

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

LM-PI-UP-PN22-2014

FISCALIZACIÓN DEL PUENTE LA AMISTAD DE TAIWÁN (RÍO TEMPISQUE) RUTA NACIONAL No. 18

Preparado por:
Unidad de Puentes



San José, Costa Rica
03 de diciembre de 2014



Documento generado con base en el Art. 6 de la Ley 8114 y lo señalado
Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto
DE-37016-MOPT.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



**PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE**

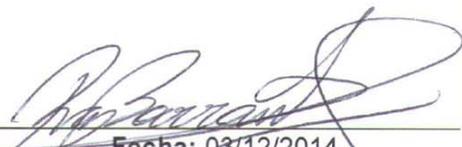
Página intencionalmente dejada en blanco



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

1. Informe: LM-PI-UP-PN22-2014		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: FISCALIZACIÓN DEL PUENTE LA AMISTAD DE TAIWÁN (RÍO TEMPISQUE) RUTA NACIONAL No. 18		4. Fecha del Informe 03 de diciembre de 2014
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen Este informe de fiscalización y evaluación estructural y funcional del puente La Amistad de Taiwán sobre el río Tempisque, en la Ruta Nacional No. 18, es un producto del programa de inspección de estructuras de puentes de la Unidad de Puentes del PITRA - 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.		
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 18, Río Tempisque, Puente La Amistad de Taiwán, Inspección.	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 136
11. Inspección e informe por: Ing. Esteban Villalobos Vega Unidad de Puentes  Fecha: 03/12/2014		
12. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR  Fecha: 03/12/2014	13. Revisado por: Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador Unidad de Puentes  Fecha: 03/12/2014	14. Aprobado por: Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA  Fecha: 03/12/2014

Página intencionalmente dejada en blanco

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS.....	7
3. ALCANCE DEL INFORME	7
4. DESCRIPCIÓN	8
5. ANTECEDENTES DE INSPECCIÓN.....	13
6. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE FISCALIZACIÓN LANAMMEUCR - AÑO 2014.....	16
7. ANÁLISIS ESPECÍFICOS EN EL PUENTE	58
8. GESTIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PUENTE .	72
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	87
ANEXO A TABLA CON CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	89
ANEXO B FORMULARIO DE INVENTARIO	93
ANEXO C FORMULARIO DE INSPECCIÓN RUTINARIA	99
ANEXO D EQUIPOS DE MEDICIÓN Y DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END) UTILIZADOS EN LA FISCALIZACIÓN DEL PUENTE LA AMISTAD DE TAIWÁN.....	115



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

ANEXO E PROPUESTA DE SISTEMA DE MONITOREO PERMANENTE DE LA SECCIÓN ATIRANTADA DEL PUENTE LA AMISTAD DE TAIWÁN.....	123
ANEXO F TABLA CON TIPOS DE DETERIOROS TÍPICOS EN CARRETERAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.	133

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de fiscalización y evaluación estructural y funcional del puente La Amistad de Taiwán sobre el río Tempisque, en la Ruta Nacional No.18, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del 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. La inspección estructural se realizó en el periodo comprendido entre el 22 de agosto y el 3 de setiembre de 2014.

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 estructural realizada en sitio.
- b) Efectuar una inspección de todos los componentes estructurales y no estructurales para evaluar su estado de deterioro.
- c) Evaluar la seguridad vial para reducir la probabilidad de accidentes.
- d) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento y/o reparación.
- e) Completar los formularios de inventario y de inspección del puente utilizando como referencia el Manual de Inspección de Puentes del MOPT.

3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de inspección estructural 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 sitio durante la inspección.

Se entiende por inspección estructural el reconocimiento 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 estado de deterioro al día de la inspección. Para realizar dicha labor, se utilizó como referencia el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

Además, como parte de esta inspección estructural se realizaron ensayos no destructivos (END) con el fin de detectar deterioros no visibles en el reconocimiento realizado. Para esta labor se utilizó como referencia normativa internacional relacionada con cada tipo de ensayo ejecutado.

Como complemento a la inspección estructural y funcional del puente, es preferible disponer de los planos de diseño del puente con el fin de comprender el sistema estructural del mismo. Lo que se busca con estas inspecciones es recolectar información que permita completar los formularios de inventario, 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 inspección estructural detallada complementada con ensayos no destructivos, un análisis hidrológico e hidráulico y un estudio geotécnico.

4. DESCRIPCIÓN

El puente inspeccionado se ubica en la Ruta Nacional No. 18 según se indica en el mapa de carreteras de la zona de conservación vial N°2-2. Permite atravesar el cauce del río Tempisque y lleva el nombre de Puente La Amistad de Taiwán. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en límite entre el distrito Cañas, del cantón de Cañas, y el distrito Quebrada Honda, del cantón de Nicoya, ambos de la provincia de Guanacaste. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 10°14'56,30"N de latitud y 85°14'33,36"O de longitud en el extremo en el cantón de Cañas, 10°14'50,24"N de latitud y 85°14'45,47"O de longitud en la ubicación media del puente, y 10°14'44,61"N de latitud y 85°14'56,33"O de longitud en el extremo en el cantón de Nicoya. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente en la hoja cartográfica ABANGARES 1:50 000.



Figura A. Ubicación del puente en la hoja cartográfica ABANGARES 1:50 000.

La Tabla No. 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, si se tuvo acceso a los planos tal y como está construido (“AS BUILT” como se le conoce en inglés). 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.

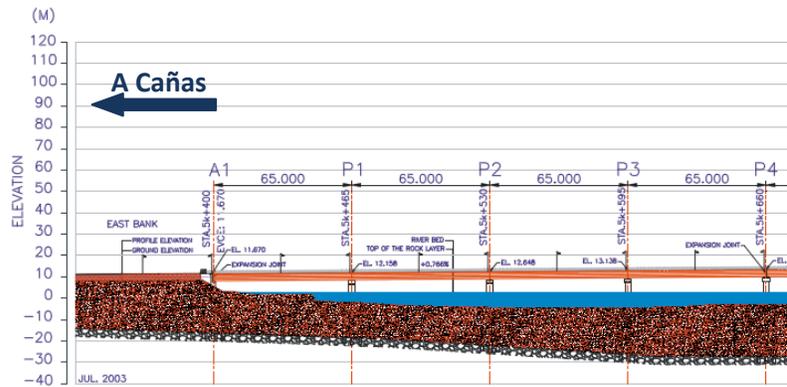
En el Anexo B se adjunta el formulario de inventario donde se incluyen las características básicas de la estructura.



