

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>		<p>Código: RC-444</p>
	<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2019</p>	<p>Página 1/55</p>	<p>VERSIÓN 07</p>

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P02-2019

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TURES RUTA NACIONAL No. 116

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Mayo, 2019

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2019	Página 2/55	VERSIÓN 07

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2019	Página 3/55	VERSIÓN 07

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P02-2019		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TURES EN RUTA NACIONAL No.116		4. Fecha del Informe Mayo, 2019	
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 Tures, en la Ruta Nacional No.116, 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. 116, Río Tures, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 55
11. Inspección e informe por: Ing. Hellen Garita Durán Unidad de Puentes	12. Inspección por: Ing. Sergio Álvarez González Unidad de Puentes	13. Inspección, revisión y aprobación por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes	
14. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	15. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2019	Página 4/55	VERSIÓN 07

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-PN02-2019	Página 5/55	VERSIÓN 07

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
3. ALCANCE DEL INFORME	8
4. DESCRIPCIÓN.....	10
5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....	15
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
7. REFERENCIAS.....	38
ANEXO A GLOSARIO.....	40
ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	43
ANEXO C CONSERVACIÓN DE PUENTES DE ARCO DE MAMPOSTERÍA.....	52

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 6/55	VERSIÓN 07

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-PN02-2019	Página 7/55	VERSIÓN 07

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *evaluación* del puente sobre el Río Tures en la Ruta Nacional No.116, 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 1 de noviembre del 2018.

2. OBJETIVOS

- a) Realizar el inventario del puente utilizando la información recopilada 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		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 8/55	VERSIÓN 07

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.


Como resultado de la *evaluación* se le asigna una condición al puente, de acuerdo con una metodología desarrollada por la Unidad de Puentes, la cual, se describe en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et al., 2015). En el Anexo B se puede consultar un diagrama de flujo que resume los criterios, la metodología utilizada y una tabla donde se explica el significado de cada condición.

Las dimensiones de los elementos del puente se pueden obtener de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar como referencia para completar formularios de inventario del puente si se considera necesario, ya que en muchas ocasiones el inspector no tiene acceso físico y/o visual a algunos componentes del puente. Para este puente en particular no se tuvo acceso a los planos de diseño. La información de planos es una guía para el proceso de inspección, pero no es determinante para establecer la condición del puente, pues esta solo puede determinarse a partir de la información que se recolecta y verifica en el sitio.

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

Se debe tener claro de que el presente informe de *evaluación* de la condición presenta el estado de un solo puente perteneciente a una ruta en específico y a la Red Vial Nacional, y como tal su atención debe ser vista de forma integral en conjunto con las necesidades de los demás puentes del inventario bajo un esquema de un sistema de gestión de puentes y no respondiendo solamente a un criterio de intervención de “el peor primero”.

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 8 de 55
-----------------------------	------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 9/55	VERSIÓN 07

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 10/55
		VERSIÓN 07

4. DESCRIPCIÓN

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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Heredia, Santo Domingo, Tures
	Coordenadas (DMS.s) WGS84	9,0°59,0'17,3" N de Latitud / 84,0°3,0'56,6" O de Longitud
	Río que cruza	Río Tures
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	116
	Tipo de ruta	Secundaria
	Sección de control	40251
TPD - Anuario de Tránsito (Zúñiga-Blanco, 2017)	Total	13 627
	Porcentaje de vehículos pesados	9,94%
	Porcentaje de camiones de 5 ejes	0,26%
	Año en que se realizó el conteo	2015

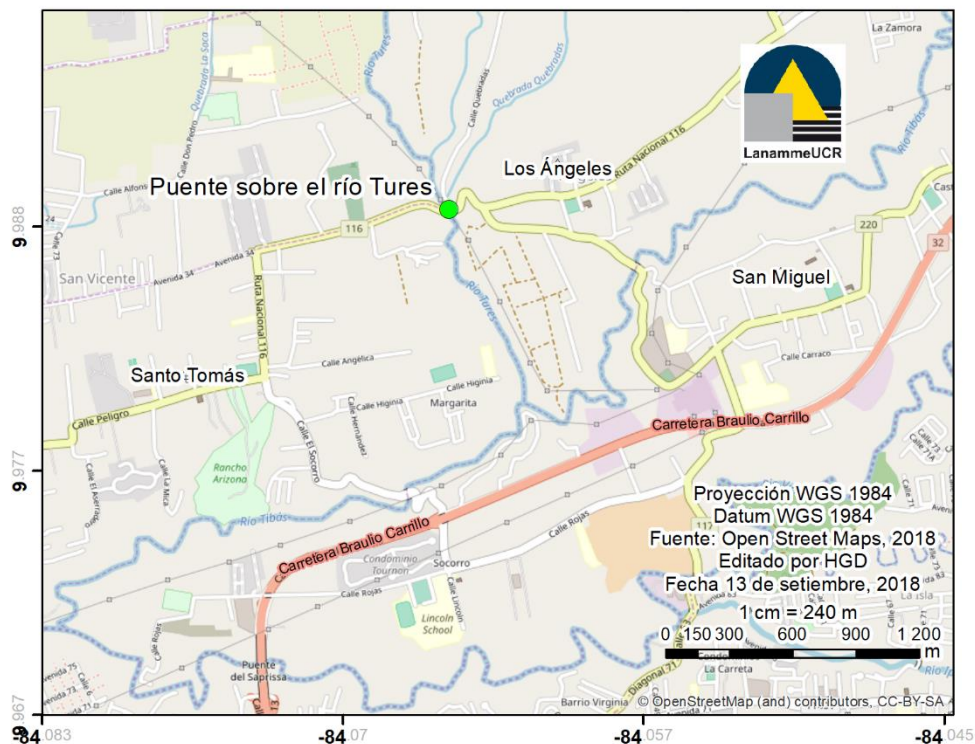


Figura A. Ubicación geográfica del puente sobre el Río Tures.
(Adaptado de Open Street Maps, 2018)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019		Página 11/55 VERSIÓN 07



Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro desde el acceso sur.



Figura C. Vista lateral costado oeste.

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 11 de 55
-----------------------------	------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 12/55 VERSIÓN 07

