

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 1 de 52

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P05-2019

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

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Octubre, 2019



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 2 de 52
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 3 de 52
----------------	-------------	----------------

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P05-2019		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DESJARRETADO EN RUTA NACIONAL No. 01		4. Fecha del Informe Octubre, 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 Desjarretado, en la Ruta Nacional No. 01, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la Ley 8114. Según lo observado en el sitio, la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada, se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 01, río Desjarretado, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 52
11. Inspección e informe por: Ing. Sergio Álvarez González Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Hellen Garita Durán 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		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 4 de 52

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 5 de 52

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	OBJETIVOS.....	7
3.	ALCANCE DEL INFORME	8
4.	DESCRIPCIÓN.....	10
5.	ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....	14
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
7.	REFERENCIAS.....	41
	ANEXO A GLOSARIO.....	43
	ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	46



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 6 de 52

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 7 de 52

1. INTRODUCCIÓN

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

La *inspección* del puente se realizó el día 31 de mayo del 2018. Debido al proyecto de ampliación actualmente en ejecución, se realizó su re-inspección el día 05 de setiembre del 2019.

2. OBJETIVOS

- a) Realizar el inventario del puente utilizando la información incluida en los planos de diseño originales y verificar la información durante la inspección visual realizada en sitio.
- b) Efectuar una inspección visual de todos los componentes estructurales y no estructurales para evaluar su condición estructural.
- c) Inspeccionar y evaluar la seguridad vial del puente para reducir el riesgo de accidentes de tránsito y disminuir su severidad.
- d) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento y/o reparación.
- e) Brindar una calificación de la condición del puente basado en la evaluación de la condición de sus componentes.
- f) Establecer un marco de referencia del estado del puente antes de ser intervenido como parte del proyecto de ampliación del tramo entre Cañas y Limonal.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 8 de 52

3. ALCANCE DEL INFORME

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

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

Las dimensiones de los elementos del puente se pueden obtener de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar como referencia para completar formularios de inventario del puente si se considera necesario, ya que en muchas ocasiones el inspector no tiene acceso físico y/o visual a algunos componentes del puente. Para este puente en particular sí se tuvo acceso a los planos de diseño los cuales se obtuvieron de la base de datos electrónica interna de la UP (Departamento de Comercio de Estados Unidos, Oficina de Carreteras Públicas (1951). Puente sobre el río Desjarretado. Versión: Planos finales de diseño [pdf], Carretera Interamericana, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica). La información de planos es una guía para el proceso de inspección, pero no es determinante para establecer la condición del puente, pues esta solo puede determinarse a partir de la información que se recolecta y verifica en el sitio.

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

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 9 de 52
----------------	-------------	----------------

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

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 10 de 52
----------------	-------------	-----------------

4. DESCRIPCIÓN

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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Guanacaste, Abangares, Juntas
	Coordenadas (WGS84)	10°18'07"N de latitud / 85°02'13"O de longitud
	Río que cruza	Río Desjarretado
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	01
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	50010
TPD - Anuario de Tránsito (MOPT, 2018)	Total	11433
	Porcentaje de vehículos pesados	24,41 %
	Porcentaje de camiones de 5 o más ejes	11,07 %
	Año en que se realizó el conteo	2015



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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 11 de 52



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



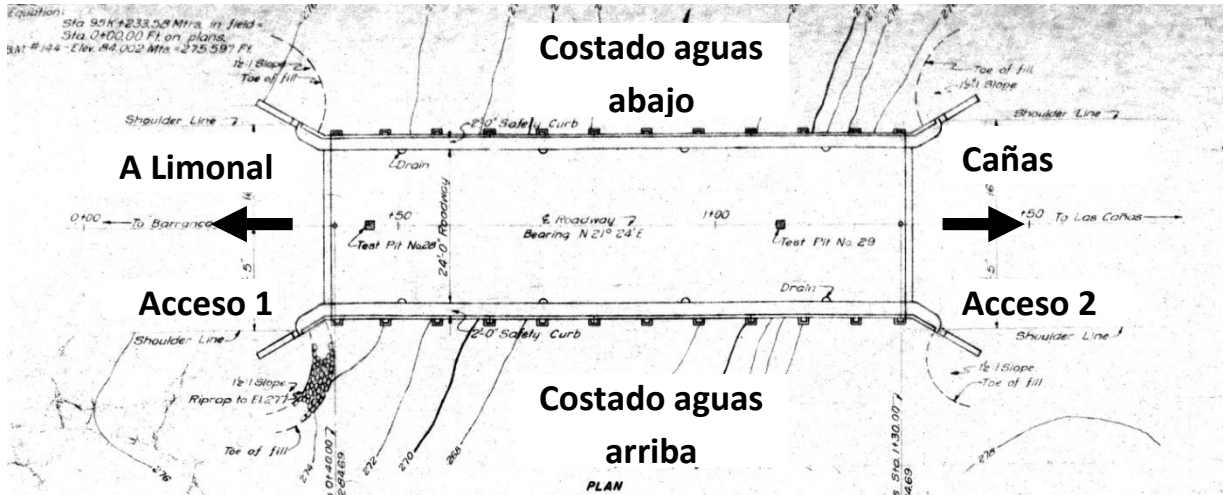
Figura C. Vista lateral (costado aguas abajo).