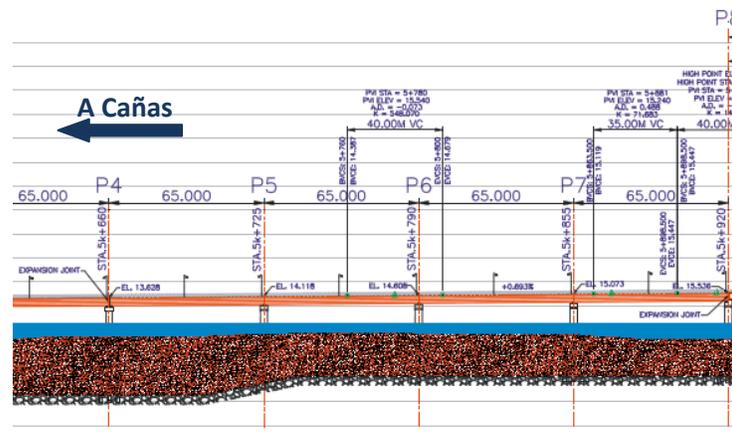
Figura B: Vista a lo largo de la línea de centro desde el acceso suroeste.



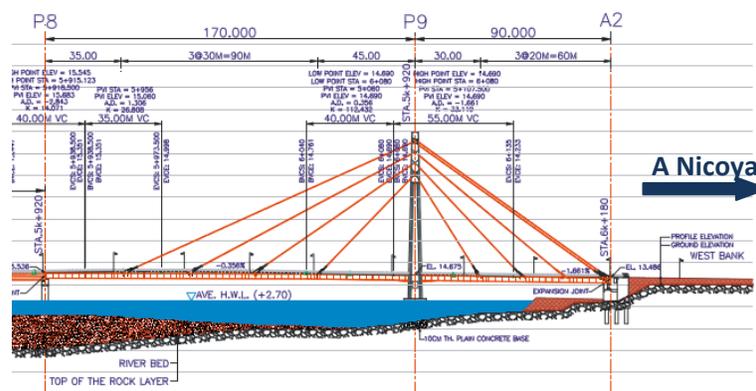
Figura C: Vista lateral desde el acceso suroeste.



(a) Superestructura 1: Viga continua tipo cajón de acero.



(b) Superestructura 2: Viga continua tipo cajón de acero.



(c) Superestructura 3: Atirantada con vigas tipo "I" de acero.

Figura D. Identificación utilizada para el puente La Amistad de Taiwán (Río Tempisque).

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 11 de 136
--------------------------------	---	------------------

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	783
	Ancho total (m)	13.4
	Ancho de calzada (m)	10.1
	Número de tramos	10
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	3
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1 y 2: Viga continua tipo cajón de acero Superestructura 3: Atirantada con vigas tipo "I" de acero
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión A1: Apoyo expansivo Bastión A2: Apoyo tipo péndulo
	Tipo de apoyo en pilas	Pilas P4, P8 y P9: Apoyo expansivo Pilas P1, P2, P3, P5, P6 y P7: Apoyo fijo
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 9
	Tipo de bastiones	Cabezal sobre pilotes
	Tipo de pilas	Pilas P1 a P8: Columna sencilla Pilón P9: Marco (tipo "H")
	Tipo de cimentación	Bastiones: Pilotes Pilas P1 a P8: Pilotes Pilón P9: Caisson
Diseño y construcción	Especificación de diseño original	AASHTO 1996 16 Ed.
	Carga viva de diseño original	AASHTO HS 20-44
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica

5. ANTECEDENTES DE INSPECCIÓN

El Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) por medio de un proceso licitatorio, contrató en el año 2005 al Ingeniero Carlos Fernández para realizar una revisión técnica del estado del puente La Amistad y emitir su criterio al respecto.

El resultado de dicha contratación es el Informe Técnico denominado *Evaluación Estructural de las Condiciones Actuales de Funcionamiento del Puente La Amistad*, emitido el 29 de marzo de 2005, y el cual se basa en visitas realizadas al sitio, reunión con profesionales involucrados en la ejecución de la obra, así como la revisión de los documentos disponibles pertinentes. El alcance del informe consistió en el diagnóstico estructural de las condiciones de funcionamiento de aquel momento de la superestructura del puente.

Las principales observaciones del informe técnico del año 2005 se resumen a continuación:

- i. El proceso de tensado en la sección atirantada del puente durante la fase constructiva se dividió en dos etapas. La primera etapa se ejecutó del 27 de junio del 2002 al 6 de julio del 2002, por medio de la cual los cables debían ser capaces de soportar las cargas permanentes de la superestructura sin la necesidad de utilizar soportes temporales. La segunda etapa se inició el 18 de setiembre del 2002, empezando por el tensado de los cables denominados como C4L (Ver figura E), y durante la aplicación de la fuerza de tensado se produjo una falla frágil simultánea en los dos correspondientes anclajes, no así en los cables (Ver figura F).

De acuerdo con el informe técnico, luego de la falla de los anclajes se tomaron una serie de medidas tendientes a garantizar la seguridad tanto temporal (constructiva) como permanente (servicio) de la estructura. Luego de la aplicación de las medidas tanto correctivas como de reparación del puente, no fue posible recuperar los niveles de rasante originales definidos en el diseño. Según el informe técnico, esta deflexión permanente de la superestructura fue verificada por medio de las visitas al sitio y no afectaba en forma directa la circulación de los vehículos sobre la estructura.

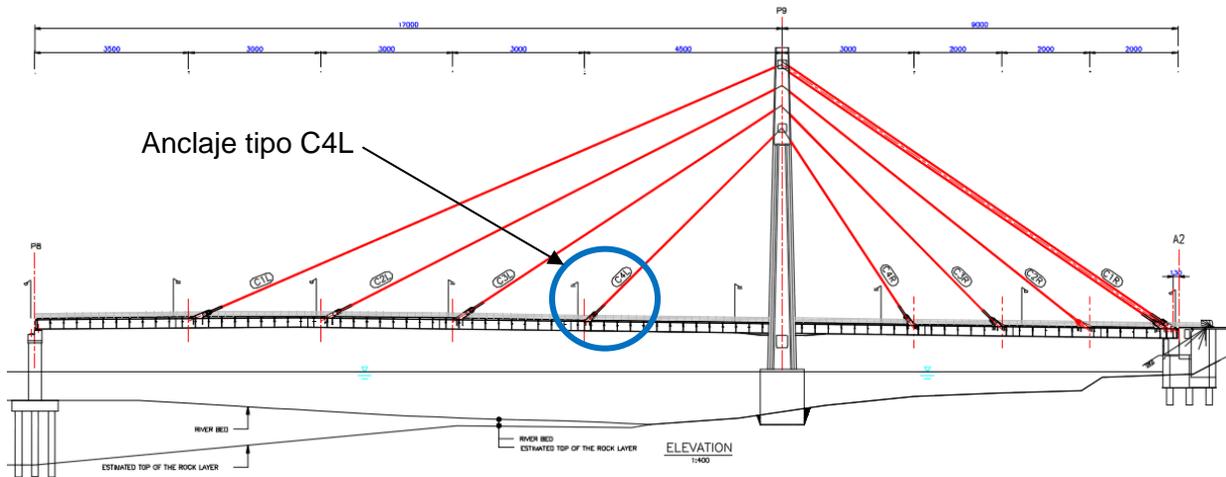


Figura E. Ubicación del anclaje tipo C4L según los planos del proyecto.