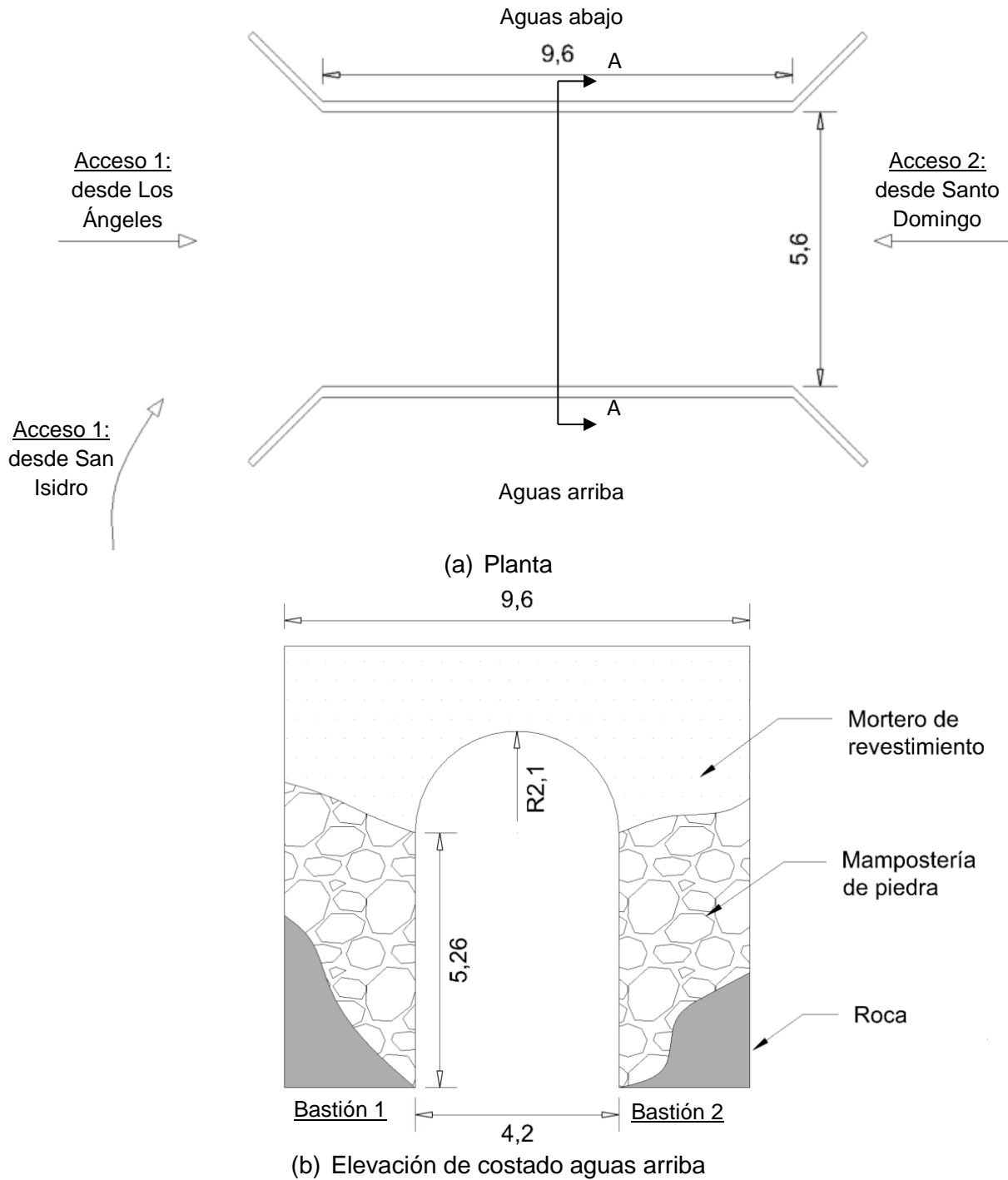
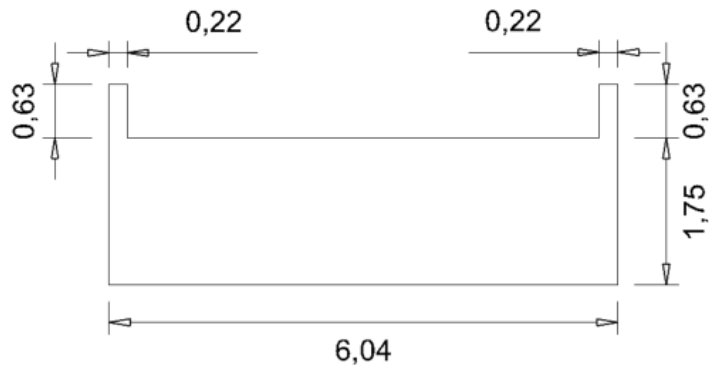


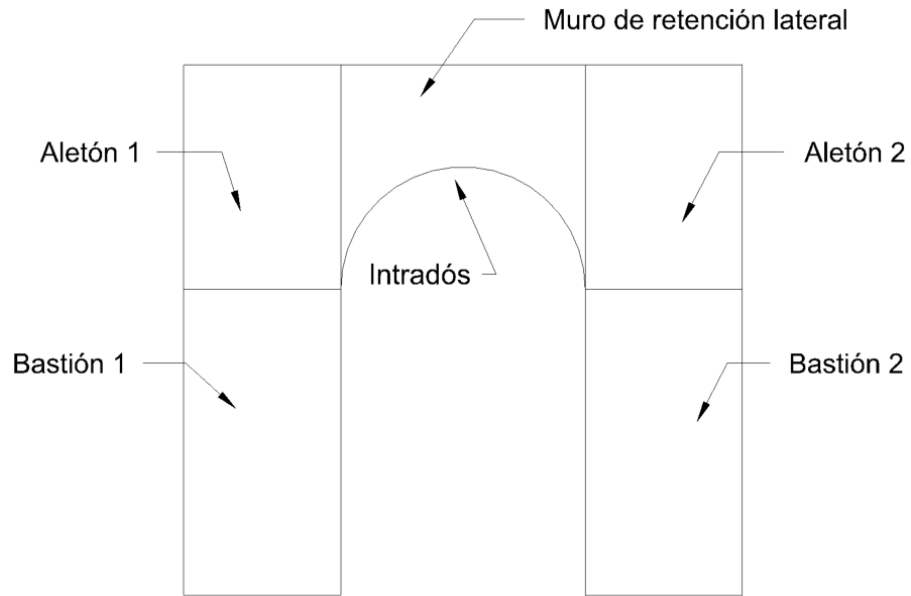
Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el Río Tures, cotas en metros.

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 12 de 55
-----------------------------	------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 13/55
		VERSIÓN 07



(c) Sección transversal A-A



(d) Nomenclatura utilizada en el informe

Figura D. (cont.) Identificación utilizada para el puente sobre el Río Tures, cotas en metros.


 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 14/55	VERSIÓN 07

Tabla No. B. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	4,20
	Longitud del arco (m)	9,60
	Ancho total (m)	6,04
	Ancho de calzada (m)	5,60
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	1 (un sentido)
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo arco de mampostería de piedra de paso superior
	Tipo de tablero	No aplica
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Apoyos rígidos
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2
	Tipo de bastiones	Bastión de mampostería de piedra
	Tipo de pilas	No hay pilas.
	Tipo de cimentación	Otros (Los bastiones de mampostería de piedra se apoyan directamente sobre la roca)
Diseño y construcción	Año de diseño	No se encontró información
	Año de construcción	No se encontró información
	Especificación de diseño original	No se encontró información
	Carga viva de diseño original	No se encontró información
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se encontró información
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se encontró información
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se encontró información

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 15/55	VERSIÓN 07

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 5 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura (d) Subestructura y (e) Elementos de protección sísmica e hidráulica. De esta manera, se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada en las Tablas No.1 a No.5, las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas RE y GD, las cuales corresponden, respectivamente, a la Relevancia Estructural (RE) y al Grado de Deficiencia (GD) para cada elemento del puente de acuerdo como se definen en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et al., 2015) y en el Anexo B. El valor numérico de RE (varían entre 1 y 4) y se refiere a la importancia relativa del elemento respecto a todos los demás elementos en el sistema del puente. El valor numérico de GD (varían entre 0 y 3) y se refiere al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asigna de acuerdo con el componente más dañado que se observa en el respectivo elemento evaluado; sin embargo, la atención de la estructura se debe realizar haciendo un análisis integral de todos los deterioros detallados en la evaluación que se presenta en este informe. En las casillas correspondientes a RE y GD también podrían aparecer las siguientes expresiones: "NI" cuando el elemento no pudo ser inspeccionado por dificultades de acceso o "NA" cuando el elemento no se encontraba en el tipo de puente evaluado.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 16/55	VERSIÓN 07

Tabla No. 1. Estado de la seguridad vial.

