

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 1/69	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P15-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GRANDE RUTA NACIONAL No. 27

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Agosto, 2017

 <p>LanammeUCR</p>	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	<p>Código: RC-444</p>
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017</p>	<p>Página 2/69</p>	<p>VERSIÓN 04</p>

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-P15-2017		Página 3/69

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P15-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GRANDE RUTA NACIONAL No.27		4. Fecha del Informe Agosto, 2017	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias Ninguna			
7. Resumen <i>Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río Grande, en la Ruta Nacional No. 27, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Concesión, Ruta Nacional No. 27, río Grande, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 69
11. Inspección e informe por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	13. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes	
14. Revisado por: Lic. Owen Alejandro Gooden M. Asesor Legal a.i. LanammeUCR	15. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural		

 <p>LanammeUCR</p>	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	<p>Código: RC-444</p>	
	<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017</p>	<p>Página 4/69</p>	<p>VERSIÓN 04</p>

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-P15-2017		Página 5/69

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. COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL RESPECTO A LAS EVALUACIONES ANTERIORES	35
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
8. REFERENCIAS.....	42
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	45
ANEXO B MANUALES DE INSTALACIÓN, INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LOS APOYOS TIPO “PTFE-STEEL POT BEARING” PUBLICADOS POR LA EMPRESA FIP INDUSTRIALE.....	53

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 6/69	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 7/69	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Grande, en la Ruta Nacional No.27, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de su inspección, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. La inspección del puente se realizó el día 14 de marzo del 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.
- f) Comparar la condición actual del puente con la condición reportada en informes de evaluación anteriores.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 8/69	VERSIÓN 04

3. ALCANCE DEL INFORME

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

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

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

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

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 9/69
		VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en el kilómetro 30+200 de la Ruta Nacional No.27, en la sección de control 21430 y cruza el río Grande. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito Concepción, del cantón Atenas, en la provincia de Alajuela. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 9°57'48,27"N de latitud y 84°214'01,57"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

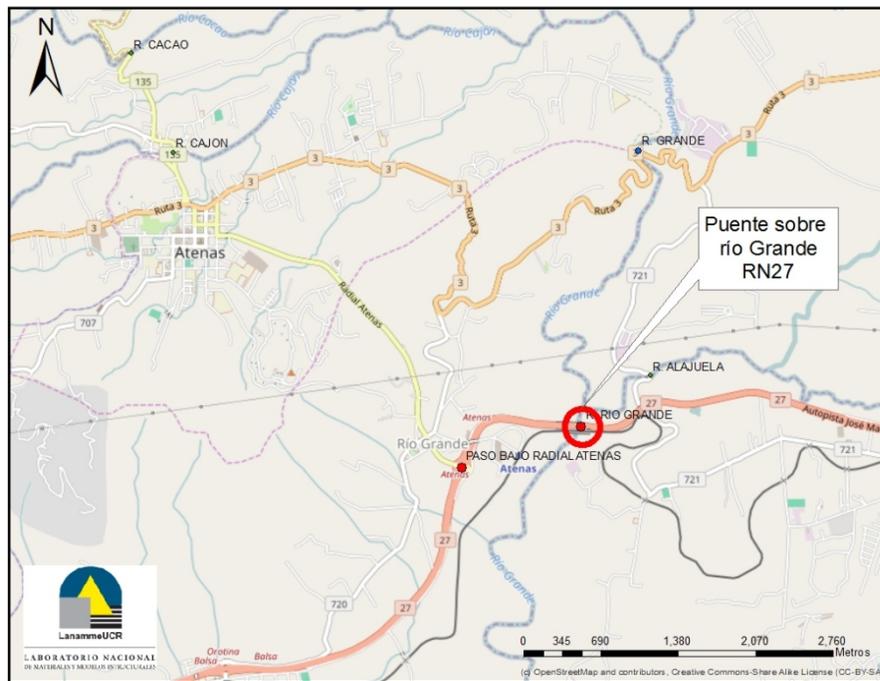


Figura A. Ubicación geográfica del puente (Adaptado de Open Street Maps, 2017).

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 16992 vehículos por día (medidos en el año 2012) en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de Tránsito 2015 (MOPT, 2015a), publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 19,17% (3257 vehículos), de los cuales un 4,22% (717 vehículos) del total corresponde a camiones de 5 ejes.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 10/69	VERSIÓN 04

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

Para éste puente en particular, sí se tuvo acceso a los planos del diseño original con fecha de los años 2000 y 2001. La figura D muestra la identificación utilizada en este informe cuando se hace referencia a ciertos elementos del puente, la cual también coincide con la que se utiliza en los planos.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 11/69	VERSIÓN 04



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



Figura C. Vista lateral

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017		Página 12/69

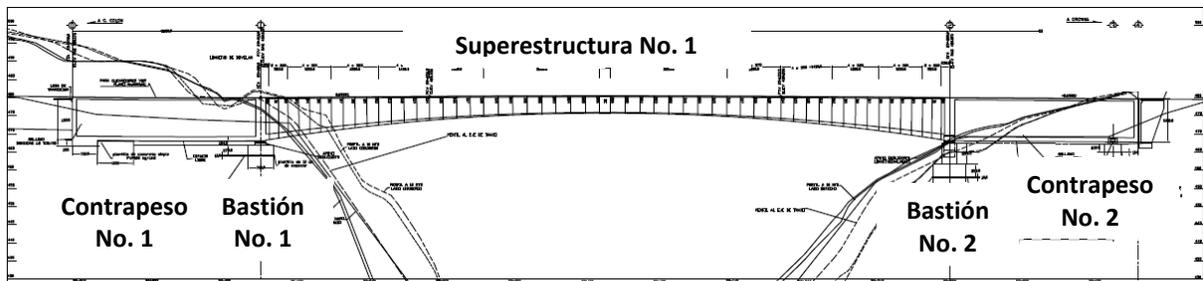
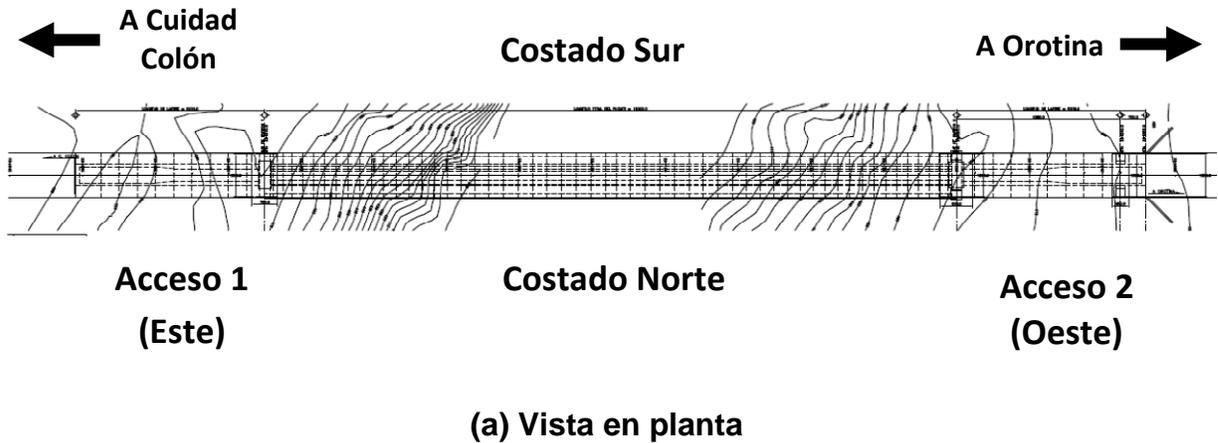


Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Grande.
 Nota: En el informe LM-PI-UP-PC10 la identificación de los accesos y bastiones se definió a la inversa de la figura D porque aún no se contaba con los planos del puente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 13/69	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	295,8 (medido entre juntas de expansión)
	Ancho total (m)	12,56
	Ancho de calzada (m)	10,1
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2 (1 por sentido)
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga con vigas principales tipo cajón de sección variable de concreto presforzado
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: 2 apoyos de disco confinado deslizante (según planos) Bastión 2: 4 apoyos de disco confinado con capacidad de deslizarse longitudinalmente (según planos).
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: No aplica
	Tipo de bastiones	Según los planos constructivos los bastiones 1 y 2, consisten en el conjunto formado por la sección rellena de la viga cajón (contrapeso) y los pedestales de los apoyos de disco.
	Tipo de pilas	No aplica
	Tipo de cimentación	Tipo placa aislada
Diseño y construcción	Año de diseño	2000 (según planos)
	Año de construcción	2002
	Especificación de diseño original	AASHTO 1996 (según planos)
	Carga viva de diseño original	HS20-44 +25% (según planos)
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No aplica
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 14/69	VERSIÓN 04

