

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 1/47	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P11-2017

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

Preparado por:
**Unidad de Puentes
LanammeUCR**



San José, Costa Rica
Junio, 2017

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 2/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 3/47

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P11-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO LAS VUELTAS RUTA NACIONAL No.1		4. Fecha del Informe Junio, 2017	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias Ninguna			
7. Resumen <i>Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río Las Vueltas, en la Ruta Nacional No. 1, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 1, río Las Vueltas, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 47
11. Inspección e informe por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes <hr/> Fecha: 26/06/2017			
12. Inspección, revisión y aprobación por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes <hr/> Fecha: 26/06/2017		13. Revisado y aprobado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR <hr/> Fecha: 26/06/2017	
		14. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural <hr/> Fecha: 26/06/2017	

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 4/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017		Página 5/47

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS	7
3. ALCANCE DEL INFORME	8
4. DESCRIPCIÓN.....	9
5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE	14
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
7. REFERENCIAS.....	39
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	41

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 6/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017		Página 7/47

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Las Vueltas, en la Ruta Nacional No.1, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de su inspección, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. La inspección del puente se realizó el día 3 de noviembre de 2016.

Debido a una posible afectación del huracán Otto en la estructura, la cual se encuentra ubicada en una de las zonas donde se declararon con mayor regularidad alertas amarillas y rojas por parte de la Comisión Nacional de Emergencias durante el evento, se realizó una re-inspección el día 22 de febrero del 2017 para evaluar la interacción del cauce del río con las pilas y de ambas márgenes del puente.

2. OBJETIVOS

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 8/47	VERSIÓN 04

3. ALCANCE DEL INFORME

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

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

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

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

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 9/47	VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 1 (Carretera interamericana Norte), en la sección de control 50060 y cruza el río Las Vueltas. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito La Cruz, del cantón La Cruz, en la provincia de Guanacaste. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 11°11'0,90"N de latitud y 85°36'57,93"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.



Figura A. Ubicación geográfica del puente.

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 2547 vehículos por día (medidos en el año 2009) en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de tránsito 2015, publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 56,91% (1450 vehículos), de los cuales el 47,33% (1205 vehículos) corresponde a camiones de 5 ejes.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 10/47	VERSIÓN 04

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

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 11/47	VERSIÓN 04



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



Figura C. Vista lateral

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 12/47	VERSIÓN 04

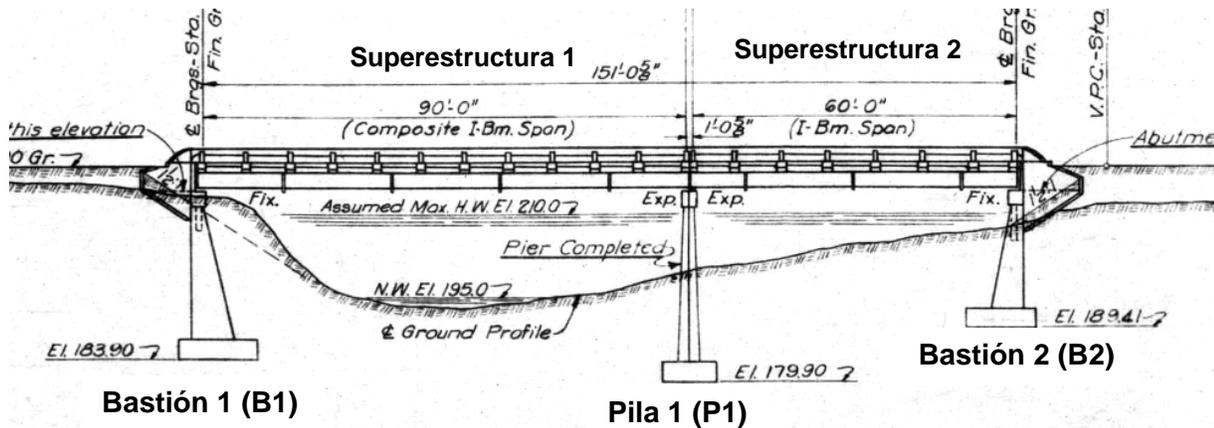
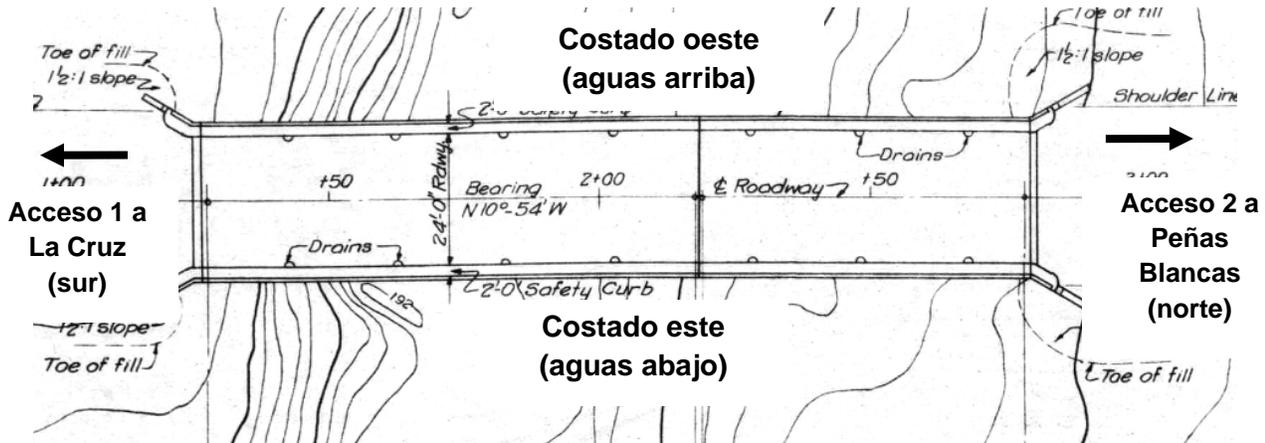


Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Las Vueltas.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 13/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	46,04
	Ancho total (m)	9,16
	Ancho de calzada (m)	7,3
	Número de tramos	2
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	2
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructuras 1 y 2: Tipo viga simplemente apoyada con vigas principales tipo I de acero
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastiones 1 y 2: Apoyo fijo
	Tipo de apoyo en pilas	Pila 1: Inicial apoyo móvil; final apoyo móvil
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 1
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2: Tipo marco de concreto reforzado (según planos)
	Tipo de pilas	Pila 1: Tipo muro de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastiones 1 y 2: Tipo placa aislada (según planos) Pila 1: Tipo placa aislada (según planos)
Diseño y construcción	Año de diseño	1955 (según planos)
	Año de construcción	1959 (según placa adosada al puente)
	Especificación de diseño original	AASHO 1953 (según planos)
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No hay antecedentes de rehabilitación
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No hay antecedentes de rehabilitación
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No hay antecedentes de rehabilitación

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 14/47	VERSIÓN 04

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 4 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura y (d) Subestructura. 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 y CE, 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 ítem evaluado; sin embargo, la atención de la estructura se debe realizar haciendo un análisis integral de todos los deterioros detallados en la evaluación que se presenta en este informe. En las casillas correspondientes a GD y CE también podrían aparecer las siguientes expresiones: "NI" cuando el elemento no pudo ser inspeccionado por dificultades de acceso o "NA" cuando el elemento no se encontraba en el tipo de puente evaluado.

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 15/47 VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>Se encontraron grietas con espesores entre 0,3 mm y 1,0 mm, espaciadas a menos de 300 mm a lo largo de las barreras vehiculares de ambos costados del puente. Además en el pretil rígido de la barrera del acceso sur aguas abajo y el acceso norte aguas abajo, se observó una grieta de espesor superior a los 3mm provocada por aparente impacto vehicular (ver figuras 1 y 2).</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 condiciones de tránsito distintas a las actuales y utilizando la normativa de 1956 (ver la Tabla No.1).</p>	1	2	<p>Incluir dentro de un programa de mantenimiento periódico de los puentes de la ruta 1 (entre Liberia y Peñas Blancas) el sello de las grietas de la barrera. Especificar los trabajos de mantenimiento de acuerdo con lo establecido por el <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015).</p> <p>Valorar la posibilidad de establecer un programa de intervención de los puentes de la ruta 1 entre Liberia y Peñas Blancas, en el que se incluya la sustitución de las barreras vehiculares por sistemas que cumplan con un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establecido en la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014).</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>El puente no contaba con un sistema de contención en los accesos (ver figuras B y 2).</p> <p>La ausencia de guardavías aumenta el riesgo de caída de vehículos al cauce o por los terraplenes de los accesos.</p>	3	3	<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).</p> <p>Anclar los guardavías al pretil rígido de la barrera y brindar una terminación segura en los extremos según las recomendaciones del fabricante.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 16/47
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente tiene bordillos de seguridad de 630 mm de ancho que se utilizan como acera. Este ancho no cumple con el ancho requerido por la Ley 7600 (ver figuras 2 y 4).</p> <p>No se observó el tránsito de peatones durante la inspección, pero no se pudo descartar debido a la cercanía del poblado de Peñas Blancas.</p>	2	3	Evaluar la necesidad de proveer una acera en el puente para el tránsito peatonal que cumpla con los requisitos de la Ley 7600 y con las medidas de seguridad vial de la Sección 13 del AASHTO LRFD 2014.
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	El puente cuenta con rótulos de identificación en los accesos.	0	1	Evaluar la necesidad de incluir el número de ruta nacional en los rótulos del puente.
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>El puente no contaba con marcadores de objeto en los accesos (ver figura 2).</p> <p>En las figuras 2 y 4 se puede observar que el estado de la demarcación horizontal era regular (Zamora-Rojas, et. al., 2012).</p> <p>Se observó ausencia parcial de captaluces (ver figura 3).</p> <p>Las deficiencias en los elementos de seguridad vial, ya sea por ausencia de elementos o por deterioro, aumentan la vulnerabilidad ante la ocurrencia de accidentes de tránsito, especialmente en situaciones de visibilidad limitada.</p>	1	1	<p>Colocar marcadores de objeto en los accesos frente a la barrera vehicular del puente.</p> <p>Establecer un programa rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento de la señalización vial.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 17/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.6. Iluminación	<p>El puente no contaba con un sistema de iluminación. Se observó iluminación en la cercanía de los accesos, sin comprobar visualmente su correcto funcionamiento.</p> <p>La ausencia de un sistema de iluminación puede aumentar la probabilidad de accidentes de tránsito en condiciones de visibilidad nocturna.</p>	2	2	<p>Evaluar la necesidad de colocar iluminación en el puente.</p> <p>No se considera necesaria la iluminación siempre y cuando se le brinde un adecuado mantenimiento a la señalización y se coloquen los elementos ausentes.</p>