Figura G. Estado de los anclajes tipo C4L luego de la falla
 (Fuente: Fernández, 2005).

- ii. Durante las visitas al sitio no se detectaron muestras evidentes de deterioro en el puente. No existían señales de inicios de corrosión en los elementos expuestos o en contacto directo con el agua. Salvo la existencia de repellos cuarteados, no se detectaron fisuramientos del tipo estructural en las zonas de anclaje de los cables atirantados con la losa del puente.
- iii. En cuanto a las vigas principales de acero, no se detectó evidencias de posible pandeo local en los patines o en el alma de las mismas.

Las principales conclusiones y recomendaciones del informe técnico del año 2005 se resumen a continuación (El subrayado no es del texto original):

- a. Existían diferencias entre niveles de rasante medidos en junio del 2003 y enero del 2005. Estas diferencias tenían un valor máximo de entre 3,0cm y 3.5cm aunque no se indicaba con claridad en el Informe Técnico la ubicación exacta de estas diferencias en el puente. De acuerdo con el Informe Técnico, estas diferencias tenían valores razonables, sin embargo dados los precedentes de esta estructura, se recomendaba mantener un monitoreo anual de los niveles de rasante del puente.
- b. En la pila P8 se presentaba un cambio fuerte entre la dirección de las rasantes (de +0.75% a -1.75%). Lo anterior estaba provocando que como resultado de la circulación de los vehículos, se generaran fuerzas de impacto en la losa de rodamiento del puente atirantado próxima al apoyo. Según el informe técnico, era imprescindible definir maneras efectivas para la reducción de esas fuerzas de impacto, ya fuera mediante la disminución de la velocidad de circulación en esa área específica o mediante la reducción en la diferencia de las pendientes en ese punto.
- c. Debido a los criterios de diseño utilizados en el puente atirantado, aún y con la falla del anclaje tipo C4L, de acuerdo con el informe técnico las fuerzas en los cables no superaron el límite elástico y por lo tanto en ningún momento se comprometió la capacidad de estos elementos para soportar las demandas de diseño.
- d. De acuerdo con los resultados del análisis estructural del informe técnico, existía la posibilidad de que debido a la falla del anclaje, varias zonas de las vigas de la superestructura experimentaron esfuerzos superiores a los límites elásticos, lo cual implicaría una disminución de la resistencia tanto por fatiga como a la corrosión.

6. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE FISCALIZACIÓN LANAMMEUCR - AÑO 2014

Los resultados de la inspección del puente se presenta en 4 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura y (d) Subestructura. De esta manera se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para realizar mantenimiento, mejoras y reparaciones y si fuera necesario se recomienda la realización de inspecciones detalladas y estudios especializados. Estas observaciones y recomendaciones se resumen en las Tablas No. 2 a No. 6 las cuales se presentan a continuación.

En el Anexo C se incluye el formulario de inspección rutinaria del puente en donde se evalúa el grado de daño de sus elementos. La información incluida en este formulario se puede registrar en el programa informático del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) administrado por el MOPT.

En el Anexo D se incluye un listado y una descripción de los equipos de medición y de ensayos no destructivos (END) utilizados para llevar a cabo la inspección de fiscalización del puente. Los resultados obtenidos se utilizan como insumo para describir el estado de conservación y seguridad vial del puente.

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
2.1. Barrera vehicular	Se observaron faltantes de algunos elementos horizontales de la barrera vehicular, así como de varias tuercas y arandelas de los pernos de anclaje de los elementos verticales a la losa del puente (Ver figura 1).	Estos componentes de la barrera vehicular son necesarios para su adecuado funcionamiento ante un impacto vehicular, por lo que su ausencia aumenta el riesgo de que se presente un desempeño inadecuado.	Sustituir de forma inmediata todos los componentes faltantes. Identificar la causa de la pérdida paulatina de los distintos componentes de la barrera vehicular y ejecutar medidas correctivas.

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
2.1. Barrera vehicular (Continuación)	Se observó que se aplicaron puntos de soldadura a varios de los pernos de anclaje de la barrera vehicular lo cual les dañó la rosca, no garantiza su adecuado funcionamiento y adicionalmente pudo haber dañado el galvanizado de protección de los distintos elementos (Ver figura 2).	El posible daño en el galvanizado de protección podría aumentar la probabilidad de que se presente corrosión en los elementos de la barrera vehicular.	Prohibir el uso de soldadura en los componentes actuales de la barrera vehicular. Aplicar un sistema de protección a la zona de los anclajes en donde se utilizó soldadura, siguiendo las recomendaciones del documento " <i>Operation & Maintenance Manual</i> " (RSEA, 2003), contando con la asesoría en materia de pinturas industriales, y siguiendo las recomendaciones del CR-2010 en aquellas acciones que sea necesario complementar.
2.2. Guardavías	Los guardavías de ambos accesos no estaban anclados al pretil rígido del puente, por lo que no había una adecuada transición y continuidad en el sistema de contención vehicular (Ver figura 3).	Desde el punto de vista de seguridad vial no es recomendable que los guardavías presenten discontinuidades ya que aumenta la probabilidad de caída al cauce del río.	Anclar los guardavías a los pretiles rígidos del puente en ambos accesos, siguiendo las recomendaciones del fabricante de estos elementos.
2.3. Aceras y sus accesos	Las separaciones de expansión de las aceras y el parapeto, ubicadas a cada 25 metros a lo largo del puente, presentaban deterioro del sello de neopreno en algunos casos y en otros pérdida completa, así como acumulación de sedimentos y maleza, evidenciando ausencia de mantenimiento y deterioro (Ver figura 4). Se observó la misma condición de deterioro en la zona de juntas de expansión.	La acumulación de sedimento en estas separaciones de expansión podría provocar agrietamiento en las aceras y parapetos. La ausencia del sello de neopreno aumenta la probabilidad de que el agua llovida sobre la superficie de rodamiento migre directamente sobre las vigas de acero de la superestructura aumentando su deterioro.	Eliminar el sedimento y maleza y sustituir el sello de neopreno dañado o faltante en las separaciones y juntas de expansión de las aceras y bordillos. Incluir a las separaciones de expansión de las aceras dentro del programa general de mantenimiento periódico del puente (Ver sección 8 de este Informe).

