



## PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE (PITRA)

**EIC-Lanamme-INF-0374-2021**

# **INFORME DE INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PUENTES MUNICIPALES EN EL CONCEJO DE DISTRITO DE MONTEVERDE**

Preparado por:

**Unidad de Gestión Municipal**

San José, Costa Rica

Noviembre 2021



Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la ley 8114 según la reforma aprobada en la ley 8603. Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

### Información técnica del documento

<b>1. Informe</b> LM-PI-GM-INF-05-2021		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> Informe de inspección y evaluación de los puentes municipales en el Concejo de Distrito de Monteverde		<b>4. Fecha del Informe:</b> Julio 2021
<b>5. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, de Monteverde, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>6. Notas complementarias</b>		
<b>7. Resumen</b> Este informe forma parte de varios productos generados en función de una asesoría técnica por parte del LanammeUCR hacia el Concejo de Distrito de Monteverde, dentro del marco de las competencias establecidas en la Ley 8114 y 8603; por medio de la solicitud planteada por Municipalidad mediante el oficio ICMDM-034-2021.  El contenido del informe está orientado a brindar los resultados de la evaluación de 2 puentes ubicados en la Red Vial Cantonal de Monteverde, mostrando los principales aspectos que se consideran necesarios atender en cada caso. La información ha sido recabada en campo por parte de personal del LanammeUCR con el objetivo de priorizar las intervenciones en los puentes, así como contar con una base de datos georreferenciados sobre la condición general de cada estructura.  Para esta evaluación se ha seguido la metodología de inspección establecida en el Manual de Inspección de Puentes, del Ministerio de Obras Públicas (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007).		
<b>8. Palabras clave</b> Inspección de puentes, Monteverde	<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>10. Número de páginas:</b> 16
<b>11. Preparado por:</b>		
Ing. Josué Quesada Campos, MEng. Unidad de Gestión Municipal  _____ Fecha / /		
<b>12. Revisado por:</b>	<b>13. Revisado por:</b>	<b>14. Aprobado por:</b>
Ing. Erick Acosta Hernández Coordinador Unidad de Gestión Municipal  _____ Fecha / /	Licda. Nidia Segura Jiménez Asesor legal LanammeUCR  _____ Fecha / /	Ing. Ana Luisa Elizondo Salas MSc. Coordinadora General PITRA  _____ Fecha / /

## Índice de Contenidos

1. Introducción .....	5
2. Objetivos .....	5
3. Alcance del informe .....	5
4. Descripción general.....	7
5. Conclusiones .....	14
6. Recomendaciones .....	15
7. Referencias.....	15
8. Anexos .....	16



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Descripción de los puentes inspeccionados en Monteverde.....	7
<b>Tabla 2:</b> Descripción de los niveles de clasificación cualitativa según el estado de deterioro del puente.....	8
<b>Tabla 3:</b> Daños observados, observaciones, riesgos y recomendaciones puente San Luis .....	8
<b>Tabla 4:</b> Daños observados, observaciones, riesgos y recomendaciones puente Bajo Rodríguez.....	11
<b>Tabla 5:</b> Priorización propuesta de intervenciones en los puentes del distrito de Monteverde de acuerdo a su condición .....	14

## 1. Introducción

El presente documento presenta la evaluación de la condición de dos puentes en el Distrito de Monteverde ubicados en rutas cantonales, producto de las inspecciones y evaluaciones visuales de campo realizadas por personal de la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR, como parte de la asesoría técnica solicitada por la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad, por medio del oficio ICMDM-034-2021 emitido por este municipio en junio de 2021.

Las inspecciones fueron realizadas en el mes de julio de 2021. Los lineamientos seguidos durante todo el proceso corresponden con los indicados en el *Manual de Inspección de Puentes* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007), del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Los formularios establecidos, los cuales han sido procesados por personal del LanammeUCR, constituyen junto con este documento en el principal insumo de diagnóstico y evaluación de la condición de los puentes inspeccionados, los formularios son entregados como anexos a este documento.

