Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P22-2017

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

Preparado por:

Unidad de Puentes
LanammeUCR

San José, Costa Rica
Diciembre, 2017

Página intencionalmente dejada en blanco

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P22-2017	**2. Copia No.** 1
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SONZAPOTE RUTA NACIONAL No.01	**4. Fecha del Informe** Diciembre, 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

Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río Sonzapote, en la Ruta Nacional No. 01, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114.

Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como DEFICIENTE. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.

8. Palabras clave Puentes, Concesión, Ruta Nacional No. 01, río Sonzapote, Evaluación de condición.	**9. Nivel de seguridad:** Ninguno	**10. Núm. de páginas** **40**

11. Inspección e informe por: **Ing. Silvia Vargas Barrantes** **Unidad de Puentes** Silvia Vargas Barrantes Digitally signed by Silvia Vargas Barrantes DN: cn=Silvia Vargas Barrantes, o=LanammeUCR, ou=Unidad de Puentes, email=silvia.vargasbarrantes@ucr.ac.cr, c=CR Date: 2017.12.19 08:39:32 -06'00'	**12. Inspección y revisión por:** **Ing. Luis Guillermo Vargas Alas** **Unidad de Puentes** LUIS GUILLERMO VARGAS ALAS (FIRMA) Firmado digitalmente por LUIS GUILLERMO VARGAS ALAS (FIRMA) Fecha: 2017.12.19 08:48:29 -06'00'	**13. Revisado y aprobado por:** **Ing. Esteban Villalobos Vega** **Coordinador a.i. Unidad de Puentes** ESTEBAN VILLALOBOS VEGA (FIRMA) Firmado digitalmente por ESTEBAN VILLALOBOS VEGA (FIRMA) Fecha: 2017.12.19 10:12:05 -06'00'
14. Revisado por: **Lic. Miguel Chacón Alvarado** **Asesor Legal LanammeUCR** MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA) Firmado digitalmente por MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA) Fecha: 2017.12.21 10:40:47 -06'00'	**15. Revisado y aprobado por:** **Ing. Rolando Castillo Barahona** **Coordinador Programa de Ingeniería Estructural** ROLANDO CASTILLO BARAHONA (FIRMA) Firmado digitalmente por ROLANDO CASTILLO BARAHONA (FIRMA) Nombre de reconocimiento (DN): serialNumber=CPF-01-0660-0066, sn=CASTILLO BARAHONA, givenName=ROLANDO, c=CR, o=PERSONA FISICA, ou=CIUDADANO, cn=ROLANDO CASTILLO BARAHONA (FIRMA) Fecha: 2017.12.19 16:42:29 -06'00'	

Página intencionalmente dejada en blanco

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.....29

7. REFERENCIAS.....32

ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....34

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Página intencionalmente dejada en blanco

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Sonzapote, en la Ruta Nacional No.01, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de su inspección, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. La inspección del puente se realizó el día se realizó el día 03 de noviembre de 2017.

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

2. OBJETIVOS

a) Realizar el inventario del puente utilizando la información incluida en los planos de diseño originales y verificar la información durante la inspección visual realizada en sitio.

b) Efectuar una inspección visual de todos los componentes estructurales y no estructurales para evaluar su condición estructural.

c) Inspeccionar y evaluar la seguridad vial del puente para reducir el riesgo de accidentes de tránsito y disminuir su severidad.

d) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento y/o reparación.

e) Brindar una calificación de la condición del puente basado en la evaluación de la condición de sus componentes.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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 determinación 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, en el informe LM-PI-UP-05-2015. 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.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 01 (Interamericana Norte), en la sección de control 50060 y cruza el río Sonzapote. 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°06'30"N de latitud y 85°36'38"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