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 5 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura, (d) Subestructura y (e) Elementos de protección sísmica e hidráulica. De esta manera se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para realizar mantenimiento, mejoras y reparaciones y si fuera necesario se recomienda la realización de inspecciones detalladas y estudios especializados. Estas observaciones y recomendaciones se resumen en las Tablas No.2 a No.6 las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas GD y CE, las cuales corresponden, respectivamente, al Grado de Deficiencia (GD) y la Condición Evaluada (CE) para cada elemento del puente de acuerdo como se definen en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et. al., 2015) y en el Anexo A. Los valores numéricos de GD (varía entre 0 y 3) y CE (varía entre 1 y 6), se refieren al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asignan de acuerdo con el componente más dañado que se observa en el respectivo 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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 15/69	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>No se observaron daños en la barrera vehicular.</p> <p>La barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014), debido a que fue diseñada con una normativa anterior que no consideraba los requisitos para niveles de contención (Especificaciones Estándar de AASHTO 1996).</p> <p>Un sistema de contención no acorde con las condiciones actuales de tránsito de la ruta, aumenta el riesgo de que ante el impacto de un vehículo la barrera no se desempeñe adecuadamente.</p>	0	1	<p>Revisar si la barrera vehicular cumple con las especificaciones del capítulo 13 de AASHTO LRFD (AASHTO, 2014) para el nivel de contención TL-4 como mínimo.</p> <p>Si el sistema no cumple con las fuerzas de diseño para una barrera TL-4, evaluar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación del puente donde se incluya el reforzamiento o sustitución de la barrera vehicular por un sistema que haya sido probado para un nivel de contención TL-4, según las disposiciones de AASHTO LRFD 2014.</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>Se observó ausencia de elementos verticales en los guardavías del acceso 1 en el costado sur (ver figura 1). En el caso del acceso 2, dicho faltante se da en el tramo sobre la cuneta, la cual no tiene una geometría que permita que los vehículos continúen hasta la barrera.</p> <p>Se observó faltante de pernos o pernos flojos en las conexiones del entre los postes y las vigas (ver figura 2).</p> <p>También, se observó deformación de elementos aparentemente por impacto (ver figura 3).</p>	2	2	<p>Corregir todas las deficiencias presentes en el sistema de contención vehicular de los accesos. Revisar las longitudes, ángulos de esviaje y demás detalles de guardavías de acuerdo con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera (Valverde-González, 2011).</p> <p>Anclar adecuadamente los guardavías al pretil rígido de la barrera vehicular, proveer una transición rígida entre el sistema de contención vehicular del puente y el de los accesos y brindar una terminación segura en los extremos según las recomendaciones del fabricante.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 16/69	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.2 Sistema de contención vehicular de los accesos (continuación)	<p>Las terminaciones de la barrera vehicular del acceso 2 no están ancladas al terreno (ver figura 4).</p> <p>Las deficiencias observadas aumentan el riesgo de que ante el impacto de un vehículo los guardavías no se desempeñen adecuadamente.</p>	2	2	<p>Adicionalmente, se recomienda realizar un análisis de la geometría de la cuneta de los accesos para asegurar que sea traspasable y así funcione en conjunto con la barrera vehicular ante la eventual salida de un vehículo de la vía.</p> <p>Establecer un programa rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento del sistema de contención vehicular de los accesos.</p>
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente cuenta con un bordillo de seguridad de 900 mm de ancho, el cual, no cumple con el mínimo requerido en la Ley 7600.</p> <p>El día de la visita al sitio no se observaron peatones sobre el puente. Aunque en la Ruta Nacional No. 27 no se permite el tránsito peatonal, por la cercanía de poblados y centros de trabajo al puente, se podrían motivar viajes de peatones por la estructura.</p>	1	2	<p>Evaluar la necesidad de proveer aceras que cumplan con las dimensiones requeridas por la ley 7600.</p>
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	<p>El puente contaba con un rótulo de identificación en ambos accesos.</p>	0	1	<p>Considerar la conveniencia de incluir el número de ruta nacional en el rótulo que identifica el puente.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 17/69	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>La demarcación horizontal sobre el puente y sus accesos presentaba un mal estado (Zamora-Rojas, et al., 2012) (ver figura 5).</p> <p>Los accesos no contaban con marcadores de objeto (ver figura 6).</p> <p>La ausencia o deficiencia en los elementos de seguridad vial aumenta la probabilidad de un accidente vial en condiciones de baja visibilidad.</p>	3	3	<p>Instalar marcadores de objeto en los accesos, detrás de los guardavías, frente a la barrera del puente y a los extremos de los guardavías.</p> <p>Corregir todas las deficiencias presentes en la señalización.</p> <p>Establecer un programa rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento de la señalización vial.</p>
2.6. Iluminación	No se observó iluminación en los accesos del puente.	3	3	Valorar las condiciones de visibilidad nocturna y una eventual instalación de un sistema de iluminación debido a la longitud de 296 m del puente.

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.1. Superficie de rodamiento del puente	<p>El tablero tipo losa de concreto cumple la función de superficie de rodamiento.</p> <p>Ver 4.1 Tablero.</p>	NA	NA	Ver 4.1 Tablero.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 18/69 VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se observó acumulación de sedimentos en los bordillos y obstrucción parcial y total de los ductos de drenaje con sedimentos y basura (ver figura 7).</p> <p>Los drenajes no contaban con tubos de extensión y descargaban sobre los elementos de la superestructura del puente (ver figura 8).</p> <p>La descarga de agua de escorrentía sobre los elementos de concreto puede reducir su vida útil.</p>	2	2	<p>Proveer a los ductos de drenaje una tubería o sistema de tuberías diseñados para que el agua no descargue sobre los elementos estructurales, de acuerdo con los requisitos de la sección 2.6.6.4 de la <i>Especificación LRFD para diseño de puentes</i> (AASHTO, 2014).</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento periódico que involucre entre otras actividades la limpieza de bordillos, ductos de drenaje y los drenajes de las juntas de expansión.</p>
3.3. Juntas de expansión	<p>Se observó la presencia de sedimentos y obstrucción en el sistema de drenaje y junta de expansión del acceso 2.</p> <p>La obstrucción de la junta de expansión aumenta el riesgo de que esta no se desempeñe adecuadamente ante condiciones de servicio.</p> <p>Adicionalmente se observó evidencia de descarga de agua a través de dicha junta hacia el muro de remate de la viga cajón rellena junto al acceso 2 (ver figura 9).</p> <p>La descarga de agua de escorrentía sobre los elementos de concreto puede reducir su vida útil.</p>	2	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico que incluya, entre otras actividades, la limpieza los drenajes de las juntas de expansión y el reemplazo de los elementos de deteriorados de ésta.</p> <p>Extender el sistema de drenaje de la junta de expansión para que no descargue sobre los elementos que están por debajo.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 19/69
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	<p>El pavimento de la superficie de rodamiento del acceso 1 presentaba desprendimiento de agregado. Adicionalmente, se observó una reparación con la misma deficiencia (ver figura 10).</p> <p>En el caso del acceso 2 presentaba exudación y desprendimiento de agregado (ver figura 11).</p> <p>En caso de no atender los deterioros observados, aumenta el riesgo de que el daño progrese, incrementando con ellos los costos de mantenimiento.</p>	1	1	Establecer un programa de rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento de la estructura de pavimento de los accesos.
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	<p>No se observaron daños en los rellenos de aproximación ni en los taludes de los accesos.</p> <p>Los taludes de los accesos no cuentan con un sistema de protección contra la erosión.</p>	0	1	Evaluar la necesidad de proteger los taludes laterales de los accesos contra la erosión.
3.6. Muros de retención de los accesos	Los accesos no cuentan con muros de retención.	NA	NA	No aplica.
3.7. Losa de aproximación	No se tuvo acceso visual a la losa de aproximación, sin embargo en los planos de diseño se indica su construcción.	NI	-	No hay recomendaciones.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 20/69	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	<p>El sistema de drenaje del acceso 1 permite el ingreso de agua y la acumulación de sedimentos sobre el bastión 1 y sus apoyos (ver figura 20).</p> <p>La descarga de agua sobre los elementos de concreto y los apoyos puede reducir su vida útil.</p>	2	3	Corregir las deficiencias en el sistema de drenaje del acceso 1 para evitar el ingreso de agua y sedimentos sobre el bastión 1.
3.9. Vibración	Se percibieron vibraciones debido al paso de vehículos pesados que se consideran normales.	NA	NA	No hay recomendaciones.