(Ver tabla No.3 en la página siguiente)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 18/47 VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.1. Superficie de rodamiento del puente	<p>La superficie de rodamiento consiste en una sobrecapa de asfalto la cual presentaba desgaste, desprendimiento de agregado y agrietamiento (ver figuras 3 y 4).</p> <p>En los planos de diseño no se indica un espesor de asfalto que funcione como superficie de rodamiento, lo que reduce la capacidad de la estructura de soportar carga viva vehicular.</p> <p><i>Ver 4.1 Tablero y 4.2 Vigas principales.</i></p>	2	2	<p>Realizar un análisis de capacidad de carga de la estructura con base en la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011) para determinar la capacidad máxima remanente del puente para carga vehicular.</p> <p>Prohibir la colocación de sobrecapas asfálticas adicionales y establecer un límite para el espesor de la sobrecapa de asfalto.</p> <p>Monitorear la pérdida de agregado y el agrietamiento observado en la superficie de rodamiento asfáltica para tomar las acciones oportunas del caso cuando se considere necesario.</p> <p><i>Ver 4.1 Tablero y 4.2 Vigas principales.</i></p>
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se observó acumulación de sedimentos en los bordillos (ver figura 4).</p> <p>Los tubos de extensión de los ductos de drenaje presentaban oxidación en el extremo inferior (ver figura 5).</p> <p>La acumulación de sedimentos en los elementos del sistema de drenaje aumenta la probabilidad de obstrucción y la acumulación de agua sobre la superficie de ruedo del puente, aumentando la vulnerabilidad a accidentes debido a hidroplaneo de los vehículos.</p>	1	1	<p>Limpiar periódicamente los bordillos para evitar la acumulación de sedimentos. Establecer un programa de mantenimiento rutinario que incluya dichas labores de limpieza.</p> <p>Intervenir los tubos de extensión de los agujeros de desagüe del puente de tal forma que se elimine la oxidación observada y se asegure que se extiendan al menos 100 mm por debajo del nivel inferior de las vigas principales, según la sección 2.6.6.4 de la especificación AASHTO LRFD 2014.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 19/47
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.3. Juntas de expansión	<p>Se observó mezcla asfáltica de la superficie de rodamiento sobre las juntas de expansión (ver figuras 4 y 6), pudiendo afectar la capacidad de movimiento de la junta según las consideraciones de diseño.</p> <p>Se observaron manchas de humedad entre un 10% y un 50% del área de las vigas cabezal de ambos bastiones, producto del ingreso de agua a través de las juntas de expansión. Esta situación es evidencia de que el sello de las juntas se encuentra dañado y perdió sus propiedades impermeables (ver figuras 7 y 13).</p> <p>La descarga de agua proveniente de las juntas de expansión propicia el deterioro acelerado de los elementos estructurales (ver figura 9).</p>	3	3	<p>Eliminar las obstrucciones en las juntas de expansión.</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento periódico de carreteras para prohibir la obstrucción de juntas de expansión de puentes al recarpetear la carretera.</p> <p>Sustituir los sellos de las juntas de expansión del puente. Considerar el movimiento por temperatura y cargas de servicio del puente en la elección del sistema de juntas y que el fabricante de la junta garantice que es impermeable.</p>
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	Se observó desgaste, desprendimiento de agregado y agrietamiento en la superficie de rodamiento asfáltica de los accesos (ver figura 6).	2	2	Monitorear el estado de la superficie de rodamiento de los accesos, para determinar las medidas a implementar para mantener el nivel de servicio de la ruta.
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	No se observaron daños.	0	1	Ninguna.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 20/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.6. Muros de retención de los accesos	Los accesos no contaban con muros de retención.	NA	NA	Ninguna.
3.7. Losa de aproximación	No se tuvo acceso visual a la losa de aproximación, ni existe evidencia de su existencia en los planos de diseño.	NI	-	Ninguna.
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	Los accesos no contaban con un sistema de drenaje que encauce el agua de forma controlada hacia el río.	1	2	Evaluar la necesidad de construir un sistema de drenaje en los accesos.
3.9. Vibración	Se percibieron vibraciones debido al paso de vehículos pesados sobre el puente.	NA	NA	Ninguna.