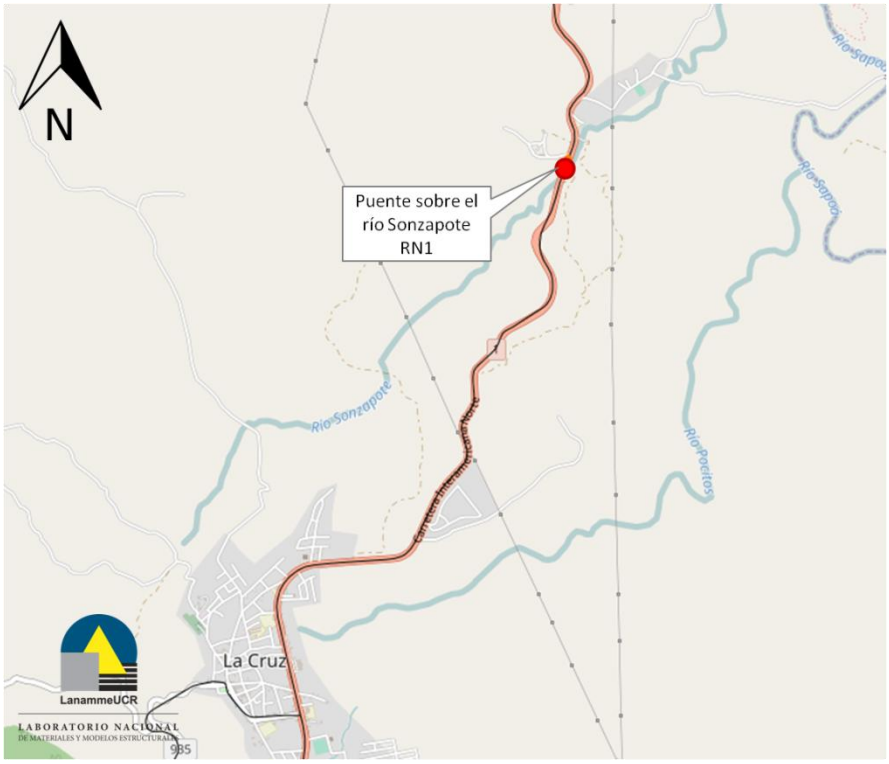


Figura A. Ubicación geográfica del puente.

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 2547 vehículos por día en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de tránsito 2015, publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 56.91%, de los cuales el 47.33% corresponde a camiones de 5 ejes.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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.

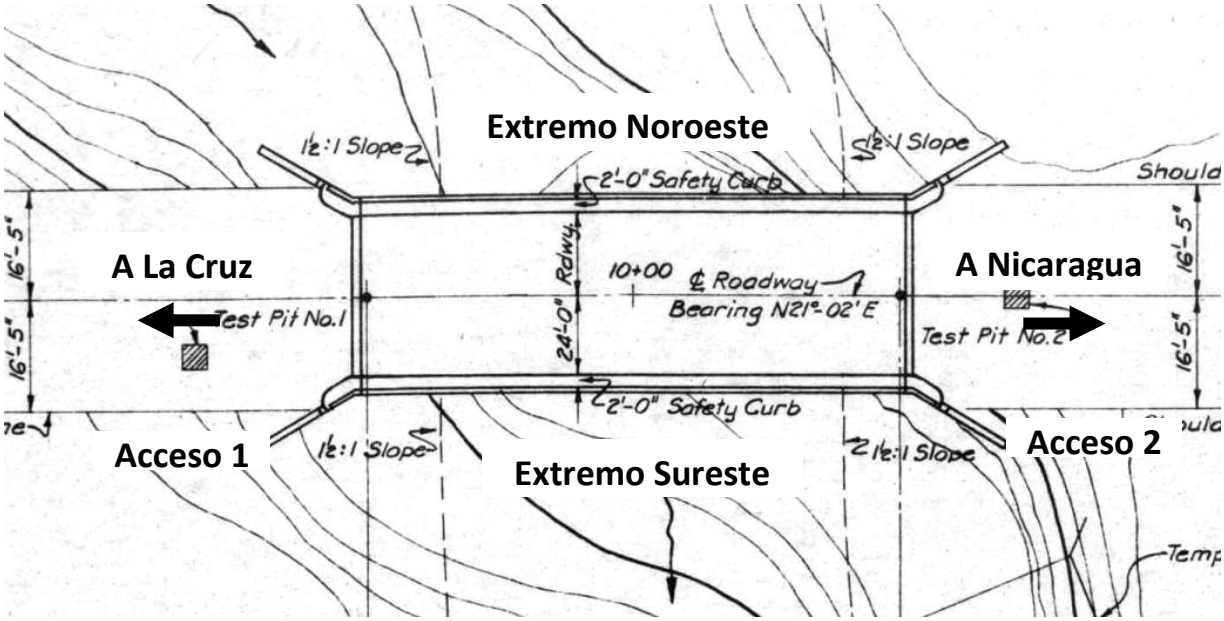
Para éste puente en particular, sí se tuvo acceso a los planos del diseño original. La figura D muestra la identificación utilizada en este informe cuando se hace referencia a ciertos elementos del puente, la cual también coincide con la que se utiliza en los planos.