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

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1. Tablero (losa de concreto).	<p>Se observó agrietamiento generalizado en dos direcciones con un espesor mayor a 0,30 mm y separación entre grietas menor a 300 mm (ver figura 12).</p> <p>Además, se observaron desprendimientos generalizados de hasta 350 mm de longitud con una profundidad menor a 25 mm (ver figura 13). En algunos casos se observaron reparaciones que presentan desprendimientos (ver figura 14).</p>	2	4	<p>Realizar una inspección detallada del tablero para determinar la extensión, severidad y causa de los daños.</p> <p>Si se determina que los daños observados no afectan la capacidad de carga del tablero, se recomienda reparar los deterioros utilizando métodos adecuados de acuerdo al tipo y nivel de deterioro, para maximizar la vida útil del tablero.</p> <p>Realizar una inspección en el interior de la viga cajón. Para realizar dicha inspección se requiere la utilización de equipo especial para acceder a espacios confinados.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 21/69
		VERSIÓN 04

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

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1 Tablero (losa de concreto) - continuación	<p>El agrietamiento y desprendimientos pueden afectar la durabilidad del tablero y reducir su capacidad de carga del tablero para resistir la carga vehicular.</p> <p>No se tuvo acceso visual a la cara inferior del tablero.</p>	2	4	Ver recomendaciones en la página anterior.
4.2. Viga principal de concreto	<p>La viga presentaba evidencia de descarga de agua proveniente de los drenajes de la superestructura sobre los costados de la viga cajón (ver observaciones de 3.2 <i>Bordillos y sistema de drenaje del puente</i>.y figura 8).</p> <p>La descarga de agua sobre los elementos de concreto puede reducir su vida útil.</p>	0	1	Ver recomendaciones de 3.2 <i>Bordillos y sistema de drenaje del puente</i> .
4.3. Viga de contrapeso	<p>En el tramo de viga rellena (contrapeso) ubicado entre el acceso 2 y el bastión 2 se observó socavación de una parte del relleno bajo la viga, lo cual, ha dejado una longitud aproximada de 4 metros de la viga rellena sin apoyo sobre el relleno (ver figura 16).</p> <p>No se cuenta con suficiente información para asegurar que la viga cuenta con capacidad estructural para resistir su peso propio, el peso del relleno y la carga vehicular; sin embargo, no se observaron daños en la viga.</p>	2	3	Reponer el relleno que se ha erosionado bajo el tramo de viga cajón rellena (contrapeso) ubicada entre el acceso 2 y el acceso 1, y llevar a cabo las medidas necesarias para que la erosión no se repita.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017		Página 22/69

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

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.3 Viga de contrapeso	Sin embargo, la erosión observada puede avanzar y aumentar la longitud de viga cajón rellena sin apoyo.	2	3	Ver recomendaciones en la página anterior.
4.4. Vigas Diafragma	No se tuvo acceso visual a los diafragmas internos de la superestructura.	NI	-	Realizar una inspección en el interior de la viga cajón. Se debe considerar que dicha inspección requiere utilizar equipo especial para acceder dentro de la viga.

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones	<p>Los apoyos en el costado norte sobre los bastiones presentaban desplazamiento en el sentido longitudinal. Lo anterior con base en las observaciones realizadas en el sitio del indicador de desplazamiento con que cuentan los apoyos el cual no está centrado (ver figuras 17 y 19). También se observa que las placas de montaje (amarillas) no fueron removidas y presentan fractura.</p> <p>En la figura 18 se observa el deterioro del sistema de protección contra la corrosión del apoyo norte sobre el bastión 2 que induce corrosión en la placa inferior del apoyo.</p>	2	4	<p>Limpiar urgentemente los sedimentos que están en contacto con los apoyos ubicados sobre el bastión 1.</p> <p>Después de realizar la limpieza proceder con una evaluación detallada de los apoyos para determinar su estado actual, incluyendo la deformación permanente en el sentido longitudinal del puente, y determinar las medidas a implementar para asegurar su correcto funcionamiento. Procurar la asesoría del fabricante o en su defecto, de un especialista en apoyos de disco confinado para determinar las acciones a implementar. En el Anexo B se incluye el Manual de Instalación, Inspección y Mantenimiento de los apoyos de disco confinado publicado por el fabricante de los apoyos (FIP Industriale, 2003).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 23/69
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1 Apoyos en bastiones (continuación)	<p>Los apoyos del bastión 1 se encuentran casi completamente cubiertos con sedimentos (ver figura 19) debido a que el sistema de drenaje del acceso 1 permite la descarga de agua y sedimentos sobre los apoyos.</p> <p>La cantidad de sedimentos no permite la visualización de las placas de los apoyos del bastión 1.</p> <p>La presencia de sedimentos puede afectar la capacidad de desplazamiento del apoyo.</p> <p>Además, el contacto con sedimentos húmedos puede inducir el ingreso de humedad en el apoyo y el deterioro de sus componentes.</p>	2	4	Establecer un programa periódico que incluya entre otras labores el mantenimiento de los apoyos con base en las recomendaciones del fabricante o del especialista.
5.2. Bastiones	No se observaron daños en los bastiones.	0	1	No hay recomendaciones.
5.3. Aletones	El puente no cuenta con aletones.	NA	NA	No aplica.
5.4. Cimentaciones (bastiones)	<p>No fue posible tener acceso visual a las cimentaciones.</p> <p>Se observó la erosión del relleno bajo la sección de viga cajón rellena (contrapeso) ubicada entre el acceso 2 y el bastión 2 (ver figura 16).</p>	NI	-	Ver 4.2 <i>Viga Principal</i> .

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 24/69	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	Debido a la estructuración particular del puente, con una sección de viga rellena de lastre que funcionó como contrapeso en el proceso constructivo, la longitud de asiento es de 54 metros, por lo que la longitud de asiento no aplica.	0	1	No hay recomendaciones.
6.2. Dispositivos para prevención de colapso	Se observó agrietamiento de 0,90 mm de espesor con una separación mínima de 220 mm en la cara superior en la llave de cortante del costado norte del bastión 2 (ver figura 20). El agrietamiento observado puede propiciar el ingreso de agua hasta el acero de refuerzo e inducir a la corrosión de dicho refuerzo.	1	3	Reparar las grietas observadas en la cara superior de la llave de cortante del costado norte del bastión 2 para evitar el ingreso de agua que pueda inducir corrosión en el acero de refuerzo de la llave de cortante. Se recomienda contar la asesoría de un profesional experto en materiales para reparación de estructuras de concreto.
6.3. Protección de taludes de relleno	Los taludes no cuentan con protección contra la erosión.	1	2	Evaluar la necesidad de proteger los taludes de relleno.
6.4. Protección de taludes frente al bastión	Los taludes frente a los bastiones no presentan protección contra la erosión.	1	2	Evaluar la necesidad de proteger los taludes frente a los bastiones contra la erosión.
6.5. Protección de socavación en pilas	No aplica	NA	NA	No aplica
6.6. Cauce del río	No se observaron obstrucciones al cauce bajo el puente, que afecten las laderas del cañón del río frente a los bastiones.	0	1	No hay recomendaciones.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 25/69



Figura 1. Faltante de elementos verticales de los guardavías.



Figura 2. Ejemplos de pernos sueltos o flojos en conexiones del guardavías.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 26/69	VERSIÓN 04



Figura 3. Deformación de elementos del guardavías aparentemente por impacto.