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
2.3. Aceras y sus accesos (Continuación)	Las aceras y el parapeto presentaban agrietamiento transversal en unos casos y longitudinal en otros distribuido aleatoriamente a lo largo del puente, además de que se identificaron zonas ubicadas en los extremos de la sección transversal del puente con concreto de fácil desprendimiento y por lo tanto evidencia de baja calidad, así como acero de refuerzo corroído (Ver figura 5).	Debido al grado de exposición de estas grietas se aumenta el riesgo de que se presente corrosión en el acero de refuerzo, disminuyendo la vida útil de los elementos y aumentando los costos de mantenimiento. Un concreto de baja calidad aumenta la vulnerabilidad a la corrosión del acero de refuerzo.	Sellar las grietas utilizando un producto recomendado para esos efectos, el cual haya sido evaluado y se considere que sea la solución más adecuada. Evaluar la extensión del daño en el acero de refuerzo de los parapetos debido a la evidencia de zonas con concreto de baja calidad, y llevar a cabo las respectivas reparaciones.
2.4. Identificación	El puente contaba con placas con los datos de información, geometría y diseño del puente.	Ninguno evidente.	Ninguna.
2.5. Señalización	El puente contaba con captaluces y demarcación horizontal en buen estado.	Ninguno evidente.	Ninguna.
2.6. Iluminación	El puente contaba con iluminación a todo lo largo, aunque no fue posible verificar su funcionamiento durante la inspección. Sin embargo, se observaron varios daños tales como: faltante de un poste, una luminaria dañada y varios postes con el cableado alterado (Ver figura 6) Además, faltaba mucha de la iluminación que forma parte de la arquitectura del puente (Ver figura 7).	El deterioro y pérdida paulatina de las luminarias del puente aumentan el riesgo de que se llegue a un punto en que la iluminación sea insuficiente para los usuarios. Se considera que para un puente de esta longitud es necesaria una adecuada iluminación por requerimientos de seguridad vial (Zamora, 2011).	Reparar o sustituir todos los elementos del sistema de iluminación del puente dañados o faltantes. Identificar la causa de la pérdida de luminarias así como de los daños en el cableado eléctrico y ejecutar medidas correctivas. Incluir la iluminación dentro del programa general de mantenimiento periódico del puente (Ver sección 8 de este Informe).

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
3.1. Superficie de rodamiento del puente	<p>Se observaron varios baches por desprendimiento de material con una profundidad de aproximadamente 2cm, así como zonas con agrietamiento longitudinal por fatiga de la carpeta asfáltica (Ver figura 8).</p> <p>Se identificó una grieta transversal en todo el ancho de la superficie de rodamiento en la sección de viga continua tipo cajón de acero (Ver figura 9). Por medio del uso del GPR (Ver sección 7 y Anexo D de este Informe), se logró determinar que es una grieta sólo a nivel de la carpeta asfáltica debido probablemente a una junta de construcción de la superficie de rodamiento.</p>	<p>En caso de que los daños no se reparen en el corto plazo, se aumenta el riesgo de que los mismos aumenten en magnitud, incrementando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación, y aumento también el riesgo de accidentes de tránsito.</p>	<p>Reparar de inmediato los daños observados con materiales y métodos adecuados para cada caso en particular.</p> <p>Debido a que la sobrecapa asfáltica tiene ya 12 años en operación, se recomienda un monitoreo constante para la identificación, evaluación y reparación de los daños que se presenten, y para poder identificar el momento en que sea necesario el reemplazo.</p> <p>De acuerdo con lo indicado en el documento <i>"Operation & Maintenance Manual"</i> (RSEA, 2003) del puente, se recomienda tener en cuenta que en caso de sustitución de la carpeta asfáltica, se debería medir y registrar el perfil topográfico a línea centro inmediatamente antes y después de la sustitución, con el objetivo de poder tener trazabilidad de las deflexiones del puente para futuras evaluaciones. No utilizar un espesor de carpeta asfáltica mayor al existente actualmente.</p> <p>Ver sección 7.2 de este Informe.</p>
3.2 Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se observó acumulación de sedimentos y maleza a lo largo de los bordillos (ver figura 10).</p>	<p>La acumulación de maleza y sedimento disminuye la eficiencia hidráulica del sistema de drenaje, lo cual aumenta el riesgo de acumulación de agua sobre la superficie, lo cual podría provocar el hidropneumático de los vehículos.</p>	<p>Incluir en el programa general de mantenimiento periódico del puente (Ver sección 8 de este Informe), la limpieza del sistema de drenaje del puente, incluyendo los bordillos y los ductos de drenaje.</p>

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
3.2 Bordillos y sistema de drenaje del puente (Continuación)	Los ductos de drenaje no tenían tubos de extensión, por lo que el agua migra por tensión superficial hacia la superficie inferior de la losa (Ver figura 11). Durante la inspección se pudo observar como en la superestructura atirantada, en combinación con condiciones de viento moderado, el agua descargaba directamente sobre las vigas de acero. De acuerdo con la sección 1.5 de <i>AASHTO Especificaciones Estándar</i> (1996), los detalles de los ductos de drenaje debían prevenir la descarga directa del agua de drenaje contra cualquier sección de la estructura.	La descarga directa del agua de drenaje desde la superficie superior de la losa aumenta la probabilidad de deterioro de los elementos, siendo los más vulnerables los elementos de acero.	Colocar tubos de extensión en todos los ductos de drenaje del puente acorde con las condiciones del sitio, de manera tal que se extiendan 10cm por debajo del componente adyacente más bajo de la superestructura, de acuerdo con la sección 2.6.6.4 de <i>AASHTO LRFD</i> (2012).
3.3 Juntas de expansión	a) Junta de expansión sobre bastión A2: Se observó acumulación de sedimentos, lo cual evidencia y magnifica deficiencias en el sistema de evacuación de aguas en la junta (Ver figura 12). Se observó desprendimiento de concreto por aplastamiento en las aceras como consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste (Ver figura 12).	La acumulación de sedimentos aumenta el riesgo de acumulación de agua sobre la superficie, lo cual podría provocar el hidroplaneo de los vehículos. El daño en el concreto de las aceras aumenta la vulnerabilidad al deterioro del acero de refuerzo, aumentando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.	Eliminar la acumulación de sedimentos, corregir las deficiencias en el sistema de evacuación de aguas de la junta sobre el bastión A2 y establecer un programa de mantenimiento periódico de la junta de expansión según lo recomendado en " <i>Operation & Maintenance Manual</i> " (RSEA, 2003) del puente (Ver sección 8 de este Informe). Reparar de inmediato el daño por desprendimiento del concreto en la acera.