## 2. Objetivos

- Identificar los principales deterioros y daños identificados en cada puente inspeccionado, señalando aquellos aspectos que ameriten la intervención por parte del Concejo de Distrito de Monteverde.
- Proporcionar recomendaciones generales sobre mantenimiento y reparación, para la toma de decisiones por parte de la Municipalidad, en aras de mejorar la condición estructural y funcional de los puentes evaluados.
- Recomendar una priorización para la intervención de las estructuras, mismas que han sido clasificadas dentro de seis categorías generales de condición: satisfactoria, regular, deficiente, seria, alarmante y falla inminente.

## 3. Alcance del informe

La valoración de los puentes se basa en una evaluación visual, por lo que se limita a la presentación de aquellos aspectos que se consideran importantes de atender para cada estructura; esto a partir del estudio de los informes de inspección rutinaria, mismos que son complemento de este informe de condición.

No se brindan soluciones específicas para cada caso, sino que se dan recomendaciones basadas en los deterioros y daños observados y, en las condiciones de los principales componentes estructurales del puente o alcantarilla, según sea el caso.

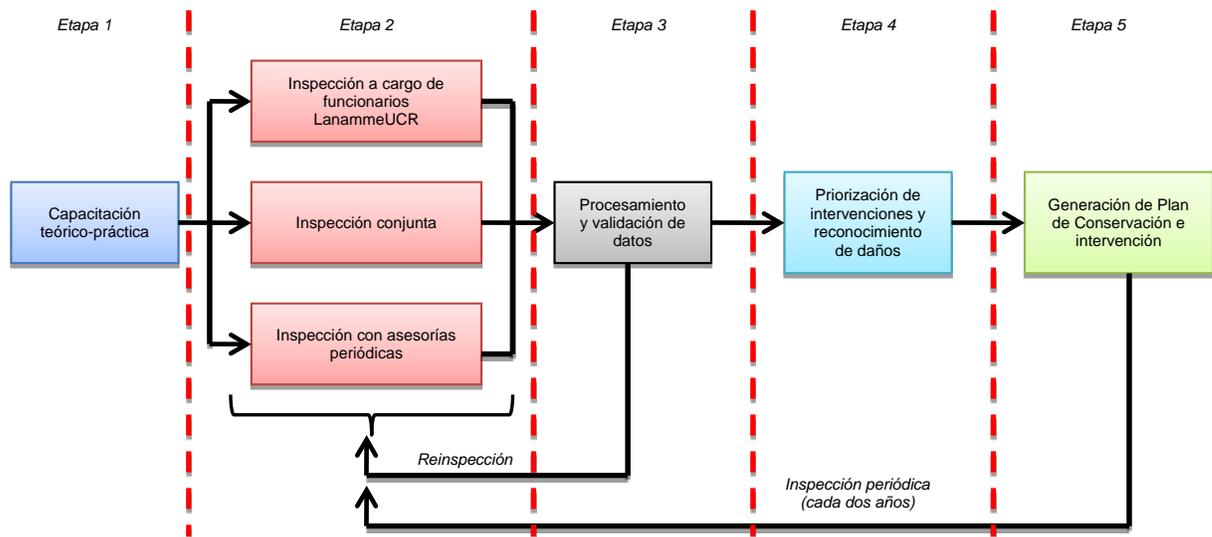
Los criterios utilizados para la clasificación de los puentes y su designación dentro de cada categoría de deterioros y daños, se basan en la revisión en sitio y el registro fotográfico de cada puente, por lo tanto, son

criterios basados en la inspección visual, experiencia y criterio profesional. En ningún caso corresponde a la ejecución de pruebas en campo, instrumentación o ensayos de carga en los puentes.

Tampoco se cuenta con la información correspondiente a los planos constructivos, registros de inspecciones previas e historial de mantenimiento. Por lo que esta evaluación no realizará estimaciones de costo de las reparaciones generales propuestas, ni el cálculo de la capacidad de carga de ninguna de las estructuras inspeccionadas.

La información mostrada en este documento y en los formularios de inspección no se considera suficiente para la creación de planos constructivos o carteles de licitación. Constituye un diagnóstico preliminar, a partir de una evaluación visual, de la condición actual de estas estructuras, por lo que corresponde al Concejo de Distrito de Monteverde la decisión sobre la priorización de las intervenciones, así como su diseño y construcción.