Figura 4. Terminal de barrera no anclado al terreno y con terminación en apariencia inadecuada.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017		Página 27/69



Figura 5. Demarcación horizontal en mal estado



Figura 6. Ausencia de marcadores de objeto en el acceso 2

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 28/69
		VERSIÓN 04



Figura 7. Acumulación de sedimentos en bordillo y obstrucción de drenajes



Figura 8. Drenajes sin tubos de extensión y evidencia de descarga de agua sobre la viga principal

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 29/69	VERSIÓN 04



Figura 9. Acumulación de sedimentos y evidencia de filtraciones en la junta de expansión del acceso 2



Figura 10. Condición del pavimento del acceso 1

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 29 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 30/69 VERSIÓN 04

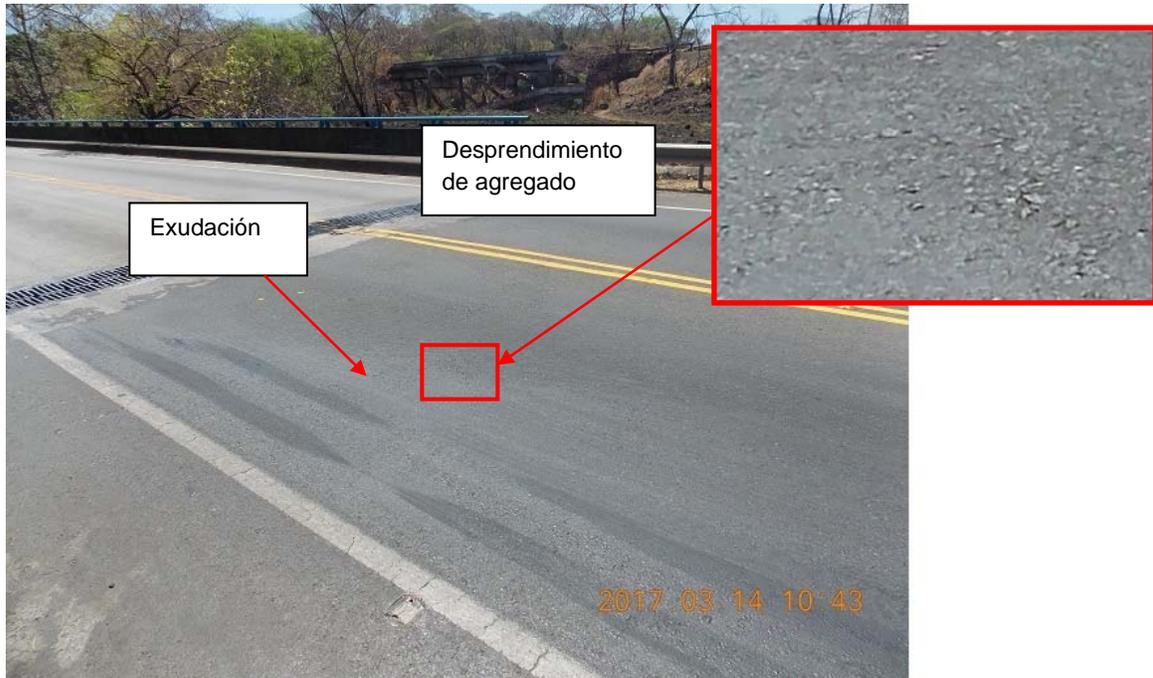


Figura 11. Condición del pavimento del acceso 2

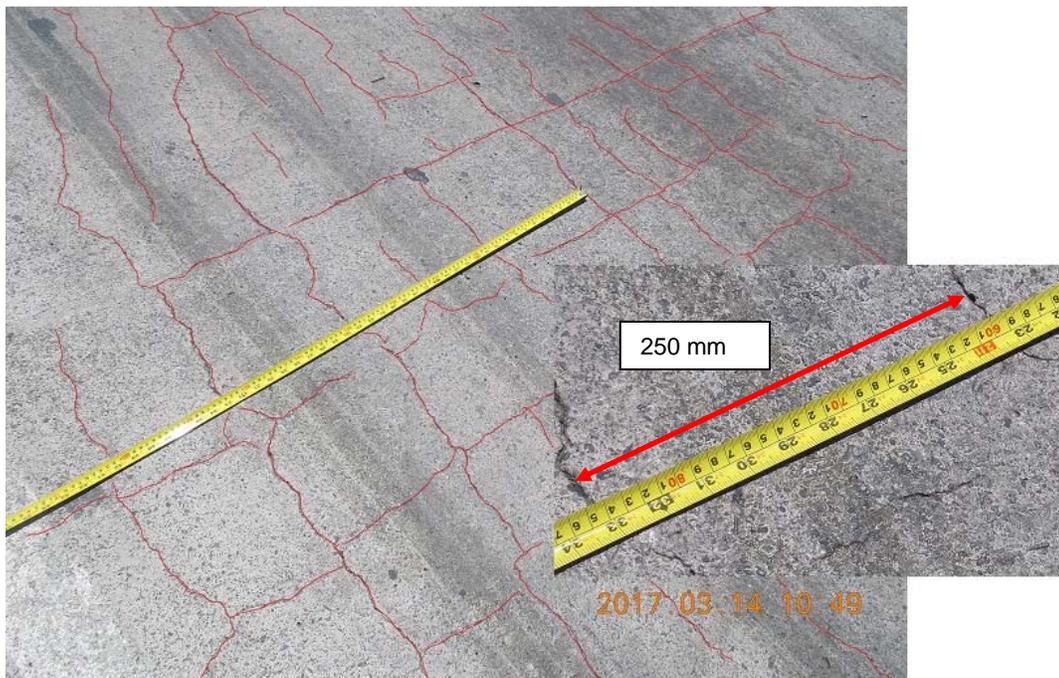


Figura 12. Ejemplo de agrietamiento en dos direcciones en la cara superior del tablero.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 31/69	VERSIÓN 04



Figura 13. Desprendimiento del recubrimiento del tablero sin exposición del acero de refuerzo.



Figura 14. Desprendimiento de concreto en una reparación realizada al tablero

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 31 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 32/69



Figura 15. Pérdida de relleno bajo el tramo de viga rellena detrás del bastión 2.



Figura 16. Desplazamiento longitudinal de 140 mm del apoyo norte sobre el bastión 2

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 33/69	VERSIÓN 04



Figura 17. Oxidación y corrosión de la placa inferior del apoyo norte sobre el bastión 2.



Figura 18. Apoyo norte sobre el bastión 1 en contacto con sedimentos. Nótese el indicador de desplazamiento longitudinal marcando el borde de la cinta graduada.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 34/69



Figura 19. Agrietamiento en la cara superior de la llave de cortante del costado norte del bastión 2.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 35/69	VERSIÓN 04

6. COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL RESPECTO A LAS EVALUACIONES ANTERIORES

El puente sobre el río Grande en la Ruta Nacional No. 27 ha sido evaluado anteriormente por el LanammeUCR. En la Tabla No. 7 se presenta el listado de los informes de evaluación que han sido preparados previamente así como el presente documento.

Tabla No. 7. Informes utilizados para las evaluaciones históricas de la condición del puente sobre el río Grande

Identificación de Informe	Fecha de evaluación en sitio	Fecha de emisión del informe
LM-PI-UP-PC10-2013	21-AGO-2013	Noviembre, 2013
INF-PI-UGERVN-14-2014	12-ENE-2015	Marzo, 2015
INF-PI-UGERVN-05-2016	01-FEB-2016	Mayo, 2016
LM-PIE-UP-P15-2017 (este informe)	14-MAR-2017	Agosto, 2017

Para determinar si los deterioros observados durante la evaluación visual efectuada el día 14 de marzo del 2017 (ver Tablas No.2 a No.6) son recientes o si los detectados previamente se mantienen, empeoraron o fueron corregidos, se decide realizar una comparación entre la condición del puente al día de la evaluación y la reportada en estos informes previos.