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
<p>3.3 Juntas de expansión (Continuación)</p>	<p>b) Junta de expansión sobre pila P8:</p> <p>Se midió un desplazamiento transversal relativo de aproximadamente 4cm entre la sección atirantada y la sección de viga continua, el cual es consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste (Ver figura 13). Consecuencias adicionales de este terremoto son los daños en la acera y bordillo que coinciden con la junta, en donde se observa desprendimiento de concreto por aplastamiento y acero expuesto con evidencia de corrosión, y adicionalmente la barrera vehicular presenta elementos deformados y daños en el anclaje al bordillo (Ver figura 14)</p> <p>Adicionalmente se observó desalineamiento y corrosión en las vigas longitudinales de acero que conforman la junta, daños o pérdida parcial del material elastomérico de sello y pérdida parcial de los elastómeros de control que se unen a las vigas longitudinales de acero de la junta (Ver figura 15). No se tuvo acceso a los elementos de la junta no visibles desde la superficie superior.</p>	<p>El nivel de deterioro de la junta aumenta la vulnerabilidad de los elementos conexos así como la probabilidad de colapso de la junta y con ello el riesgo de accidentes al paso de vehículos.</p>	<p>Se recomienda sustituir la junta de expansión sobre pila P8 de inmediato por otra junta de desempeño igual o superior y acorde con los requerimientos de diseño y ambientales del puente, procurando la asesoría de un experto en juntas de expansión para puentes. Además, reparar los daños en la acera, bordillo y barrera vehicular.</p>

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
3.3 Juntas de expansión (Continuación)	<p>b) Junta de expansión sobre pila P8 (Continuación):</p> <p>Durante la inspección se pudo observar el tránsito de varios tipos de vehículos a alta velocidad sobre el puente. Sin embargo, una condición de diseño y operación del puente es que la velocidad máxima de tránsito debe ser de 60km/h, requisito de mucha importancia para la zona de transición en la pila P8 incluyendo la junta.</p> <p>c) Junta de expansión sobre pila P4:</p> <p>Se observó deterioro del sistema de protección de pintura de las vigas longitudinales de acero que conforman la junta, pérdida parcial de los elastómeros de control que se unen a estas mismas vigas, acumulación de sedimentos en el material elastomérico de sello o pérdida parcial del mismo, así como desprendimiento de concreto por aplastamiento y acero de refuerzo expuesto con evidencia de corrosión en las aceras como consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste (Ver figura 16). No se tuvo acceso a los elementos de la junta no visibles desde la superficie superior.</p>	<p>Una mayor velocidad de la permitida sumada a la diferencia de pendientes de esa sección aumenta el riesgo de provocar un deterioro más acelerado de los componentes de ambos puentes debido a las fuerzas de impacto que se generan y una disminución de la percepción de confort de los usuarios.</p> <p>Los diferentes daños descritos aumentan la vulnerabilidad de la junta y elementos conexos a las condiciones de servicio, condiciones ambientales y eventos sísmicos, aumentando paulatinamente con ello los costos de mantenimiento y reparación.</p>	<p>Se recomienda implementar medidas efectivas para restringir la velocidad máxima sobre el puente a 60km/h.</p> <p>Reparar los distintos daños por deterioro de la junta sobre la pila P4 de manera tal que su desempeño sea restablecido por completo a su condición inicial y establecer un programa de mantenimiento periódico de la junta de expansión según lo recomendado en “<i>Operation & Maintenance Manual</i>” (RSEA, 2003) del puente (Ver sección 8 de este Informe).</p> <p>Reparar de inmediato los daños por agrietamiento y desprendimiento del concreto en las aceras.</p>

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
3.3 Juntas de expansión (Continuación)	<p>d) Junta de expansión sobre bastión A1:</p> <p>Se observó que la junta de expansión estaba parcialmente rellena con mezcla asfáltica debido a los trabajos realizados en el acceso (Ver figura 17).</p> <p>Se observó agrietamiento del concreto en la acera y bordillo así como desprendimiento del concreto en la superficie inferior de la losa por esfuerzos de aplastamiento como consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste (Ver figura 17).</p>	<p>La mezcla asfáltica aumenta el riesgo de que la junta no se desempeñe adecuadamente durante los desplazamientos de expansión y contracción del puente, además de que no permite una correcta evacuación del agua de lluvia, lo cual aumenta la vulnerabilidad al daño de la junta y de los elementos conexos.</p> <p>El daño en el concreto de la acera y bordillo aumenta la vulnerabilidad al deterioro del acero de refuerzo, aumentando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	<p>Eliminar la mezcla asfáltica de la junta ejecutando la acción que menos daño provoque y de menor costo de reparación. Una vez eliminada la mezcla asfáltica se recomienda que su desempeño sea restablecido por completo a su condición inicial. Establecer un programa de mantenimiento periódico de la junta de expansión según lo recomendado en "Operation & Maintenance Manual" (RSEA, 2003) del puente (Ver sección 8 de este Informe).</p> <p>Exigir a los contratistas no verter asfalto en la junta cuando se lleven a cabo trabajos en el pavimento de los accesos.</p> <p>Reparar de inmediato el daño por agrietamiento del concreto en acera y bordillo, así como el desprendimiento del concreto en superficie inferior de la losa.</p>
3.4 Accesos <ul style="list-style-type: none"> Superficie de rodamiento Rellenos de aproximación Taludes Muros de retención Losa de aproximación 	<p>La superficie de rodamiento del acceso noreste carecía por completo de demarcación horizontal y captaluces (Ver figura 18).</p> <p>No se tuvo acceso a la losa de aproximación de concreto de ambos accesos.</p>	<p>La ausencia de estos elementos de seguridad vial (demarcación horizontal y captaluces) aumentan el riesgo de accidentes de tránsito en el acceso noreste.</p>	<p>Dotar de inmediato al acceso noreste de la demarcación horizontal y captaluces necesarios para las condiciones del acceso con el objetivo de brindar seguridad a los usuarios.</p>

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

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
<p>3.4 Accesos (Continuación)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Superficie de rodamiento • Rellenos de aproximación • Taludes • Muros de retención • Losa de aproximación 	<p>En el acceso noreste se evidenció asentamiento de los muros de retención de gaviones por medio de simple observación y sin el uso de precisión topográfica. En el caso del muro aguas arriba se observó uno de los extremos parcialmente colapsado (Ver figura 19). Además se observó una grieta de aproximadamente 1cm en la losa de concreto ubicada en la parte superior del muro de retención de gaviones ubicado aguas abajo e inclinación del muro de gavión con la misma ubicación (Ver figura 20).</p>	<p>Un asentamiento excesivo aumenta el riesgo de falla de los muros de retención de gaviones lo cual podría provocar el colapso de los rellenos de aproximación del acceso noreste.</p>	<p>Se recomienda un monitoreo periódico de los muros de retención del acceso noreste con instrumentos de precisión topográfica al final de cada invierno para determinar si el asentamiento continúa o si ya cesó, con el objetivo de establecer las medidas correctivas necesarias.</p>
<p>3.5 Sistema de drenaje de los accesos</p>	<p>No se observó evidencia de daños por erosión en los taludes ni deficiencias en el manejo de las aguas de lluvia de los accesos.</p>	<p>Ninguno evidente.</p>	<p>Ninguna.</p>
<p>3.6 Vibración</p>	<p>Se percibió vibración leve con el tránsito de vehículos pesados que se considera normal. Sin embargo, para el caso de la superestructura atirantada se requieren estudios más detallados para concluir con certeza sobre el nivel de vibración del puente.</p>	<p>Ninguno evidente.</p>	<p>Seguir la recomendación de 4.2 <i>Cables atirantados</i>.</p>
<p>3.7 Cauce del río</p>	<p>No se observaron daños en el cauce del río.</p>	<p>Ninguno evidente.</p>	<p>Ninguna.</p>