En la figura 1 se resume la metodología que se propone para este tipo de asesorías por parte del LanammeUCR y este proceso de inspección. En el caso particular de este informe las acciones ejecutadas por este Laboratorio se ubican en la Etapa 2 por la naturaleza de la solicitud



**Figura 1:** Metodología de inspección propuesta

Fuente: Curso inventario e inspección de puentes cantonales (LanammeUCR, 2016)

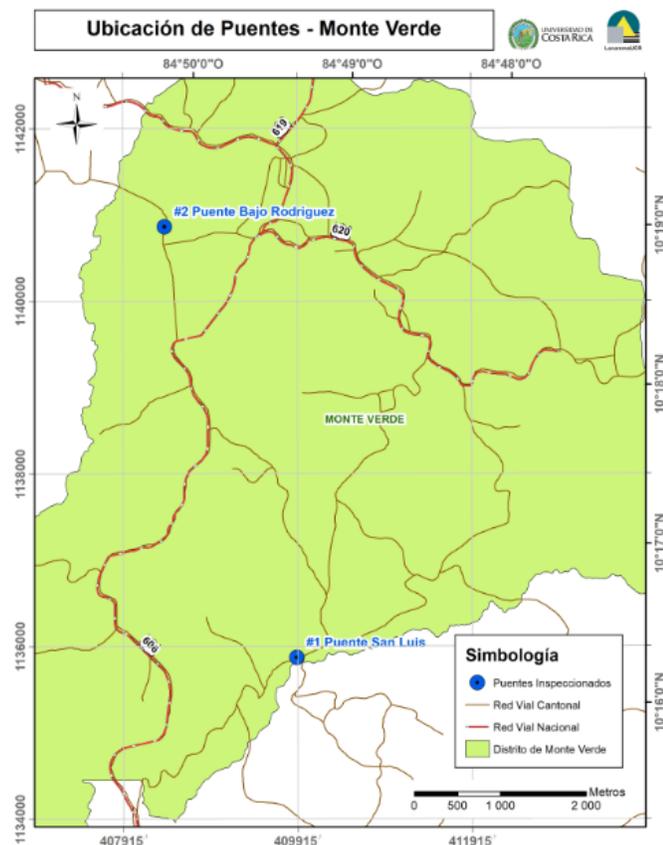
#### 4. Descripción general

Los puentes que se han inspeccionado se caracterizan por presentar estructuras típicas que consisten, en su mayoría, en puentes simplemente apoyados, dos bastiones y una superestructura; principalmente formados por vigas de acero y concreto, con sistemas de losa y longitudes variables entre 12,9 m y 17,1 m. Los puentes inspeccionados se ubican en el distrito de Monteverde. La tabla 1 resume sus características principales:

**Tabla 1:**

*Descripción de los puentes inspeccionados en Monteverde*

	Nombre del puente	Longitud (m)	Tipo de superestructura	Coordenadas (CRTM)		Condición
				Latitud	Longitud	
1	Puente San Luis	12,9	Losa de concreto sobre vigas de acero	10.27133	-84.82248	Regular
2	Puente Bajo Rodríguez	17,1	Losa de concreto sobre vigas de acero	10.31645	-84.83635	Regular



**Figura 2:** Mapa de ubicación de los puentes inspeccionados en Monteverde  
Fuente: LanammeUCR

## 5. Resultados principales de la evaluación de cada puente

En esta sección se presentan los principales deterioros y daños encontrados en cada puente inspeccionado durante este proceso. Se brinda una breve explicación de los posibles riesgos asociados y una recomendación general de cómo proceder para cada caso, tablas 3 y 4.

La clasificación de cada puente corresponde a una valoración de los tipos de deterioros y daños, el elemento afectado y la extensión del mismo. Los criterios de clasificación se basan en la tabla 2:

**Tabla 2:**

*Descripción de los niveles de clasificación cualitativa según el estado de deterioro del puente*

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 (Debe estar 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

Fuente: Informe LM-PI-UP-05-2015 Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes (Muñoz-Barrantes, y otros, 2015)

