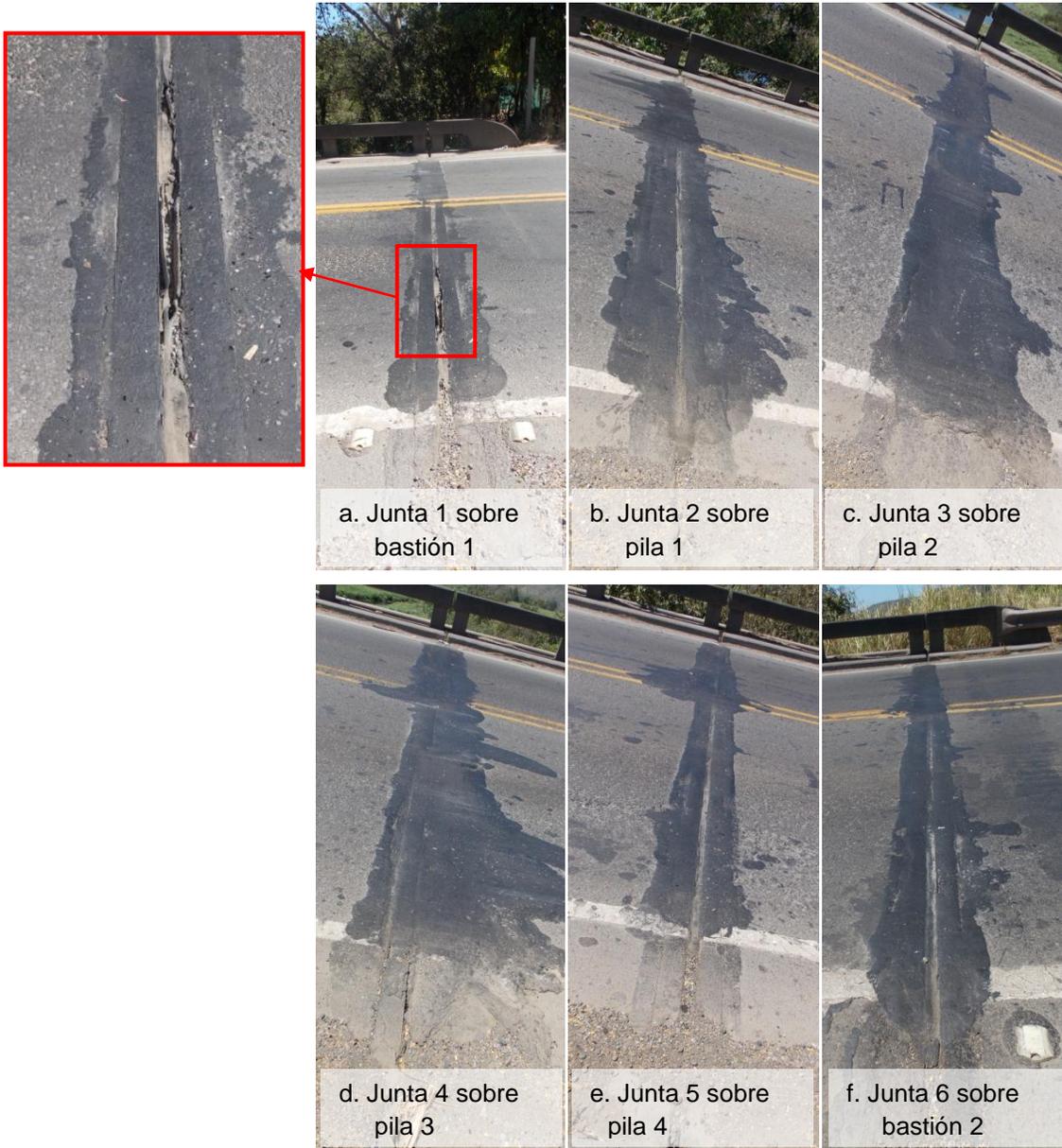


**Figura 3.** Ancho de bordillos que funcionan como acera, demarcación en estado regular, ausencia de captaluces en línea de centro, entradas del sistema de drenaje obstruidas por sedimentos y maleza, desgaste superficial, desprendimiento de agregados y exudación de la superficie de rodamiento asfáltica sobre el puente.