1.1. Sistema de contención vehicular del puente:	RE = 2	GD = 2
<p>El puente contaba con barreras de contención rígidas en cada uno de sus extremos. La altura de la barrera es 0,63 m en ambos casos y la sección transversal es rectangular.</p> <p>Las barreras podrían no cumplir en cuanto a altura, geometría y resistencia (conexión a los muros de mampostería del puente), con el nivel de contención vehicular establecido en la norma AASHTO LRFD (2017) en función del tipo de carretera, la velocidad y el tipo vehículos que circulan sobre la Ruta Nacional No. 116, debido a que no hay evidencia de que fueron construidas con base en los documentos: Reporte NCHRP 350 (1993) o MASH-2 (AASHTO, 2016). La razón para recomendar el uso de normativa en su versión más reciente, es para poder brindar seguridad a los usuarios acorde con la demanda vehicular más actualizada posible.</p>		
<p>Figura 1.1. Barrera de contención de concreto de sección rectangular.</p>		
1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos:	RE = 1	GD = 3
<p>Las barreras de contención vehicular del puente se extendían en los extremos con ángulo tanto en planta como en elevación (ver Figura 1.2(a)), pero se evidenciaba que su longitud era insuficiente para evitar la caída de vehículos al cauce del río. A excepción del costado aguas arriba del acceso 1, ninguna terminación tenía extensiones adicionales por medio de guardavías flexibles para solventar la anterior deficiencia. Adicionalmente, el único guardavías ubicado en el costado aguas arriba del acceso 1, evidenciaba una incorrecta transición y unión entre el elemento flexible y el rígido que no permite la continuidad del sistema, y la cual ya evidenciaba daños como consecuencia de esto, además de un inadecuado anclaje en el extremo opuesto. El faltante de guardavías se evidencia en la Figura 1.2(b) que corresponde al acceso 2 del puente.</p>		
<p>Figura 1.2(a). Incorrecta unión entre barrera y guardavías.</p>		





	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 17/55 VERSIÓN 07

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

1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos (<i>continuación</i>):	RE = 1	GD = 3
<p>Se recomienda referirse al Manual SCV (Valverde, 2011) y seguir las indicaciones del fabricante del sistema que se utilice, sobre la correcta unión de elementos, sobre la distancia de transición de elementos flexibles a elementos rígidos, y sobre las características que deben cumplir las terminaciones y anclajes.</p>		
<p align="center">Figura 1.2(b). Faltante de guardavías en acceso 2.</p>		
1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos:	RE = 2	GD = 3
<p>El puente no contaba con aceras, bordillos o ciclovías (ver Figura 1.3). El puente es transitado por peatones debido a que en ambos extremos hay residencias y venta de bienes o servicios. Tampoco se observaron aceras en los accesos de la estructura.</p>		
<p align="center">Figura 1.3. Ausencia de aceras, bordillos o ciclovías en puente o accesos.</p>		
1.4. Iluminación:	RE = 1	GD = 1
<p>El poste de iluminación más cerca del puente, se encontraba cerca del acceso 1 como se evidencia en la Figura 1.4 No fue posible verificar el funcionamiento de la iluminación ni comprobar la visibilidad nocturna. Se considera que con una adecuada y completa señalización vial, así como su mantenimiento, no es necesaria la iluminación en el puente.</p>		
<p align="center">Figura 1.4. Poste de alumbrado público más cercano a la estructura.</p>		



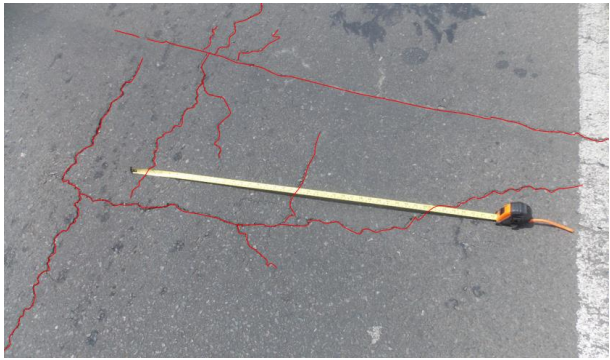
	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019</p>	<p>Página 18/55</p>	<p>VERSIÓN 07</p>

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

<p>1.5. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación):</p>	<p>RE = 1</p>	<p>GD = 2</p>
<p>No se observó rotulación del nombre del puente ni de la ruta en donde se ubica.</p> <p>Se observó una señal vertical de CEDA en el acceso 2 del puente, sin embargo, no está acompañada de una señal horizontal (ver Figura 1.5(a)).</p> <p>El acceso 1 del puente es una intersección. La calle proveniente de San Isidro tiene una señal vertical de ALTO, sin embargo, no se observó la respectiva señalización horizontal (ver Figura 1.5(b)).</p> <p>La demarcación horizontal del puente era borrosa. El puente carecía de delineadores verticales y marcadores de objeto, a pesar de no contar con guardavías y ser de un solo carril.</p> <p>Los accesos no contaban con demarcación horizontal o está es borrosa (ver Figura 1.5(c)) y no se observaron captaluces.</p> <p>En general, para ser una intersección de dos rutas que coincide con un puente de un carril, la señalización vial era deficiente.</p>	 <p>Figura 1.5(a). Ausencia de demarcación horizontal en el acceso 2 del puente.</p>	
	 <p>Figura 1.5(b). El acceso 1 solo cuenta con un rótulo vertical de ALTO en la vía proveniente de San Isidro.</p>	
	 <p>Figura 1.5(c). Demarcación horizontal borrosa en acceso 2.</p>	

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 19/55	VERSIÓN 07

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

2.1. Superficie de rodamiento del puente:		RE = 1	GD = 0
No se observaron daños en la superficie de rodamiento del puente.		No hay fotografía asociada.	
2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente:		RE = 1	GD = 3
El puente no contaba con bordillo o sistema de drenaje (ver Figura 2.2). Los costados de la estructura se encontraban con sedimentos y crecimiento de vegetación.			
Figura 2.2. Falta de drenaje y bordillo en el puente.			
2.3. Juntas de expansión:		RE = NA	GD = NA
Por la tipología estructural, el puente no presentaba juntas de expansión.		No hay fotografía asociada.	
2.4. Superficie de rodamiento de los accesos:		RE = 1	GD = 1
La superficie de rodamiento del acceso 2, presentaba agrietamiento en dos direcciones. La longitud de las grietas supera 1 m como se comprueba en la Figura 2.4.			
Figura 2.4. Superficie de rodamiento en acceso 2 presentaba agrietamiento en ambas direcciones.			



	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 20/55 VERSIÓN 07

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

2.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos:	RE = NI	GD = NI
No se logró observar los rellenos de aproximación. No hay fotografía asociada.		
2.6. Muros de retención de los accesos:	RE = NA	GD = NA
No había muros de retención en los accesos ya que se trata de un puente integral apoyado sobre el cañón de roca del río, por lo que no requiere de muros. No hay fotografía asociada.		
2.7. Losa de aproximación:	RE = NI	GD = NI
Aunque no se tuvo acceso visual a las losas de aproximación de los accesos por la existencia de la carpeta asfáltica, por la tipología de puente es muy probable que no existan. No hay fotografía asociada.		
2.8. Sistema de drenaje de los accesos:	RE = 1	GD = 1
<p>En el acceso 1 se observó que existe un sistema para canalizar las aguas de escorrentía al río tal y como se evidencia en la Figura 2.8(a) y Figura 2.8(b). Sin embargo, el sistema pluvial no tenía alguna estructura de descarga final adecuada que lograra disipar la energía y disminuir la velocidad del agua, por lo que parte de la canalización ya había colapsado y estaba afectando la integridad del talud. Esto se evidencia en la Figura 2.8(b). En el acceso 2 no se observaron sistemas para canalizar las aguas.</p>		
		
		<p>Figura 2.8(a). Cuneta de drenaje en acceso 1, costado aguas abajo.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 21/55

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


2.8. Sistema de drenaje de los accesos (continuación):	RE = 1	GD = 1
		
<p>Figura 2.8(b). El sistema para canalizar aguas al río del acceso 1 colapsó, costado aguas abajo.</p>		

Tabla No. 3. Estado de conservación de las superestructuras tipo arco de mampostería.