**Tabla 3:**

*Daños encontrados, observaciones, riesgos y recomendaciones puente San Luis*

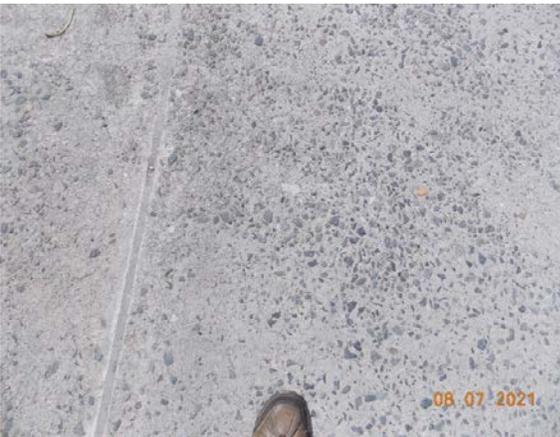
Informe EIC-Lanamme-INF-0374-2021	Fecha emisión: Noviembre 2021	Página 8 de 16
-----------------------------------	-------------------------------	----------------

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | di\_reccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr

Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.

Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
<b>Subestructura</b>			
 <p>Inicios de socavación</p>	<p>Se identifica un inicio de socavación en la fundación del bastión de margen izquierda (severidad baja).</p>	<p>Estas socavaciones pueden avanzar por debajo de la fundación removiendo el material de apoyo de los bastiones y con ello afectar su estabilidad.</p>	<p>Construir obras de protección para la fundación colocando material de relleno en la zona afectada y aplicar medidas de prevención para evitar su reincidencia de acuerdo con la Sección 601 del CR-2010 (Ministerio de Obras Publicas y Transportes, 2010) o su versión vigente.</p>
 <p>Nidos de piedra en bastiones</p>	<p>Los bastiones del puente presentan nidos de piedra (severidad media).</p>	<p>Los nidos de piedra permiten el paso de la humedad a lo interno del bastión, esto favorece el deterioro del concreto.</p>	<p>Realizar un sellado de la superficie (repello) asegurándose de que todas las grietas y nidos de piedra sean sellados, seguir disposiciones de la sección 601 del CR-2010 (Ministerio de Obras Publicas y Transportes, 2010).</p>
 <p>Acumulación de sedimentos en apoyos</p>	<p>Se identifica acumulación de sedimentos en las zonas de los apoyos (severidad media).</p>	<p>Estos sedimentos pasan a través de las juntas abiertas y se acumulan en la zona de apoyo. La oxidación y corrosión reducen la vida útil y capacidad de soporte de los elementos.</p>	<p>Sellar la junta con un material de características flexibles que impida el paso de agua y agregados hacia el interior de la junta. Esto según los lineamientos de la Sección 567 del CR-2010 (Ministerio de Obras Publicas y Transportes, 2010) o su versión vigente.</p>
<b>Superestructura</b>			

 <p>Oxidación y corrosión en vigas principales</p>	<p>Las vigas del puente presentan oxidación e inicios de corrosión (severidad media).</p>	<p>La oxidación y la corrosión reducen la vida útil del elemento y afectan su capacidad de carga.</p>	<p>Realizar una limpieza y remoción de la oxidación y aplicar un sistema de protección anticorrosivo según los lineamientos de la Sección 563 del CR-2010 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010) o su versión vigente.</p>
 <p>Agregados expuestos en superficie de ruedo</p>	<p>La losa del puente presenta desgaste superficial (severidad baja).</p>	<p>Un desgaste excesivo en la losa puede generar desprendimiento de agregados y agujeros en la losa si no se atiende a tiempo.</p>	<p>Valorar la colocación de una capa delgada con función sellante para proteger los agregados y reducir la posibilidad de daños por acumulaciones de agua. Esto de acuerdo a los lineamientos de la sección 559 del CR-2010 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010).</p>
 <p>Agrietamientos leves en cara inferior de losa</p>	<p>Se identifican grietas por flexión en la zona inferior y superior de la losa (severidad baja).</p>	<p>Este tipo de agrietamiento es frecuente en este tipo de elemento estructural.</p>	<p>Dar seguimiento periódico a la aparición de nuevas grietas o ampliación de las actuales.</p> <p>De agravarse el problema considerar la utilización de refuerzos externos (utilizando fibra de carbono, por ejemplo).</p>
<p><b>Accesorios</b></p>			

