

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 1 de 49

# Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P10-2019

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

Preparado por:  
Unidad de Puentes  
LanammeUCR



San José, Costa Rica  
Octubre, 2019



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 2 de 49
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 3 de 49
----------------	-------------	----------------

### Información técnica del documento

<b>1. Informe:</b> LM-PIE-UP-P10-2019		<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO HIGUERÓN EN RUTA NACIONAL No.01		<b>4. Fecha del Informe</b> Octubre, 2019	
<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 Higuerón, en la Ruta Nacional No. 01, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la Ley 8114. Según lo observado en el sitio, la condición del puente se valoró como 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, Higuerón, Ruta Nacional No. 01, río Higuerón, Evaluación de condición.		<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>10. Núm. de páginas</b> 49
<b>11. Inspección e informe por:</b>  Ing. Hellen Garita Durán Unidad de Puentes	<b>12. Inspección y revisión por:</b>  Ing. Sergio Álvarez González Unidad de Puentes	<b>13. Inspección, revisión y aprobación por:</b>  Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes	
<b>14. Revisado y aprobado por:</b>  Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	<b>15. Revisado por:</b>  Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 4 de 49

Página intencionalmente dejada en blanco



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 5 de 49

### TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	OBJETIVOS.....	7
3.	ALCANCE DEL INFORME .....	8
4.	DESCRIPCIÓN.....	10
5.	ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....	14
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	31
7.	REFERENCIAS.....	38
	ANEXO A GLOSARIO .....	40
	ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	43



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 6 de 49

Página intencionalmente dejada en blanco



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 7 de 49

### 1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *evaluación* del puente sobre el río Higueirón en la Ruta Nacional No.01, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de su *inspección*, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Se brinda a razón de que sirva a la Administración como base o marco de referencia del estado del puente antes de ser intervenido como parte del proyecto de ampliación del tramo entre Cañas y Limonal. Al momento de las inspecciones no se había intervenido el puente en cuestión ni se había iniciado la construcción del puente nuevo paralelo.

La *inspección* del puente se realizó el día 09 de noviembre del 2017 y luego el 1ro de junio del 2018. Debido al proyecto de ampliación actualmente en ejecución, se realizó su re-inspección el día 05 de setiembre del 2019.

### 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.
- f) Establecer un marco de referencia del estado del puente antes de ser intervenido como parte del proyecto de ampliación del tramo entre Cañas y Limonal.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 8 de 49

### 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 mismo, 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.

Como resultado de la *evaluación* se le asigna una condición 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 B 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 pueden obtener de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar como referencia 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. Para este puente en particular sí se tuvo acceso a los planos de diseño los cuales se obtuvieron de la base de datos electrónica interna de la UP (Departamento de Comercio de Estados Unidos, Oficina de Carreteras Públicas (1945). Puente sobre el río Higuera. Versión: Planos finales de diseño [pdf], Carretera Interamericana, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica). La información de planos es una guía para el proceso de *inspección*, pero no es determinante para establecer la condición del puente, pues esta solo puede determinarse a partir de la información que se recolecta y verifica en el sitio.

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.

Se debe tener claro de que el presente informe de *evaluación* de la condición presenta el estado de un solo puente perteneciente a una ruta en específico y a la Red Vial Nacional, y como tal su atención debe ser vista de forma integral en conjunto con las necesidades de los





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 9 de 49

demás puentes del inventario bajo un esquema de un sistema de gestión de puentes y no respondiendo solamente a un criterio de intervención de “el peor primero”.

Finalmente, en el Anexo A se incluye un glosario de términos importantes, los cuales son resaltados con letra cursiva en el cuerpo del informe para su identificación.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

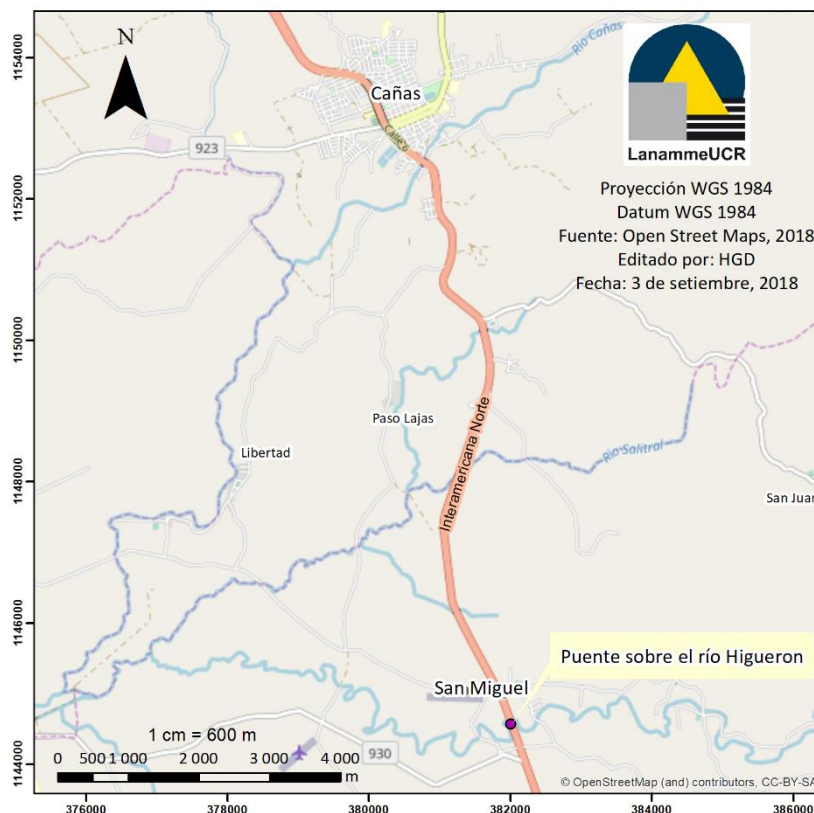
Versión: 08

Página 10 de 49

### 4. DESCRIPCIÓN

**Tabla No. A.** Características básicas de ubicación del puente y de la ruta.

<b>Ubicación</b>	Provincia, Cantón, Distrito	San Miguel, Cañas, Guanacaste
	Coordenadas (WGS84)	10° 20' 58,15" N de latitud / 85° 04' 38,51" O de longitud
	Río que cruza	Río Higuearón
<b>Ruta Nacional en la que se ubica el puente</b>	Número de ruta	01
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	50110
<b>TPD - Anuario de Tránsito (MOPT, 2018)</b>	Total	7394
	Porcentaje de vehículos pesados	27,95 %
	Porcentaje de camiones de 5 o más ejes	12,43 %
	Año en que se realizó el conteo	2015