3.1. Tablero (losa de concreto):	RE = NA	GD = NA
Por la tipología estructural, el puente no presentaba tablero.	No hay fotografía asociada.	
3.2. Arco (intradós):	RE = 3	GD = 1
El intradós es de mampostería de piedra; sin embargo, se observó un recubrimiento de mortero sobre la mampostería. No se tiene evidencia si el recubrimiento está relacionado a alguna reparación, es sólo ornamental, se utilizó para corregir del crecimiento de vegetación o si data desde la construcción de		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 22/55	VERSIÓN 07

Tabla No. 3. Estado de conservación de las superestructuras tipo arco de mampostería (continuación).

3.2. Arco (intradós) (continuación):	RE = 3	GD = 1
<p>la estructura (lo cual no era común en la construcción de este tipo de puentes). El mortero de recubrimiento se ha perdido en algunas zonas.</p> <p>En los sitios destacados con rojo en la Figura 3.2(a) aguas arriba del arco, se observa que había eflorescencia y degradación del mortero.</p> <p>Tanto en la Figura 3.2(a) como en la Figura 3.2(b), se observa que había vegetación abundante en el intradós. Esta es una condición que evidencia deterioro del mortero de unión entre mampuestos y que puede causar desprendimiento de rocas.</p> <p>Se observó presencia de humedad en el tramo donde había mayor faltante de mortero de recubrimiento, lo cual se evidencia en la Figura 3.2(c). Además, en esa figura se muestra resaltado en rojo agrietamiento de poca longitud en el mortero, en dirección longitudinal. No es posible asegurar a partir de la inspección visual, que la grieta estaba en el mortero y no se trataba de una grieta en las sisas de los mampuestos que se proyectaba también al mortero.</p> <p>Cabe mencionar que durante la inspección se observaron algunos faltantes de mampuestos en la línea horizontal de transición entre los bastiones y el arco de mampostería; sin embargo, por la distribución simétrica de los faltantes, su ubicación y la aparición de este patrón en otros puentes de igual tipología en el país, se puede inferir que están relacionadas al proceso de construcción.</p>		
		
		

Figura 3.2(a). Eflorescencia en el intradós, aguas arriba.

Figura 3.2(b). Vegetación en el intradós y muro de retención del costado aguas arriba.

Figura 3.2(c). Presencia de humedad y agrietamiento en sección del arco cerca del bastión 1.


	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019</p>	<p>Página 23/55</p>	<p>VERSIÓN 07</p>

Tabla No. 3. Estado de conservación de las superestructuras tipo arco de mampostería (continuación).



3.3. Muros de retención laterales:		RE = 2	GD = 1
<p>Como se indicó en 3.2. Arco (intradós), se observó un recubrimiento de mortero sobre la mampostería, y no se tiene evidencia si el recubrimiento está relacionado a alguna reparación, es sólo ornamental, se utilizó para corregir del crecimiento de vegetación o si data desde la construcción de la estructura (lo cual no era común en la construcción de este tipo de puentes).</p> <p>Se observaron manchas de humedad en los muros de retención de ambos costados, pero no se considera que sea un daño estructural (ver Figura 3.3(a) y Figura 3.3(b)).</p> <p>En la Figura 3.3(a) también se observa severa presencia de vegetación (ramas) entre el muro de retención y el intradós del costado aguas arriba.</p>			
			

Figura 3.3(a). Humedad y vegetación en el muro de retención del costado aguas arriba.

Figura 3.3(b). Humedad en el muro de retención del costado aguas abajo.



	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 24/55	VERSIÓN 07

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

4.1. Apoyos en bastiones y pilas:	RE = NA	GD = NA
El puente no cuenta con apoyos ya que, por su tipología estructural, hay continuidad entre el arco (muro de retención e intradós) y el bastión.		
4.2. Bastiones:	RE = 3	GD = 1
<p>El bastión del acceso 1 de mampostería se encuentra recubierto con una capa de mortero. Al momento de la inspección, se observó moderada presencia de vegetación en el bastión, principalmente de plantas que crecen en presencia de humedad (ver Figura 4.2(a)).</p> <p>En la sección del bastión 1 que se muestra en la Figura 4.2(b), se observó faltante de mortero en las sisas que formaba una línea horizontal.</p> <p>El bastión 2 bajo el intradós presentaba un recubrimiento de mortero (ver Figura 4.2(c)). No se observó presencia significativa de humedad y vegetación como en el caso del bastión 1.</p> <p>Las secciones de ambos bastiones bajo los aleros contaban con vegetación en las sisas (ver Figura 4.2(d)). Cabe aclarar que se considera como la sección más crítica, la parte del bastión bajo el intradós ya que es la que podría afectar directamente la capacidad estructural o estabilidad del mismo.</p>		<p>Figura 4.2(a). Vista del bastión 1 con presencia de humedad y vegetación.</p>
		<p>Figura 4.2(b). Detalle de sección de bastión 1 con faltante de mortero en sisas.</p>
		<p>Figura 4.2(c). Vista del bastión 2 con poco faltante de mortero de recubrimiento.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 25/55	VERSIÓN 07

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

4.2. Bastiones (<i>continuación</i>):	RE = 3	GD = 1
		
Figura 4.2(d). La vista del bastión 1 bajo el alero aguas arriba presenta vegetación en las sisas.		
4.3. Aletones:	RE = 2	GD = 1
<p>Los aletones del puente poseen vegetación en un alto porcentaje de las sisas, tal y como se aprecia en la Figura 4.4(a), Figura 4.4(b) y Figura 4.4(d), lo cual es evidencia de degradación del mortero de unión de los mampuestos.</p> <p>Se observó además faltante de segmentos de roca o de rocas pequeñas (ver Figura 4.4 (c)), en diferentes secciones de los aletones. La pérdida de material se puede acelerar si persiste el crecimiento de vegetación y en especial, si la vegetación es de raíces profundas como la que se observó en el intradós (Ver 3.2. Arco (<i>intradós</i>)).</p>		
Figura 4.3(a). Vegetación en aletón ubicado en el acceso 1, costado aguas arriba.		

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019</p>	<p>Página 26/55</p>

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

<p>4.3. Aletones (<i>continuación</i>):</p>	<p>RE = 2</p>	<p>GD = 1</p>
 <p>Figura 4.3(b). Vegetación en aletón ubicado en el acceso 1, costado aguas abajo.</p>  <p>Figura 4.3(c). Falta de segmentos de roca o rocas pequeñas en aletón ubicado en el acceso 1, costado aguas arriba.</p>  <p>Figura 4.3(d). Vegetación en aletón ubicado en el acceso 2, costado aguas arriba.</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 27/55
		VERSIÓN 07

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

4.4. Cimentaciones (bastiones):	RE = 3	GD = 1
<p>Los bastiones se encuentran cimentados directamente sobre roca, tal y como se aprecia en la Figura 4.6 (a) y Figura 4.6 (b).</p> <p>Se observó falta de recubrimiento y material de las sisas en la cimentación del bastión 1 y bastión 2. En la Figura 4.2(c) y Figura 4.6(d) se evidencia faltante de mampuestos producto de la pérdida del mortero de unión. Esto representa un proceso de degradación activo que podría permitir el ingreso de agua y que se lave el material de relleno, incrementando el deterioro.</p>	<div data-bbox="824 558 1430 884" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="764 905 1487 932">Figura 4.4(a). Vista general de la parte inferior de los bastiones.</p> <div data-bbox="824 953 1430 1304" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="829 1325 1422 1352">Figura 4.4(b). Vista de la parte inferior del bastión 1.</p> <div data-bbox="824 1373 1430 1703" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="829 1724 1422 1751">Figura 4.4(c). Vista de la parte inferior del bastión 2.</p>	

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 28/55

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


4.4. Cimentaciones (bastiones) (<i>continuación</i>):	RE = 3	GD = 1
		
Figura 4.4(d). Acercamiento de la parte inferior del bastión 2.		