INFORME DE EVALUACIÓN

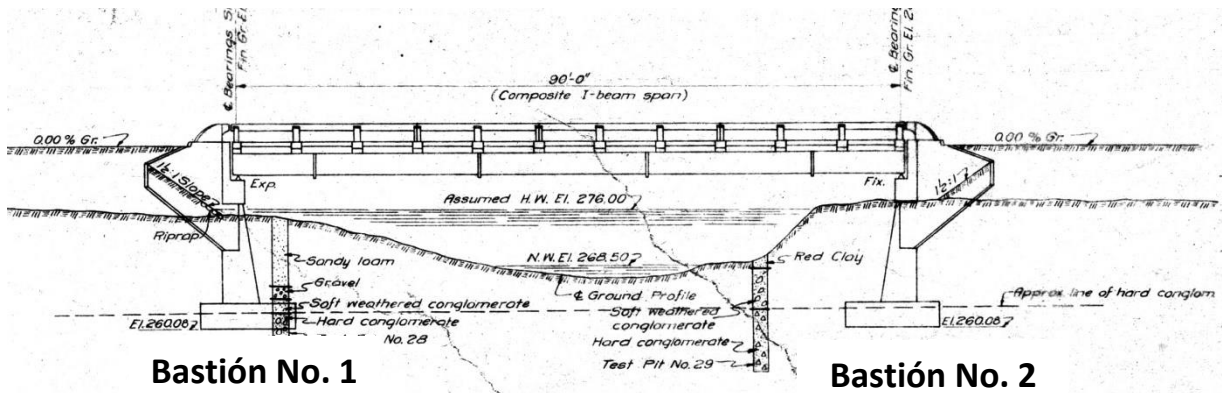
Código: RC-444

Versión: 08

Página 12 de 52



(a) Vista en planta



(b) Elevación

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 13 de 52
----------------	-------------	-----------------

Tabla No. B. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente.
	Longitud total (m)	27,9
	Ancho total (m)	9,16
	Ancho de calzada (m)	7,5
	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 1, tipo viga simple con vigas principales tipo I de acero.
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado.
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo expansivo. Bastión 2: apoyo fijo.
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2, tipo marco de concreto reforzado.
	Tipo de cimentación	Placa de cimentación.
Diseño y construcción	Año de diseño	1951 (según planos)
	Año de construcción	1959 (según placa adosada al puente)
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O. 1949
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información.
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 14 de 52

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

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

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Tabla No. 1. Estado de la seguridad vial.

1.1. Sistema de contención vehicular del puente:	RE = 2	GD = 2
<p>Se observaron desprendimientos de concreto por aplastamiento y acero de refuerzo expuesto en la zona de transición entre las barreras de contención y los pretilles rígidos (ver Figura 1.1(a) y 1.1(b)). Esta falla por aplastamiento se extiende a tres de los cuatro pretilles rígidos y es mayor en los pretilles que corresponden al bastión con apoyos móviles (bastión 1), lo cual, guarda relación con la rotación observada en los apoyos móviles (ver 4.1. <i>Apoyos en bastiones</i>), y podría ser un indicativo de que dicha inclinación es posiblemente excesiva.</p> <div data-bbox="792 520 1349 1136"> </div> <p>Figura 1.1(a). Vista lateral del pretil rígido en acceso 1 (costado aguas abajo).</p> <div data-bbox="781 1241 1360 1801"> </div> <p>Figura 1.1(b). Vista lateral del pretil rígido en acceso 1 (costado aguas arriba).</p>		




INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 16 de 52

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

1.1. Sistema de contención vehicular del puente (continuación):	RE = 2	GD = 2
<p>Se observó una grieta aislada mayor a 2,0 mm de espesor en unas de las barreras (costado aguas abajo del puente), posiblemente debido a un impacto vehicular (ver Figuras 1.1(c) y 1.1(d)).</p> <p>Además, la barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención TL-4 de la <i>Especificación de Diseño AASHTO LRFD (2017)</i>, acordes con las características de tránsito y velocidad de la ruta, debido a que fue diseñada con una normativa anterior a la publicación de los documentos: Reporte NCHRP 350 (1993) y MASH-2 (AASHTO, 2016) (ver Tabla No. B). 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>		



INFORME DE EVALUACIÓN

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

1.1. Sistema de contención vehicular del puente (continuación):	RE = 2	GD = 2
<p>Existe desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en los pretilos rígidos ubicados aguas abajo del acceso 2 y aguas arriba del acceso 1 (ver Figuras 1.1(e) y 1.1(f)). Estas deficiencias posiblemente estén asociadas a labores relacionadas con las intervenciones que están siendo realizadas o que serán ejecutadas posteriormente; sin embargo, aún no habían sido reparadas.</p> <div data-bbox="704 518 1453 1081" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="727 1100 1421 1171">Figura 1.1(e). Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en pretil rígido (aguas abajo, acceso 2).</p> <div data-bbox="704 1186 1453 1770" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="727 1789 1421 1860">Figura 1.1(f). Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en pretil rígido (aguas arriba, acceso 1).</p>		



INFORME DE EVALUACIÓN

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

1.1. Sistema de contención vehicular del puente (continuación):	RE = 2	GD = 2
<p>Se observó agrietamiento en elementos que soportan la barrera y la anclan a losa (ver Figura 1.1(g)).</p>		
<p>La barrera presentaba diferencias en el alineamiento horizontal, (ver Figura 1.1(h)) con respecto a los pretiles rígidos sobre los bastiones, en ambos extremos del puente, (aproximadamente 10 mm). Sin embargo, no se observaron consecuencias estructurales asociadas en la superestructura ni evidencias de daño en la subestructura debido a desplazamientos laterales, específicamente en los apoyos.</p>		
<p>Figura 1.1(h). Diferencia de alineamiento horizontal (vista superior).</p>		



INFORME DE EVALUACIÓN

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

1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos:	RE = 1	GD = 3
<p>No se observó un sistema de contención en ninguno los accesos del puente (ver Figura 1.2(a)).</p> <p>La ausencia de guardavías aumenta el riesgo de caída de vehículos al cauce del río o por los terraplenes de los accesos.</p>	 <p>Figura 1.2(a). Ausencia de sistemas de contención (vista desde acceso 2).</p>  <p>Figura 1.2(a). Ausencia de sistemas de contención (vista hacia acceso 1).</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 20 de 52