 <p>Tornillos faltantes en unión de barandas</p>	<p>Una de las uniones entre las vigas tipo flex beam que funcionan como barandas no cuenta con los tornillos (fueron unidas con soldadura). Severidad media</p>	<p>La ausencia de los tornillos de unión modifica el diseño y comportamiento de estos elementos, por lo que no se asegura que esta unión funcione correctamente durante un impacto.</p>	<p>Colocar un sistema de contención que cumpla con los estándares de seguridad para puentes y cargas vehiculares pesadas, de acuerdo con la Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, Mayo 2011.</p>
 <p>Drenajes requieren ser extendidos</p>	<p>Los drenajes del puente no tienen extensiones, esto puede ocasionar daños en la superestructura (severidad media).</p>	<p>El manejo inadecuado de las aguas de escorrentía puede generar daños como oxidación y corrosión en las vigas de acero.</p>	<p>Colocar extensiones de al menos 1 metro de longitud por debajo del nivel inferior de las vigas en cada salida de los drenajes de la losa (AASHTO, 2002), asegurando que no provoquen daños o socavación en otros elementos.</p>

Tabla 4:

*Daños encontrados, observaciones, riesgos y recomendaciones puente Bajo Rodríguez*

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
<b>Subestructura</b>			
 <p>Protecciones requeridas en taludes frente a cabezales</p>	<p>Frente a los cabezales de apoyo se tienen taludes en tierra que presentan señales de deslizamiento (severidad media).</p>	<p>En caso de darse un evento de inundación es posible que estos taludes deslicen y se vean comprometida la estabilidad de los cabezales de apoyo.</p>	<p>Construir obras de protección para estos taludes y aplicar medidas de prevención para evitar un deslizamiento, de acuerdo con la Sección 601 del CR-2010 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010) o su versión vigente.</p>
<b>Superestructura</b>			
 <p>Agregados expuestos en superficie de ruedo</p>	<p>La losa del puente presenta desgaste superficial (severidad baja).</p>	<p>Un desgaste excesivo en la losa puede generar desprendimiento de agregados y agujeros en la losa si no se atiende a tiempo.</p>	<p>Valorar la colocación de una capa delgada con función sellante para proteger los agregados y reducir la posibilidad de daños por acumulaciones de agua. Esto de acuerdo a los lineamientos de la sección 559 del CR-2010 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010).</p>
 <p>Viga externa levemente inclinada</p>	<p>La viga del sector aguas abajo presenta una inclinación (severidad media).</p>	<p>Esta inclinación se presenta por un desnivel existente desde el pedestal de apoyo.</p>	<p>Dar seguimiento a la deformación para identificar si el problema se agrava. Si este fuera el caso se recomienda adicionar elementos estructurales de arrioste lateral para restringir el la deformación; esto según los lineamientos de la sección 555 del CR-2010 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010) o su versión vigente.</p>
<b>Accesorios</b>			

 <p>Baranda impactada</p>	<p>Las barandas del puente presentan daños por impacto (severidad baja).</p>	<p>Este tipo de deterioro puede comprometer la capacidad de soporte ante un impacto de la baranda en este punto.</p>	<p>Colocar un sistema de protección que cumpla con los estándares de seguridad para puentes y cargas vehiculares pesadas, de acuerdo con la Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, Mayo 2011.</p>
 <p>Acero expuesto en bordillo</p>	<p>Los bordillos sobre los que se apoyan las barandas presentan nidos de piedra con acero expuesto (severidad media).</p>	<p>Los nidos de piedra permiten el paso de la humedad a lo interno del bastión, esto favorece el deterioro del concreto.</p>	<p>Realizar un sellado de la superficie (repello) asegurándose de que todas las grietas y nidos de piedra sean sellados, seguir disposiciones de la sección 601 del CR-2010 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010).</p>
 <p>Drenajes del puente requieren extensiones</p>	<p>Los drenajes del puente no tienen extensiones, esto puede ocasionar daños en la superestructura (severidad media).</p>	<p>El manejo inadecuado de las aguas de escorrentía puede generar daños como oxidación y corrosión en las vigas de acero.</p>	<p>Colocar extensiones de al menos 1 metro de longitud por debajo del nivel inferior de las vigas en cada salida de los drenajes de la losa (AASHTO, 2002), asegurando que no provoquen daños o socavación en otros elementos.</p>

## 6. Conclusiones

Producto de la inspección realizada a los puentes solicitados por Concejo Municipal de Monteverde se han identificado y categorizado, como sigue:

- Dos puentes en **condición regular**, que requieren atención de los deterioros ligeros que deben ser tratados por aspectos de durabilidad para evitar la progresión del daño, o bien, deficiencias en aspectos de seguridad vial. Estas intervenciones están enfocadas en labores de mejoramiento y mantenimiento preventivo.