(Ver tabla No. 4 en la página siguiente)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 21/47	VERSIÓN 04

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

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1. Tablero (losa de concreto, rejilla de acero, tablero de acero, tablero de madera).	<p>No se tuvo acceso visual a la cara superior del tablero debido a la superficie de rodamiento asfáltica.</p> <p>En la cara inferior, se observaron grietas en dos direcciones con espesores entre 0,2 mm y 0,4 mm con separación entre 300 mm y 1000 mm (ver figura 8). Además se observaron grietas transversales con acumulación de carbonato de calcio (ver figura 9).</p> <p>La presencia de eflorescencia es indicativo de filtración de agua a través de las grietas del tablero, produciendo deterioro acelerado del concreto y posible corrosión del acero de refuerzo del tablero.</p>	1	3	<p>Realizar una evaluación detallada del tablero para determinar su estado actual y un análisis de capacidad de carga con base en la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011) para definir las medidas a implementar para corregir las deficiencias existentes, ya sea una rehabilitación o un reemplazo.</p> <p><i>Ver 3.1 Superficie de rodamiento del puente.</i></p> <p>Las reparaciones deben cumplir como mínimo las especificaciones aplicables del capítulo 6 del <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015).</p>
4.2. Vigas principales de acero	Las vigas principales de acero presentaban oxidación puntual, principalmente en los extremos cerca de la viga cabezal de los bastiones debido a la descarga de agua proveniente de las juntas de expansión (ver figura 10).	1	3	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la limpieza y pintura de las vigas principales, vigas diafragma y apoyos del puente.</p> <p><i>Ver 3.1 Superficie de rodamiento del puente.</i></p>
4.3. Vigas Diafragma de acero	No se observaron daños en las vigas diafragma.	0	1	Ver recomendaciones de 4.2 <i>Vigas principales de acero.</i>

(Ver tabla No.5 en la página siguiente)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 22/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>Se observó corrosión con pérdida de sección en los elementos metálicos de los apoyos (ver figuras 10 y 11).</p> <p>Los apoyos del puente sobre bastiones y pilas evidencian ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios de la sección 4.2.1.1(a) del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p>	2	4	<p>Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de programa de intervención del puente donde se incluya la sustitución de los apoyos considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p> <p>En caso de que se decida no sustituirlos, se recomienda intervenirlos de acuerdo a su estado de deterioro y siguiendo las recomendaciones de la sección 8.3 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p> <p>Programar dentro de las labores de mantenimiento del puente la limpieza y protección contra la corrosión de todos los apoyos del puente</p> <p>En donde aplique seguir los procedimientos descritos en el Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015) para la protección de superficies de puentes y limpieza de apoyos.</p>
5.2. Bastiones	<p>Se observó agrietamiento horizontal en una de las columnas del bastión B1 (ver figura 12).</p> <p>Ver 6.4 <i>Protección de taludes frente al bastión.</i></p>	1	3	<p>Monitorear periódicamente el daño observado para determinar su posible evolución y las medidas a implementar para corregirlo.</p> <p>Ver 6.4 <i>Protección de taludes frente al bastión.</i></p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 23/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.3. Aletones	No se observaron daños en los aletones.	0	1	Ninguna.
5.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	No se observaron daños en la pila.	0	1	Ninguna.
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones. <i>Ver 6.6 Cauce del río.</i>	NI	-	<i>Ver 6.6 Cauce del río.</i>