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

1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos:	RE = 2	GD = 1
<p>El puente tiene bordillos de seguridad de 650 mm de ancho efectivo que no cumplen con el ancho mínimo especificado en la Ley 7600 (ver Figura 1.3(a)). Este tipo de combinación de barrera de contención y bordillo peatonal, puede ser utilizado sólo para velocidades de operación menores a 70 km/h (AASHTO, 2017), lo cual no se cumple en este caso. Durante la inspección no se observó el tránsito de peatones.</p> <p>Estos bordillos presentaban acumulación de vegetación, humedad y sedimentos (ver Figura 1.3(a)).</p> <p>Adicionalmente, se observó la existencia de grietas transversales en la parte inferior del bordillo y con evidencia de eflorescencia sin acumulación de carbonato de calcio (ver Figura 1.3(b)).</p>	 <p>Bordillo de 650 mm</p> <p>Humedad, vegetación y sedimentos</p> <p>29.05.2018 11:27</p> <p>Figura 1.3(a). Bordillo de seguridad con ancho menor a 1200 mm y acumulación de sedimentos.</p>  <p>Grieta en bordillo</p> <p>31.05.2018 12:46</p> <p>Figura 1.3(b). Grieta transversal en bordillo (vista inferior).</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

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

<p>1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación):</p>	<p>RE = 1</p>	<p>GD = 1</p>
<p>El puente no cuenta con marcadores de objetos ni delineadores verticales frente a las barreras en ambos accesos (ver Figura 1.4(a)), aún y cuando el mismo no cuenta con guardavías (ver 1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos).</p> <p>Adicionalmente, existe un crecimiento considerable de la vegetación frente a los pretilles rígidos (ver Figura 1.4(b)), limitando a los usuarios que transitan sobre la vía la visibilidad para observar dichos elementos e incrementando el riesgo de ocurrencia de accidentes.</p> <p>El día de la visita no habían captaluces en la línea centro.</p> <p>Las deficiencias en los elementos de seguridad vial, ya sea por ausencia o por deterioro, aumentan la vulnerabilidad de la ocurrencia de accidentes de tránsito, especialmente en situaciones de visibilidad limitada.</p> <p>Ausencia de rótulos de identificación en ambos accesos.</p>		



Figura 1.4(a). Ausencia de marcadores de objetos y delineadores verticales (vista desde acceso 2).



Figura 1.4(b). Crecimiento de vegetación frente a pretil rígido (acceso 2, aguas abajo).




INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 22 de 52
----------------	-------------	-----------------

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

1.5. Iluminación:	RE = 1	GD = 0
<p>Ni el puente ni los accesos cuentan con un sistema de iluminación. Se considera que colocando todos los elementos de seguridad vial (barreras de contención y guardavías adecuados, señalización vertical y horizontal) y dándoles un adecuado mantenimiento, la iluminación no es necesaria.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		

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

2.1. Superficie de rodamiento del puente:	RE = 1	GD = 1
<p>La carpeta asfáltica colocada sobre la losa del puente presentaba desprendimiento de agregado (ver Figura 2.1).</p> <p>Esta carpeta de 140 mm de espesor no está indicada en los planos originales; lo que está indicado más bien es un sobrespesor de concreto de 13 mm, el cual se desconoce en qué porcentaje se ha desgastado debido a que no es accesible, lo que representa un aumento en la carga muerta de la estructura, lo cual podría reducir su capacidad de carga viva, tomando en cuenta que la misma es para un camión HS15-44, inferior a las cargas de diseño actuales.</p>		
		
<p>Figura 2.1. Desprendimiento de agregado en carpeta asfáltica colocada sobre el puente.</p>		



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 23 de 52

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

2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente:	RE = 1	GD = 3
<p>Se observó acumulación de sedimentos y vegetación en los bordillos (ver Figura 2.2(a)), ocasionando la obstrucción total de los ductos del sistema de drenaje. La acumulación de sedimentos en los elementos del sistema de drenaje aumenta la probabilidad de acumulación de agua sobre la superficie de ruedo del puente, aumentando la vulnerabilidad a accidentes debido a hidropneumático de los vehículos.</p> <p>Los ductos del sistema de drenaje poseen longitud de extensión por debajo de las alas inferiores de las vigas principales, pero estos presentan corrosión severa con pérdida de sección en las salidas (ver Figura 2.2(b)).</p>	 <p>Figura 2.2(a). Acumulación de sedimentos y vegetación en bordillos.</p>  <p>Figura 2.2(b). Ductos de drenaje con pérdida de sección por corrosión.</p>	





INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 24 de 52

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

2.3. Juntas de expansión:	RE = 1	GD = 3
<p>Las juntas de expansión estaban totalmente cubiertas con asfalto, por lo que no se pudo determinar el nivel de conservación de las mismas al nivel del tablero de concreto, pudiendo además estar limitando la capacidad de desplazamiento del puente. En las Figuras 2.3(a) y 2.3(b) se muestra la obstrucción de las juntas sobre los bastiones 1 y 2 respectivamente, en donde ya se había formado una grieta en el asfalto en la localización de las juntas.</p>	 <p>Figura 2.3(a). Obstrucción de junta de expansión sobre bastión 1.</p>  <p>Figura 2.3(b). Obstrucción de junta de expansión sobre bastión 2.</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 25 de 52