La comparación se realiza a partir de los resultados numéricos obtenidos al utilizar la metodología desarrollada en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et. al., 2015), la cual se resume en el Anexo A. En el caso del informe actual, se utilizan los resultados de las Tablas No.2 a No.6 y resumidas en la figura A.2. Para los informes de evaluaciones anteriores, se utilizan las observaciones y conclusiones allí presentadas, así como las fotografías que se guardan en el archivo del puente que posee la Unidad de Puentes del PIE - LanammeUCR, con el objetivo de llevar a cabo una equivalencia en el grado de deficiencia (GD) y la condición evaluada (CE). En la Tabla No. 8 se muestra la comparación entre evaluaciones.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 35 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017		Página 36/69
			VERSIÓN 04

Tabla No. 8. Comparación entre evaluaciones históricas del puente sobre el río Grande

INFORME		LM-PI-UP-PC10-2013		INF-PI-UGERVN-14-2014		INF-PI-UGERVN-05-2016		LM-PIE-UP-P15-2017	
AÑO DE EVALUACIÓN		2013		2015		2016		2017	
ELEMENTOS		GD	CE	GD	CE	GD	CE	GD	CE
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Barrera vehicular (accesos)	2	2	2	2	2	2	2	2
	Aceras	1	2	NI	NI	NI	NI	1	2
	Señalización Vial	3	3	3	3	3	3	3	3
	Rotulación Carga/Altura Máxima	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Iluminación	3	3	NI	NI	NI	NI	3	3
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	NA	NA	NA	NI	NI	NI	NA	NA
	Sistema de drenaje del puente	2	2	0	1	0	1	2	2
	Juntas de expansión	2	2	2	2	2	2	2	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	0	1	0	1	0	1	1	1
	Relleno de aproximación	0	1	0	1	0	1	0	1
	Losa de aproximación	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
	Muros de contención en accesos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SUPERESTRUCTURA TIPO CAJÓN	Tablero	2	4	2	4	2	4	2	4
	Cajón de concreto	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Viga contrapeso	0	1	NI	NI	NI	NI	2	3
	Vigas diafragma de concreto	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
SUBESTRUCTURA	Apoyos	2	4	NI	NI	2	4	2	4
	Aletones	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Bastiones: Viga cabezal	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Bastiones: Cuerpo	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Bastiones: Cimentación	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Llaves de corte	0	1	NI	NI	NI	NI	1	3
	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Dispositivos especiales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	Protección de taludes de rellenos	2	3	NI	NI	NI	NI	2	3
	Protección de taludes frente a bastiones	1	2	NI	NI	NI	NI	1	2
	Protección de socavación en pilas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

SIMBOLOGÍA: GD: Grado de deficiencia. Valores entre 0 y 3. Ver Anexo A
 CE: Condición Evaluada del elemento. Valores entre 1 y 6. Ver Anexo A
 NI: Elemento no inspeccionado
 NA: Elemento no forma parte 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-P15-2017	Página 37/69	VERSIÓN 04

De los grados de condición mostrados en la tabla No. 8 se detalla lo siguiente:

1. Con respecto al estado de los elementos de seguridad vial la condición no ha cambiado entre las evaluaciones del 2013 y del 2017. En las evaluaciones intermedias del 2015 y 2016 no se evidenció alguna atención que mejorara el estado de los elementos inspeccionados.
2. Hay evidencia de que el sistema de drenaje del puente ha recibido labores de mantenimiento rutinario, como la limpieza de sedimentos en bordillos y ductos de drenaje, como se observó en las evaluaciones del 2015 y del 2016.
3. Se evidencia evolución en el deterioro del pavimento de los accesos según se observa en el grado de deficiencia (GD=1) que se asignó en esta evaluación.
4. La erosión bajo la sección de viga cajón rellena ubicada entre el acceso 2 y el bastión 2 no había sido identificada hasta el presente informe.
5. El estado de los apoyos no ha presentado mejoría desde el primer registro del 2013. Se evidencia que el mantenimiento no ha sido efectivo o es inexistente.
6. En la última inspección se evidenció deterioro en las llaves de cortante del costado norte del bastión 2.

Por lo tanto, se demuestra que desde la primera evaluación que se realizó, se han realizado medidas de atención que no fueron efectivas o los elementos no han sido atendidos. Por esta razón, se brindan las recomendaciones contenidas en las Tablas No. 2 a No. 6 como insumo para la atención de las deficiencias encontradas en los elementos.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 38/69	VERSIÓN 04

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Grande ubicado en la Ruta Nacional No. 27. Las Tablas No. 2 a No. 6 resumen la condición de deterioro del puente y proveen algunas recomendaciones generales.

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

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

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. Agrietamiento en dos direcciones y desprendimientos del recubrimiento en la losa de concreto del tablero, ambos daños son generalizados. El tablero es un elemento principal del puente que participa en la transferencia de la carga vehicular del puente. Los daños mencionados pueden afectar la capacidad de carga del puente por lo que se les debe dar seguimiento.
- b. Los apoyos presentan aparente deformación en el sentido longitudinal. Además los apoyos sobre el bastión 1 están cubiertos casi completamente con sedimentos y los apoyos el bastión 2 presentan deterioro del sistema de protección contra la corrosión. Los apoyos son elementos principales del puente y la presencia de sedimentos puede afectar la capacidad de desplazamiento de los apoyos, pudiendo inducir esfuerzos para los cuales el puente no fue diseñado y producir daño en el futuro.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 38 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 39/69	VERSIÓN 04

Además, se observó lo siguiente:

- c. Agrietamiento en la cara superior de la llave de cortante del costado norte sobre el bastión 2.
- d. El ancho de las aceras es menor al mínimo requerido por la ley 7600, considerando que en tránsito peatonal está prohibido en la ruta, pero hay poblaciones cercanas al puente.
- e. Ausencia de marcadores de objeto y de un sistema de iluminación en los accesos.
- f. Socavación de una parte del relleno bajo la viga cajón rellena ubicada entre el acceso 2 y el bastión 2 (contrapeso).
- g. Obstrucción parcial del sistema de drenaje de la junta de expansión del acceso 2.
- h. Los drenajes no cuentan con un sistema de tuberías que eviten la descarga de agua sobre la viga cajón.
- i. Los taludes laterales de los rellenos y los taludes frente a los bastiones no cuentan con un sistema de protección contra la erosión.
- j. Acumulación de sedimentos en los bordillos y obstrucción de los ductos de drenaje del puente.
- k. Deficiencias en el sistema de drenaje del acceso 1 que permite la descarga de agua y sedimentos sobre el bastión 1 y sus apoyos.
- l. Deformación permanente, faltante de pernos y faltante de elementos en barrera vehicular de los accesos.
- m. Desprendimiento de agregado y exudación en el pavimento de la superficie de rodamiento de los accesos.
- n. Demarcación horizontal en mal estado.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 39 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 40/69	VERSIÓN 04

Las deficiencias de los puntos a, b, d, g y n fueron reportadas en los informes LM-PI-UP-PC10-2012, INF-PI-UGERVN-14-2014 y INF-PI-UGERVN-05-2016, según se detalla en el capítulo 6 de este informe. Por lo tanto, se evidencia que desde la primera evaluación que se efectuó, se han realizado medidas de atención que no fueron efectivas o los elementos no han sido atendidos.

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

1. Realizar una inspección detallada del tablero incluyendo el cálculo de la capacidad de carga. Si el análisis no evidencia problemas de capacidad de carga reparar las grietas y desprendimientos de la losa de concreto del tablero con procedimientos y productos adecuados para las condiciones del puente.
2. Limpiar urgentemente los sedimentos que están en contacto con los apoyos ubicados sobre el bastión 2. Después de realizar la limpieza realizar una evaluación detallada de los apoyos, incluyendo la deformación permanente en el sentido longitudinal del puente. Procurar la asesoría del fabricante del sistema de apoyos.
3. Reparar las grietas observadas en la cara superior de la llave de cortante del costado norte del bastión 2 con productos especializados para evitar el ingreso de agua que pueda inducir corrosión en el acero de refuerzo de la llave de cortante.
4. Evaluar la necesidad de aumentar el ancho de las aceras para que cumpla con el ancho mínimo requerido en la ley 7600.
5. Colocar marcadores de objeto en los accesos del puente.
6. Evaluar la necesidad de proveer de un sistema de iluminación en los accesos.
7. Reponer el relleno que se ha socavado bajo el tramo de viga cajón rellena (contrapeso) ubicada entre el acceso 2 y el acceso 1. Además realizar las mejoras al sistema de evacuación de aguas pluviales para evitar que este daño sea recurrente.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 40 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 41/69	VERSIÓN 04

8. Eliminar las obstrucciones y sedimentos en la junta de expansión dentada del acceso 2 y extender el drenaje de tal manera que no descargue agua sobre la superestructura.
9. Instalar un sistema de tuberías conectado a los ductos de drenaje de la superestructura de tal forma que se evite la descarga de agua sobre la viga cajón.
10. Evaluar la necesidad de proveer a los taludes laterales de los rellenos de aproximación y a los taludes frente a los bastiones de un sistema de protección contra la erosión.
11. Corregir las deficiencias observadas en el sistema de contención vehicular de los accesos.
12. Establecer un programa periódico que incluya, entre otras labores de mantenimiento: sustitución y reposición de elementos de señalización vial, pintura de la demarcación horizontal, limpieza de acumulación de sedimentos en bordillos y ductos de drenaje, reposición de elementos de juntas de expansión y su limpieza, mantenimiento de los apoyos de disco confinado, eliminación de vegetación en elementos del puente, sellado de grietas no estructurales, eliminación de obstrucciones en las juntas de expansión, reparación del sistema de drenaje de los accesos, reparación del pavimento de la superficie de rodamiento de los accesos, etc. Seguir en donde sea aplicable, los procedimientos descritos en el Manual de Especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b)