**Figura 4.** Descarga de sistema de drenaje sobre vigas principales.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 33/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura 5.** Juntas de expansión cubiertas totalmente con asfalto sin contracción y deformación de sello en junta 1.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 34/57</b>



**Figura 6.** Manchas de humedad en los elementos de la superestructura producto del ingreso de agua a través de las juntas.



**Figura 7.** Basura en el sistema de drenaje del costado aguas arriba del acceso 1.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 35/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



a. Grietas en arco en acceso 1



b. Grietas en bloque en acceso 2

**Figura 8.** Grietas y desgaste de la superficie de rodamiento de los accesos.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 36/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura 9.** Colapso leve de los taludes de los rellenos de aproximación contiguos a los bastiones debido al agua de escorrentía superficial.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017	Página 37/57



**Figura 10.** Desprendimientos de concreto con trozos de madera adheridos que aparentemente no fueron retirados desde la rehabilitación.



**Figura 11.** Manchas blancas que provienen de la unión entre vigas principales y las losetas y manchas por residuos que expulsan los murciélagos. Vista de superestructura 5.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 38/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura 12.** Detalle de las grietas observadas y los desprendimientos de concreto con acero de preesfuerzo expuesto y corroído en las losetas.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código: RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 39/57</b>



**Figura 13.** Diferentes estados del posible ataque por contaminación química en distintos puntos de las superestructuras del puente.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código: RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 40/57</b>



**Figura 14.** Nidos de piedra en la cara inferior de las vigas principales ubicados cerca de los bordes.



**Figura 15.** Sedimentos en la zona de asiento que podrían obstruir el funcionamiento de apoyos.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 41/57</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura 16.** Nidos de piedra en la base de la ampliación de la viga cabezal y separación entre la ampliación de la viga cabezal y el suelo que muestra un posible asentamiento en el terreno circundante al bastión 2.

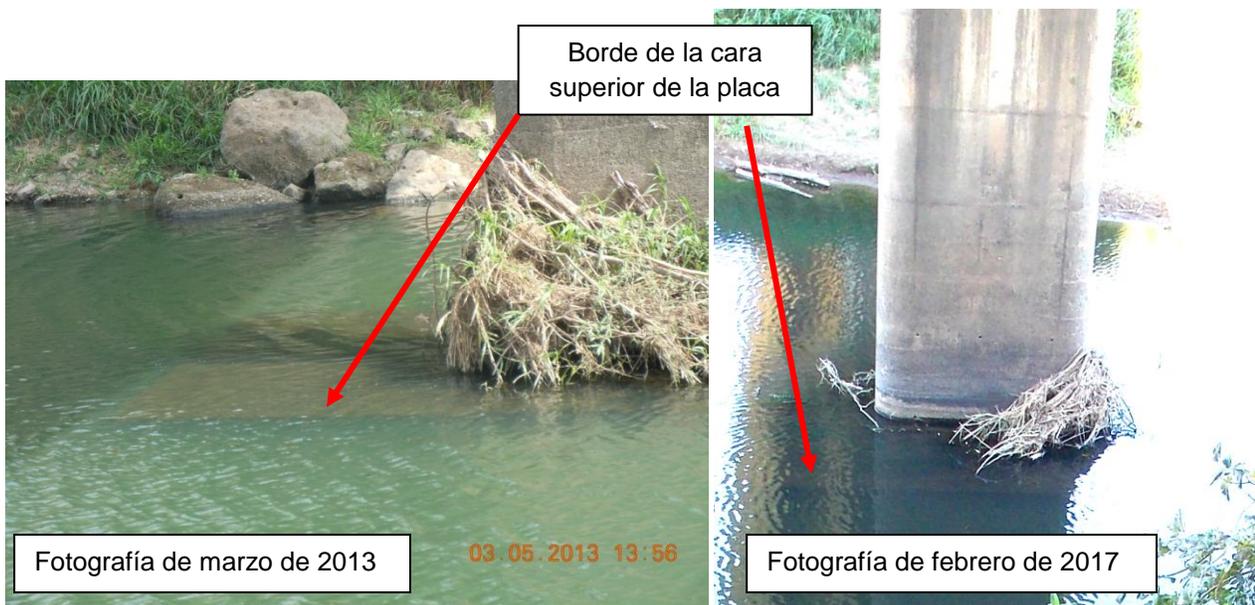


**Figura 17.** Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en la viga cabezal de la pila 1.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código: RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 42/57</b>