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

2.3. Juntas de expansión (continuación):	RE = 1	GD = 3
<p>Existe descarga de agua en el 100 % de área de las vigas cabezal de ambos bastiones (ver Figuras 2.3(c) y 2.3(d)). Esto sucede a pesar de la obstrucción que existe en las juntas, lo cual se debe a la grieta que se forma en la superficie superior (ver Figuras 2.3(a) y 2.3(b)), y podría indicar un problema de sello de las juntas originales. La descarga de agua sobre los elementos estructurales propicia su deterioro.</p>	 <p data-bbox="808 1140 1360 1171">Figura 2.3(c). Descarga de agua en bastión 1.</p>  <p data-bbox="808 1780 1360 1812">Figura 2.3(d). Descarga de agua en bastión 2.</p>	



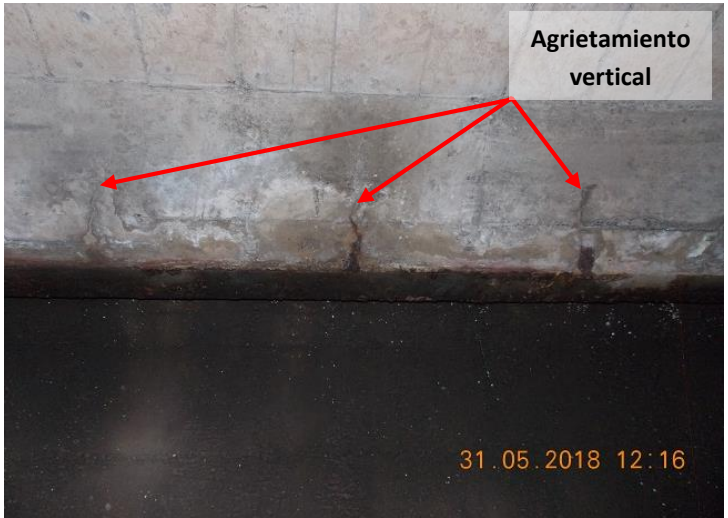

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 26 de 52

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

2.3. Juntas de expansión (continuación):	RE = 1	GD = 3
<p>Existe agrietamiento vertical en el bordillo de concreto ubicado en la zona de la junta de expansión sobre bastión 1 (ver Figura 2.3(e)). Además, dicho agrietamiento evidencia la presencia de eflorescencias sin acumulación de carbonato de calcio.</p>	 <p>Figura 2.3(e). Agrietamiento vertical de bordillo de concreto en junta de expansión sobre bastión 1.</p>	
<p>En la junta de expansión sobre bastión 1, se observa un elemento metálico que podría haber sido colocado para evitar que el agua escurra por tensión superficial hacia la cara inferior del tablero, cuando esta ingrese por la junta. Dicho elemento presenta corrosión severa (ver Figura 2.3(f)).</p>	 <p>Figura 2.3(f). Elementos metálicos ubicado en zona de junta de expansión sobre bastión 1 con corrosión severa.</p>	




INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 27 de 52

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

<p>2.4. Superficie de rodamiento de los accesos:</p>	<p>RE = 1</p>	<p>GD = 1</p>
<p>Se observó desprendimiento de agregado en ambos accesos del puente (ver Figura 2.4).</p>	 <p>Figura 2.4. Desprendimiento de agregado en carpeta asfáltica colocada en los accesos.</p>	
<p>2.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos:</p>	<p>RE = 2</p>	<p>GD = 0</p>
<p>No se observaron daños.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	
<p>2.6. Muros de retención de los accesos:</p>	<p>RE = NA</p>	<p>GD = NA</p>
<p>Los accesos no cuentan con muros de retención ni son necesarios.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	
<p>2.7. Losa de aproximación:</p>	<p>RE = NI</p>	<p>GD = NI</p>
<p>No se tuvo acceso visual a la losa de aproximación, ni existe evidencia de su existencia en los planos de diseño.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	
<p>2.8. Sistema de drenaje de los accesos:</p>	<p>RE = NA</p>	<p>GD = NA</p>
<p>No se observaron sistemas de drenaje en los accesos.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	





INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 28 de 52

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

3.1. Tablero (losa de concreto):	RE = 3	GD = 1
<p>No se tuvo acceso visual a la cara superior del tablero debido a la superficie de rodamiento asfáltica.</p> <p>En la cara inferior se observaron grietas con espesores menores a 0,20 mm y espaciamientos mayores a 1000 mm. A lo largo de algunas de estas grietas se observaron eflorescencias sin acumulación de carbonato de calcio (ver Figura 3.1(a)). Además, algunas de las grietas observadas coinciden con lo que aparentan ser juntas de construcción de la losa del puente (ver Figuras 3.1(a) y 3.1(b)).</p>	 <p>Figura 3.1(a). Vista inferior del tablero.</p>  <p>Figura 3.1(b). Vista inferior del tablero.</p>	




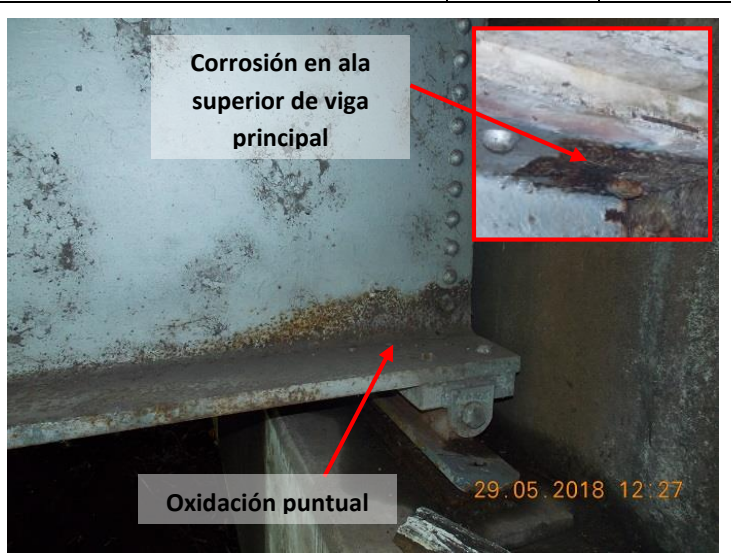
INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 29 de 52