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

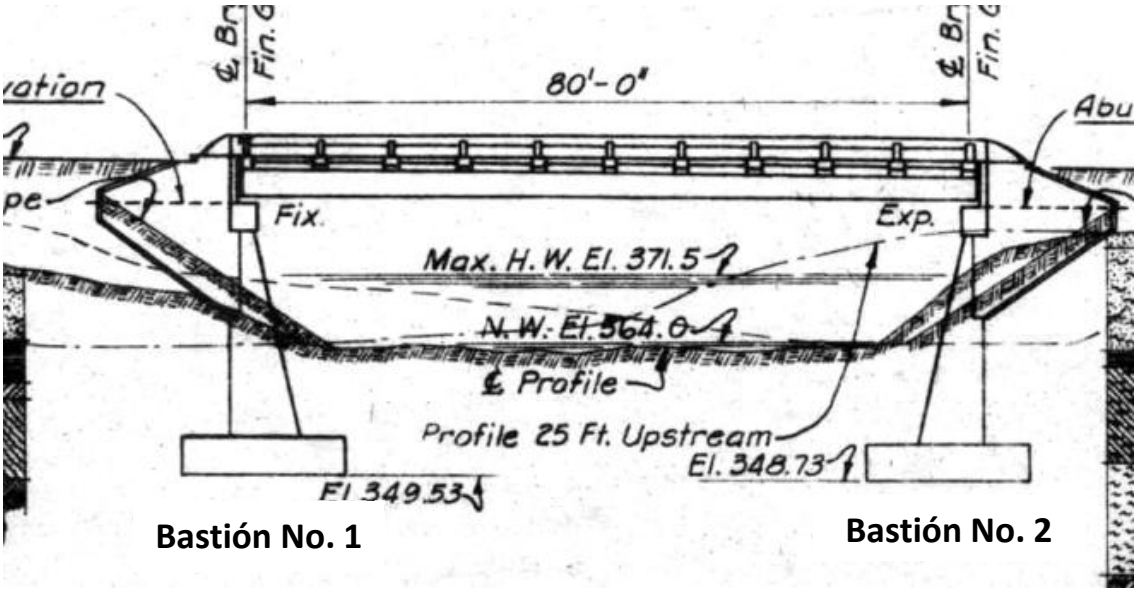
Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Figura C. Vista lateral

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr



(a) Vista en planta



(b) Elevación

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

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	24.8
	Ancho total (m)	9.42
	Ancho de calzada (m)	7.5
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo viga simple con vigas principales tipo I de acero.
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado.
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo fijo. Bastión 2: apoyo expansivo.
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2, tipo marco de concreto reforzado.
	Tipo de cimentación	Placa de cimentación.
Diseño y construcción	Año de diseño	1955
	Año de construcción	1959
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O 1953
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44 (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.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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 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.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	Se encontraron grietas con espesores entre 0.3 mm y 1.0 mm espaciadas a menos de 0.30 m a lo largo de las barreras vehiculares de ambos costados del puente. Se encontró también un desprendimiento de concreto de más de 25 mm de profundidad en el borde externo de la barrera vehicular sureste (ver Figura 1). La barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención de la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO 2014), debido a que fue diseñada con una normativa mucho más antigua. Esta ruta presenta un porcentaje de vehículos pesados de un 56.9%.	1	2	Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente que incluya la sustitución de las barreras vehiculares por sistemas que hayan sido probados para un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establecido en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014). Mientras, se concreta dicha sustitución, valorar la posibilidad de incluir dentro de un programa de mantenimiento periódico del puente la intervención de la barrera mediante el sello de las grietas y la reparación de los desprendimientos observados. Especificar los trabajos de mantenimiento de acuerdo con lo establecido por el Manual de especificaciones generales para la MCV-2015 (MOPT, 2015).
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	No se encontraron 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.	3	3	Establecer un programa de mantenimiento periódico en donde se coloquen sistemas de contención vehicular en los accesos a los puentes. Para definir las longitudes requeridas, ángulos de esviaje, anchos de trabajo, condiciones de anclaje y transiciones con el sistema de contención del puente se recomienda consultar (…)