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

5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:	RE = NA	GD = NA
Por la tipología de la estructura no hay apoyo y, por ende, longitud de asiento tampoco pues el puente es integral.		
No hay fotografía asociada.		
5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico):	RE = NA	GD = NA
Por la tipología, el puente no tiene dispositivos especiales como aislamiento de base o amortiguamiento.		
No hay fotografía asociada.		
5.3. Protección de taludes de relleno de aproximación:	RE = NA	GD = NA
Por la tipología del puente no había rellenos de aproximación.		
No hay fotografía asociada.		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 29/55 VERSIÓN 07

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

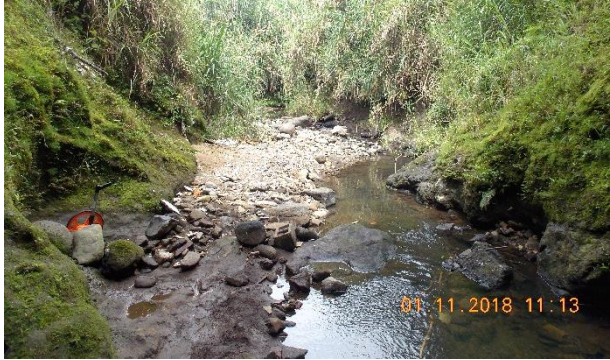
5.4. Protección de taludes frente al bastión:	RE = NA	GD = NA
<p>No existe protección frente a ninguno de los bastiones. Esto obedece a la tipología estructural del puente, más que a una deficiencia, ya que los bastiones se apoyan directamente sobre la roca. Sin embargo, tal y como se indicó en 4.6. <i>Cimentaciones</i> (bastiones), se observó pérdida de mampuestos y mortero en la base del bastión sobre la roca que indica un deterioro activo y que podría provocar la pérdida de material de relleno en el bastión.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	
5.5. Cauce del río:	RE = NA	GD = NA
<p>Debido a que el lecho del río es rocoso, la probabilidad de que ocurra socavación del cauce es muy baja (ver Figura 5.5(a)).</p> <p>El puente genera obstrucción al cauce ya que los bastiones están cimentados desde el lecho del río verticalmente, reduciendo el área de flujo existente (ver Figura 5.5(b)).</p> <p>Según la información recopilada con un vecino de la zona, en la estación lluviosa la zona aledaña al puente se ha inundado. Sin embargo y según la misma persona, se tomaron acciones legales para impedir el funcionamiento de un botadero aguas arriba que los vecinos consideraban como la causante de la insuficiencia en la capacidad hidráulica de la sección transversal en el sitio del puente. Se debe tomar en cuenta de que el puente se ubica unos metros aguas abajo de la unión entre el río Tures y un afluente importante del mismo (quebrada Quebradas).</p>		



Figura 5.5(a). Cauce del río aguas arriba del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 30/55 VERSIÓN 07

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

5.5. Cauce del río (continuación):	RE = NA	GD = NA
		
<p>Figura 5.5(b). Cauce del río en sitio del puente.</p>		
		
<p>Figura 5.5(c). Cauce del río aguas abajo del puente.</p>		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 31/55	VERSIÓN 07

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Turess ubicado en la Ruta Nacional No. 116. Las Tablas No. 1 a No. 5 resumen la condición de deterioro del puente.

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

- a. Se observó vegetación abundante, manchas de humedad, eflorescencia y degradación del mortero en el arco (intradós).
- b. No hay aceras en el puente ni bordillos o ciclovías. Tampoco hay aceras en los accesos.

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

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 31 de 55
-----------------------------	------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 32/55	VERSIÓN 07

manuales modernos de puentes, en el Anexo C se muestran ejemplos de bibliografía que puede ser usada como referencia en el tema.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 33/55	VERSIÓN 07

Tabla No. 6 - Mantenimiento cíclico o programado:

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

Elementos	Recomendaciones
1.1. Sistema de contención vehicular del puente. 1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos: 1.5. Señalización	Una vez sean mejoradas las condiciones de estos elementos según lo indicado en las Tablas No. 7 y 8, establecer un programa de verificación y reparación de daños y reposición de elementos de los sistemas de contención vehicular del puente, de los sistemas de contención vehicular de los accesos y de señalización vertical.
1.5. Señalización	Demarcar periódicamente las líneas de borde del puente y renovar captaluces de acuerdo con el periodo de vida útil de servicio que recomiende el fabricante de estos dispositivos o conforme estos se desprendan.
2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	Limpiar periódicamente los bordillos para permitir el rápido tránsito del agua de escorrentía hacia los accesos, ya que el puente no cuenta con ductos de drenaje.
3.2. Intradós 3.3. Muros de retención 4.2. Bastiones 4.4. Aletones	Limpiar el intradós, muros de retención, aletones y bastiones regularmente (por lo menos una vez al año) para evitar que la vegetación crezca en las sisas de la mampostería. Hacerlo la primera vez en el corto plazo, ya que postergarlo aumenta el riesgo de deterioro en las sisas de mampostería del puente, y combinarlo con la reparación paralela del mortero ya dañado.


 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 34/55	VERSIÓN 07

Tabla No. 7 - Mantenimiento basado en la condición:	
Elementos	Recomendaciones
1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>Colocar guardavías en los accesos al puente y sustituir los sistemas que no cumplen con el nivel de contención mínimo requerido en la carretera. Determinar este nivel de contención mínimo de acuerdo con el <i>Manual SCV</i> (Valverde-González, 2011). Al colocar los nuevos guardavías, verificar que la colocación se encuentre conforme a las especificaciones del fabricante y características del tránsito de la vía, con el fin de garantizar el nivel de contención y el desempeño adecuado del sistema ante un accidente por salida de la vía, lo cual incluye la longitud necesaria, un adecuado anclaje en conjunto con el correcto ángulo en la terminación tanto en planta como en elevación, así como la colocación de transiciones entre los sistemas rígidos del puente y los sistemas flexibles de la carretera que garanticen el nivel de desempeño mínimo. Evitar que se rigidice la base de los postes del sistema, a menos que sea especificado así por el fabricante. Evitar la colocación de empalmes frente a la dirección del tránsito.</p>
1.4. Señalización	<p>Colocar rotulación con el nombre del puente en ambos accesos. Realizar la demarcación de las señales horizontales de ALTO y CEDA y de los extremos de la calzada. Colocar delineadores verticales, y en el caso de los marcadores de objeto, hasta que se coloquen los guardavías. En general, mejorar las condiciones de seguridad vial para una intersección de dos rutas que coincide con un puente de una sola vía, que además tiene un importante porcentaje de vehículos pesados (aprox. 10 %).</p>
2.8. Sistema de drenaje de los accesos	<p>Se recomienda construir sistemas de drenaje en el acceso 2 y estructuras de descarga final de los sistemas pluviales de ambos accesos, que cumplan las disposiciones de la normativa AASHTO LRFD 2017 (sección 2.6), HEC 21 y HEC 14.</p>
3.2. Intradós 3.3. Muros de retención 4.2. Bastiones 4.3. Aletones	<p>Realizar reparaciones por la pérdida de segmentos o mampuesto enteros, o por deterioro o pérdida del mortero de las sisas. Darle seguimiento a la grieta longitudinal del intradós y documentarlo. De preferencia, determinar si se trata del mortero de recubrimiento o si es un deterioro del arco estructural, para tomar las acciones del caso. En el corto plazo, reparar la parte inferior de los bastiones en la cimentación con un recubrimiento de concreto (delantal de concreto) para evitar que continúe la pérdida de mampuestos, mortero de las sisas y material de relleno de los bastiones.</p>
5.5. Cauce del río	<p>Se considera pertinente monitorear si en la próxima estación lluviosa efectivamente deja de inundarse</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 35/55
		VERSIÓN 07