Tabla No. 4. Estado de conservación de la **superestructura tipo atirantada.**

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
4.1 Losa de concreto	<p>La losa de concreto está cubierta en su superficie superior por pavimento asfáltico y en su superficie inferior se utilizó una lámina de acero preformada (“Metal Deck”), por lo que no es posible una inspección visual de su estado.</p> <p>Según lo indicado en el documento “<i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i>” (RSEA, 2003), el pavimento asfáltico se colocó sobre la losa de concreto sin el uso de una membrana impermeabilizante, lo cual es una práctica que podría acelerar el deterioro de la losa de concreto (FHWA-NHI, 2003; NCHRP, 2012).</p>	<p>Sin el uso de una membrana impermeabilizante entre la superficie superior de la losa de concreto y la superficie inferior de la carpeta asfáltica se aumenta el riesgo de deterioro de la losa de concreto.</p>	<p>Se recomienda seguir monitoreando el estado de la losa de concreto por medio de inspección visual y ensayos no destructivos, con una periodicidad acorde con lo indicado en el “<i>Operation & Maintenance Manual</i>” (RSEA, 2003) del puente.</p> <p>En el momento en que se tome la decisión de sustituir el pavimento asfáltico, se recomienda evaluar la necesidad y conveniencia de usar o no una membrana impermeabilizante sobre la losa de concreto. En caso de que se decida utilizarla se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante del producto que se escoja. Además, se recomienda que durante la sustitución del pavimento asfáltico, se lleve a cabo una inspección detallada de la superficie superior de la losa de concreto.</p> <p>Ver sección 7.2 de este Informe.</p>

Tabla No 4 (Continuación). Estado de conservación de la superestructura tipo atirantada.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
4.2 Cables atirantados	<p>No se tuvo acceso a los cables atirantados pues estos se encuentran protegidos por un ducto de polietileno de alta densidad inyectado con lechada.</p> <p>Los cables atirantados son elementos críticos para el adecuado funcionamiento e integridad estructural del puente. La falla de un solo cable puede provocar el cierre del puente o incluso el colapso. Sin embargo, no se observó evidencia de que los cables atirantados hayan sido inspeccionados o monitoreados desde la puesta en funcionamiento del puente a la fecha de la visita de fiscalización.</p>	Cualquier daño o deterioro de los cables atirantados pone en riesgo la seguridad estructural del puente.	<p>Ejecutar las labores de inspección y mantenimiento que recomienda el documento “<i>Operation & Maintenance Manual</i>” (RSEA, 2003) para el caso del puente atirantado, acorde con la periodicidad ahí indicada.</p> <p>Lo anterior incluye, pero no se limita, a:</p> <p>(a) La verificación de que los torones de alta resistencia no se han dañado por corrosión o esfuerzos de fatiga.</p> <p>(b) La verificación de que los cables atirantados están sometidos a la misma fuerza de tensión especificada en el diseño final. La fuerza puede ser verificada por métodos de vibración (del puente o directamente de los cables) o por medio del uso de un gato de postensión mono-torón que permita verificar la fuerza de un torón individual por medio de las extensiones previstas en los anclajes del pilón P9. Estos trabajos deben ser ejecutados por empresas con capacidad demostrada para ejecutar este tipo de trabajos y con procedimientos aprobados por la Administración.</p>

Tabla No 4 (Continuación). Estado de conservación de la **superestructura tipo atirantada.**

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
4.2 Cables atirantados (Continuación)	<i>Ver observaciones en la página anterior.</i>	<i>Ver riesgo o vulnerabilidad en la página anterior.</i>	<p>En conjunto con la verificación de la condición y fuerza de los cables atirantados y dado que no existe evidencia de que al puente se le haya dado mantenimiento y monitoreo en 12 años que tiene en servicio, se recomienda llevar a cabo una evaluación estructural del puente que permita determinar el efecto de los cambios en la normativa de puentes así como la variación de las cargas de tránsito, de manera tal que se concluya sobre la idoneidad estructural del puente y las medidas necesarias a seguir.</p> <p>Adicionalmente, según lo indicado en el documento “<i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i>” (RSEA, 2003) y los planos (“AS-BUILT”), el puente se diseñó para una carga sísmica determinada de acuerdo con el <i>Código Sísmico de Costa Rica</i> de 1986 para edificios. Se recomienda por lo tanto llevar a cabo una evaluación sísmica del puente según lo indicado en los <i>Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes</i> (CFIA, 2013), para determinar las medidas necesarias a seguir.</p>

Tabla No 4 (Continuación). Estado de conservación de la superestructura tipo atirantada.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
4.3 Anclajes de cables atirantados	<p>Se observó deterioro del sistema de protección de pintura al punto de que en varios de los anclajes se había perdido la capa superficial color rojo (Ver figura 21). Según lo indicado en el documento “<i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i>” (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.</p> <p>Se accedió a la base de algunos anclajes eliminando el sedimento acumulado y se detectaron zonas puntuales de corrosión tanto en el alma del anclaje (Ver figura 22) como en el ala inferior (Ver figura 23).</p> <p>Se detectaron grietas en la base de los ductos de penetración de los anclajes aguas abajo C1R, C2R, C3R, C3L, C2L, C1L y el anclaje aguas arriba C2R (Ver figura 24). Se determinó que eran grietas por fatiga en la soldadura por medio del uso de líquidos penetrantes para descartar que el daño fuera sólo en la capa de pintura, (Ver figura 24 y Anexo D).</p>	<p>El deterioro del sistema de protección de pintura y la presencia de condiciones salinas en el lugar aumentan la vulnerabilidad de los elementos de acero a la corrosión, incrementando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p> <p>La corrosión en conjunto con la respectiva pérdida de la sección transversal aumentan el riesgo de falla de los anclajes poniendo en riesgo la seguridad estructural del puente.</p> <p>El aumento en el nivel de agrietamiento incrementa el riesgo de falla de los ductos de penetración, exponiendo a la intemperie la zona de los bloques de anclaje, y acrecentando los costos de mantenimiento y reparación.</p>	<p>Se recomienda que de inmediato se le brinde mantenimiento al sistema de protección de pintura según lo indicado en el documento “<i>Operation & Maintenance Manual</i>” (RSEA, 2003), contando con la asesoría en materia de pinturas industriales, y siguiendo las recomendaciones del CR-2010 en aquellas acciones que sea necesario complementar.</p> <p>Se recomienda que de manera urgente se estudie la extensión del daño y sus implicaciones en todos los anclajes y de inmediato se ejecuten las medidas correctivas necesarias.</p> <p>Dada la extensión y el patrón del daño, se recomienda reparar y corregir el detalle de soldadura de la conexión de todos los ductos de penetración, incluyendo los que no presentaron evidencia de agrietamiento, de manera tal que sea menos susceptible a la fatiga.</p>