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	CE	RECOMENDACIONES
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	(ver página anterior)	3	3	(...) las especificaciones de los fabricantes y el Manual SCV, Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).
2.3. Aceras y sus accesos	El puente tiene bordillos de seguridad de 0.66 m de ancho que se utilizan como acera. Este ancho no cumple con el ancho requerido por la Ley 7600. El puente se encuentra cerca del poblado de Sonzapote que podría generar afluencia de peatones y ciclistas. En los accesos al puente no se observaron aceras ni ciclovías. Los peatones y ciclistas transitan por el espaldón.	2	3	Valorar la posibilidad de establecer un proyecto para la ampliación de la sección transversal del puente, con aceras y ciclovías, como parte de la rehabilitación del puente, o la construcción de un paso para peatones y ciclistas independiente a la estructura actual. Mientras se decide si se realiza alguno de los proyectos anteriores para dar facilidades para el tránsito seguro de peatones y ciclistas, colocar señales de advertencia a los conductores sobre la presencia de peatones y ciclistas en la vía.
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	Se encontraron rótulos de identificación en ambos accesos. Uno de ellos se encontró deteriorado (ver Figura 2). No se requieren rótulos de altura máxima y no se han definido restricciones de carga para el puente.	NA	NA	En un posible futuro proyecto de rehabilitación de la vía, contemplar la colocación de rótulos de identificación en este puente que incluya el nombre del río que cruza y el número de ruta nacional.
2.5. Señalización • Captaluces • Demarcación	Los captaluces y la demarcación horizontal se encontraron en buen estado (Zamora-Rojas, Jiménez-Romero, Acosta-Hernández, Castillo-Barahona, Rodríguez-Roblero y Quirós-Serrano, 2012).	2	2	Dada la ausencia de un sistema de contención vehicular en los accesos (ver 2.2), como medida de seguridad temporal deberían existir marcadores de objeto frente a las barreras vehiculares del puente.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	CE	RECOMENDACIONES
2.5. Señalización • Marcadores de objeto	(…) No se encontraron marcadores de objeto frente a las barreras vehiculares del puente (ver Figura 3).	2	2	Ver recomendación en 2.2.
2.6. Iluminación	El puente no tiene iluminación. Tampoco se observó iluminación en los accesos. En vista de que existe un poblado cercano al puente que podría generar afluencia de peatones y ciclistas en la vía, podría requerirse iluminación en el puente.	2	2	Valorar la posibilidad de colocar iluminación en el puente y sus accesos con el fin de aumentar las condiciones de seguridad vial de la zona.