Tabla No. 8 - Rehabilitación:	
Elementos	Recomendaciones
1.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>Evaluar si las barreras vehiculares existentes cumplen en resistencia, altura y geometría con los niveles de contención especificados en la Norma AASHTO LRFD 2017 para las características del tránsito del sitio del puente. Usar para ello como guía la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011), la Guía Recomendada para la Selección de Barreras de Contención de Puentes TL-2 hasta TL-4 (NCHRP, 2014), así como el Manual SCV: Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carretera (Valverde-González, 2011). En cuanto a este último documento, en la Tabla III-11 de niveles de contención, se recomienda que para accidentes muy graves (puentes), velocidades mayores a 60 km/h, TPD mayor a 2000 y tránsito diario de vehículos pesados entre 500 y 2000, el nivel de contención sea equivalente a TL-4 o TL-5.</p> <p>En caso de no cumplir, proveer de barreras con un nivel adecuado de contención de acuerdo con las condiciones de la ruta, ubicación y características geométricas del puente, y acordes con la Norma AASHTO LRFD 2017, siempre que esto sea práctico. La razón para recomendar el uso de normativa en su versión más reciente, es para poder brindar seguridad a los usuarios acorde con la demanda vehicular más actualizada posible.</p> <p>De acuerdo con la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011), para barreras diseñadas con normativa y criterios anteriores al AASHTO LRFD, es posible, por medio de un análisis de seguridad a los usuarios y costo-efectividad, mantener el sistema de contención actual, siempre y cuando se evalúe de manera estricta que durante su vida de servicio haya tenido un desempeño adecuado; si no existiera tal registro para hacer dicha evaluación, no se recomienda seguir esta opción. De este mismo análisis se puede determinar también si la readecuación se debe realizar en el corto plazo, o si aun no cumpliendo con la normativa, es posible esperar hasta la próxima rehabilitación del puente.</p>
1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos	<p>De acuerdo con la demanda de tránsito peatonal en el puente que se genera en la zona, decidir si es necesario colocar una estructura adicional para el paso peatonal, así como en sus accesos, que cumpla con lo establecido en la Ley 7600 y normativa técnica como AASHTO.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 36/55	VERSIÓN 07

Tabla No. 8 – Rehabilitación (continuación):	
Elementos	Recomendaciones
Puente en general (continuación)	<p>Debido a que el puente es de un solo carril perteneciente a una Ruta Nacional Secundaria que conecta a la ciudad de Heredia con la Ruta Nacional Primaria No. 32, se recomienda llevar a cabo un análisis de tránsito para determinar si se justifica ampliar el puente a dos carriles, tomando en cuenta el nivel de servicio que debe brindar a futuro, así como para el porcentaje de camiones que transitan por la misma (aproximadamente 10 % actualmente).</p> <p>Según Vargas (2018), los puentes de arco del distrito de San Miguel fueron construidos a finales del siglo XIX. Las cargas para las cuales fue construido son mucho menores que las de la demanda actual. Considerando este aspecto, a pesar de la cantidad de años en servicio y del inadecuado mantenimiento que ha tenido la estructura a lo largo de los años, esta no presenta daños estructurales alarmantes.</p> <p>La estructura podría poseer un valor histórico patrimonial, tanto local como nacional, que debe determinarse y analizarse con detalle según criterios como los que se presentan en la bibliografía sugerida en el Anexo C. Se debe de considerar en este caso, que el puente tiene una luz libre de 4,2 m, la cual es una longitud muy corta, y que de hecho es menor a la de otros puentes de este tipo (arco de mampostería) declarados como Patrimonio Nacional (http://www.patrimonio.go.cr/), como por ejemplo el puente sobre el río Jesús María en Ruta Nacional No. 131 con una luz libre de 10 m.</p> <p>Si se determina que se justifica su conservación, se recomienda llevar a cabo un análisis de las medidas de intervención estructurales necesarias para que el puente soporte las cargas actuales de forma segura, y ejecutar estas medidas en el mediano plazo. Además, si se determina que la estructura tiene un valor histórico, se debe procurar que los aspectos que lo hacen histórico no se vean alterados con las medidas de reforzamiento o reparación.</p> <p>Si se justifica una ampliación y el puente posee características de importancia histórica, se debe procurar respetarlas. Se recomienda analizar si se justifica utilizar el tratamiento realizado al puente aledaño en la ruta cantonal ubicado a unos cuantos metros aguas arriba, y como se ha hecho con otros puentes similares en otras rutas nacionales en donde la nueva estructura de dos carriles se coloca sobre el arco de mampostería (por ejemplo, el puente sobre el río Colorado en Ruta Nacional No. 709), porque</p>

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 36 de 55
-----------------------------	------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 37/55	VERSIÓN 07

Tabla No. 8 – Rehabilitación (continuación):	
Elementos	Recomendaciones
Puente en general (continuación)	<p>la estructura queda oculta por la ampliación.</p> <p>Otro análisis necesario para determinar si se justifica su conservación, es un estudio hidrológico-hidráulico que tome en cuenta la rápida impermeabilización que está ocurriendo en los terrenos aguas arriba, así como un incremento por razones de cambio climático, para determinar si la capacidad hidráulica del puente es suficiente para un periodo de retorno adecuado que determine la Administración.</p>

Tabla No. 9 – Sustitución:
<p>En caso de que se decida sustituir el puente porque su valor histórico no justifica su conservación en comparación con su capacidad de carga, de volumen de tránsito y costos de preservación, aun así, se recomienda documentar su estado actual, debido al valor histórico e ingenieril asociado a este tipo de estructuras antiguas, para así mantener un archivo digital disponible del mismo.</p> <p>En caso de que sea sustituido, se debe realizar el análisis de tránsito para determinar la cantidad de carriles requeridos. Se recomienda como mínimo colocar un puente con dos carriles y con aceras que cumplan con la Ley 7600.</p>


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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 38/55	VERSIÓN 07

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2008). *Guidelines for Historic Bridge Rehabilitation and Replacement*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2017). *LRFD Bridge Design Specifications. 8th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. AASHTO (2016). *Manual for Assessing Safety Hardware*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
4. AASHTO (2017). *LRFD Bridge Design Specifications. 8th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA. American Concrete Institute (2011). *RAP-4: Surface Repair Using Form-and-Pour Techniques*. ACI Committee E706. Michigan, USA.
5. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos [CFIA] (2013). *Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes*. Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
6. Costa, A., Arêde, A. & Varum, H. (2018). Strengthening and Retrofitting of Existing Structures. En *Building Pathology and Rehabilitation*. Portugal: Springer.
7. FHWA. (1993). *Design of Bridge Deck Drainage*. Hydraulic Engineering Circular Number 21.
8. FHWA. (2006). *Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels* (tercera ed.). Hydraulic Engineering Circular Number 14.
9. FHWA (2018). *Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility*. Publication No. FHWA-HIF-18-022. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
10. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 38 de 55
-----------------------------	------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 39/55	VERSIÓN 07

11. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
12. Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., et al. (2015). *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
13. NCHRP (1993). *Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features. NCHRP Report 350*. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board.
14. Pennsylvania Department of Transportation (2010). *Stone Masonry Arch Condition Rating Guidelines*. En *Bridge Safety Inspection Manual* (2 ed.). Pennsylvania.
15. Proske, D., Gelder, P. (2009). *Safety of Historical Stone Arch Bridges*. Springer.
16. United States Department of Agriculture (2000). *Identifying and Preserving Historic Bridges*.
17. Tilly, G., Frost, A., Wallsgrove, J. (2002). *Conservation of Bridges*. Spon Press: New York.
18. 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.
19. Zúñiga-Blanco, J. C. (2017). *Anuario de Información de Tránsito 2017*. MOPT-01-06-21-001-2017. Secretaría de Planificación Sectorial. Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios de Infraestructura y de Transporte. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 40/55	VERSIÓN 07

ANEXO A

Glosario.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 41/55	VERSIÓN 07

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 42/55	VERSIÓN 07

elementos, pero podría o no resultar en un incremento en su estado de condición (FHWA, 2018).

- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de defectos de seguridad. La *rehabilitación* no es considerada una tarea de *conservación de puentes*, pero se pueden combinar actividades de *conservación* en varios elementos mientras se lleva a cabo una *rehabilitación*. Estos proyectos requieren recursos significativos de ingeniería para el diseño, un extenso cronograma de ejecución, y un costo considerable (FHWA, 2018).

- **Sustitución:** Es el reemplazo total de un puente estructural o funcionalmente obsoleto, por medio de una estructura construida en el mismo corredor vial. La estructura de reemplazo deberá cumplir los estándares más actuales de geometría, estructurales y constructivos, requeridos para los tipos y volumen proyectado de tránsito en el puente para su vida de diseño. Al igual que la *rehabilitación*, la sustitución no es considerada una actividad de *conservación de puentes*, y requiere recursos de ingeniería para el diseño, un sustancial y complejo cronograma de ejecución, y considerables costos. Costos de ciclo de vida y otros factores económicos deberán usualmente ser considerados cuando se sopesen ambas alternativas de *rehabilitación* y *sustitución* (FHWA, 2018).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 43/55	VERSIÓN 07

ANEXO B

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-PN02-2019	Página 44/55	VERSIÓN 07

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-PN02-2019	Página 45/55	VERSIÓN 07

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 46/55	VERSIÓN 07

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

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

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

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

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

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

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

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 46 de 55
-----------------------------	------------	-----------------

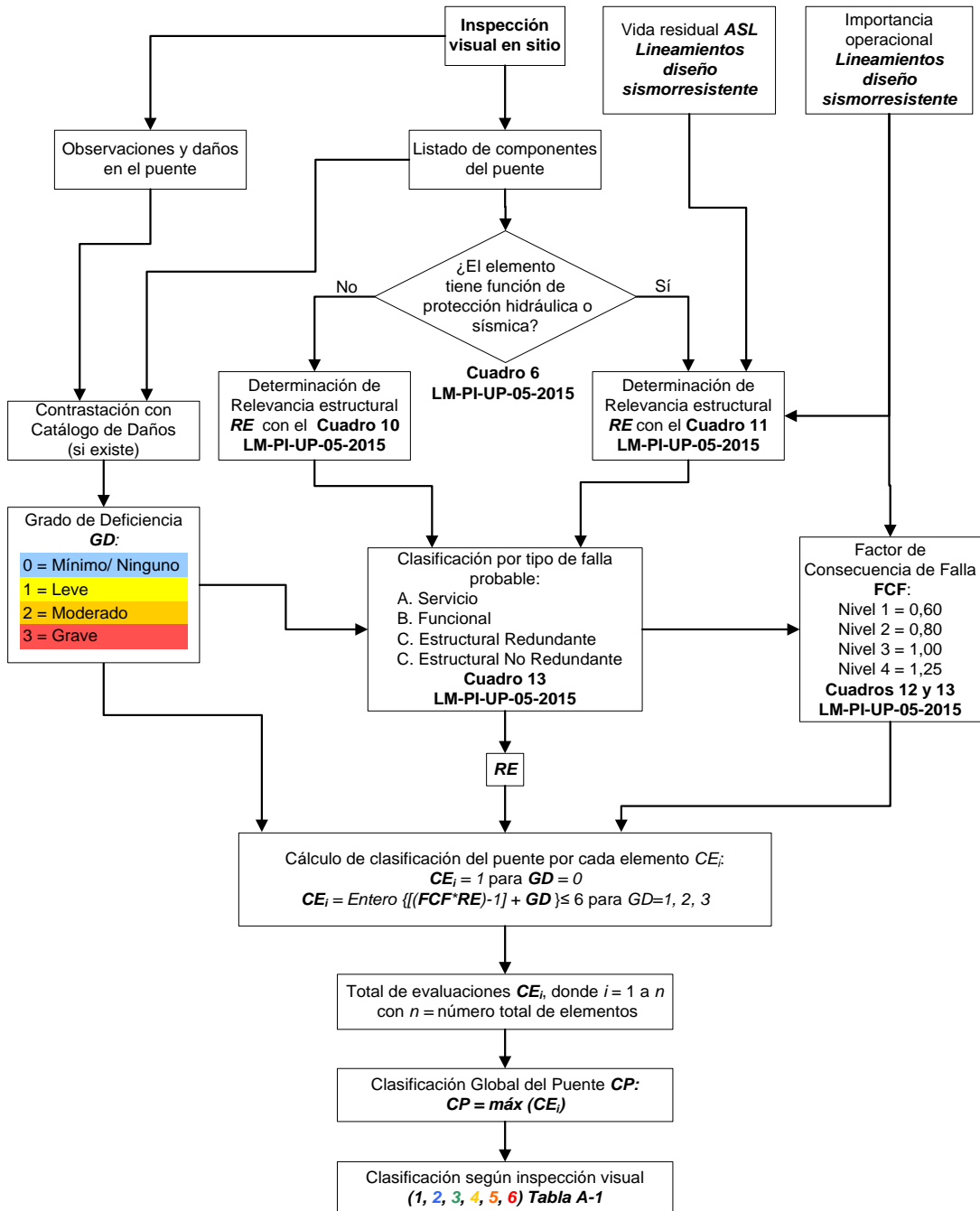


Figura B-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015.


 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 48/55	VERSIÓN 07

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

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 49/55


 LanammeUCR	RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual	Versión: 01 Página: 1/1					
	Nombre del puente y Ruta Puente río Tures, RN 116	Fecha Evaluación 1/11/2018	Año de construcción o diseño No hay información				
Fecha Evaluación 1/11/2018	Año de construcción o diseño No hay información	Importancia Operacional (LDSP 2013) Esencial					
Año de construcción o diseño No hay información	Importancia Operacional (LDSP 2013) Esencial	TPD (veh/día) 13627					
Año de construcción o diseño No hay información	TPD (veh/día) 13627	Vida de diseño según código (años) No hay información					
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O TIPO DE							
ELEMENTO	RE	GD	REFERENCIA A TABLA DE INFORME	FALLA	FCF	CE_i	
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	2	Tabla 1. Sección 1.1	B	0.8	3
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Tabla 1. Sección 1.2	A	0.6	3
	Aceras	2	3	Tabla 1. Sección 1.3	B	0.8	4
	Iluminación	1	1	Tabla 1. Sección 1.4	A	0.6	1
	Señalización Vial	1	2	Tabla 1. Sección 1.5	A	0.6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	Tabla 1. Sección 1.5	A	0.6	
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	0	Tabla 2. Sección 2.1	A	0.6	1
	Sistema de drenaje del puente	1	3	Tabla 2. Sección 2.2	A	0.6	3
	Juntas de expansión	1	No Aplica	Tabla 2. Sección 2.3	A	0.6	
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Tabla 2. Sección 2.4	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	No Insp.	Tabla 2. Sección 2.5	B	0.8	
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla 2. Sección 2.7	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla 2. Sección 2.6	B	0.8	
SUPERESTRUCTURA	Tablero	3	No Aplica	Tabla 3. Sección 3.1	C	0.8	
	Arco (intradós)	4	1	Tabla 3. Sección 3.2	D	1	4
	Muros de retención del puente	2	1	Tabla 3. Sección 3.3	B	0.8	2
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	No Aplica	Tabla 5. Sección 5.1	B	0.8	
	Aletones	2	1	Tabla 5. Sección 5.3	B	0.8	2
	Bastiones	3	1	Tabla 5. Sección 5.2	C	0.8	2
	Cimentaciones	3	1	Tabla 5. Sección 5.4	C	0.8	2
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	2	0	Tabla 6. Sección 6.3	C	1	1
	Escollera de protección	2	No Aplica	Tabla 6. Sección 6.4	C	1	
CP =						4	Condición Seria

Figura B-2. Metodología para evaluar la condición 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-PN02-2019		Página 50/55

Tabla B-2. Descripción de los ítems considerados en la determinación del grado de daño.