**Figura 18.** Desprendimientos de concreto puntuales en la viga cabezal de la pila 1. Notar que en algunos desprendimientos se observan partes de refuerzo expuesto y corroído.



**Figura 19.** Borde de la cara superior de la placa de cimentación de la pila 2 observado a través del agua.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 43/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

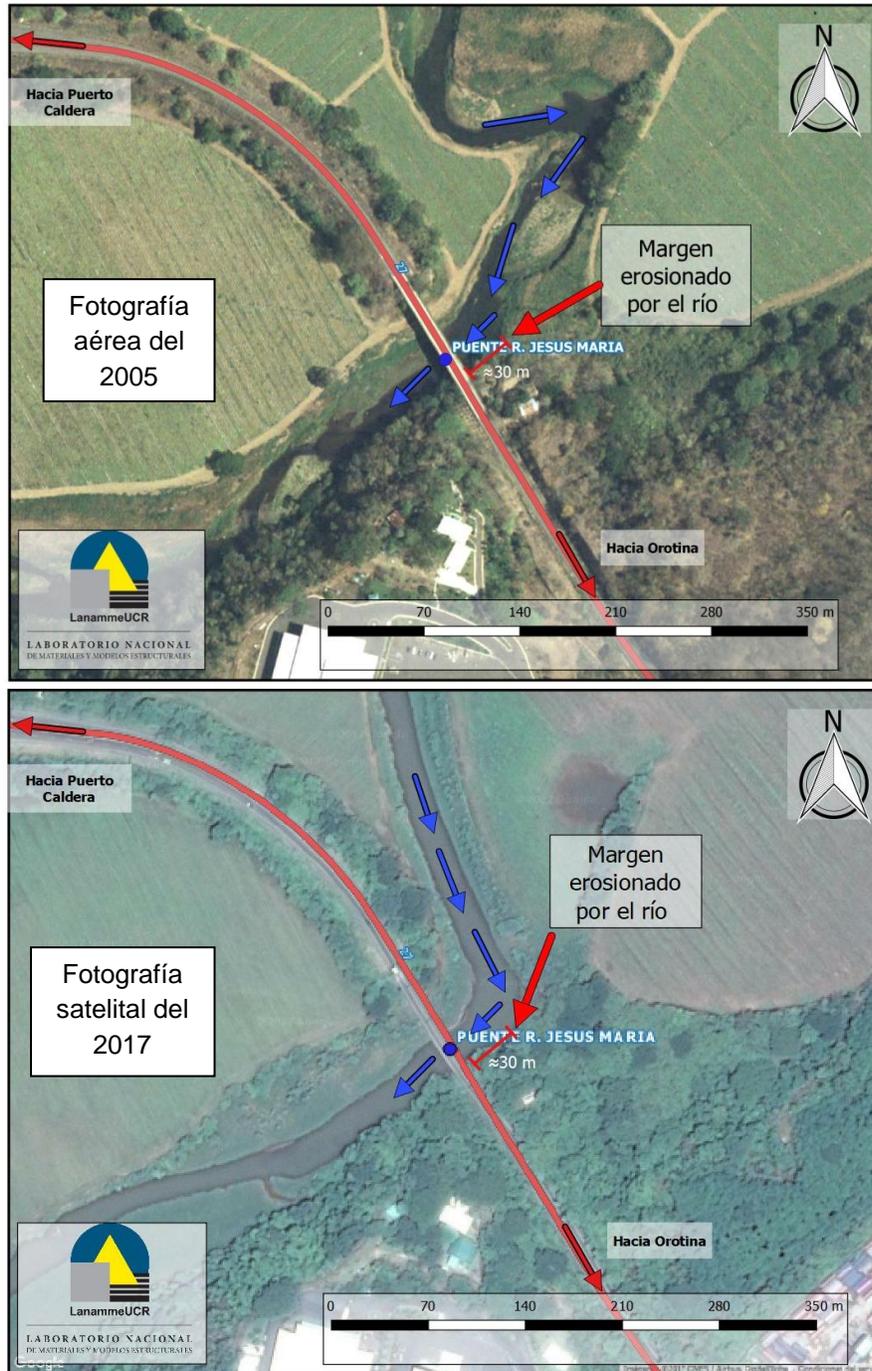


**Figura 20.** Agujero en pila 4 posiblemente por extracción de núcleo de concreto.



**Figura 21.** Alineamiento curvo del río aguas arriba del puente.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código: RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 44/57</b>



**Figura 22.** Alineamiento según fotografía del 2005 y alineamiento actual del río Jesús María que ha erosionado la margen derecha. (Adaptado de SNIT, 2007 y Google, 2017)

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>		<b>Página 45/57</b>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Jesús María ubicado en la Ruta Nacional No. 27 (Carretera José María Castro Madriz). 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 SERIA:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
4	SERIA	<p>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</p>	<p><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</p>

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. La pila 2 que está ubicada dentro del cauce normal del río y se observó la cara superior de la cimentación expuesta por socavación.
- b. Ausencia de protecciones contra la socavación en las pilas del puente.

Además, se observó lo siguiente:

- c. Posible ataque por contaminación química con sulfatos en algunas vigas principales como las del tramo 1, tramo 2 y tramo 5 debido a un (ver ACI Committee 201, 2001 y IMCYC, 2006), el cual se muestra en etapas iniciales como una mancha oscura en la superficie inferior de las vigas y en etapas más avanzadas como degradación de hasta 10 mm de recubrimiento.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 46/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