(Ver tabla No. 6 en la página siguiente)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 24/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1 Longitud de asiento en bastiones y pilas	<p>La longitud de asiento mínima requerida en la sección 4.7.4.4 de la norma AASHTO LRFD 2014 y considerando la importancia del puente según los <i>Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes del 2013</i>, así como la longitud de asiento existente de acuerdo a la información de planos y las mediciones realizadas en campo son las siguientes:</p> <p>Bastión 1 (B1): Requerido: 404 mm; Disponible: 450 mm (Medido en el sitio).</p> <p>Bastión 2 (B2): Requerido: 381 mm; Disponible: 400 mm (Medido en el sitio).</p> <p>Pila 1 (P1) hacia superestructura 1: Requerido: 404 mm; Disponible: 430 mm (Según planos).</p> <p>Pila 1 (P1) hacia superestructura 2: Requerido: 381 mm; Disponible: 330 mm (Según planos).</p> <p>Una longitud de asiento existente menor a la requerida aumenta el riesgo de que la superestructura colapse durante un evento sísmico de importancia.</p>	2	3	<p>Realizar una evaluación de capacidad estructural y sísmica del puente con base en los requisitos de la especificación de diseño AASHTO LRFD 2014, los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (2013) y el Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006) para definir las acciones a seguir dado que la longitud de asiento mínima requerida es menor a la existente en la superestructura 2 apoyada en la sobre la 1 (P1).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 25/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.2 Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	<p>El puente no contaba con este tipo de dispositivos.</p> <p>La ausencia de estos dispositivos junto a una longitud de asiento insuficiente (apoyo de la superestructura 2 en pila 1), aumenta la vulnerabilidad al colapso de la superestructura ante un evento sísmico.</p>	2	3	Realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica para determinar la necesidad de proveer al puente de dispositivos para prevención del colapso con base en las recomendaciones del <i>Manual de rehabilitación sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).
6.3 Protección de taludes de relleno	Los taludes de relleno no contaban con un sistema de protección. Sin embargo, no se encontraron daños.	0	1	Evaluar la necesidad de proteger los taludes de los rellenos.
6.4 Protección de taludes frente al bastión	<p>Los taludes frente a los bastiones no contaban con un sistema de protección.</p> <p>Se observó pérdida de material de los taludes frente a los bastiones (ver figura 13) lo que podría inducir daños en los rellenos de los accesos.</p> <p>Los planos constructivos del puente no indican la construcción de este tipo de sistema.</p>	0	1	Reponer el material faltante en los taludes frente a los bastiones y evaluar la necesidad de proteger los taludes frente a los bastiones.
6.5 Protección de socavación en pilas	<p>Las pilas no contaban con un sistema de protección. Los planos constructivos del puente no indican la construcción de este tipo de sistema.</p> <p>Ver 6.6 <i>Cauce del río.</i></p>	0	1	<p>Evaluar la necesidad de proveer de protección a las pilas, las cuales interactúan con el río.</p> <p>Ver 6.6 <i>Cauce del río.</i></p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 26/47	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.6 Cauce del río	<p>Se observó acumulación de sedimentos en el cauce en el costado aguas abajo de la pila 1 (P1) (ver figuras 5 y 7) lo que es indicativo de posible socavación en la pila.</p> <p>Lo anterior además afecta la geometría del cauce y puede afectar el comportamiento hidráulico del río.</p> <p>En la inspección del 22 de febrero del 2017 no se observaron deficiencias que puedan relacionarse con el huracán Otto.</p>	2	4	<p>Realizar una evaluación del cauce del río para determinar si la sedimentación observada compromete la estabilidad de la pila 1 (P1) y la integridad estructural del puente y sus accesos. Procurar la asesoría de un profesional experto en hidráulica de ríos e hidrología.</p> <p>Con base en el análisis tomar las medidas necesarias para mitigar el problema.</p>

(Ver figura 1 en la página siguiente)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 27/47



Figura 1. Agrietamiento observado en la barrera de contención vehicular



Figura 2. Deficiencias observadas en el acceso sur relacionadas con seguridad vial