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	Se encontró agrietamiento en una sección de la carpeta asfáltica localizado cerca de los bordillos (ver Figura 4).	2	2	No hay recomendaciones.
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	Se observó acumulación de sedimentos en los bordillos, los ductos del sistema de drenaje no se encontraron obstruidos.	0	1	Establecer un programa de mantenimiento rutinario para los puentes de la Carretera Interamericana Norte donde se incluya la limpieza de los bordillos y el sistema de drenaje de los puentes.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	*CE*	RECOMENDACIONES
3.3. Juntas de expansión	Ambas juntas de expansión se encontraron totalmente cubiertas por mezcla asfáltica de la carpeta, situación que podría impedirles moverse según las consideraciones de diseño (ver Figura 5). Se observaron manchas de humedad entre 10% y 50% del área de las vigas cabezal de ambos bastiones producto del ingreso de agua a través de las juntas de expansión. Esta situación es evidencia de que el sello de las juntas se encuentra dañado y perdió sus propiedades impermeables (ver Figura 6).	3	3	Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas de expansión para evaluar su estado y determinar las acciones a seguir acordes con su estado de conservación. De ser necesario su reemplazo, considerar el movimiento por temperatura y por las cargas de servicio del puente en la elección del sistema de juntas Además, implementar un sistema cuya impermeabilidad pueda estar garantizada por el fabricante durante un periodo definido. Establecer medidas en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión al recarpetear la carretera.
3.3. Superficie de rodamiento de los accesos	Se observó exudación y desprendimiento de agregado en la superficie de rodamiento de los accesos (ver Figura 5). La película de material bituminoso producida por la exudación genera una superficie resbaladiza que representa un riesgo para los vehículos que transitan la vía.	1	1	Reparar las secciones de la carpeta asfáltica de los accesos que presentan deterioro.
3.4. Rellenos de aproxima-ción y taludes de accesos	No se observaron daños.	0	1	No hay recomendaciones.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	*CE*	RECOMENDACIONES
3.5. Muros de retención de los accesos	No se observaron muros de retención en los accesos.	NA	NA	No hay recomendaciones.
3.6. Losa de aproxima-ción	No se tiene evidencia de la existencia de losas de aproximación en los planos de diseño, ni se tuvo acceso visual a ellas.	NI	NI	No hay recomendaciones.
3.7. Sistema de drenaje de los accesos	No se encontraron sistemas de drenaje funcionales en los accesos. Los taludes del relleno de aproximación se encuentran cubiertos de vegetación densa que los protegen de la erosión.	NA	NA	Contemplar en los programas de mantenimiento vial la construcción de sistemas de drenaje adecuados en ambos accesos del puente.
3.8. Vibración	Las vibraciones en el puente fueron perceptibles y se producían con el paso de vehículos pesados, lo cual se considera normal.	NA	NA	No hay recomendaciones.

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).	Se observaron grietas en la cara inferior de la losa con espesores entre 0.3mm y 1mm, y espaciamientos menores a 0.30m Estas grietas se observaron en más del 50% del área de la losa (ver Figura 7).	1	3	Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011) Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente, en el que se incluyan estudios para evaluar la capacidad de carga de la losa…

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	*CE*	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto, rejilla de acero, tablero de acero, tablero de madera).	Debido a la presencia de la carpeta asfáltica, no fue posible evaluar la cara superior de la losa.	1	3	… considerando el deterioro del concreto y el posible deterioro del acero de refuerzo. Con esto, decidir si se justifica realizar el reforzamiento y reparación de grietas de la losa de concreto o si se debe sustituir.
4.2. Vigas principales de acero	Se encontró oxidación puntual en las vigas de acero, así como zonas donde se ha desprendido la capa superficial del sistema de protección de pintura (ver Figura 8).	0	1	Establecer un programa de mantenimiento periódico que incluya la limpieza y pintura de las vigas principales y vigas diafragma del puente.
4.3. Vigas Diafragma de acero	No se observaron daños.	0	1	No hay recomendaciones.
4.4. Sistema de arriostra-miento	El puente no tiene sistemas de arriostramiento.	NA	NA	No hay recomendaciones.

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	*CE*	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones	Se observó corrosión generalizada de los apoyos sobre ambos bastiones. Se encontraron cables amarrados a uno de los apoyos, situación que podría restringir el movimiento del apoyo y comprometer su adecuado funcionamiento (ver Figura 9).	1	3	Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente donde se incluya la sustitución de los apoyos (dada su condición de vulnerabilidad sísmica) considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	*CE*	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones	Los apoyos evidencian ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios de la sección 4.2.1.1(a) del *Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA* (FHWA, 2006).	1	3	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 Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (FHWA, 2006).
5.2. Bastiones	No se observaron daños.	0	1	No hay recomendaciones.
5.3. Aletones	No se observaron daños.	0	1	No hay recomendaciones.
5.4. Cimenta-ciones	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones.	NI	NI	No hay recomendaciones.