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 42/69	VERSIÓN 04

8. 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. AASHTO (2014). *Manual for Bridge Element Inspection. First Edition with 2015 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. Agüero-Barrantes, P., Castillo-Barahona, R., Loria-Salazar, L.G. (2013). *Inspección del puente sobre el río Grande Ruta Nacional No. 27 LM-PI-UP-PC10-2013*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
4. Agüero-Barrantes, P., Lui-Kuan, Y.C, Barrantes-Jiménez, R., Loria-Salazar, L.G. (2016). *Monitoreo estructural de la superestructura del puente sobre el río Grande Ruta Nacional No.27 LM-PI-UP-07-2016*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
5. CFIA (2013). *Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes*. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica.
6. FHWA (2006). *Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 - Bridges*. Publication N° FHWA-HRT-06-032. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
7. FIP Industriale (2003). *Installation, Inspection and Maintenance Manual for the PTFE-Steel Pot Bearings*. Technical Department, Padova, Italy.
8. MOPT (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR 2010*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 43/69	VERSIÓN 04

9. MOPT (2015a). *Anuario de Información de Transito 2015*. Dirección de Planificación Sectorial. Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
10. MOPT (2015b). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
11. 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.
12. 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.
13. Valverde-Cordero, C., Garro-Mora, J. F., Naranjo-Ureña, R., Ruiz-Cubillo, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., Loría-Salazar, L. G. (2015). *Informe de evaluación del Proyecto San José Caldera Ruta Nacional 27 Año 2014 - 2015 INF-PI-UGERVN-14-2014*. San José, Costa Rica: Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
14. Valverde-Cordero, C., Naranjo-Ureña, R., Ruiz-Cubillo, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., Loría-Salazar, L. G. (2016). *Informe de evaluación del Proyecto San José Caldera Ruta Nacional 27 Año 2015 - 2016 INF-PI-UGERVN-05-16*. San José, Costa Rica: Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
15. Zamora-Rojas, J., Jiménez-Romero, D., Acosta-Hernández, E., Castillo-Barahona, R., Rodríguez-Roblero, M. J., Quirós-Serrano, C. (2012). *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica*. Versión 02-2012. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR. San José, Costa Rica.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 43 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 44/69	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 45/69	VERSIÓN 04

ANEXO A

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 46/69	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 47/69	VERSIÓN 04

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 48/69	VERSIÓN 04

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

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

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

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

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

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

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

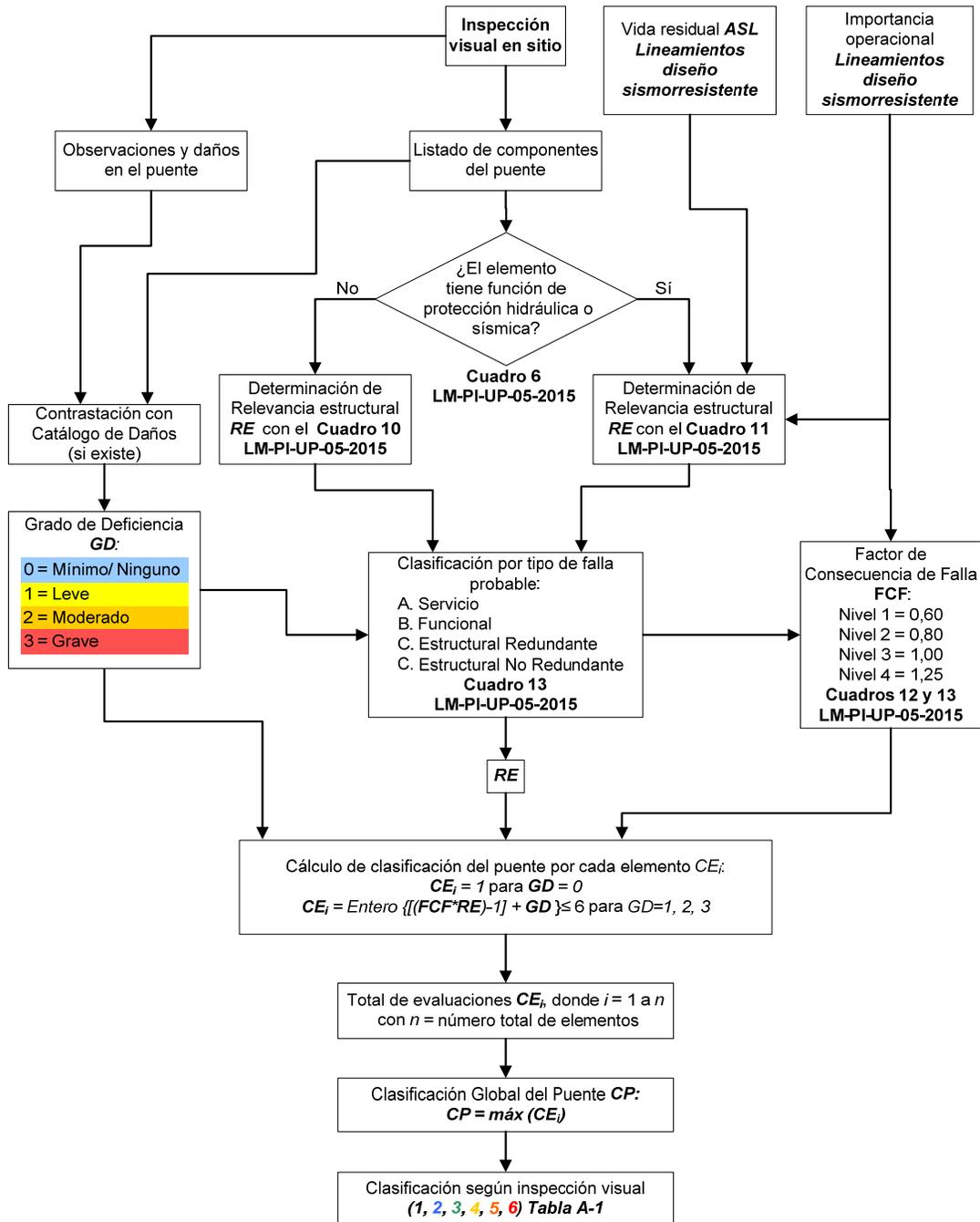


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 50/69	VERSIÓN 04

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

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 51/69
		VERSIÓN 04

 LanammeUCR		RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual	Versión: 01 Página: 1/1			
Nombre del puente y Ruta Río Grande Ruta No. 27	Importancia Operacional (LDSP 2013) Crítico					
Fecha Evaluación 14/03/2017	TPD (veh/día) 16992					
Año de construcción o diseño 2002	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	0	Tabla 2, aspecto 2.1	B	0.8	1
Barrera vehicular (accesos)	1	2	Tabla 2, aspecto 2.2	A	0.6	2
Aceras	2	1	Tabla 2, aspecto 2.3	B	0.8	2
Señalización Vial	1	3	Tabla 2, aspecto 2.5	A	0.6	3
Rotulación Carga/Altura Máxima	1	0	Tabla 2, aspecto 2.4	A	0.6	1
Iluminación	1	3	Tabla 2, aspecto 2.6	A	0.6	3
ACCESORIOS						
Superficie de rodamiento (puente)	1	No Aplica	Tabla 3, aspecto 3.1	A	0.6	
Sistema de drenaje del puente	1	2	Tabla 3, aspecto 3.2	A	0.6	2
Juntas de expansión	1	2	Tabla 3, aspecto 3.3	A	0.6	2
ACCESOS						
Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Tabla 3, aspecto 3.4	A	0.6	1
Relleno de aproximación	2	0	Tabla 3, aspecto 3.5	B	0.8	1
Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla 3, aspecto 3.7	B	0.8	
Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla 3, aspecto 3.6	B	0.8	
SUPERESTRUCTURA TIPO CAJÓN						
Tablero	3	2	Tabla 4, aspecto 4.1	C	1	4
Cajón de concreto	3	0	Tabla 4, aspecto 4.2	C	1	1
Viga contrapeso	2	2	Tabla 4, aspecto 4.3	B	0.8	3
Vigas diafragma de concreto o acero	2	No Insp.	Tabla 4, aspecto 4.3	B	0.8	
SUBESTRUCTURA						
Apoyos	3	2	Tabla 5, Aspecto 5.1	C	1	4
Aletones	2	No Aplica	Tabla 5, Aspecto 5.3	B	0.8	
Bastiones: Viga cabezal	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	1
Bastiones: Cuerpo	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	1
Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla 5, Aspecto 5.4	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA						
Longitud de asiento (pedestales)	3	0	Tabla 6, Aspecto 6.1	C	1	1
Llaves de corte	3	1	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	3
Cadenas/ anclajes/ postensión externa	3	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
Dispositivos especiales	3	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN						
Protección de taludes de rellenos	2	2	Tabla 3, Aspecto 3.8	C	1	3
Escollera de protección	2	1	Tabla 6, Aspecto 6.4	C	1	2
Protección de socavación en pilas	3	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.5	C	1	
CP =						4
						Condición Seria