**Figura A.** Ubicación geográfica del puente (Adaptado de Open Street Maps, 2018)



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 11 de 49



**Figura B.** Vista a lo largo de la línea de centro (vista hacia Barranca).

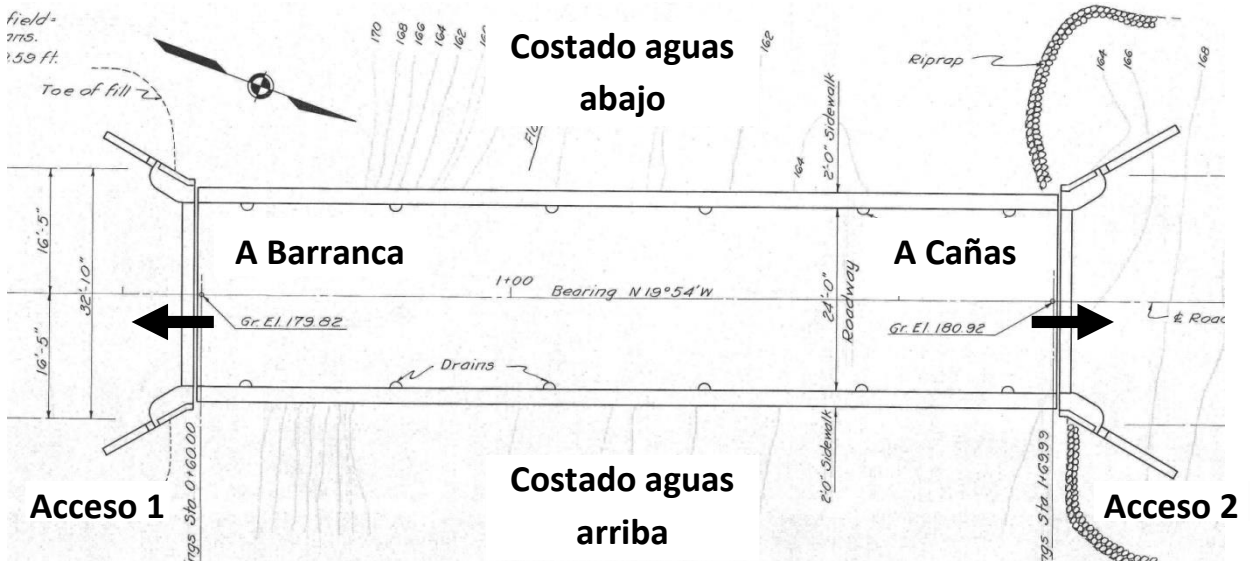


**Figura C.** Vista lateral (costado aguas arriba).

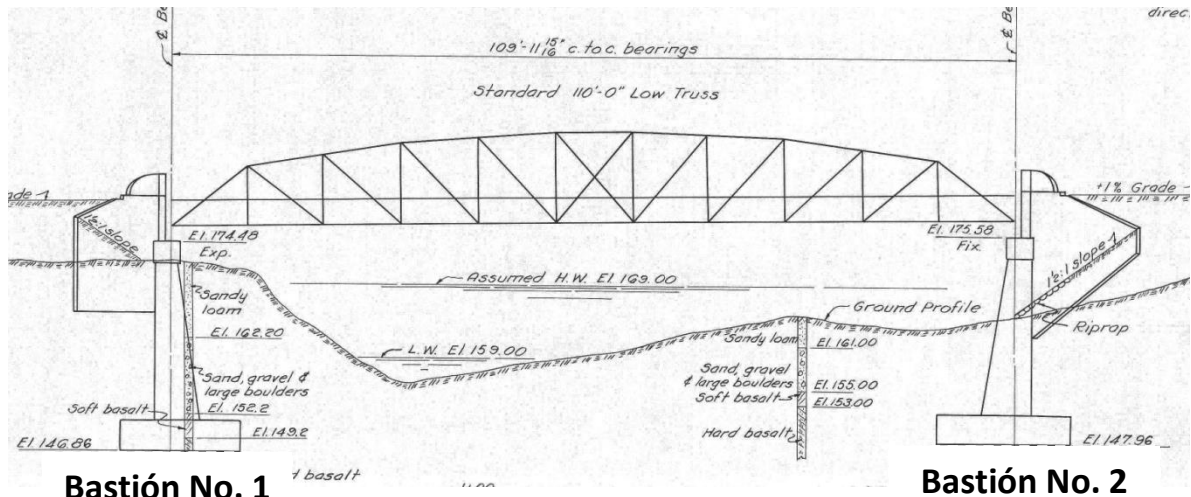


# INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 12 de 49
----------------	-------------	-----------------



(a) Vista en planta



(b) Elevación

Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Higuerón, la cual coincide con la que se utiliza en planos.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 13 de 49

**Tabla No. B.** Características básicas del puente sobre el río Higerón

<b>Geometría</b>	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	34,0
	Ancho total (m)	8,72
	Ancho de calzada (m)	7,30
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	2
<b>Superestructura</b>	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, cercha de media altura
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
<b>Apoyos</b>	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo expansivo Bastión 2: apoyo fijo
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica
<b>Subestructura</b>	Número de elementos	2
	Tipo de bastiones	Bastión 1, tipo marco de concreto reforzado Bastión 2, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	No tiene
	Tipo de cimentación	Placa de cimentación
<b>Diseño y construcción</b>	Año de diseño	1955
	Año de construcción	1959
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O 1949
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44 (HS15-44)
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información.
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 14 de 49

### 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 en las Tablas No.1 a No.5, las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas RE y GD, las cuales corresponden, respectivamente, a la Relevancia Estructural (RE) y al Grado de Deficiencia (GD) 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 B. El valor numérico de RE (varían entre 1 y 4) y se refiere a la importancia relativa del elemento respecto a todos los demás elementos en el sistema del puente. El valor numérico de GD (varían entre 0 y 3) y se refiere al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asigna 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 RE y GD 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.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 15 de 49

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial.

<p><b>1.1. Sistema de contención vehicular del puente:</b></p>	<p><b>RE = 2</b></p>	<p><b>GD = 1</b></p>
<p>La barrera vehicular parecía no cumplir con los niveles de contención de la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO 2017), debido a que no evidenciaba tener la altura, geometría y capacidad adecuada para la velocidad y características del tránsito de la ruta (24,41 % de camiones pesados).</p> <p>Además, se apreciaba que el sistema de contención en algunos tramos había sufrido impactos vehiculares y estos no habían sido reparados, y por lo tanto los elementos verticales que unen los componentes longitudinales del sistema de contención no estaban unidos (ver Figura 1.1).</p>		
<p><b>Figura 1.1.</b> Elementos desligados en sistema de contención vehicular del puente.</p>		
<p><b>1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos:</b></p>	<p><b>RE = 1</b></p>	<p><b>GD = 3</b></p>
<p>No se observaron sistemas de contención vehicular en los accesos, lo cual implica un riesgo de accidentes de tránsito por salida de vehículos de la vía hacia el cauce.</p>		
<p><b>Figura 1.2.</b> Ausencia de sistema de contención vehicular en accesos.</p>		





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 16 de 49

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial (continuación).