Tabla No 4 (Continuación). Estado de conservación de la superestructura tipo atirantada.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
4.3 Anclajes de cables atirantados (Continuación)	<p>Se observó que la capucha protectora del ducto de penetración del anclaje C3R aguas abajo se había dañado. Además, se evidenció que varios de los anclajes habían perdido parte del sistema de protección contra la corrosión (grasa) de los bloques de anclaje de los cables (Ver figura 25).</p> <p>Los muros de concreto reforzado de protección contra impactos vehiculares de los anclajes presentaban evidencia de deterioro, recubrimiento insuficiente y delaminación del acero de refuerzo (Ver figura 25).</p> <p>No se tuvo acceso a los anclajes ubicados en la parte superior del pilón P9.</p>	<p>Daños en la capucha protectora de los ductos de penetración así como en el sistema de protección contra la corrosión de los bloques de anclaje, aumentan el riesgo de deterioro de los cables atirantados.</p> <p>La falta de recubrimiento y condiciones ambientales del lugar aumentan la vulnerabilidad a la corrosión del acero de refuerzo, incrementando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	<p>Reparar el daño en la capucha protectora de los ductos de penetración así como en el sistema de protección contra la corrosión (grasa) de los bloques de anclaje.</p> <p>Identificar la extensión del problema de falta de recubrimiento, reparar los daños existentes en el acero de refuerzo y corregir todas aquellas deficiencias que se detectaron en este Informe.</p>
4.4 Vigas principales de acero	<p>Se observó deterioro del sistema de protección de pintura al punto de que en varias zonas (principalmente en las zonas expuestas y las reforzadas luego de la falla del anclaje C4L en la etapa constructiva) se había perdido la capa superficial color rojo (Ver figura 26). Según lo indicado en el documento "<i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i>" (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.</p>	<p>Aplican los comentarios sobre el sistema de protección de pintura de 4.3 <i>Anclajes de cables atirantados</i>.</p>	<p>Aplican las recomendaciones sobre el sistema de protección de pintura de 4.3 <i>Anclajes de cables atirantados</i>.</p>

Tabla No 4 (Continuación). Estado de conservación de la superestructura tipo atirantada.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
4.4 Vigas principales de acero (Continuación)	Se observó una deformación de aproximadamente 3cm del ala inferior a compresión de la viga ubicada aguas arriba del puente, en la zona del apoyo sobre el pilón P9 (Ver figura 27). Había desprendimiento del sistema de protección de pintura en la superficie inferior. La evidencia de registro fotográfico indica que esta deformación es anterior al terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste.	Existe el riesgo de que la deformación sea evidencia de alguna deficiencia o disminución en la resistencia de la viga principal de acero.	Se recomienda monitorear durante la siguiente inspección o luego de un sismo de magnitud considerable el estado de las vigas principales en la zona de apoyos del pilón P9, verificando cambios en el estado de la pintura, la magnitud de la deformación y posible extensión del daño a otras zonas, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.
4.5 Vigas diafragma y transversales de acero	Según lo indicado en el documento " <i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i> " (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura de estos elementos tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento a lo largo de estos años a estos elementos, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.	Aplican los comentarios sobre el sistema de protección de pintura de 4.3 <i>Anclajes de cables atirantados</i> .	Aplican las recomendaciones sobre el sistema de protección de pintura de 4.3 <i>Anclajes de cables atirantados</i> .

Tabla No. 5. Estado de conservación de la superestructura de viga continua tipo cajón.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
5.1. Losa de concreto	<p>La losa de concreto está cubierta en su superficie superior por pavimento asfáltico y su superficie inferior se encuentra ubicada en la sección interna de la viga cajón, por lo que sólo es posible una inspección visual de su estado en los voladizos de su sección transversal, en donde se observó agrietamiento y evidencia de delaminación (Ver figura 28).</p> <p>Según lo indicado en el documento "<i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i>" (RSEA, 2003), el pavimento asfáltico se colocó sobre la losa de concreto sin el uso de una membrana impermeabilizante, lo cual es una práctica que podría acelerar el deterioro de la losa de concreto (FHWA-NHI, 2003; NCHRP, 2012).</p>	<p>Sin el uso de una membrana impermeabilizante entre la superficie superior de la losa de concreto y la superficie inferior de la carpeta asfáltica se aumenta el riesgo de deterioro de la losa de concreto.</p>	<p>Aplican las recomendaciones sobre el estado de la losa de concreto de <i>4.1 Losa de concreto</i>.</p> <p>Adicionalmente se recomienda identificar la extensión del problema de agrietamiento y delaminación, reparar los daños existentes en el acero de refuerzo y corregir todas aquellas deficiencias que se detectaron en este Informe.</p> <p>Ver sección 7.2 de este Informe.</p>
5.2. Viga principal de acero	<p>En varias zonas de la superficie inferior cerca del acceso noreste se evidenció deterioro o pérdida de la capa superficial color rojo del sistema de protección de pintura (Ver figura 29). Según lo indicado en el documento "<i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i>" (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.</p>	<p>Aplican los comentarios sobre el sistema de protección de pintura de <i>4.3 Anclajes de cables atirantados</i>.</p>	<p>Aplican las recomendaciones sobre el sistema de protección de pintura de <i>4.3 Anclajes de cables atirantados</i>.</p>
5.3. Diafragmas de acero y sistema de arriostamiento	<p>No se tuvo acceso visual al interior de la viga continua tipo cajón de acero.</p>	<p>Ninguno evidente.</p>	<p>Ninguna.</p>

Tabla No. 6. Estado de conservación de la subestructura.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
6.1 Apoyos en bastiones y pilas	<p>a) Apoyo en pilas:</p> <p>No se tuvo acceso visual a los apoyos sobre las pilas.</p> <p>Según lo indicado en el documento “<i>The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan</i>” (RSEA, 2003) y los planos (“AS-BUILT”), de los cuatro apoyos ubicados en la pila P8 (dos en superestructura de viga continua tipo cajón y dos en superestructura atirantada), tres deberían evitar el movimiento transversal y sólo uno es completamente móvil.</p> <p>Sin embargo, como se indicó en la sección 3.3 <i>Junta de expansión</i>, en la junta sobre la pila P8 se midió un desplazamiento transversal relativo de aproximadamente 4cm entre la superestructura atirantada y la viga continua tipo cajón. Lo anterior podría ser evidencia de que uno o varios de los apoyos ubicados en la pila P8 sufrieron daños durante el terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste.</p>	Si uno o varios apoyos en la pila P8 están dañados, se aumenta el riesgo que los mismos no se desempeñen adecuadamente cuando así se requiera, lo cual aumenta la vulnerabilidad de las estructuras que interactúan con estos apoyos.	Se recomienda llevar a cabo una inspección detallada de los apoyos ubicados en la pila P8 y en general del estado de la superestructura y subestructura en esta sección del puente afectada por el terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste, para determinar las acciones a seguir.