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 28/47 VERSIÓN 04

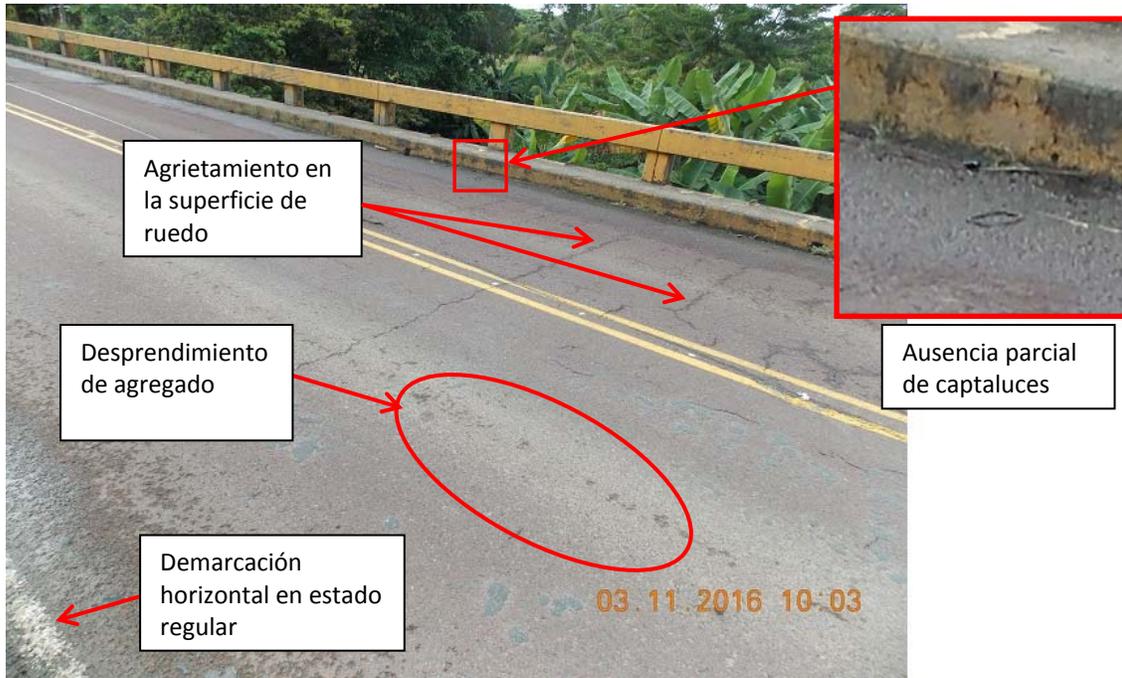


Figura 3. Daños en la superficie de rodamiento y deficiencias en seguridad vial



Figura 4. Deficiencias en la superficie de rodamiento, juntas, drenajes y seguridad vial.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 29/47 VERSIÓN 04



Figura 5. Oxidación en bajantes y evidencia de sedimentación aguas abajo en la pila P1.



Figura 6. Estado de la superficie de ruedo y la junta de expansión

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 30/47	VERSIÓN 04



Figura 7. Evidencia de filtración de agua sobre la pila y el bastión B1.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 31/47	VERSIÓN 04



Figura 8. Patrón de agrietamiento observado en la cara inferior del tablero



Figura 9. Eflorescencia en la cara inferior del tablero indicio de filtraciones

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 32/47	VERSIÓN 04



Figura 10. Oxidación en viga principal y corrosión en el apoyo.



Figura 11. Corrosión en elementos metálicos de apoyo.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 33/47	VERSIÓN 04



Figura 12. Agrietamiento horizontal en la columna del bastión.



Evidencia de pérdida de material frente al bastión

Figura 13. Filtraciones sobre bastión y pérdida de material de talud.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 34/47	VERSIÓN 04

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

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

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

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 lo siguiente:

- Corrosión de los elementos metálicos de los apoyos, lo cual es propiciado por la filtración de agua a través de las juntas expansión. Además, los apoyos evidencian ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios del *Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA* (FHWA, 2006).
- Acumulación de sedimentos aguas abajo de la pila 1 (P1), lo que es indicativo de una posible socavación.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 35/47	VERSIÓN 04

Además, se observó lo siguiente:

- c. La sobrecapa asfáltica que funciona como superficie de rodamiento del puente no está especificada en los planos de diseño, aumentando la carga muerta y reduciendo la capacidad de soportar carga viva.
- d. Agrietamiento en la cara inferior del tablero de concreto reforzado y evidencia de filtraciones a través de las grietas debido a la presencia de eflorescencia.
- e. Longitud de asiento insuficiente en el apoyo de la superestructura 2 sobre la pila 1 (P1), según la sección 4.7.4.4 de la norma AASHTO LRFD 2014 y los *Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes del 2013*.
- f. Agrietamiento horizontal en el cuerpo del bastión B1.
- g. Ausencia de dispositivos para la prevención del colapso.
- h. Oxidación puntual en las vigas principales de acero.
- i. Las juntas de expansión estaban totalmente obstruidas con asfalto.
- j. Ausencia de un sistema de contención vehicular en los accesos.
- k. El ancho del bordillo de seguridad no cumple la Ley 7600.
- l. La filtración sobre los elementos de la subestructura evidencia que los sellos de las juntas perdieron su capacidad de impermeabilizar. Lo anterior propicia la oxidación y corrosión de los elementos metálicos de la superestructura y lo apoyos.
- m. Agrietamiento en pretil rígido de la barrera vehicular. Además la barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención de la *Especificación de diseño AASHTO LRFD* (AASHTO, 2014), debido a que fue diseñada con una normativa mucho más antigua.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 36/47	VERSIÓN 04

- n. Desgaste, desprendimiento de agregado y agrietamiento en la capa asfáltica que funciona como superficie de rodamiento del puente.
- o. Ausencia de un sistema de drenaje en los accesos.
- p. Desgaste, desprendimiento de agregado y agrietamiento en la capa asfáltica que funciona como superficie de rodamiento en los accesos.
- q. Ausencia de un sistema de iluminación en el puente. Se observó iluminación en la cercanía de los accesos.
- r. Deficiencias en la señalización como la ausencia de marcadores de objeto, demarcación horizontal en estado regular y ausencia parcial de captaluces.
- s. Acumulación de sedimentos en los bordillos.
- t. Los tubos de extensión de los ductos de drenaje presentaban oxidación en el extremo inferior.
- u. Ausencia de muros de retención en los accesos.
- v. Ausencia de un sistema de protección para los taludes ubicados frente a los bastiones y en los accesos.