<p><b>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos:</b></p>	<p><b>RE = 2</b></p>	<p><b>GD = 2</b></p>
<p>Como se observa en la Figura 1.3, el puente cuenta con un bordillo de 0,61 m (ver Figura 1.3) de ancho efectivo que no cumplen con el ancho mínimo especificado en la Ley 7600 para aceras peatonales. Este tipo de combinación de barrera de contención y bordillo peatonal, puede ser utilizado sólo para velocidades de operación menores a 70 km/h (AASHTO, 2017), lo cual no se cumple en este caso.</p> <p>Debido a que el puente conecta San Miguel con otros poblados, podría ser que peatones utilicen la estructura.</p>	 <p><b>Figura 1.3.</b> Bordillo como acera del puente.</p>	
<p><b>1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación):</b></p>	<p><b>RE = 1</b></p>	<p><b>GD = 3</b></p>
<p>El día de la visita no se observaron captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales ni marcadores de objeto. Estos dispositivos son de importancia ya que guían a los conductores, principalmente en la noche o en condiciones de baja visibilidad.</p> <p>En la Figura 1.4 se evidencia lo comentado anteriormente. Además, se aprecia uno de los rótulos de identificación que se encuentran en ambos extremos del puente.</p>	 <p><b>Figura 1.4.</b> Rótulo de identificación del puente y ausencia de captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales y marcadores de objeto.</p>	





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 17 de 49

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial (continuación).

1.5. Iluminación:	<b>RE = 1</b>	<b>GD = 0</b>
No se observaron luminarias en el puente ni en sus aproximaciones. Se considera que colocando todos los elementos de seguridad vial (barreras de contención y guardavías adecuados, señalización vertical y horizontal) y dándoles un adecuado mantenimiento, la iluminación no es necesaria.	No hay fotografía asociada.	



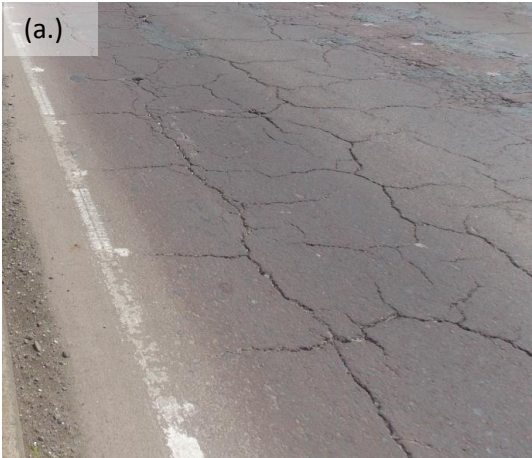


## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 18 de 49

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

2.1. Superficie de rodamiento del puente:	RE = 1	GD = 3
<p>Se aprecia en la Figura 2.1 (a.) que la superficie de rodamiento del puente posee desgaste superficial, exudación, y agrietamiento por fatiga (cuero de lagarto) en este caso en el 100 % de la superficie.</p> <p>En la Figura 2.1 (b.) se observan baches que podrían afectar la calidad de ruedo y que evidencian reparaciones a huecos que se formaron previamente.</p> <p>En la Figura 2.1 (c.) se observa un desprendimiento de la carpeta asfáltica de 0,10 m de ancho y 0,15 m de largo.</p> <p>De continuar los deterioros, se podrían formar aún más huecos que ponen el riesgo a los usuarios debido a que es una carretera primaria con velocidades de tránsito importantes y con sistemas de contención diseñados para cumplir normas que no representan la realidad actual.</p>	  	

**Figura 2.1.** Superficie de rodamiento del puente: (a.) agrietamiento en dos direcciones, (b.) baches y (c.) desprendimiento de la carpeta.



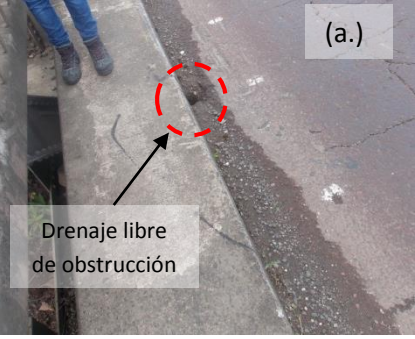


## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 19 de 49

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).

2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente:	RE = 1	GD = 1
<p>El puente cuenta con un bordillo de 0,14 m de altura que se utiliza como acera. La altura del bordillo se recomienda que no sea mayor a 0,10 m en carreteras con una velocidad mayor a 65 km/h, como es el caso, debido a que puede provocar que el vehículo sobrepase la baranda de seguridad (Zamora-Rojas, et al., 2012).</p> <p>En cuanto al sistema de drenaje, algunos de los drenajes se encontraban libres de obstrucciones como se observa en la Figura 2.2 (a.). Sin embargo, se observó acumulación de sedimentos en los bordillos (Figura 2.2 (b.)), lo cual podría provocar que los sistemas de drenaje se obstruyan a corto plazo.</p> <p>Los ductos del sistema drenaje presentan corrosión severa con pérdida de sección en las salidas (ver Figura 2.2(c)).</p>		
		


**Figura 2.2.** Bordillos y sistema de drenaje: (a.) drenaje sin obstrucciones, (b.) con maleza y arena y (c.) ductos del sistema de drenaje con corrosión y pérdida de sección.



# INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 20 de 49
----------------	-------------	-----------------

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).

2.3. Juntas de expansión:	RE = 1	GD = 2
<p>Las juntas de expansión estaban cubiertas por mezcla asfáltica (ver Figura 2.3(a.)).</p> <p>Producto del movimiento del puente, se observó que se habían creado grietas a lo largo de la carpeta sobre la junta de expansión del acceso 1 (ver Figura 2.3(a.)), y aunque no fue posible inspeccionarla a nivel del tablero de concreto, al ser una junta de placa deslizante, el hecho de que fue posible colocar asfalto por encima de la junta evidencia que la misma aún se encontraba instalada. Sin embargo, el bastión evidenciaba filtración de agua en el 100 % de su ancho, así como acumulación de sedimentos, lo cual implica que la junta no provee un adecuado sello.</p>	 <p><b>Figura 2.3(a).</b> Obstrucción en junta de expansión de acceso 1.</p>	




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 21 de 49

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).

<b>2.3. Juntas de expansión (continuación):</b>	<b>RE = 1</b>	<b>GD = 2</b>
<p>En el caso de la junta del acceso 2, no sólo se observaron grietas, sino que además fue posible observar orificios que indicaban que el sello original de la junta se había perdido por completo (ver Figura 2.3(b)). Esto se evidenció en el bastión, en donde además de observarse filtración de agua en el 100 % de su ancho, se presentaba acumulación de mezcla asfáltica, lo cual implica que cada vez que se coloca mezcla por encima de la junta, esta cae al bastión al no haber ninguna restricción.</p>		
<b>Figura 2.3(b).</b> Obstrucción en junta de expansión de acceso 2.		
<b>2.4. Superficie de rodamiento de los accesos:</b>	<b>RE = 1</b>	<b>GD = 0</b>
No se observaron daños.	No hay fotografía asociada.	
<b>2.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos:</b>	<b>RE = 2</b>	<b>GD = 0</b>
No se observaron rellenos de aproximación ni daños en los taludes de los accesos.	No hay fotografía asociada.	
<b>2.6. Muros de retención de los accesos:</b>	<b>RE = NA</b>	<b>GD = NA</b>
No se observaron muros de retención en los accesos del puente.	No hay fotografía asociada.	
<b>2.7. Losa de aproximación:</b>	<b>RE = NI</b>	<b>GD = NI</b>
No se tiene evidencia de la existencia de losas de aproximación en los planos de diseño, ni se tuvo acceso visual a ellas.	No hay fotografía asociada.	