SEGURIDAD VIAL			
#	Ítem	GD	Comentarios
1	Demarcación horizontal	2	Falta de demarcación horizontal en los accesos y se encuentra deteriorada en el puente.
2	Captaluces	0	
3	Guardavías	3	Solo hay guardavías en un costado del puente.
4	Marcadores de objetos	2	No hay marcadores de objetos.
5	Rótulos de identificación	2	No hay rótulos identificación.
6	Iluminación	1	Solo hay una luminaria cerca del acceso 1.
7	Barrera vehicular puente	2	No cumple con especificaciones técnicas.
8	Superficie de rodamiento (puente)	1	Desgaste en superficie de rodamiento.
9	Superficie de rodamiento (acceso)	1	Grietas en dos direcciones en acceso 2.
ARCO (INTRADÓS)			
#	Ítem	GD	Comentarios
1	Cambios desde la última inspección	N/A	
2	Pandeo	0	
3	Grietas transversales	0	
4	Grietas longitudinales y sesgadas	1	Se observó una grieta en el intradós.
5	Pérdida de rocas	0	
6	Pérdida de mortero	1	Eflorescencia en mortero de recubrimiento.
7	Filtración	1	Hay manchas de humedad.
8	Delaminación	0	
9	Desalineamiento	0	
MUROS DE RETENCIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA			
#	Ítem	GD	Comentarios
1	Cambios desde la última inspección	N/A	
2	Pérdida de relleno	0	
3	Fuera de plomo	0	
4	Desalineamiento	0	
5	Pandeo	0	
6	Pérdida de rocas	0	
7	Agrietamiento	0	
8	Falta de mortero	1	Muros de retención costado aguas arriba y costado aguas abajo: Vegetación en las juntas.


 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019		Página 51/55

Tabla B-2. Descripción de los ítems considerados en la determinación del grado de daño (continuación)


BASTIONES			
#	Ítem	GD	Comentarios
1	Cambios desde la última inspección	N/A	
2	Pérdida de relleno	0	
3	Fuera de plomo	0	
4	Pandeo	0	
5	Pérdida de rocas	0	Bastión 1 y 2: Las rocas faltantes se atribuyen a parte del proceso constructivo y no a desprendimientos de material.
6	Agrietamiento	0	
7	Falta de mortero	1	Bastión 1: Falta mortero en sisas. Hay vegetación y presencia de humedad. Bastión 2: Falta mortero de recubrimiento.
8	Desgaste o abrasión	0	
9	Socavación	0	
ALETONES			
#	Ítem	GD	Comentarios
1	Cambios desde la última inspección	N/A	
2	Pérdida de relleno	0	
3	Fuera de plomo	0	
4	Pandeo	0	
5	Pérdida de rocas	1	Aletón 1: Falta de segmentos de roca o rocas pequeñas.
6	Agrietamiento	0	
7	Falta de mortero	1	Aletón 1 y 2: Vegetación en las juntas.
8	Desgaste o abrasión	0	
9	Socavación	0	

La información presentada en las tablas anteriores se basa principalmente en el apéndice IE 03-C Métodos para la Inspección Visual de Arcos de Mampostería de Piedra (*Stone Masonry Arch Methods for Visual Inspection*) del Manual de Inspección de Puentes de Pennsylvania (Pennsylvania Department of Transportation, 2010).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 52/55	VERSIÓN 07

ANEXO C

Conservación de puentes de arco de mampostería.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 53/55	VERSIÓN 07

Existen documentos que muestran técnicas de reforzamiento o reparación de puentes de arco de mampostería. El capítulo 6 del libro *Safety of Historical Stone Arch Bridges* (Proske & Gelder, 2009) aborda tipos de daños y reparaciones en puentes históricos de arco. El libro *Strengthening and Retrofitting of Existing Structures* (Costa, Arêde & Varum, 2018), en el capítulo 10, trata sobre reforzamiento en puentes de mampostería. Además, el libro *Conservation of Bridges* (Tilly, Frost y Wallsgrove, 2002) habla sobre mantenimiento y reforzamiento de puentes de mampostería.

En cuanto al tema de la importancia patrimonial de este tipo de puentes, el documento *Guidelines for Historic Bridge Rehabilitation and Replacement* (AASHTO, 2008) en el capítulo 3 incluye una guía para tomar decisiones sobre rehabilitaciones y reemplazos de puentes históricos. Establece que los cuatro pasos para para tomar decisiones balanceadas y apropiadas son:

1. Entender qué hace al puente histórico.
2. Tomar en cuenta consideraciones funcionales y estructurales que resultan inadecuadas ante problemas históricos y ambientales.
3. Tomar en cuenta consideraciones históricas y ambientales, no evaluadas en el punto anterior.
4. A partir de la información anterior, definir y justificar cuando es prudente o no rehabilitar el puente.

Se menciona en ese documento que la necesidad de las guías de rehabilitación y reemplazos de puentes históricos es debido a que, en muchas ocasiones, la decisión sobre el tratamiento para una estructura no sigue un protocolo definido por ingenieros, tomadores de decisión, ambientalistas e historiadores. Por otra parte, también se argumenta que es importante tener un criterio de elección de puentes históricos que sea bien articulado y entendido para tomar decisiones apropiadas de cómo preservar y mantener lo que hace el puente significativo o

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 54/55	VERSIÓN 07

asegurar que toda planeación se enfoque en minimizar el impacto al aspecto significativo del puente.

El documento Identificación y Preservación de Puentes Históricos (United States Department of Agriculture, 2000) establece algunos criterios para identificar puentes que deben de ser preservados por su valor histórico. Los puentes elegibles deben cumplir con al menos una de las siguientes características:

1. La estructura está asociada con eventos que deben tener una significativa contribución a los patrones de la historia.
2. La estructura debe estar asociada con vidas de personas significativas del pasado.
3. La estructura debe tener una característica distintiva de un tipo, periodo, método constructivo, representar el trabajo de un especialista, poseer un alto valor histórico o representar una significativa y distinguible entidad cuyos componentes pueden carecer de distinción individual.
4. La estructura debe mostrar información importante para la historia o la prehistoria.

El puente debe conservar un alto nivel de integridad, por lo que debe cumplir con al menos 5 de las siguientes características de su diseño original:

1. Colocación: la característica de la locación y como el puente fue situado en relación con caminos y accidentes geográficos.
2. Materiales: de los elementos que fueron originalmente utilizados para construir la estructura.
3. Diseño: reflejo de la función histórica y tecnológica.
4. Locación: el lugar donde el puente fue originalmente colocado o donde un evento histórico ocurrió. La integridad de la locación puede ser extremadamente importante y la gran mayoría de los edificios pierden su importancia histórica si son movidos. En el caso de un puente, la localización no es un parámetro descalificador porque tradicionalmente han sido movidos de localización.

Informe LM-PIE-UP-PN02-2019	Mayo, 2019	Página 54 de 55
-----------------------------	------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-PN02-2019	Página 55/55	VERSIÓN 07

5. Mano de obra: evidencia de habilidades artesanales y tecnológicas del constructor.
6. Sentimiento: la expresión del sentido estético o histórico de un periodo en particular.
7. Asociación: la relación entre un evento histórico o una persona con el puente. La asociación requiere de presencia de características físicas para transmitir la relación.

Según el texto, generalmente las propiedades con más de 50 años califican en el Registro Nacional Histórico de los Estados Unidos.

En el documento Paisaje y Diseño en Torno a la Construcción del Templo de San Miguel Arcángel (Vargas, 2018), se logra contextualizar la construcción de algunos puentes de arco de mampostería en el distrito de Santo Domingo de Heredia y alrededores, incluido el puente sobre el río Tures de la Ruta Nacional No. 116. En el documento se indica que los puentes de arco del distrito de San Miguel se iniciaron hasta finales del siglo XIX.