Figura A-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-P15-2017	Página 52/69	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 53/69	VERSIÓN 04

ANEXO B

Manuales de instalación, inspección y
 mantenimiento para los apoyos tipo “PTFE-
 STEEL Pot Bearing” publicados por la empresa
 FIP Industriale.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 54/69	VERSIÓN 04

NOTA ACLARATORIA:

A continuación se presenta una lista con el nombre dado por el fabricante al manual y el número de páginas de cada publicación.

Identificación dada en este informe al dispositivo	Nombre dado por el fabricante al manual de instalación, inspección y mantenimiento	Número de páginas
Apoyos tipo "PTFE pot bearing"	Installation, Inspection and Maintenance Manual for the PTFE steel Pot Bearings	15

Los manuales de los dispositivos con que cuenta el puente sobre el río Grande se encuentran en idioma inglés. Los criterios y recomendaciones mencionados en cada uno de los manuales fueron elaborados y suministrados por el fabricante de los dispositivos y se presentan sin modificaciones.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 56/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 2 15

TABLE OF CONTENTS

1.0. - <u>SCOPE</u>	3
2.0. - <u>TEMPORARY STORAGE PRIOR TO INSTALLATION</u>	3
3.0. - <u>HANDLING</u>	4
4.0. - <u>PRE-ADJUSTMENT</u>	4
5.0. - <u>PRELIMINARY CHECKS</u>	5
6.0. - <u>INSTALLATION</u>	6
6.1 STEEL SUBSTRUCTURE	6
6.2 STEEL SUPERSTRUCTURE	6
7.0. - <u>PLACEMENT IN SERVICE</u>	6
8.0. - <u>ROUTINE INSPECTION</u>	7
8.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	8
8.2. - MEASURING INSPECTION TOOLS AND ANCILLARY EQUIPMENT	9
9.0. - <u>DAMAGED PTFE REPLACEMENT</u>	10
9.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	10
10.0. - <u>BEARING REPLACEMENT</u>	11
10.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	11
ANNEX 1: INSPECTION ACTIVITIES	12
ANNEX 2: MAINTENANCE ACTIVITIES	15

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 57/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 3 15

1.0. - SCOPE

The purpose of this document is to describe storage, installation, inspection and maintenance activities for the PTFE-steel bearings supplied by FIP Industriale.

The sequence of operations described shall be carried out exactly in compliance with the listed priority.

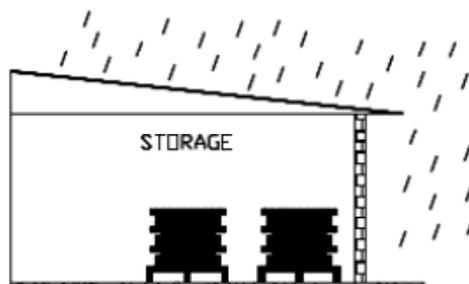
The operations undertaken for a substitution shall be decided and agreed with the FIP Industriale Technical Department and shall require adequate specifications.

2.0 - TEMPORARY STORAGE PRIOR TO INSTALLATION

Bearings are delivered fully assembled and ready to be installed as well as produced in conformance with the relevant drawings. Under service conditions, the bearings are protected against environmental agents by means of dust-cover protection gaskets.

In the event bearings are not immediately installed, it will be the responsibility of the Client to ensure that they are stored with care, i.e.: protected from dirt and grime, humidity, heat and any other type of damage.

The place of storage must therefore be under cover, clean and dry .



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 58/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 4 15

3.0 - HANDLING

The single component elements of the bearing are kept together by means of robust **yellow coloured** brackets. These brackets should never be used to temporarily block mobile bearings.

To move the bearings while still in their packing it will be necessary to use the pallets, suitably sling them and lift them by means of appropriate apparatus (i.e.: winch or crane, forklift truck, etc.).

Moving of single bearings, instead, must be accomplished by means of eyebolts appropriately screwed into the threaded holes in their upper plate.

4.0 - PRE-ADJUSTMENT

Pre-adjustment of sliding plate should be carried out in our workshops, under ideal conditions and by specialised technicians. Therefore should any pre-adjustment be necessary, instructions must be furnished to FIP by the Engineer of the structure prior to the manufacture of the bearings so as to permit the carry out this operation.

It is absolutely prohibited to modify or accomplish any pre-adjustment at the work site without the express authorisation of FIP Industriale's Engineering Department.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 58 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 59/69	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 5 15

5.0 - PRELIMINARY CHECKS

First of all, the transportation brackets are to be checked to ensure that the fixing bolts have not been loosened by inappropriate handling during transport or unloading operations.

Bearings are not to be disassembled at the work site so that no dirt or grime can enter the sliding surfaces.

Each bearing is provided with rustproof indelible markings identifying all data, such as: name of manufacturer, type of bearing, maximum vertical and horizontal design loads, maximum design displacements, year of manufacture and any other information that may be required.

Prior to installation, the correspondence of the supplied data (the identifying marks and the main dimensions as height, width, and length) should be cross check with those shown in the drawings.

In addition, the alignment between the upper and lower plates must be checked; and in case the supply includes sliding bearings, the correspondence of the pre-adjustment values (when present) to those shown in the installation drawings must also be cross-checked.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 59 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 60/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 6 15

6.0 - INSTALLATION

6.1 *Concrete substructure*

The bearing, fully assembled, will be moved to the correct location and connected to the lower steel structure by means of steel screws.

6.2 *Steel superstructure*

Steel superstructure is placed upon the upper steel element of the bearings and fixed by means of anchor pins and bolts.

7.0 - PLACEMENT IN SERVICE

7.1 Once the bearings are suitable anchored to the substructure and the girders, and after having placed the structures finishing trusses, it's the time to remove the yellow coloured transport brackets. In fact, the temporary blocking devices must be removed just before the bearings are placed in service, i.e.: just before the upper superstructure begins to move.

7.2 Immediately after the bearing are released, please make sure that the sliding index is in the design position.

7.3 The removal of moving brackets must take place only after having removed all the temporary connection bolts. It's a good idea to re-tighten all bolts in their respective threaded holes so as to ensure the maximum anti-corrosion protection of the latter. In fact, all the bolts used are zinc galvanised

7.4 The use of acetylene torches to remove moving brackets is absolutely prohibited.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 60 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 61/69	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev.	0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of	7 15

8.0. - ROUTINE INSPECTION

The Standards used as references for this report are listed below. In the case of outdated references, the latest edition of the publication shall apply.

EN 1337 Part 10 - Inspection and maintenance - 2004

Once the bearings have been put into function, an initial "zero" measurement shall be taken.

The inspection frequencies indicated in Annex 1 are for "Principal Inspection" activities. "Regular Inspections" should be carried out by the Maintenance Authority as and when possible as part of the other routine maintenance activities.