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 22 de 49

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).

2.8. Sistema de drenaje de los accesos:	RE = 1	GD = 3
<p>No se observaron sistemas de drenaje en los accesos ni elementos de descarga hacia el río. Es conveniente que exista un sistema de drenaje para encausar las aguas de manera pertinente al río y que no generen erosión.</p>		

**Figura 2.8.** Faltante de sistema de drenaje en los accesos y elementos de descarga al río en bastión 1.



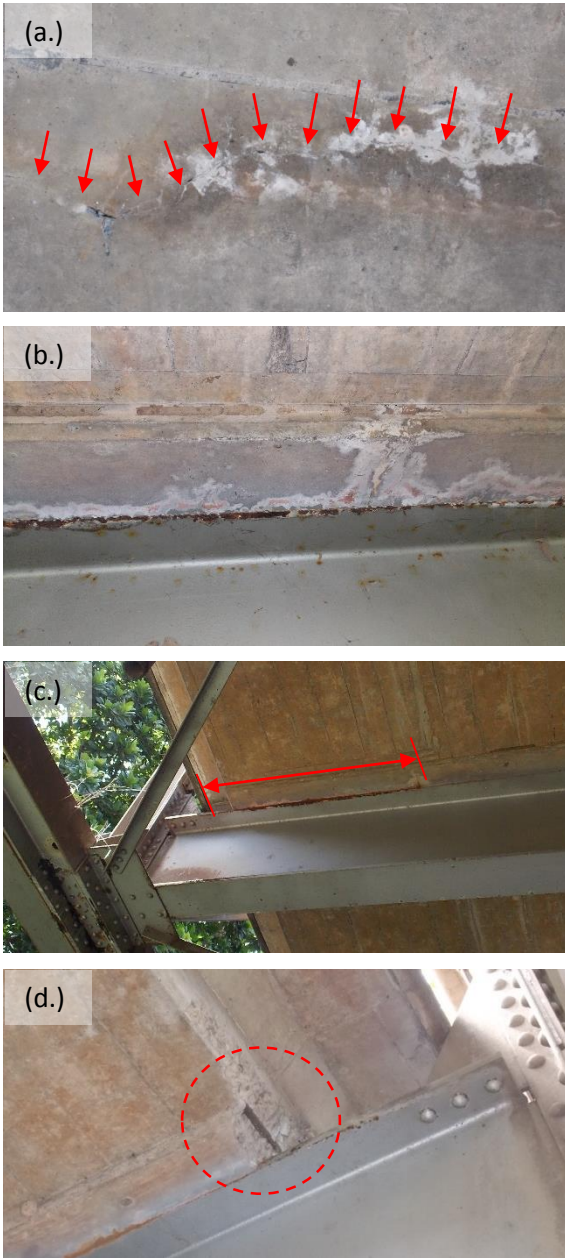
## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 23 de 49

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero.

3.1. Tablero (losa de concreto):	RE = 3	GD = 1
<p>Desde el bastión 1 se observó agrietamiento en dos direcciones en la parte inferior de la losa con espesores de grieta entre 0,1 mm y 0,3 mm. También se observó agrietamiento y eflorescencia en algunos sitios localizados de losa (ver Figura 3.1 (a.)). En la Figura 3.1(b.) y en Figura 3.1(c.) se observó eflorescencia en secciones de losa sobre vigas transversales. Este último defecto fue observado más repetidamente y generalmente se extendía desde el extremo donde la viga transversal se conecta con la cuerda inferior, hacia el centro de la viga.</p> <p>Desde el bastión 2 se observó exposición del acero de refuerzo en varios paños de la losa, sobre la viga metálica (ver Figura 3.1(d)). Se considera que este tipo de defecto pudo haberse generado por concentraciones de esfuerzo cerca de la conexión de la losa con la viga metálica.</p> <p>Estos daños podrían comprometer la capacidad de carga de la losa al disminuir su rigidez y la eflorescencia implica un riesgo de que se presente corrosión en el acero de refuerzo.</p>		
<p><b>Figura 3.1.</b> Vista inferior del tablero, (a.) agrietamiento y eflorescencia, (b.) eflorescencia (c.) extensión de la eflorescencia y (d.) acero de refuerzo expuesto.</p>		



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 24 de 49

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (continuación).

3.2. Armaduras de acero (elementos y conexiones):	RE = 4	GD = 1
<p>En las diagonales de la cuerda inferior y las conexiones se observaron puntos de oxidación como se observa en la Figura 3.2(a.) y Figura 3.2(b.) respectivamente. Además, se presentaba acumulación considerable de sedimentos y vegetación en la cuerda inferior (ver Figura 3.2(c.)) y entre la unión de los elementos diagonales con las verticales (Figura 3.2(d)). Esto último acelera el deterioro del sistema de protección de pintura y el proceso de corrosión y oxidación. Se observaron ampollas en una diagonal (ver Figura 3.2 (e.)), así como deterioro del sistema de protección de pintura. Además, se observó oxidación en los conectores de la cuerda superior (ver Figura 3.2 (f.)).</p>		

**Figura 3.2.** Estado de armadura de acero: (a.) puntos de corrosión en diagonal, (b.) puntos de corrosión en conexiones, (c.) acumulación de sedimentos en cuerda inferior, (d.) acumulación de sedimentos entre diagonales y verticales, (e.) ampollas en diagonal y (f.) oxidación en conectores.





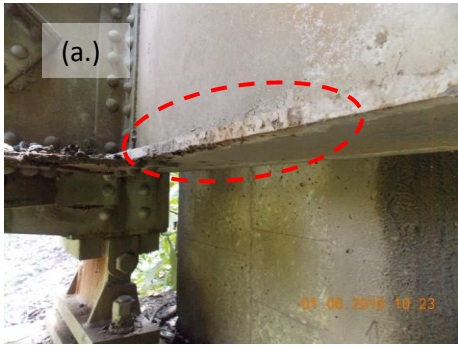
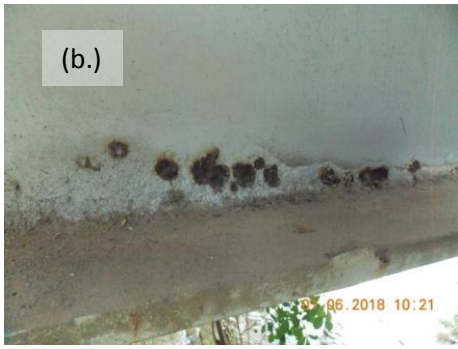
## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 25 de 49

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (continuación).