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

1. Debido a que el puente fue diseñado con un normativa de 1953 con una carga de diseño menor a la utilizada actualmente, se recomienda a la Administración realizar un análisis de conveniencia para determinar si el puente inspeccionado puede continuar prestando servicio a la Ruta No.1 o debe ser rehabilitado con reforzamiento o rehabilitado con adecuación a la normativa vigente. Se debe recordar que el puente presenta elementos

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 37/47	VERSIÓN 04

desactualizados que no cumplen con la normativa vigente, por ejemplo: ancho de aceras, barrera vehicular, longitud de asiento, apoyos, etc.

2. Realizar una evaluación del cauce del río y de la posible socavación de la pila P1 para determinar si la sedimentación observada compromete la estabilidad de la pila y la integridad estructural del puente y sus accesos. Con base en el análisis tomar las medidas necesarias para mitigar el problema.
3. Proteger contra la corrosión los elementos metálicos de los apoyos, la superestructura y accesorios (por ejemplo: los tubos de extensión de los drenajes) que presentan oxidación, corrosión o deterioro del sistema de pintura.
4. Determinar si el sobreespesor de pavimento asfáltico utilizado compromete la capacidad estructural última y de servicio del puente, para tomar las acciones pertinentes.
5. Realizar una evaluación detallada del tablero para determinar su estado actual y definir las medidas a implementar para corregir las deficiencias existentes, ya sea una rehabilitación o un reemplazo.
6. Proveer de una longitud de asiento en los casos en que la longitud disponible es menor al mínimo indicado en el apartado 4.7.4.4 de la norma AASHTO LRFD 2014.
7. Evaluar la necesidad de proveer de dispositivos para la prevención del colapso.
8. Eliminar las obstrucciones en las juntas de expansión.
9. Proveer de un sistema de contención vehicular en los accesos.
10. Sustituir los sellos impermeables de las juntas de expansión.
11. Sellar las grietas de la barrera vehicular.
12. Reparar las deficiencias observadas en las superficies de rodamiento del puente y de los accesos. Las acciones a implementar se deben fundamentar en el monitoreo periódico de la capa asfáltica.
13. Evaluar la necesidad de proveer un sistema de iluminación en el puente.

Informe LM-PIE-UP-P11-2017	Junio, 2017	Página 37 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 38/47	VERSIÓN 04

14. Corregir las deficiencias observadas en seguridad vial.
15. Evaluar la necesidad de proteger los taludes ubicados en los accesos y frente a los bastiones.
16. Establecer un programa periódico que incluya, entre otras labores de mantenimiento: sustitución y reposición de elementos de señalización vial, pintura de la demarcación horizontal, limpieza de acumulaciones de sedimentos, mantenimiento de juntas de expansión, eliminación de vegetación en elementos del puente, sellado de grietas no estructurales, protección contra la corrosión de elementos estructurales metálicos, eliminación de obstrucciones en las juntas de expansión, etc.

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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 39/47	VERSIÓN 04

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2014). *LRFD Bridge Design Specifications. Seventh Edition with 2015 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. MOPT (2015). *Anuario de Información de Transito 2015*. Dirección de Planificación Sectorial. Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
6. MOPT (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., et al. (2015). *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
8. 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.

Informe LM-PIE-UP-P11-2017	Junio, 2017	Página 39 de 47
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 40/47	VERSIÓN 04

9. Zamora-Rojas, J., Jiménez-Romero, D., Acosta-Hernández, E., Castillo-Barahona, R., Rodríguez-Roblero, M. J., Quirós-Serrano, C. (2012). *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica*. Versión 02-2012. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR. San José, Costa Rica.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 41/47	VERSIÓN 04

ANEXO A

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 42/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 43/47	VERSIÓN 04