En la siguiente tabla se propone una priorización de la intervención en los puentes cantonales de Monteverde con base en la clasificación de su condición. Cabe aclarar que los puentes clasificados dentro de una misma categoría tienen igual nivel de importancia y por lo tanto igual nivel de priorización.

**Tabla 5:**

*Priorización propuesta de intervenciones en los puentes del distrito de Monteverde de acuerdo a su condición.*

Nombre del puente	Condición
Puente San Luis	Regular
Puente Bajo Rodriguez	Regular

- Se considera necesario establecer un plan de mantenimiento rutinario que incluya actividades de preservación de las estructuras tipo puente que incluya actividades como: chapea, limpieza general, aplicación de pintura a elementos como barandas, bordillos, vigas principales y sistemas de arriostamiento, reparaciones menores en elementos de concreto. Este plan de mantenimiento podría aplicarse de forma anual haciendo una revisión general de los puentes para definir las tareas necesarias.
- Los deterioros estructurales identificados durante la inspección consisten principalmente en agrietamientos en elementos de concreto, daños por corrosión y deformación de elementos metálicos como vigas principales y problemas de socavación. Cada uno de estos casos debe abordarse de forma individual y buscar asesoría de parte de especialistas en caso de ser necesario.
- Los puentes inspeccionados presentaron deficiencias a nivel de seguridad vial, principalmente enfocados en deterioros en las barandas. Así como ausencia o deterioro de señales de prevención y reglamentación en los accesos de los puentes. Se considera prioritario realizar mejoramientos en estos aspectos para solventar las deficiencias observadas.

## 7. Recomendaciones

Los criterios aquí planteados constituyen recomendaciones hacia las autoridades municipales y están basados en la evidencia visual en sitio. No obstante, recomendamos a la municipalidad tome las medidas necesarias y oportunas que considere, para evitar el avance de los casos clasificados en condición de severidad “baja” y “media” hacia la condición “seria” ocasionando una mayor inversión de recursos, así como la afectación a los usuarios. Por lo que, será la municipalidad la que deba establecer la forma en cómo se realizará la intervención de estos puentes.

- Se recomienda que este proceso de evaluación no debe quedar en esta etapa preliminar, los puentes deben ser inspeccionados al menos cada dos años. Esta labor la puede realizar el personal de la Unidad Técnica de la Municipalidad una vez que reciban la capacitación correspondiente a la cual se puede acceder por medio de solicitud escrita a la Dirección del LanammeUCR.
- Se recomienda desarrollar un Plan de Mantenimiento de Puentes tomando en consideración el *Capítulo 6 Conservación de estructuras mayores del Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras Y Puentes* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015).

## 8. Referencias

AASHTO. (2002). *Manual de diseño de puentes estándar*. Washington DC: AASHTO.

American Concrete Institute. (2013). *Concrete Repair Manual-4th Edition*. Farmington Hiill, MI.: ACI.

LanammeUCR. (2011). *Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. San Pedro: UCR.

LanammeUCR. (2016). *Curso de inventario e inspección de puentes cantonales*. San Pedro: Universidad de Costa Rica.

Ministerio de Obras Publicas y Transportes. (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. San José: MOPT.

Ministerio de Obras Publicas y Transportes. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes*. San José: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José, Costa Rica.

Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., & Loría-Salazar, L. G. (2015). *Actualización de los criterios de evaluación visual de*. San Pedro: Universidad de Costa Rica.

NCHRP 20-07. (2012). *Guide to recommended practice for the repair of impact-damaged prestressed concrete bridge girders*. Washington DC: NCHRP.

Sieca. (2001). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito*. Guatemala: USAID.

## 9. Anexos

Se adjuntan a continuación los formularios de inspección e inventario de cada puente. Los registros fotográficos son entregados en formato digital.