3.3. Vigas transversales:	RE = 3	GD = 1
<p>En la viga ubicada sobre el bastión 2 se observó oxidación. Un motivo de esto podría ser por la humedad de los bastiones producto de la entrada de agua por las juntas de expansión como se aprecia en la Figura 3.3(a).</p> <p>En la Figura 3.3(b.) se observa puntos de corrosión, este se considera un defecto local ya que se encontraba en ciertos tramos de las vigas transversales, en la parte inferior del alma, cerca del ala inferior.</p> <p>En la Figura 3.3(c.) se observa oxidación en el ala superior. Este defecto era más repetitivo y como se puede observar en la figura, tenía una extensión importante. La corrosión del ala superior en algunos casos coincidía con las zonas donde se presentaba eflorescencia en las losetas (ver 3.1. <i>Tablero (losa de concreto)</i>), lo que podría indicar alta humedad debido a la filtración de agua entre losetas.</p>	  	

**Figura 3.3.** Viga transversal sobre el bastión 2, en (a.) se observa oxidación. Observaciones en otras vigas transversales: (b.) puntos de corrosión y (c.) oxidación en el ala superior de la viga.



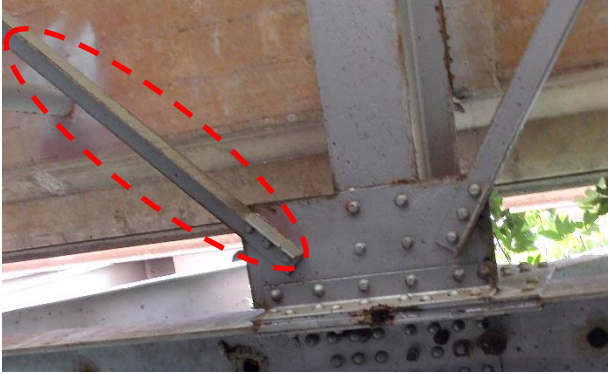
## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 26 de 49

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (continuación).

<b>3.4. Sistema de arriostramiento:</b>	<b>RE = 2</b>	<b>GD = 0</b>
<p>Los elementos del sistema de arriostramiento que se encontraban cerca de las conexiones, tenían manchas de humedad. Esto podría eventualmente causar corrosión.</p>		



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 27 de 49

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura.

4.1. Apoyos en bastiones	RE = 3	GD = 2
<p>En la Figura 4.1 (a.) se aprecia el movimiento o inclinación de un apoyo expansivo en el bastión 1. El desplazamiento es menor a 0,05 m. Esta inclinación de 6° aproximadamente se observó tanto en el 2017 como en el 2018 y 2019, y en todos los casos se evidenció acumulación de sedimentos y humedad por debajo de la parte más levantada de la curva inferior del apoyo; esta situación eventualmente puede provocar corrosión en la zona, luego de lo cual se impediría que el puente se mueva en el otro sentido.</p> <p>En la Figura 4.1 (b.) se observa una coloración naranja producto de la oxidación en uno de los dos apoyos fijos del bastión 1.</p> <p>En la Figura 4.1 (c.) se aprecia la condición en el momento de la visita del otro apoyo fijo ubicado sobre el bastión 2. Se observaron puntos de oxidación en los vértices de las placas que conforman el apoyo. Como se observa en la imagen, la severidad no era alta debido a que el daño no se presentaba en toda la superficie metálica del apoyo.</p> <p>Los apoyos evidencian ser del tipo sísmicamente vulnerables según los criterios de la sección 4.2.1.1(a) del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (FHWA, 2006), debido a su esbeltez, lo cual los hace vulnerables a volcarse.</p>		 

**Figura 4.1.** Apoyos en bastiones: (a.) inclinación del apoyo de bastión 1, (b.) oxidación en apoyo fijo de un bastión 1, (c.) puntos de oxidación en otro apoyo fijo del bastión 2.




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 28 de 49

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura (continuación).

<b>4.2. Bastiones:</b>	<b>RE =</b> 3	<b>GD =</b> 1
<p>Se observaron manchas de humedad producto de la filtración de agua a través de las juntas de expansión (Ver <b>2.3. Juntas de expansión</b>). Esta situación podría acelerar la degradación del concreto y apoyos.</p> <p>Además, se presentaba acumulación de sedimentos y asfalto sobre las vigas cabezales de los bastiones, situación que incrementa la humedad en estos elementos.</p> <div data-bbox="797 506 1365 930" style="text-align: center;">  </div> <p><b>Figura 4.2.</b> Machas de humedad y acumulación de sedimentos y asfalto en bastión 2.</p>		
<b>4.3. Aletones:</b>	<b>RE =</b> NI	<b>GD =</b> NI
<p>No se logró observar los aletones por la vegetación.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada.</p>		
<b>4.4. Cimentaciones</b>	<b>RE =</b> NI	<b>GD =</b> NI
<p>No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada.</p>		




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 29 de 49

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica.

<b>5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:</b>	<b>RE = 2</b>	<b>GD = 0</b>
<p>La longitud de asiento es 0,52 m y 0,52 m en el bastión 1 y bastión 2 respectivamente. La longitud de asiento requerida para puentes de este tipo es de 0,48 m según la especificación AASHTO LRFD artículo 4.7.4.4. o la guía AASHTO LRFD en el artículo 4.12., por lo tanto la longitud de asiento es adecuada.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada.</p>		
<b>5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico):</b>	<b>RE = 2</b>	<b>GD = 2</b>
<p>No se observaron dispositivos para prevención de colapso en el puente.</p> <p>La ausencia de dispositivos de prevención de colapso podría permitir desplazamientos excesivos en la dirección perpendicular al tránsito durante un evento extremo.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada.</p>		
<b>5.3. Protección de taludes de relleno de aproximación:</b>	<b>RE = 2</b>	<b>GD = 0</b>
<p>Los taludes del relleno de aproximación se encuentran cubiertos de vegetación que los podría proteger de la erosión.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Figura 5.3.</b> Taludes del relleno de aproximación.</p>		





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 30 de 49

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica (continuación).

<p><b>5.4. Protección de taludes frente al bastión:</b></p>	<p><b>RE = 2</b></p>	<p><b>GD = 1</b></p>
<p>En el talud del bastión 1 se observó el inicio de un proceso de erosión. Esto se puede deber en parte a la inexistencia de un sistema de drenaje (ver <b>2.8. Sistema de drenaje de los accesos</b>) y a que no existe protección frente al talud del bastión 1.</p>	 <p>01.06.2018 10:1</p>	
<p><b>5.5. Cauce del río:</b></p>	<p><b>RE = NA</b></p>	<p><b>GD = NA</b></p>
<p>Como se comentó en la sección anterior (<b>5.4. Protección de taludes frente al bastión</b>), en el talud frente al bastión 2 se había iniciado un proceso de erosión. Esto ocurre ya que el flujo de agua va erosionando el talud que no cuenta con una protección para evitarlo.</p> <p>Al momento de la inspección el cauce del río estaba bajo y no se identificaron problemas aguas abajo o arriba del puente en el cauce del río.</p>		

**Figura 5.4.** Erosión en talud frente al bastión 1.

**Figura 5.5.** Cauce del río en el momento de la inspección.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 31 de 49

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Higueron ubicado en la Ruta Nacional No. 01 (Carretera Interamericana Norte). Las Tablas No. 1 a No. 5 resumen la condición de deterioro del puente.