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 44/47

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

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

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

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

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

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

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

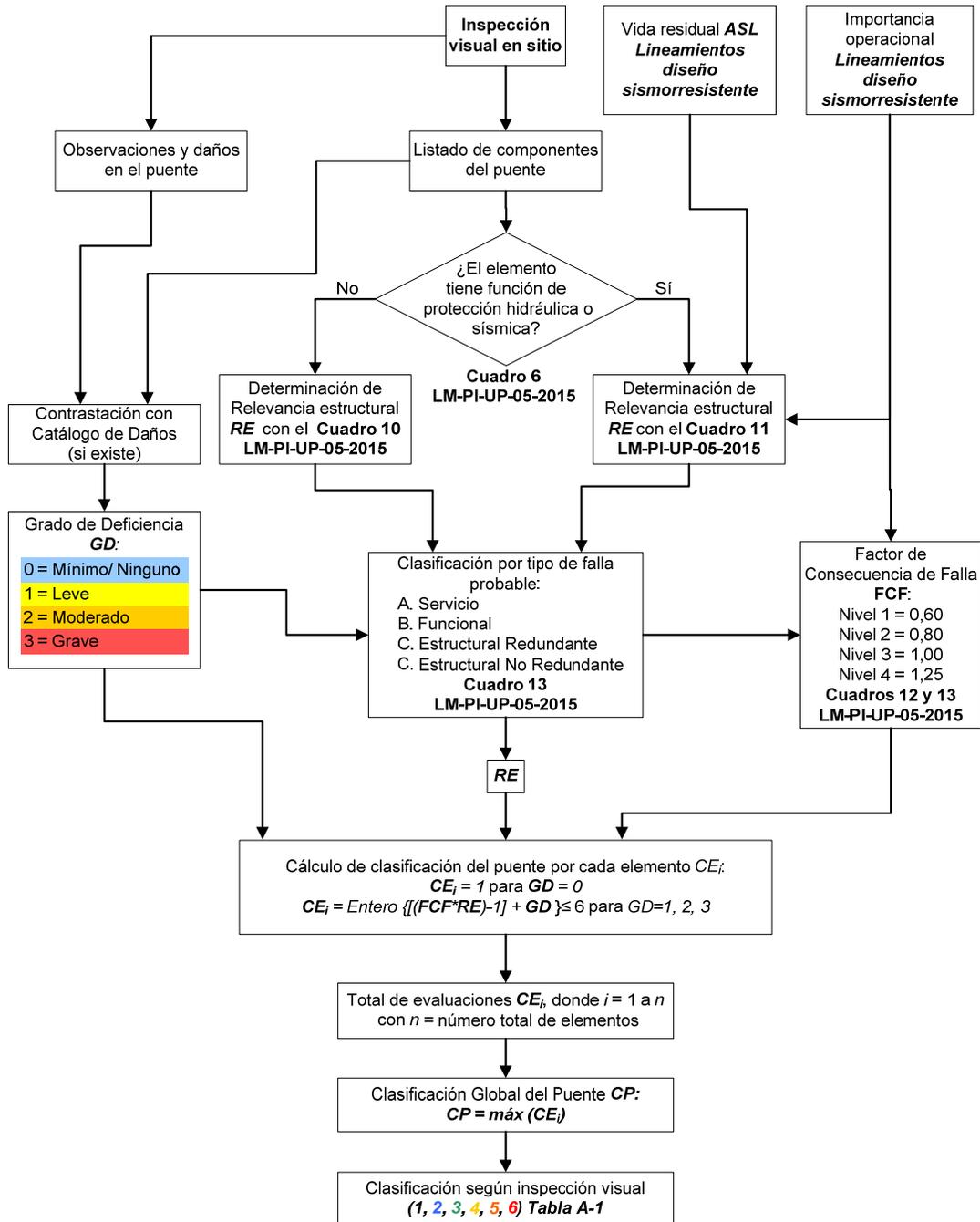


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 46/47	VERSIÓN 04

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

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P11-2017	Página 47/47	VERSIÓN 04

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SEGÚN LA EVALUACIÓN VISUAL

Nombre del puente y Ruta	Río Las Vueltas Ruta No. 1	Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico
Fecha Evaluación	03/11/2016	TPD (veh/día)	2547
Año de construcción o diseño	1959	Vida de diseño según código (años)	50

ELEMENTO	RE	GD	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O TIPO DE FALLA		FCF	CE _i
			REFERENCIA A TABLA DE INFORME	FALLA		
SEGURIDAD VIAL	2	1	Tabla 2, aspecto 2.1	B	0.8	2
	1	3	Tabla 2, aspecto 2.2	A	0.6	3
	2	2	Tabla 2, aspecto 2.3	B	0.8	3
	1	1	Tabla 2, aspecto 2.5	A	0.6	1
	1	0	No aplica	A	0.6	1
ACCESORIOS	1	2	Tabla 2, aspecto 2.6	A	0.6	2
	1	2	Tabla 3, aspecto 3.1	A	0.6	2
	1	1	Tabla 3, aspecto 3.2	A	0.6	1
	1	3	Tabla 3, aspecto 3.3	A	0.6	3
ACCESOS	1	2	Tabla 3, aspecto 3.4	A	0.6	2
	1	0	Tabla 3, aspecto 3.5	B	0.8	1
	2	No Insp.	Tabla 3, aspecto 3.7	B	0.8	
	2	No Aplica	Tabla 3, aspecto 3.6	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	3	1	Tabla 4, aspecto 4.1	C	1	3
	3	1	Tabla 4, aspecto 4.2	C	1	3
	2	0	Tabla 4, aspecto 4.3	B	0.8	1
SUBESTRUCTURA	3	2	Tabla 5, Aspecto 5.1	C	1	4
	2	0	Tabla 5, Aspecto 5.3	B	0.8	1
	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	1
	3	1	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	3
	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.5	C	1	1
	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.4	C	1	1
	4	0	Tabla 5, Aspecto 5.4	D	1	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	2	2	Tabla 6, Aspecto 6.1	C	1	3
	2	2	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	3
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	2	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
	2	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
	2	1	Tabla 3, Aspecto 3.8	C	1	2
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	2	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.4	C	1	
	2	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.5	C	1	

CP =	4
	Condición Seria

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