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	*CE*	RECOMENDACIONES
6.1 Longitud de asiento en bastiones y pilas	La longitud de asiento medida en sitio en ambos bastiones es de 0.44 m. La longitud de asiento requerida para el puente según el artículo 0.45 m, que es 10 mm mayor la longitud de asiento requerida.	0	1	No hay recomendaciones.
6.2 Dispositi-vos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	No se observaron dispositivos para prevención de colapso en el puente. Los apoyos de las vigas del puente tienen pernos que los anclan a los bastiones, los cuales podrían brindar resistencia limitada ante movimientos sísmicos.	2	3	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…

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	*GD*	*CE*	RECOMENDACIONES
6.2 Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	La ausencia de dispositivos de prevención de colapso podría permitir desplazamientos excesivos en la dirección perpendicular al tránsito durante un evento extremo.	2	3	… en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014), a los cuales se hace referencia en los Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013).
6.3 Protección de taludes de relleno	Los taludes del relleno se encuentran cubiertos de vegetación densa.	0	1	No hay recomendaciones.
6.4 Protección de taludes frente al bastión	Los taludes frente a los bastiones presentan indicios de erosión (ver Figura 10).	1	1	Valorar la posibilidad de incluir en un programa de mantenimiento periódico de la carretera la protección contra la erosión de los taludes frente a los bastiones del puente.
6.5 Cauce del río	No hay observaciones.	NA	NA	No hay recomendaciones.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Figura 1. Desprendimiento de concreto en la barrera vehicular sureste.

Figura 2. Rótulo de identificación deteriorado.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Figura 3. Ausencia de marcadores de objeto frente a la barrera vehicular y de sistemas de contención vehicular en los accesos.

Figura 4. Agrietamiento localizado de la carpeta asfáltica.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Figura 5. Junta de expansión totalmente cubierta por mezcla asfáltica de la carpeta y deterioro de la superficie de rodamiento del acceso:

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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

Figura 7. Agrietamiento de la losa de concreto.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

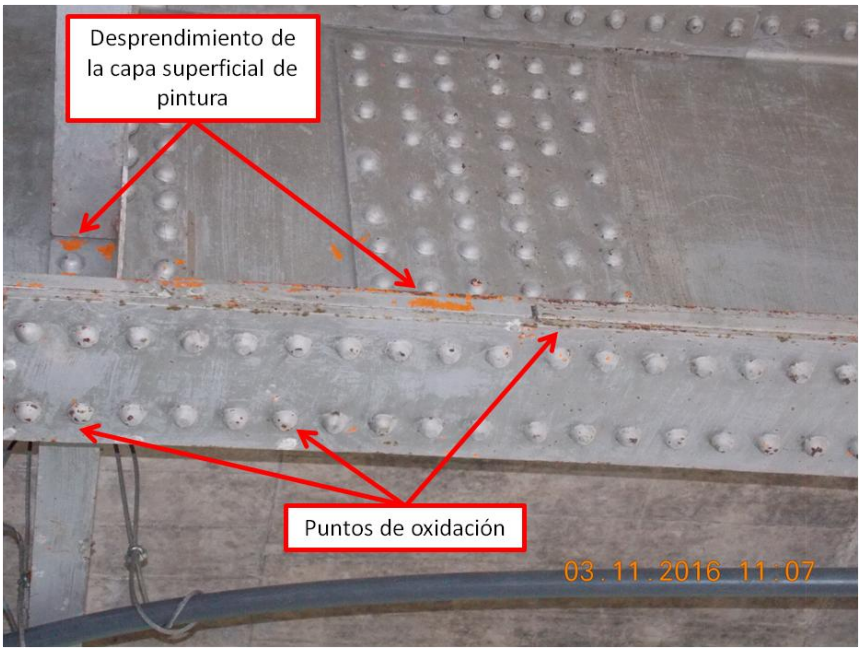


Figura 8. Oxidación puntual y desprendimiento de la capa superficial del sistema de protección de pintura en las vigas principales.

Figura 9. Apoyo con corrosión y cables amarrados a su alrededor.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Figura 10. Erosión de los taludes frente a los bastiones.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Sonzapote ubicado en la Ruta Nacional No.01 (Carretera Interamericana Norte). Las Tablas No. 2 a No. 6 resumen la condición de deterioro del puente y proveen algunas recomendaciones generales.