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

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

La calificación anterior se brinda por las siguientes razones:

- a. Se observaron puntos de oxidación, ampollas y corrosión en diferentes partes de la armadura de acero. Además, se presentaba acumulación de sedimentos y vegetación en la unión de los elementos situación que podría estar acelerando los procesos de oxidación.
- b. Se observó corrosión en los apoyos ubicados sobre ambos bastiones. Además, los apoyos expansivos presentan una inclinación.

Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura según las observaciones de las Tablas No.1 a No.5, se recomienda realizar las siguientes acciones en los elementos que fueron inspeccionados, especificando en donde aplique el *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015* (MOPT, 2015) y el *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010* (MOPT, 2010):



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 32 de 49

### Tabla No. 6 - Mantenimiento cíclico o programado:

**Nota: Se incluyen sólo las deficiencias observadas y se asume que se llevan a cabo las restantes tareas necesarias de mantenimiento cíclico de los componentes del puente.**

Elementos	Recomendaciones
1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación)	Incluir en el programa de mantenimiento cíclico labores de conservación de la señalización vial, incluyendo captaluces, las líneas centrales y de borde. (Ver también recomendación 1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación) en Tabla 7).
2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	Incluir en el programa de mantenimiento cíclico labores de limpieza en bordillos y la preservación de los diferentes elementos de los sistemas de drenaje.
2.3. Juntas de expansión	Establecer medidas en los programas de mantenimiento que permitan evitar la obstrucción de las juntas de expansión al recarpetear la carretera y que incluyan la preservación de las mismas. Por la condición observada en sitio, se recomienda evaluar si desde el punto de vista de gestión del riesgo es factible mantener la sobrecapa de asfalto sobre las juntas de expansión hasta la siguiente intervención, o si es necesario programar la eliminación de las obstrucciones sobre las juntas y evaluar el estado actual para definir las medidas a implementar que permitan evitar la descarga de agua sobre los elementos de la subestructura y el daño de las mismas, colocando para ello un sistema adecuado a las características del puente..
3.2. Armadura de acero 3.3. Vigas transversales 3.4. Sistema de arriostramiento 4.1. Apoyos	Incluir en el programa de mantenimiento periódico en primer lugar la limpieza y el control de agua y sedimentos para los elementos que conforman la armadura de acero, las vigas transversales del puente, el sistema de arriostramiento y los apoyos ya que es una de las medidas más efectivas para brindar durabilidad a elementos de acero, y en segundo lugar la aplicación de sistema de protección de pintura de forma puntual a la zonas con corrosión localizada ( <i>spot painting</i> ).





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 33 de 49

**Tabla No. 7 - Mantenimiento basado en la condición:**

Elementos	Recomendaciones
<p><b>1.2.</b> Sistema de contención vehicular de los accesos</p>	<p>Proveer un sistema de contención vehicular en los accesos del puente. Revisar las longitudes, ángulos de esviaje y demás detalles de guardavías de acuerdo con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera (Valverde-González, 2011) y las recomendaciones del fabricante del sistema a utilizar. Anclar los guardavías al pretil rígido de la barrera vehicular, dar una transición adecuada entre el sistema rígido y flexible y brindar una terminación segura en los extremos según las recomendaciones del fabricante.</p>
<p><b>1.4.</b> Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación)</p>	<p>Colocar marcadores de objetos y delineadores verticales frente a las barreras del puente en ambos accesos. Ver también recomendación <b>1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación)</b> en Tabla 6.</p>
<p><b>2.1.</b> Superficie de rodamiento del puente</p>	<p>La sobrecapa de asfalto se encuentra en una condición tal que requiere sustitución. Según la recomendación de la Tabla No. 8, analizar si la capa de mezcla asfáltica existente afecta negativamente la capacidad de carga de la superestructura. En caso de que el factor de capacidad de carga viva de la superestructura puente se vea reducido más allá de límites aceptables por la capa de mezcla asfáltica, eliminar o sustituir el espesor de la capa por uno reducido y dentro de los límites tolerables, según las recomendaciones que brinde la evaluación estructural de capacidad de carga. En caso de que se elimine la sobrecapa, se puede escoger algún tipo de protección superficial para el tablero de concreto, con una vida de servicio adecuado y que no agregue carga adicional de consideración. Además, en el momento en que se elimine la sobrecapa, se recomienda inspeccionar detalladamente la superficie superior del tablero para determinar su estado y las medidas de intervención necesarias, previo a aplicar alguna de las recomendaciones anteriores.</p>



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 34 de 49

**Tabla No. 7 - Mantenimiento basado en la condición (continuación):**

Elementos	Recomendaciones
3.1. <i>Tablero</i> (losa de concreto):	En caso de que se decida <b>no</b> sustituir el tablero según el análisis sugerido en la Tabla No. 8, se recomienda reparar las grietas y deficiencias observadas para devolver la integridad estructural a la losa de concreto y para que no se infiltre agua por las conexiones entre paños de losa, que provocan la oxidación de otros elementos estructurales como en las vigas transversales. (Ver también recomendación <b>2.1. Superficie de rodamiento del puente</b> en Tabla 7).
3.2. <i>Armadura de acero</i> 3.3. <i>Vigas transversales</i> 3.4. <i>Sistema de arriostramiento</i> 4.1. <i>Apoyos</i>	Valorar la colocación de sobrecapas o la sustitución completa del sistema de protección de pintura de los elementos de acero (Ver también recomendación <b>3.2.</b> en Tabla 6).

**Tabla No. 8 - Rehabilitación:**

Elementos	Recomendaciones
1.1. <i>Sistema de contención vehicular del puente</i>	Evaluar la posibilidad de establecer un proyecto en los puentes de la Ruta Nacional No. 1 entre Limonal y Cañas de sustitución de las barreras vehiculares por sistemas cuya resistencia, geometría y altura hayan sido probados para un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establecido en la Especificación de Diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2017) y acordes con el Reporte NCHRP 350 (1993) o el MASH-2 (AASHTO, 2016), así como el Manual SCV: Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carretera (Valverde-González, 2011). En cuanto a este último documento, en la Tabla III-11 de niveles de contención, se recomienda que para accidentes muy graves (puentes), velocidades mayores a 60 km/h, TPD mayor a 2000 y tránsito diario de vehículos pesados entre 500 y 2000, el nivel de contención sea equivalente a TL-4 o TL-5.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 35 de 49