In the routine inspection the following properties shall be checked:

- * entity of the sliding gap (the PTFE protrusion, that is the clearance between the PTFE backing plate and the stainless steel, should be measured by means of gauge), and its uniformity over the perimeter of the PTFE sheet (if possible);
- * condition of the exposed sliding surfaces for vertical and horizontal loads (e.g.: irregularity of the sliding metal sheet, connection defects, damage of corrosion protection, etc.);
- * actual movement (reading by means of the bearing pointer scale)
- * planarity of sliding plate (by means of 2 axis level)
- * entity of rotation of upper elements (by means of gauge to measure the tilting clearance)
- * condition of the concrete under the bearing

The air temperature shall be measured in the midspan and on the centre line of the bearing by means of alcohol or mercury thermometer or similar and shall be recorded.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 61 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 62/69	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev.	0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of	8 15

Any non-conformity encountered as part of either a "Principal" or "Regular" inspection should be dealt with as described in Annex 1. All inspections should be recorded, and in the case of a "progressive" defect, photographic records should be kept to enable the progression to be assessed.

Levels of acceptability of defects are shown in Annex 1; these are general defects that could be expected to occur in the lifetime of the components. Any non listed defect, or any excessive defect should be immediately reported to FIP Italy, who will give guidance on the necessary course of action.

8.1. - Sequence of Operations

- Visual inspection of the bearing general condition
- Inspection of the dust protection covers
- Inspection of the bearing displacement
- Inspection of the sliding surface planarity
- General cleanness of the bearing by means of alcohol and white paper sheets
- Inspection of bearing upper element rotation
- Inspection of PTFE protrusion in the sliding surface
- Inspection of the stainless steel sliding plate
- Recording of the collected data, temperature, time and date

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 62 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017		Página 63/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 9 15

8.2. - Measuring Inspection Tools and Ancillary Equipment

- Plans and drawings, manuals, product specification, etc.
- Scaffolds and working platforms
- Lighting equipment
- Mirror
- Tools for removal of all covers
- Cleaning device
- 2 axis level; precision: 1 graduation = 0.6 mm/m
- Telescopic feeler gauge for measurement of tilting clearance
(field: 8-12.7 mm; 12.7-19 mm.; 19-32 mm.)
- Calliper, up to 150 mm. for the measurement of values taken with the telescopic feeler gauge
- Feeler gauges, comprising 20 blades, 300 mm. long, for the measurement of any protrusion
- Cutting ruler, 300 mm. and/or 500 mm. long, for measuring the sliding plate planarity
- Apparatus for measuring the protective layers thickness
- Temperature measuring instrument

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 63 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 64/69	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev.	0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of	10 15

9.0. - DAMAGED PTFE REPLACEMENT

If for any reason PTFE has to be replaced, this can be achieved without removing the bearing.

Other elements may be replaced if damaged by a very severe combination of accidental loads (for instance: an earthquake, collision or other extreme events) by making the bearing accessible in the most suitable way for the operation.

9.1. - Sequence of Operations

- Install the uplifting device to lift up the structure and the upper element.
- Remove and substitute the damaged PTFE sheet.
- Lower the upper element onto the bearing.

Bearings with a central guide have two PTFE sheets to be replaced.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 64 de 69
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 65/69	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE <small> Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567 </small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev.	0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of	11 15

10.0. - BEARING REPLACEMENT

The whole bearing can be substituted with exception of the anchor dowels (cast in concrete). The substitution, necessary in the event of a severe permanent damage to the bearing, shall be decided and agreed with FIP Industriale Technical Department. The following procedure is the most usual for a bearing but it can be carried out in different ways.

10.1. - *Sequence of Operations*

- Fit the transportation brackets to hold the bearing.
- Remove the fixing bolts of the upper element to the superstructure.
- Install the lifting device to lift up the structure.
- Lifting the structure by at least the pin height.
- Remove the fixing pins of the base element to the anchoring dowels.
- Remove the bearing.
- Place the new bearing in the correct location and fix the lower pins.
- Lower the structure onto the bearing.
- Remove the transportation brackets. (Note that the transportation bolts may be released before, to ease the lowering of the structure).

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 65 de 69
----------------------------	--------------	-----------------



Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
LanammeUCR

Código:
RC-444

INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017

Página 66/69

VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE Via Scapicchiò, 41 - 36000 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-822511 Fax: +39-049-638567	UFFICIO TECNICO		TP
	TECHNICAL DEPARTMENT		Rev.
	Page	of	
	12	15	0

ANNEX 1 : INSPECTION ACTIVITIES

WHAT TO INSPECT ?	FREQUENCY	WHAT TO LOOK FOR ?	SPECIAL EQUIPMENT	LEVEL OF ACCEPTABILITY	ACTIONS WHERE NCS FOUND	REMARKS
Protective cover where fitted	first inspection after one year, then every two years	Cover condition	Visual check	no major damage to the cover	replace damaged cover	
Sliding movement	first inspection after one year, then every two years	Movement indicators / relative positions between the top and bottom plates	Visual check / measuring tape	1) translation movements value according to bearing schedule 2) no major anomalies in the relative position	check with Owner technical dept.	contact FIP Italy if needed
rotation movement	first inspection after one year, then every two years	tilting clearance	Feeler gauge	No major discrepancies with angular movements shown in bearing schedule	check with Owner technical dept.	contact FIP Italy if needed
PTFE clearance (protrusion)	first inspection after one year, then every two years	Clearance between PTFE backing plate and stainless steel	Feeler gauge	To be greater than 0,5 mm	more frequent inspections	When clearance is almost zero, PTFE sheet must be replaced
Stainless steel sheet	first inspection after one year, then every two years	1) surface wrinkling 2) cleanliness	Visual check	1) no wrinkling 2) loose dust acceptable, hardened deposit not acceptable	1) replace stainless steel 2) clean stainless steel	

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 67/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapicchi, 41 - 36000 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-822511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO TECHNICAL DEPARTMENT	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 13 15

WHAT TO INSPECT ?	FREQUENCY	WHAT TO LOOK FOR ?	SPECIAL EQUIPMENT	LEVEL OF ACCEPTABILITY	ACTIONS WHERE NCS FOUND	REMARKS
Corrosion protection	First inspection after one year, then every two years	rust stains	Visual check	extent of pinholes less than 5% of total surface area	paint touch-ups application	the aim should be to repair any corrosion protection before it has failed sufficiently to allow any substantial amount of corrosion to take place
Bolts and fixing	First inspection after one year, then every two years	Tightening of bolts (when required)	Spanner	no loose boltfixing	Re-fix / tighten bolt	any bolts or other form of anchorage should be checked to ensure that it has not become loose or otherwise inactive
Damage to steel parts	first inspection after one year, then every two years	distortion / any general damage	Visual check	no damage	1) repair/replace damaged parts 2) closer check of the structure for possible anomalies	all steel parts should be checked for any sign of distortion due to overload and for any other sign of damage
Condition of adjacent structural element	first inspection after one year, then every two years	bedding material cracks/settlements	Visual check		closer check of the structure for possible anomalies	in many cases the first indication that a bearing is malfunctioning, is the appearance of damage in an adjacent structure. Is therefore important for any bearing inspection to include the adjacent structure and its condition should be reported

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 68/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapicchiò, 41 - 36000 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-822511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev.	0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of	14 15

WHAT TO INSPECT ?	FREQUENCY	WHAT TO LOOK FOR ?	SPECIAL EQUIPMENT	LEVEL OF ACCEPTABILITY	ACTIONS WHERE NCS FOUND	REMARKS
General	first inspection after one year, then every two years	Unexpected noise, dirt, etc.	visual check		closer check of the structure for possible anomalies	any condition of interest not covered by a specific heading should be reported. An unusual noise associated with the passage of traffic or otherwise is a particular example. Comments should also be made where these may assist in the interpretation of the report, or, when the next inspection is being made, will draw the attention of the inspector to possible points of weakness

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P15-2017	Página 69/69

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP 143 Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page 15 of 15

ANNEX 2: MAINTENANCE ACTIVITIES

All the activities reported in Annex 1 and below are to be applied under normal working conditions.

For unforeseen events please contact:

FIP INDUSTRIALE SpA
 Technical Department
 Via Scapacchiò, 41
 35030 Selvazzano D. (PD)
 ITALY
 Tel. 0039 49 8225511
 Fax 0039 49 638567
 E-mail fip@fip-group.it

for the necessary actions to be taken.

Usually bearings do not require regular maintenance.

For minor maintenance please refer to Annex 1 under "Action where NC found" column (NC = Non Conformity).

All maintenance activities should be reported to FIP.

Informe LM-PIE-UP-P15-2017	Agosto, 2017	Página 69 de 69
----------------------------	--------------	-----------------