- d. Nidos de piedra en la mayoría de las vigas principales.
- e. Desprendimientos de concreto, acero de preesfuerzo expuesto y corroído y agrietamiento en todas las losetas de concreto.
- f. Desprendimientos de concreto en la pila 1 debido a delaminación por corrosión del acero de refuerzo.
- g. Sedimentos y basura alrededor de los apoyos.
- h. Nidos de piedra en la base de la ampliación de la viga cabezal del bastión 2 y separación entre el suelo circundante y la base de la ampliación.
- i. Juntas de expansión cubiertas con un material de apariencia bituminosa.
- j. Manchas de humedad en más del 50% del área de las caras de las vigas cabezales de pilas y bastiones debido a daños en el sello de las juntas de expansión. Membrana elastomérica de la junta 1 con roturas.
- k. Entradas del sistema de drenaje del puente obstruidas por sedimentos.
- l. Ausencia de sistema de contención vehicular en el costado noreste del acceso 1.

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

1. Evaluar la posibilidad de realizar una inspección bajo el agua para determinar el tipo de cimentación y si se está socavando el suelo bajo la pila, considerando con las respectivas autoridades el manejo de animales peligrosos en el río y aplicando medidas de seguridad para mitigar este riesgo.
2. De manera paralela a la evaluación, diseñar y planificar la construcción de una rehabilitación de la subestructura que incluya medidas de atención a la socavación

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 47/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

observada en la pila 2 y la protección de las pilas del puente considerando las características del río determinadas mediante un estudio hidrológico e hidráulico.