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

<p>3.1. Tablero (losa de concreto) (continuación):</p>	<p>RE = 3</p>	<p>GD = 1</p>
<p>Existe acero de refuerzo corroído y expuesto por delaminación en pequeñas partes del tablero cerca de la junta en bastión 1 (ver Figura 3.1(c)).</p>	 <p>Figura 3.1(c). Acero de refuerzo corroído y expuesto en cara inferior de tablero.</p>	
<p>3.2. Vigas principales de acero:</p>	<p>RE = 3</p>	<p>GD = 1</p>
<p>Se encontró oxidación puntual y corrosión localizada moderada en las vigas de acero, principalmente en los extremos, debido al ingreso de agua a través de las juntas de expansión (ver Figura 3.2(a)).</p>	 <p>Figura 3.2(a). Oxidación puntual y corrosión localizada en vigas principales de acero.</p>	



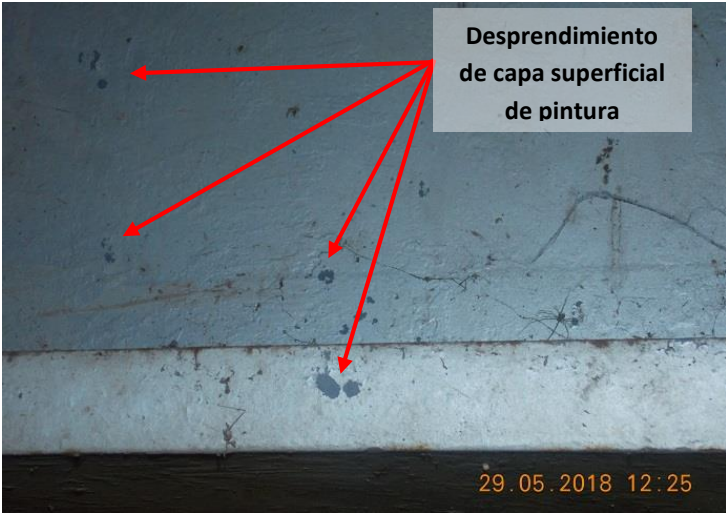

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 30 de 52

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

<p>3.2. Vigas principales de acero (continuación):</p>	<p>RE = 3</p>	<p>GD = 1</p>
<p>Se observaron varios puntos muy localizados donde se ha desprendido la capa superficial del sistema de protección de pintura (ver Figura 3.2 (b)).</p>	 <p>Figura 3.2(b). Desprendimiento de capa superficial de pintura en vigas principales de acero.</p>	
<p>3.3. Vigas diafragma de acero:</p>	<p>RE = 3</p>	<p>GD = 1</p>
<p>Se encontraron puntos de oxidación muy localizados sobre las vigas diafragma ubicadas en las zonas de los bastiones. Además, se observaron varios puntos donde se ha desprendido la capa superficial del sistema de protección de pintura (ver Figura 3.3).</p>	 <p>Figura 3.3. Puntos de oxidación y desprendimiento de capa superficial de pintura en vigas diafragma de acero.</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 31 de 52

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

4.1. Apoyos en bastiones:	RE = 3	GD = 2
<p>Los apoyos de ambos extremos presentan corrosión severa (ver Figuras 4.1(a) y 4.1(b)); en la mayoría de los casos se observa delaminación de los elementos producto de la pérdida de sección por corrosión. Además, existe acumulación de sedimentos.</p> <p>Los apoyos del bastión 1 muestran una inclinación significativa fuera del eje vertical (aproximadamente 16°) (ver Figura 4.1(a)). Debido a la delaminación observada por debajo de la zona elevada del balancín del apoyo móvil (ver Figura 4.1(a)), se evidencia que esa rotación, la cual se traduce en una elongación longitudinal de la superestructura del puente, es en este momento permanente. Además, los apoyos fijos del bastión 2 muestran una leve inclinación (ver Figura 4.1(b)) que podría estar asociada a dichas deficiencias</p> <p>Los apoyos evidencian ser del tipo sísmicamente vulnerables según los criterios de la sección 4.2.1.1(a) del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006), debido a su esbeltez, lo cual los hace vulnerables a volcarse.</p>	 <p data-bbox="792 1073 1377 1104">Figura 4.1(a). Caso de apoyo móvil en bastión 1.</p>  <p data-bbox="808 1801 1360 1833">Figura 4.1(b). Caso de apoyo fijo en bastión 2.</p>	





INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 32 de 52

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

4.1. Apoyos en bastiones (Continuación):	RE = 3	GD = 2
<p>Ausencia de perno en apoyo de viga externa aguas abajo sobre bastión 1 (ver Figura 4.1(c)).</p>	 <p>Figura 4.1(c). Ausencia de perno en apoyo de viga externa sobre bastión 1 (aguas abajo)</p>	
4.2. Bastiones:	RE = 3	GD = 1
<p>Existen orificios por núcleos extraídos y se eliminó el recubrimiento en zonas puntuales para exponer el acero de refuerzo en las pantallas de ambos bastiones (ver Figura 4.2), pero estas intervenciones para hacer estudios de los elementos no habían sido reparadas.</p>	 <p>Figura 4.2. Eliminación del recubrimiento y acero de refuerzo expuesto en bastión 2.</p>	
4.3. Aletones:	RE = 2	GD = 0
No se observaron daños.	No hay fotografía asociada.	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 33 de 52
----------------	-------------	-----------------