**Tabla No. 8 – Rehabilitación (continuación):**

Elementos	Recomendaciones
<p><b>1.1.</b> Sistema de contención vehicular del puente (continuación)</p>	<p>La razón para recomendar el uso de normativa en su versión más reciente, es para poder brindar seguridad a los usuarios acorde con la demanda vehicular más actualizada posible.</p> <p>Se debe tomar en cuenta de que la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011), recomienda de pleno reemplazar o sustituir barreras diseñadas con normativa anterior a 1964, como es este el caso, debido a que no cumplen con los propósitos primarios de contención definidos por AASHTO.</p> <p>En este caso se debe tomar en cuenta adicionalmente de que la barrera de contención debe proteger a la armadura de la estructura principal de impactos vehiculares.</p>
<p><b>1.3.</b> Aceras, ciclovías y sus accesos</p>	<p>En el caso de una rehabilitación integral del puente o la sustitución del mismo, se recomienda la inclusión de aceras que cumplan con la Ley 7600, que estén separadas del tránsito vehicular por medio de barreras de contención adecuadas.</p>
<p><b>Puente en general</b></p>	<p>Tomando en cuenta la condición descrita de los elementos, y en conjunto con un análisis de durabilidad y vida remanente de los componentes, llevar a cabo un análisis de capacidad de carga con base en la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de Puentes (AASHTO, 2018), con el fin de definir las medidas a implementar, ya sea corregir las deficiencias existentes por medio de una rehabilitación o realizar su sustitución, tomando en cuenta el costo-efectividad en el ciclo de vida, así como otros factores económicos, de llevar a cabo una u otra alternativa.</p> <p>Tomar en consideración que este puente fue diseñado bajo la especificación A.A.S.H.O. 1949, la cual incluía un camión de diseño HS15-44 (24,1 ton) y cuyo peso teórico difiere considerablemente de la carga de diseño vigente (HL-93), la cual es más representativa del máximo de la composición del tránsito actual.</p>



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 36 de 49

**Tabla No. 8 – Rehabilitación (continuación):**

Elementos	Recomendaciones
<p><b>Puente en general</b> <i>(continuación)</i></p>	<p>Se recomienda realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura y a partir de éste, determinar la necesidad de construir llaves de cortante en los bastiones del puente de acuerdo con lo establecido en el Manual de rehabilitación sísmica FHWA (FHWA, 2006) y en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2017), a los cuales se hace referencia en los Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013).</p> <p>Así también, se recomienda incluir en el análisis de decisión entre rehabilitación y sustitución, la importancia histórica ingenieril y patrimonial de los puentes tipo cercha de acero construidos para el proyecto de la Interamericana Norte a inicios de la segunda mitad del siglo pasado.</p> <p>Además, considerar que el puente soporta una sobrecapa de asfalto, la cual implica un sobrepeso adicional, no tomada en cuenta en los planos originales, la cual se debe determinar si afecta negativamente la capacidad de carga viva del puente.</p> <p>Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente donde se incluya la rehabilitación o sustitución de los apoyos (dada su condición de vulnerabilidad sísmica) considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p> <p>Realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura y a partir de éste, determinar la necesidad de construir llaves de cortante en los bastiones del puente de acuerdo con lo establecido en el Manual de rehabilitación sísmica FHWA (FHWA, 2006) y en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2017), a los cuales se hace referencia en los Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013).</p>



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 37 de 49

### Tabla No. 9 - Sustitución:

Como parte de las tareas de gestión de activos que debe llevar a cabo la Administración, se recomienda comparar en el ciclo de vida remanente de la estructura, el costo-efectividad de llevar a cabo una sustitución versus las otras opciones de acciones basadas en la condición y de rehabilitación del puente presentadas en las Tablas No. 7 y No. 8.

Se recomienda incluir en el análisis de decisión entre rehabilitación y sustitución, la importancia histórica ingenieril y patrimonial de los puentes tipo cercha de acero construidos para el proyecto de la Interamericana Norte a inicios de la segunda mitad del siglo pasado.

En caso de ser sustituido, debe ser diseñado de acuerdo a la normativa nacional e internacional más actualizada, cumpliendo los objetivos de diseño de AASHTO de resistencia, economía, estética, constructibilidad, durabilidad y facilidad de mantenimiento.

Adicionalmente, en caso de ser sustituido, se recomienda utilizar muestras del acero desechado para hacer ensayos (gráfico esfuerzo-deformación, composición química, fatiga, mediciones de dureza, ensayo Charpy, etc), cuya información pueda ser utilizada en los análisis de otros puentes con el mismo tipo de acero, de esta u otras rutas.

Se asume que estas recomendaciones serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del *mantenimiento, rehabilitación o sustitución* de la estructura. En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionaron en los puntos anteriores.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 38 de 49

### 7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2011). *Roadside Design Guide 4th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2016). *The Manual for Assessing Safety Hardware 2nd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. AASHTO (2017). *LRFD Bridge Design Specifications 8th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
4. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3rd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
5. 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.
6. 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.
7. U.S. Department of Commerce Bureau of Public Roads (1952). San Miguel River Bridge. Versión: Planos finales de diseño. Inter- American Highway. Ministerio de Obras Públicas, República de Costa Rica.
8. FHWA (2018). *Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility*. Publication No. FHWA-HIF-18-022. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
9. MOPT (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 39 de 49

10. MOPT (2018). *Anuario de Información de Transito 2018*. 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.
11. MOPT (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
12. 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.
13. NCHRP (1993). *Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features*. Report 350. National Cooperative Highway Research Program. Washington, D.C., USA.
14. 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.
15. 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

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 40 de 49

# ANEXO A

## Glosario





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 41 de 49

- **Inspección:** Es 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.
- **Evaluación:** Es la determinación de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la inspección.
- **Conservación de Puentes:** Son las acciones o estrategias que previenen, retrasan o reducen el deterioro de los puentes o de los componentes de puentes, restablecen la función de puentes existentes, mantienen a los puentes en buena condición y extienden su vida útil. Acciones de conservación efectivas de puentes son necesarias para retrasar la necesidad de costosas *rehabilitaciones* o acciones de *sustitución*, por medio de la aplicación de estrategias de conservación en los puentes mientras estos están en una condición satisfactoria, regular o deficiente (ver tabla B-1) y antes del comienzo de deterioro serio. Conservación de puentes incluye actividades de *mantenimiento preventivo* tanto *cíclico* como *basado en la condición* (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento Preventivo:** Es la estrategia planificada de tratamientos costo-efectivos a los elementos de un puente existente para extender su vida útil de servicio. Estas actividades retardan futuros deterioros y evitan grandes gastos en *rehabilitación* o *sustitución* de puentes. *Mantenimiento preventivo* incluye actividades *cíclicas* o *programadas* y *actividades basadas en la condición* (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento Cíclico o Programado:** Actividades realizadas en un intervalo preestablecido y que buscan preservar las condiciones existentes de los componentes de un puente. La condición de los componentes no siempre es directamente mejorada como resultado de estas actividades, pero se espera que el deterioro sea retrasado (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento Basado en la Condición:** Actividades realizadas en los componentes de un puente según sea necesario e identificado por medio del proceso de inspección de puentes. Este tipo de acciones mejora la condición de esa porción específica de los elementos, pero podría o no resultar en un incremento en su estado de condición (FHWA, 2018).