3. Mientras se deciden las labores por realizar en el puente, monitorear al menos una vez cada año y después de cada período de lluvia intensa lo siguiente: el alineamiento vertical de la pila 2, el estado de la junta 3, el nivel de la calzada y si se observa la condición de la placa de cimentación.
4. Realizar una inspección detallada de las vigas para determinar si ha iniciado un proceso de ataque químico con sulfatos por contaminación del concreto. Con base en los resultados definir las labores de atención que se deben realizar.
5. Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011).
6. Revisar si la barrera vehicular tiene capacidad estructural para cumplir con las especificaciones para el nivel de contención TL-4 como mínimo, utilizando los métodos indicados en el *Apéndice A13 del capítulo 13 de la Especificación de diseño AASHTO LRFD* (AASHTO, 2014). Si se determina que el sistema no tiene capacidad estructural, decidir entre reforzar la barrera existente o sustituirla por un sistema cuya capacidad se haya demostrado para un nivel de contención TL-4 como mínimo, evaluando mediante pruebas la suficiencia estructural, el riesgo para los ocupantes de un vehículo que impacte contra el sistema y el comportamiento del vehículo posterior al impacto (AASHTO, 2014).
7. Establecer un programa de mantenimiento, siguiendo en donde aplique los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) que incluya lo siguiente:
  - a. Reparar los desprendimientos de concreto en las vigas cabecal y agujeros por extracción de núcleos observados en las pilas 1 y 4.
  - b. Reparar el concreto de los nidos de piedra de la base de la ampliación de la viga cabecal del bastión 2.

Informe LM-PIE-UP-P18-2017	Noviembre, 2017	Página 47 de 57
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 48/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

- c. Reparar los desprendimientos de concreto de las losetas.
- d. Eliminar el material colocado sobre los sellos de las juntas de expansión para evaluar el estado de las juntas y determinar las acciones a seguir de acuerdo con su estado de conservación. De acuerdo con la evaluación realizada, decidir si se deben reparar los sellos de las juntas, utilizando un sistema impermeable, o si es necesario sustituir las juntas por completo, realizando para esto último un análisis para determinar el tipo de junta a utilizar acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.
- e. Evaluar la posibilidad de colocar extensiones en los ductos de drenaje que descarguen el agua lejos de los elementos estructurales de la superestructura. Considerar las disposiciones del artículo 2.6.6.4 de AASHTO LRFD (AASHTO, 2014) para la colocación de los ductos de descarga.
- f. Colocar un sistema de contención vehicular en el costado noreste del acceso 1.
- g. Revisar si los detalles de los guardavías y de las transiciones al sistema de contención vehicular del puente están conforme a las recomendaciones del fabricante del sistema y a las disposiciones del *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera* (Valverde, 2011) y de ser necesario corregir estos detalles.
- h. Atender los deterioros de la superficie de rodamiento asfáltica de los accesos y del puente, siguiendo también las “*posibles acciones de intervención*” definidas para cada tipo de deterioro según su severidad en el *Manual de Auscultación Visual de pavimentos de Costa Rica MAV-2016* (MOPT, 2016).
- i. Sellar las grietas, reparar los desprendimientos y los nidos de piedra de la barrera vehicular de los accesos.
- j. Atender deficiencias en los elementos de seguridad vial como guardavías, demarcación horizontal, señalización vertical.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 49/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

- k. Proteger contra la erosión los taludes de los rellenos de aproximación que están contiguos a los bastiones.
- l. Construir un sistema de drenaje en los accesos.
- m. Limpiar periódicamente todas las superficies de los elementos 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.

## 7. REFERENCIAS

1. ACI Committee 201 (2001). *Guide to Durable Concrete ACI (201.2R-01)*. American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich. pp 41.
2. AASHTO (2016). *LRFD Bridge Design Specifications. Seventh Edition with 2015 and 2016 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. Autopistas del Sol (2009). *Rehabilitación y reforzamiento sobre puente río Jesús María Est. 74+500.00*. Versión: Planos "As-built" [pdf]. Proyecto: Diseño, Provisión y Construcción de la Carretera San José-Caldera. Constructora San José-Caldera.
4. IMCYC (2006). *El concreto en la obra: problemas, causas y soluciones: Cemento y Concreto Resistente a Sulfatos*. Artículo publicado en Revista Construcción y Tecnología. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. Recuperado el 20 de octubre de 2017 de: <http://www.imcyc.com/revistact06/oct06/PROBLEMAS.pdf>
5. MOPT (2015a). *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.