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

4.4. Cimentaciones:	RE = NI	GD = NI
No se tuvo acceso visual a las cimentaciones.	No hay fotografía asociada.	

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

5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:	RE = 2	GD = 2
<p>La longitud de asiento en el bastión 1 y 2 es de 460 mm y 430 mm respectivamente; la longitud indicada en planos es de 430 mm.</p> <p>Dichas dimensiones no cumplen por un margen menor al 10 % con el mínimo establecido en la sección 4.7.4.4 de la norma de diseño AASHTO LRFD (2017) a la cual se hace referencia en los <i>Lineamientos para diseño Sismorresistente de puentes</i> (CFIA, 2013). La longitud de asiento mínima requerida calculada según el requisito de esta normativa es de 470 mm.</p> <p>Las normas modernas de diseño sísmico de puentes especifican requisitos para la longitud de asiento para prevenir el colapso de la superestructura.</p>	No hay fotografía asociada.	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 34 de 52
----------------	-------------	-----------------

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

5.2. <i>Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico):</i>	RE = NA	GD = NA
El puente no cuenta con este tipo de dispositivos.	No hay fotografía asociada	
5.3. <i>Protección de taludes de relleno de aproximación:</i>	RE = 2	GD = 0
Los taludes de relleno no cuentan con un sistema de protección. Sin embargo, no se encontraron daños.	No hay fotografía asociada	
5.4. <i>Protección de taludes frente al bastión:</i>	RE = NA	GD = NA
Los taludes frente a los bastiones no cuentan con un sistema de protección. Sin embargo, no se encontraron daños. Los planos constructivos del puente no indican la construcción de este tipo de sistema.	No hay fotografía asociada	
5.5. <i>Cauce del río:</i>	RE = NA	GD = NA
El puente interactúa con el cauce del río, sin embargo no se observaron daños asociados.	No hay fotografía asociada	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 35 de 52

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

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

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

- Corrosión severa en apoyos de ambos bastiones con pérdida de sección y delaminación de elementos.
- Rotación permanente de los apoyos móviles fuera del eje vertical en bastión 1 y ausencia de perno en apoyo de viga externa aguas abajo sobre bastión 1. Además, los apoyos fijos del bastión 2 muestran una leve inclinación.
- Apoyos del tipo sísmicamente debido a su esbeltez según criterios de selección 4.2.1.1(a) del *Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA* (FHWA, 2006), debido a su esbeltez, lo cual los hace vulnerables a volcarse.
- Ausencia de llaves de cortante o dispositivos para la prevención del colapso, sumado a una longitud de asiento inferior al mínimo establecido en la *Especificación de Diseño AASHTO LRFD* (2017).



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 36 de 52

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):

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
2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	Incluir en el programa de mantenimiento cíclico labores de limpieza en bordillos y aceras, así como la preservación de los diferentes elementos de los sistemas de drenaje.
2.3. Juntas de expansión	Establecer medidas en los programas de conservación del tramo de la vía, que eviten la obstrucción de las juntas de expansión al recarpetear la carretera y que incluyan la preservación de las mismas. Evaluar si desde el punto de vista de gestión del riesgo es factible mantener la sobrecapa de asfalto sobre las juntas de expansión hasta la siguiente intervención o si es necesario programar la eliminación de las obstrucciones sobre las juntas y colocar un sistema adecuado, como podría ser una junta de expansión tipo asfáltica ("Asphaltic Plug Joint" como se le conoce en inglés), que permita el movimiento del puente al mismo tiempo que sella contra el paso de agua hacia los bastiones y la zona de los apoyos.
3.2. Vigas principales de acero 3.3. Vigas diafragma de acero	Incluir en el programa de mantenimiento cíclico la limpieza y aplicación de un sistema de protección de pintura en la zona de los extremos finales de las vigas principales y en zonas puntuales de las vigas diafragma del puente, lo cual debe ir acompañado de mejoras en el sello de las juntas de expansión.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 37 de 52

Tabla No. 7 - Mantenimiento basado en la condición:

Elementos	Recomendaciones
1.1. <i>Sistema de contención vehicular del puente</i>	Sellar las grietas y reparar las deficiencias observadas en las barreras y los elementos que la anclan a la losa, así como en los pretilos rígidos.
1.2. <i>Sistema de contención vehicular de los accesos</i>	Proveer un sistema de contención vehicular en los accesos del puente. Revisar las longitudes, ángulos de esviaje y demás detalles de guardavías de acuerdo con el Manual SCV: Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carretera (Valverde-González, 2011). Anclar adecuadamente los guardavías al pretil rígido de la barrera vehicular, dar una transición adecuada entre el sistema rígido y flexible, y brindar una terminación segura en los extremos según las recomendaciones del fabricante.
1.4. <i>Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación)</i>	Colocar delineadores verticales frente a las barreras del puente en ambos accesos. Colocar un rótulo de identificación en el acceso desde Cañas. Considerar agregar una placa con la carga de diseño del puente, ya sea en su condición actual o si es rehabilitado.
2.2. <i>Bordillos y sistema de drenaje del puente</i>	Por la condición observada en sitio de corrosión severa en las salidas, se recomienda reemplazar los ductos de drenaje con tubos adecuadamente anclados a la estructura, cuya longitud se extienda al menos 100 mm por debajo del nivel inferior de la losa (según la sección 2.6.6.4 de la especificación AASHTO LRFD 2017).
4.2. <i>Bastiones</i>	Reparar los trabajos de auscultación observados en las pantallas de ambos bastiones para proteger el acero de refuerzo que quedó expuesto.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 38 de 52