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

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
3	DEFICIENTE	Deficiencia importante pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada. Daño o defecto en seguridad vial peligroso	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

a. Ausencia de dispositivos de prevención de colapso que podría permitir desplazamientos excesivos del puente durante un evento extremo.

b. Corrosión generalizada de los apoyos.

c. Cables amarrados alrededor de uno de los apoyos que podrían restringir su capacidad de movimiento.

d. Agrietamiento de la losa de concreto.

e. Obstrucción de las juntas de expansión por mezcla asfáltica.

f. Ausencia de sistemas de contención vehicular en los accesos.

g. Ausencia de aceras del ancho mínimo requerido por la Ley 7600.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Además, se observó lo siguiente:

h. Filtración de agua a través de las juntas de expansión que evidencia que su sello se encuentra dañado y perdió sus propiedades impermeables.

i. Agrietamiento de la barrera vehicular, que dada la antigüedad del puente podría no cumplir con los niveles de contención especificados por la norma AASHTO.

j. Ausencia de marcadores de objeto frente a las barreras vehiculares del puente.

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

l. Agrietamiento de una sección de la carpeta asfáltica.

m. Ausencia de protección de los taludes frente al bastión, los cuales presentan indicios de erosión.

n. Oxidación puntual en las vigas de acero y zonas donde se ha desprendido la capa superficial del sistema de protección de pintura.

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

1. Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente que parta de un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura y una evaluación de la capacidad de carga viva para determinar las acciones de rehabilitación y refuerzo más convenientes. Debería contemplarse la sustitución o intervención de los apoyos, la sustitución de las barreras vehiculares por sistemas que hayan sido probados para un nivel de contención TL-4 como mínimo, además de valorar la posibilidad de ampliar la sección transversal del puente con aceras y ciclovías.
2. Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas de expansión y evaluar su estado para determinar las acciones a seguir acordes con su estado de deterioro.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

3. Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la limpieza y pintura de los apoyos, vigas principales y vigas diafragma, la colocación de sistemas de contención vehicular y marcadores de objeto en los accesos, la protección contra la erosión de los taludes frente a los bastiones y la intervención de la barrera vehicular mediante el sello de las grietas y reparación de los desprendimientos observados.
4. Establecer medidas en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión al recarpetear la carretera.
5. Valorar la posibilidad de colocar iluminación en el puente y sus accesos con el fin de aumentar las condiciones de seguridad vial de la zona.

Estas recomendaciones se asume que 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.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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 (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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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*

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

vial para puentes en Costa Rica. Versión 02-2012. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR. San José, Costa Rica.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

ANEXO A
Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

Página intencionalmente dejada en blanco

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

- **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:

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

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.