Informe LM-PIE-UP-P18-2017	Noviembre, 2017	Página 49 de 57
----------------------------	-----------------	-----------------

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 50/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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. MOPT (2016). *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica: guía para profesionales MAV-2016*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
8. 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.
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.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  INFORME DE EVALUACIÓN		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 51/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

# ANEXO A

## Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 52/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

Página intencionalmente dejada en blanco

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 53/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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.
- 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

Informe LM-PIE-UP-P18-2017	Noviembre, 2017	Página 53 de 57
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 54/57</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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:

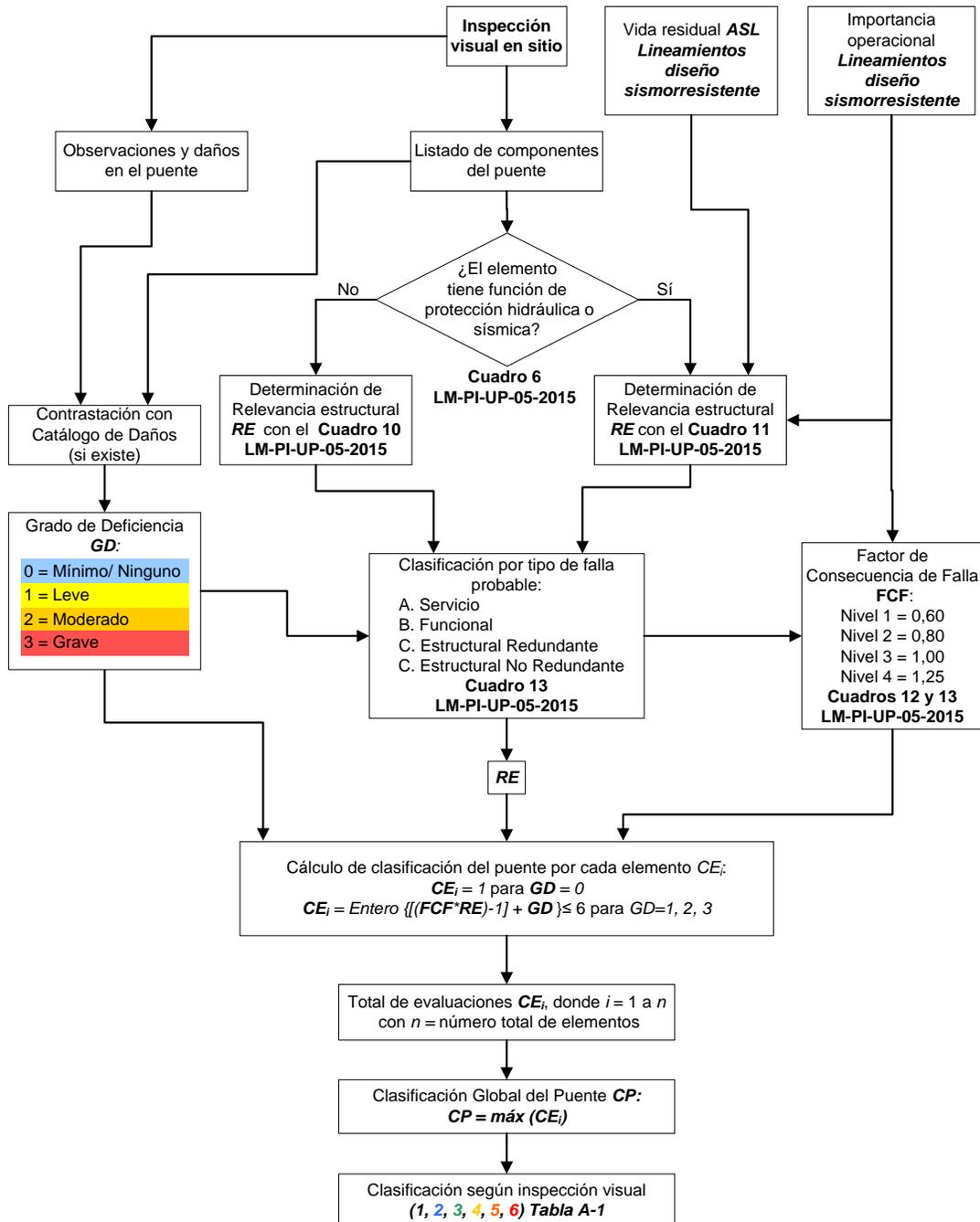
- **Condición Evaluada (CE):** Esta variable representa la condición del elemento en evaluación. Se obtiene al combinar el GD, la RE y el FCF en la siguiente ecuación:

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

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 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**

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 56/57</b>

**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

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P18-2017</b>	<b>Página 57/57</b>

 LanammeUCR		RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual	Versión: 01 Página: 1/1				
<b>Nombre del puente y Ruta</b>	Puente río Jesús María - Ruta No. 27	<b>Importancia Operacional (LDSP 2013)</b>	Crítico				
<b>Fecha Evaluación</b>	13/2/2017	<b>TPD (veh/día)</b>	11520				
<b>Año de construcción o diseño</b>	2009	<b>Vida de diseño según código (años)</b>	50				
		<b>DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O REFERENCIA</b>	<b>TIPO DE FALLA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>RE</b>	<b>GD</b>	<b>A TABLA DE INFORME</b>	<b>FCF</b>	<b>CE<sub>i</sub></b>		
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	1	Tabla No. 2. Punto 2.1.	B	0.8	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Tabla No. 2. Punto 2.2.	A	0.6	3
	Aceras	2	0	Tabla No. 2. Punto 2.3.	B	0.8	1
	Señalización Vial	1	1	Tabla No. 2. Punto 2.4.	A	0.6	1
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	Tabla No. 2. Punto 2.5.	A	0.6	
	Iluminación	1	0	Tabla No. 2. Punto 2.6.	A	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	1	Tabla No. 3. Punto 3.1.	A	0.6	1
	Sistema de drenaje del puente	1	3	Tabla No. 3. Punto 3.2.	A	0.6	3
	Juntas de expansión	1	3	Tabla No. 3. Punto 3.3.	A	0.6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	2	Tabla No. 3. Punto 3.4.	A	0.6	2
	Relleno de aproximación	2	1	Tabla No. 3. Punto 3.5.	B	0.8	2
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla No. 3. Punto 3.7.	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla No. 3. Punto 3.6.	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	1	Tabla No. 4. Punto 4.1.	C	1	3
	Vigas principales de concreto	3	1	Tabla No. 4. Punto 4.2.	C	1	3
	Vigas diafragma de concreto	2	0	Tabla No. 4. Punto 4.3.	B	0.8	1
	Sistema de arriostamiento	2	No Aplica	No aplica	B	0.8	
SUBESTRUC-TURA	Apoyos	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.1.	C	1	3
	Aletones	2	0	Tabla No. 5. Punto 5.3.	B	0.8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.2.	C	1	3
	Bastiones: Cuerpo	3	0	Tabla No. 5. Punto 5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla No. 5. Punto 5.5.	C	1	
	Pilas: Viga cabezal	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.4.	C	1	3
	Pilas: Cuerpo tipo columna	4	0	Tabla No. 5. Punto 5.4.	D	1	1
Pila: Cimentación	4	1	Tabla No. 5. Punto 5.5.	D	1	4	
ELEMENTOS DE	Longitud de asiento (pedestales)	2	No Insp.	Tabla No. 6. Punto 6.1.	C	1	
	Llaves de corte	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.2.	C	1	1
PROTECCIÓN SÍSMICA	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	No Aplica	No aplica	C	1	
	Dispositivos especiales	2	No Aplica	No aplica	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	1	3	Tabla No. 6. Punto 6.3.	C	1	3
	Escollera de protección	1	No Aplica	Tabla No. 6. Punto 6.4.	C	1	
	Protección de socavación en pilas	2	3	Tabla No. 6. Punto 6.5.	C	1	4
						<b>CP =</b>	<b>4</b>
						<b>Condición Seria</b>	

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