Tabla No. 8 - Rehabilitación:

Elementos	Recomendaciones
<p>1.1. Sistema de contención vehicular del puente</p>	<p>Evaluar la posibilidad de establecer un proyecto en los puentes de la Ruta Nacional No. 1 entre Limonal y Cañas de sustitución de las barreras vehiculares por sistemas cuya resistencia, geometría y altura hayan sido probados para un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establecido en la Especificación de Diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2017) y acordes con el Reporte NCHRP 350 (1993) o el MASH-2 (AASHTO, 2016), así como el Manual SCV: Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carretera (Valverde-González, 2011). En cuanto a este último documento, en la Tabla III-11 de niveles de contención, se recomienda que para accidentes muy graves (puentes), velocidades mayores a 60 km/h, TPD mayor a 2000 y tránsito diario de vehículos pesados entre 500 y 2000, el nivel de contención sea equivalente a TL-4 o TL-5.</p> <p>La razón para recomendar el uso de normativa en su versión más reciente, es para poder brindar seguridad a los usuarios acorde con la demanda vehicular más actualizada posible.</p> <p>Se debe tomar en cuenta de que la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011), recomienda de pleno reemplazar o sustituir barreras diseñadas con normativa anterior a 1964, como es este el caso, debido a que no cumplen con los propósitos primarios de contención definidos por AASHTO.</p> <p>Mientras se valora dicha sustitución, reparar las barreras según la recomendación 1.1. Sistema de contención vehicular del puente (ver Tabla No. 7).</p>
<p>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos</p>	<p>En el caso de una rehabilitación integral del puente o la sustitución del mismo, se recomienda la inclusión de aceras que cumplan con la Ley 7600, que estén separadas del tránsito vehicular por medio de barreras de contención adecuadas.</p>



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 39 de 52

Tabla No. 8 – Rehabilitación (continuación):

Elementos	Recomendaciones
<p>Puente en general</p>	<p>Tomando en cuenta la condición descrita de los elementos, y en conjunto con un análisis de durabilidad y vida remanente de los componentes, llevar a cabo un análisis de capacidad de carga con base en la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2018), con el fin de definir las medidas a implementar, ya sea corregir las deficiencias existentes por medio de una rehabilitación o realizar su sustitución, tomando en cuenta el costo-efectividad en el ciclo de vida, así como otros factores económicos, de llevar a cabo una u otra alternativa. Tomar en consideración que este puente fue diseñado bajo la especificación A.A.S.H.O. 1949, la cual incluía un camión de diseño HS15-44 (24,1 ton) y cuyo peso teórico difiere considerablemente de la carga de diseño vigente (HL-93), la cual es más representativa del máximo de la composición del tránsito actual.</p> <p>Además, considerar que el puente soporta una sobrecapa de asfalto, la cual implica un sobrepeso adicional, no tomada en cuenta en los planos originales, la cual se debe determinar si afecta negativamente la capacidad de carga viva del puente.</p> <p>Adicionalmente, incluir en el análisis un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura para determinar las medidas de intervención en los bastiones y la necesidad de construir llaves de cortante del puente, de acuerdo con lo indicado en los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y en los manuales a los cuales hace referencia.</p> <p>Además, valorar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación del puente, en donde se incluya la ampliación de la meseta de asiento de los bastiones, según los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y en lo establecido en el capítulo 8 del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006).</p> <p>Sustituir los apoyos por dispositivos que consideren los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p>



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 40 de 52

Tabla No. 9 - Sustitución:

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

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

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 41 de 52

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2016). *The Manual for Assessing Safety Hardware 2nd Edition*. 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 (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3rd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
4. 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.
5. 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.
6. Departamento de Comercio de Estados Unidos, Oficina de Carreteras Públicas (1951). *Puente sobre el río Desjarretado*. Versión: Planos finales de diseño [pdf], Carretera Interamericana, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.
7. 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.
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.
9. MOPT (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 42 de 52

10. MOPT (2018). *Anuario de Información de Transito 2018*. Secretaría de Planificación Sectorial. Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios de Infraestructura y de Transporte. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica
11. 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. NCHRP (1993). *Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features*. Report 350. National Cooperative Highway Research Program. Washington, D.C., USA.
13. 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.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 43 de 52

ANEXO A Glosario.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 44 de 52

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 45 de 52

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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 46 de 52

ANEXO B

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 47 de 52

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 48 de 52

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 49 de 52

evaluación, la importancia operacional y la Relevancia Estructural (RE) del elemento. Tiene distintos valores según el nivel de consecuencia obtenido para el elemento, los cuales, son 0,60; 0,80; 1,00 y 1,25 para los niveles de consecuencia 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