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

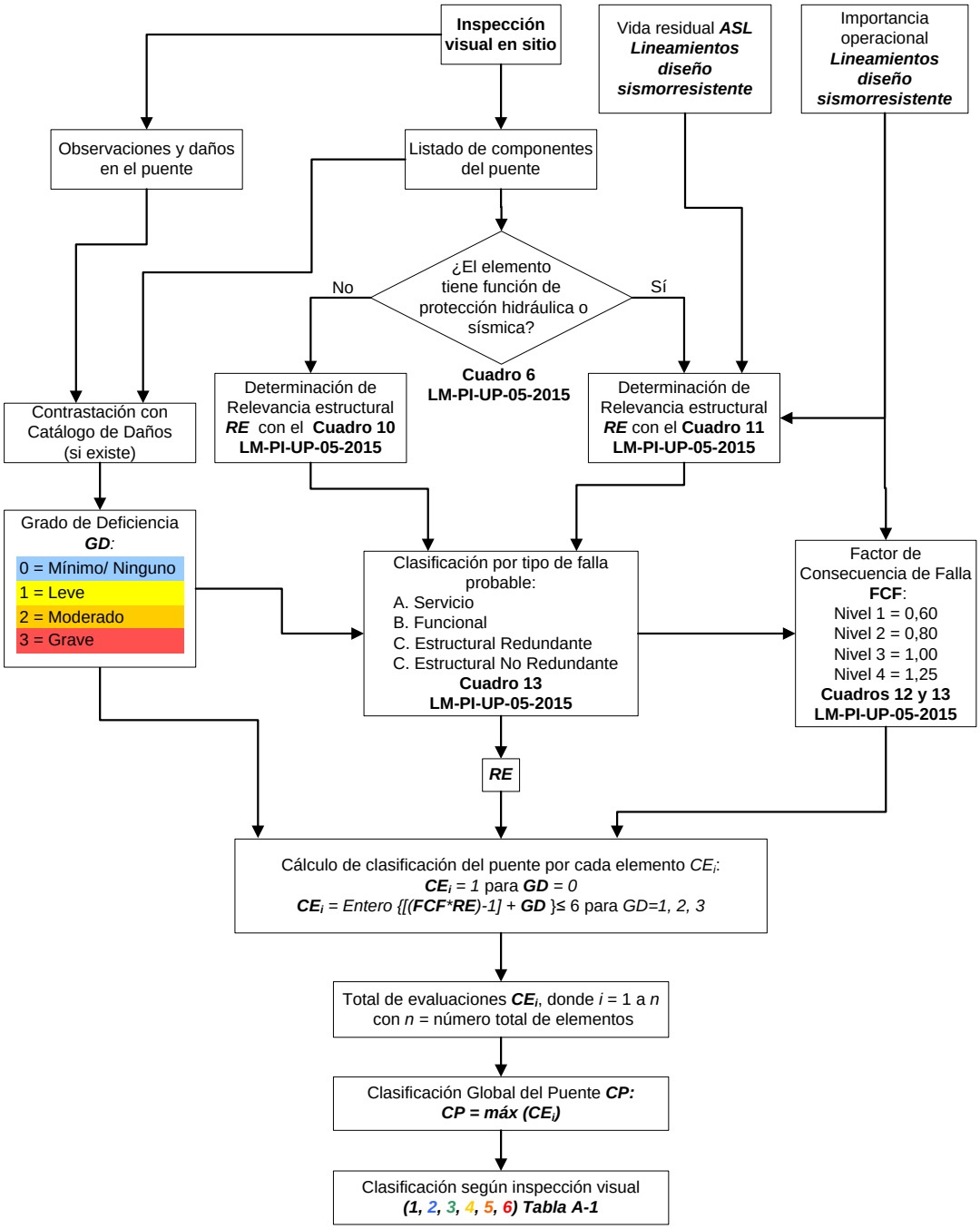


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

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	Atención pronta. 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	Atención prioritaria. 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 substitución de elementos dañados	Atención inmediata. 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

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr

LanammeUCR

RC-451
Calificación de la condición del puente según la evaluación visual

Versión: 01
Página: 1/1

Nombre del puente y Ruta	Río Sonzapote, RN01	**Importancia Operacional (LDSP 2013)**	Crítico
Fecha Evaluación	22/02/2017	**TPD (veh/día)**	2547
Año de construcción o diseño	1959	**Vida de diseño según código (años)**	50

	ELEMENTO	*RE*	*GD*	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O REFERENCIA A TABLA DE INFORME	TIPO DE FALLA	*FCF*	CE_i
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	2	2.5	A	0,6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	2.4	A	0,6	
	Iluminación	1	2	2.6	A	0,6	2
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	2	3.1	A	0,6	2
	Sistema de drenaje del puente	1	0	3.2	A	0,6	1
	Juntas de expansión	1	3	3.3	A	0,6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	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 VIGAS	Tablero	3	1	4.1	C	1	3
	Vigas principales de concreto o acero	3	0	4.2	C	1	1
	Vigas diafragma de concreto o acero	2	0	4.3	B	0,8	1
	Sistema de arriostramiento de acero	2	No Aplica	4.4	B	0,8	
SUBESTRUC-TURA	Apoyos	3	1	5.1	C	1	3
	Aletones	2	0	5.3	B	0,8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	5.2	C	1	1
	Bastiones: Cuerpo	3	0	5.2	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	5.4	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	0	6.1	C	1	1
	Llaves de corte	2	2	6.2	C	1	3
	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	2	6.2	C	1	3
	Dispositivos especiales	2	2	6.2	C	1	3
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	1	0	6.3	C	1	1
	Escollera de protección	1	1	6.4	C	1	1
	Protección de socavación en pilas	1	No Aplica		C	1	
						CP =	**3** **Condición Deficiente**

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

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica / Tel: (506) 2511-2500 Fax: (506) 2511-4440
direccion.lanamme@ucr.ac.cr / www.lanamme.ucr.ac.cr