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 42 de 49

- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de defectos de seguridad. La *rehabilitación* no es considerada una tarea de *conservación de puentes*, pero se pueden combinar actividades de *conservación* en varios elementos mientras se lleva a cabo una *rehabilitación*. Estos proyectos requieren recursos significativos de ingeniería para el diseño, un extenso cronograma de ejecución, y un costo considerable (FHWA, 2018).
- **Sustitución:** Es el reemplazo total de un puente estructural o funcionalmente obsoleto, por medio de una estructura construida en el mismo corredor vial. La estructura de reemplazo deberá cumplir los estándares más actuales de geometría, estructurales y constructivos, requeridos para los tipos y volumen proyectado de tránsito en el puente para su vida de diseño. Al igual que la *rehabilitación*, la sustitución no es considerada una actividad de *conservación de puentes*, y requiere recursos de ingeniería para el diseño, un sustancial y complejo cronograma de ejecución, y considerables costos. Costos de ciclo de vida y otros factores económicos deberán usualmente ser considerados cuando se sopesen ambas alternativas de *rehabilitación* y *sustitución* (FHWA, 2018).



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 43 de 49

# ANEXO B

## Criterios para clasificar el estado de conservación del puente



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 44 de 49

Página intencionalmente dejada en blanco



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 45 de 49

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



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 46 de 49

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

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

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

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

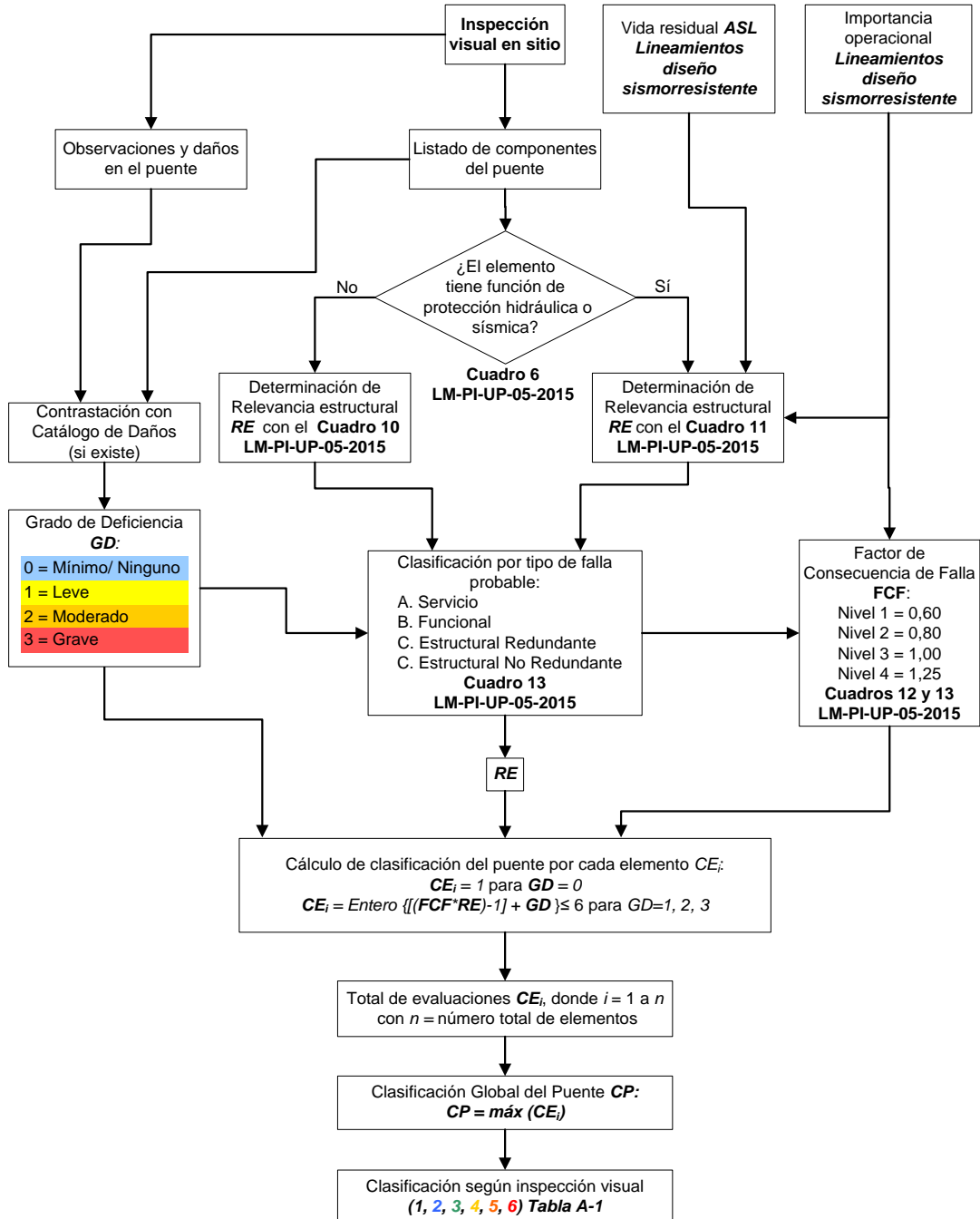
Con esta ecuación se obtienen valores enteros entre 1 y 6. Cada uno de estos valores representa una condición para el elemento que se describe en la tabla A-1.

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

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



# INFORME DE EVALUACIÓN



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

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 48 de 49

**Tabla B-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





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 49 de 49

ELEMENTO		RE	GD	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O REFERENCIA A TABLA DE INFORME	TIPO DE FALLA	FCF	CE <sub>i</sub>
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	1	2.1.	B	0.8	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	2.2.	A	0.6	3
	Aceras	2	2	2.3.	B	0.8	3
	Señalización Vial	1	3	2.5.	A	0.6	3
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	2.4.	A	0.6	
	Iluminación	1	0	2.6.	A	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	3	3.1.	A	0.6	3
	Sistema de drenaje del puente	1	1	3.2.	A	0.6	1
	Juntas de expansión	1	2	3.3.	A	0.6	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	0	3.4.	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	3.5.	B	0.8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	3.7.	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	3.6.	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO	Tablero	3	1		C	1	3
	Armaduras de acero	4	1		A	1	4
ARMADURA	Sistema de arriostramiento	2	0		B	0.8	1
	Vigas transversales y largueros de piso	3	1		C	1	3
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	2	5.1.	C	1	4
	Aletones	2	No Insp.	5.3.	B	0.8	
	Bastiones: Viga cabezal	3	1	5.2.	C	1	3
	Bastiones: Cuerpo	3	0	5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	5.5.	C	1	
ELEMENTOS DE	Longitud de asiento (pedestales)	2	0	6.1.	C	1	1
	Llaves de corte	2	2	6.2.	C	1	3
PROTECCIÓN SÍSMICA	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	2	6.2.	C	1	3
	Dispositivos especiales	2	2	6.2.	C	1	3
ELEMENTOS DE	Protección de taludes de rellenos aprox.	2	0	6.3.	C	1	1
	Escollera de protección	2	1	6.4.	C	1	2
PROTECCIÓN	Protección de socavación en pilas	2	No Aplica	6.5.	C	1	

CP = 4

**Condición Seria**

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