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

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

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

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

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

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 50 de 52

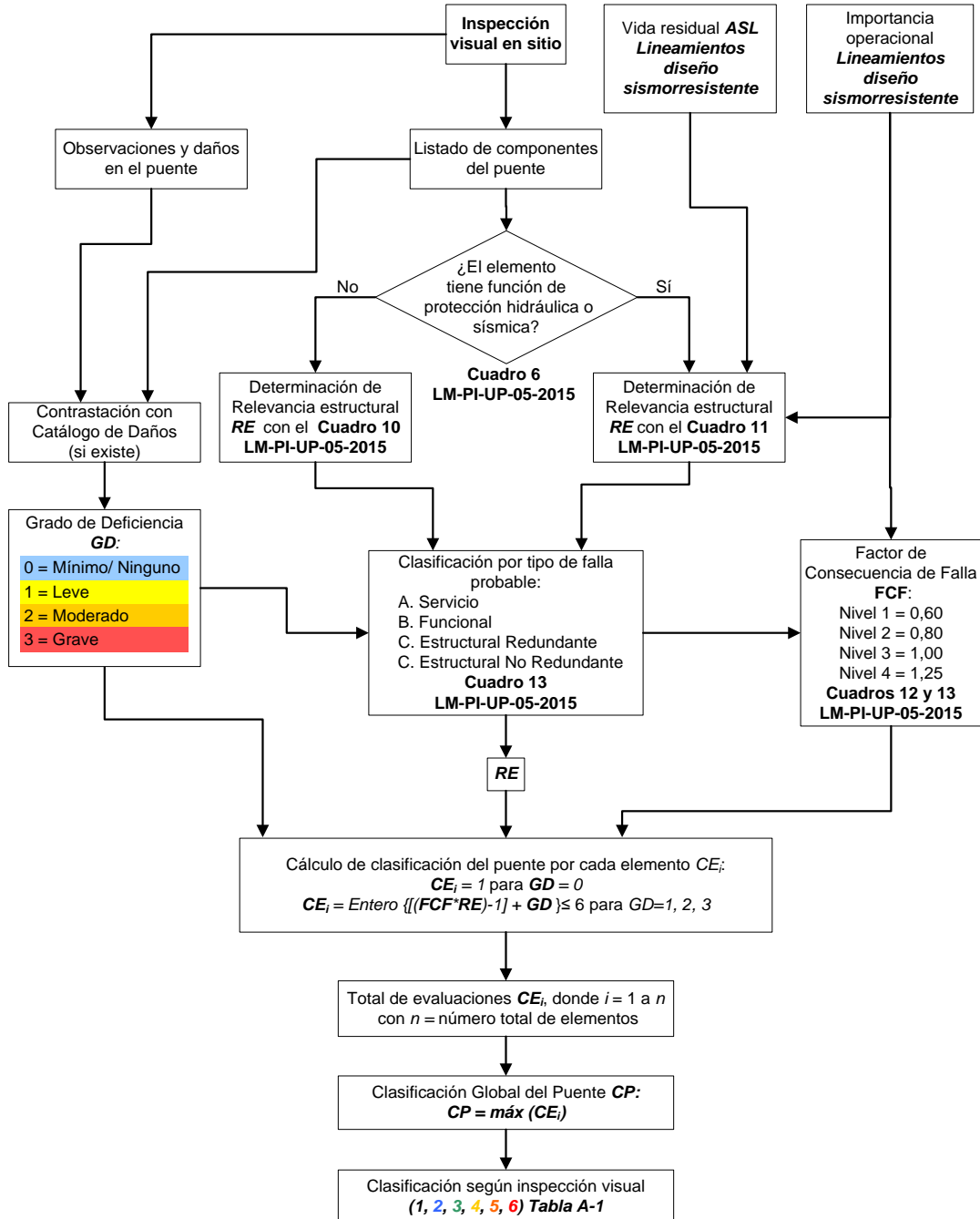


Figura B-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 51 de 52

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

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 52 de 52
----------------	-------------	-----------------



LanammeUCR

RC-451

Calificación de la condición del puente según la evaluación visual

Versión: 01

Página: 1/1

Nombre del puente y Ruta	Río Desjarretado, Ruta No. 1	Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico
Fecha Evaluación	05/09/2019	TPD (veh/día)	11433
Año de construcción o diseño	1959	Vida de diseño según código (años)	50

ELEMENTO	RE	GD	DESCRIPCIÓN DE DANOS O REFERENCIA A TABLA DE INFORME	TIPO DE FALLA	FCF	CE _j	
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	2	Tabla No. 1, aspecto 1.1	B	0,8	3
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Tabla No. 1, aspecto 1.2	A	0,6	3
	Aceras	2	1	Tabla No. 1, aspecto 1.3	B	0,8	2
	Señalización Vial	1	1	Tabla No. 1, aspecto 1.4	A	0,6	1
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	Tabla No. 1, aspecto 1.4	A	0,6	
	Iluminación	1	0	Tabla No. 1, aspecto 1.5	A	0,6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	1	Tabla No. 2, aspecto 2.1	A	0,6	1
	Sistema de drenaje del puente	1	3	Tabla No. 2, aspecto 2.2	A	0,6	3
	Juntas de expansión	1	3	Tabla No. 2, aspecto 2.3	A	0,6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Tabla No. 2, aspecto 2.4	A	0,6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla No. 2, aspecto 2.5	B	0,8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla No. 2, aspecto 2.7	B	0,8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla No. 2, aspecto 2.6	B	0,8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	1	Tabla No. 3, aspecto 3.1	C	1	3
	Vigas principales de acero	3	1	Tabla No. 3, aspecto 3.2	C	1	3
SUBESTRUCTURA	Vigas diafragma de acero	2	1	Tabla No. 3, aspecto 3.3	B	0,8	2
	Apoyos	3	2	Tabla No. 4, aspecto 4.1	C	1	4
	Aletones	2	0	Tabla No. 4, aspecto 4.3	B	0,8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	1	Tabla No. 4, aspecto 4.2	C	1	3
	Bastiones: Cuerpo	3	1	Tabla No. 4, aspecto 4.2	C	1	3
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla No. 4, aspecto 4.4	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	2	Tabla No. 5, aspecto 5.1	C	1	3
	Llaves de corte	2	No Aplica	Tabla No. 5, aspecto 5.2	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión exterior	2	No Aplica	Tabla No. 5, aspecto 5.2	C	1	
	Dispositivos especiales	2	No Aplica	Tabla No. 5, aspecto 5.2	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	1	0	Tabla No. 2, aspecto 5.3	C	1	1
	Escollera de protección	1	No Aplica	Tabla No. 5, aspecto 5.4	C	1	

CP = 4
Condición Seria

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