Tabla No. 6 (Continuación). Estado de conservación de la subestructura.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
6.1 Apoyos en bastiones y pilas (Continuación)	<p>b) Apoyo en pilón P9:</p> <p>Se observó desprendimiento del concreto del pedestal del apoyo ubicado aguas arriba del puente (Ver figura 30). La evidencia de registro fotográfico indica que este desprendimiento del concreto es anterior al terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámará, Guanacaste.</p> <p>c) Apoyo en bastión A2 - apoyo tipo péndulo:</p> <p>El apoyo tipo péndulo es un elemento crítico para el adecuado funcionamiento e integridad estructural del puente. La falla de este apoyo puede provocar el cierre del puente o incluso el colapso.</p> <p>Se observó una acumulación considerable de desechos sólidos y animales cerca y sobre los apoyos (Ver figura 31), lo cual acelera el deterioro y además no permite una adecuada inspección de los componentes.</p> <p>Se observaron zonas puntuales de corrosión en distintos elementos críticos del apoyo (Ver figura 32).</p>	<p>La pérdida adicional de sección de concreto en el pedestal aumenta el riesgo de inestabilidad en el apoyo y con ello de la superestructura.</p> <p>Cualquier daño o deterioro del apoyo tipo péndulo del bastión A2 pone en riesgo la seguridad estructural del puente.</p>	<p>Se recomienda monitorear durante la siguiente inspección o luego de un sismo de magnitud considerable el estado del pedestal en el apoyo aguas arriba sobre el pilón P9, verificando cambios adicionales en la sección de concreto, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.</p> <p>Se recomienda limpiar exhaustivamente la zona del bastión A2 en donde se ubica el apoyo para poder llevar a cabo una inspección detallada del sistema de protección de pintura, soldadura, barras de acero, concreto, conexiones, cables, entre otros componentes.</p> <p>Una vez identificada la extensión de los daños, se recomienda que de inmediato se repare y se le brinde mantenimiento al apoyo según lo indicado en el documento “<i>Operation & Maintenance Manual</i>” (RSEA, 2003) del puente (Ver sección 8 de este Informe). Aplican las recomendaciones sobre el sistema de protección de pintura de 4.3 <i>Anclajes de cables atirantados</i>.</p>

Tabla No. 6 (Continuación). Estado de conservación de la subestructura.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
<p>6.1 Apoyos en bastiones y pilas (Continuación)</p>	<p>c) Apoyo en bastión A2 - apoyo tipo péndulo (Continuación):</p> <p>Se observó que el péndulo tenía una ligera inclinación con dirección hacia el acceso suroeste (Ver figura 33).</p>	<p>Una inclinación del péndulo mayor a los límites permitidos aumenta el riesgo de daño en el puente.</p>	<p>Se recomienda además analizar y ejecutar formas efectivas de no permitir el ingreso de personas al interior del bastión A2 y de llevar a cabo control animal de forma regular, con el objetivo de evitar la acumulación de desechos y el deterioro del apoyo.</p> <p>Se recomienda monitorear durante la siguiente inspección el estado de inclinación del péndulo, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.</p>
<p>6.2 Bastiones y aletones</p>	<p>En ambos bastiones se observó acumulación de sedimentos y filtración de agua (Ver figura 34). El caso más severo del bastión A2 se puede revisar en 6.1 <i>Apoyos en bastiones y pilas</i>.</p> <p>En el bastión A1 se observaron elementos en donde el acero de refuerzo presentaba un alto nivel de corrosión (Ver figura 34). Estos elementos fueron parte del sistema constructivo de lanzamiento de la viga cajón y por lo tanto no se consideran parte del sistema estructural.</p>	<p>La filtración de agua y acumulación de sedimentos aumentan el riesgo de que se acelere el deterioro de elementos de la superestructura, apoyos y bastiones. Para el caso del bastión A2 aplican los comentarios de 6.1 <i>Apoyos en bastiones y pilas</i>.</p> <p>Estos elementos podrían llegar a un nivel de deterioro muy importante en un período corto de tiempo, lo cual podría alterar la percepción de parte de un observador de la condición real del bastión.</p>	<p>Se recomienda se le brinde mantenimiento a los bastiones de acuerdo con un programa periódico acorde con lo indicado en el documento "<i>Operation & Maintenance Manual</i>" (RSEA, 2003) del puente (Ver sección 8 de este informe). Para el caso del bastión A2 aplican las recomendaciones de 6.1 <i>Apoyos en bastiones y pilas</i>.</p> <p>Proteger la superficie superior de estos elementos colando la sección faltante de concreto necesaria para proteger el respectivo acero de refuerzo.</p>

Tabla No. 6 (Continuación). Estado de conservación de la subestructura.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
6.2 Bastiones y aletones (Continuación)	<p>En el bastión A1 se observó una grieta de aproximadamente 0,3mm de espesor ubicada en ambas juntas entre el cabezal del bastión y las llaves de cortante (Ver figura 35).</p> <p>En el bastión A2 se observó evidencia generalizada de acero de refuerzo con insuficiente recubrimiento y corrosión, así como zonas con delaminación (Ver figura 36).</p>	<p>El agrietamiento en el concreto aumenta la vulnerabilidad del acero de refuerzo a la corrosión.</p> <p>La falta de recubrimiento y condiciones ambientales del lugar aumentan la vulnerabilidad a la corrosión del acero de refuerzo, incrementando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	<p>Se recomienda el monitoreo de este agrietamiento durante la siguiente inspección para comparar su estado con respecto al observado, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.</p> <p>Se recomienda identificar la extensión del problema de recubrimiento insuficiente y delaminación, reparar los daños existentes en el acero de refuerzo y corregir todas aquellas deficiencias que se detectaron en este Informe.</p>
6.3 Taludes frente a los bastiones	No se aprecian problemas.	Ninguno evidente.	Ninguna.
6.4 Pilas	No se aprecian problemas.	Ninguno evidente.	Ninguna.
6.5 Pilón	En toda la altura de las columnas del pilón se observó evidencia de acero de refuerzo con insuficiente recubrimiento y corrosión, principalmente en zonas con cambios de geometría en la sección transversal (Ver figura 37), además de evidencia de agrietamiento transversal, en algunos casos con un espesor de 0,4mm (Ver figura 38).	La falta de recubrimiento, el agrietamiento y las condiciones ambientales del lugar aumentan la vulnerabilidad a la corrosión del acero de refuerzo, incrementando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.	Se recomienda identificar la extensión del problema de recubrimiento insuficiente y agrietamiento, reparar los daños existentes en el acero de refuerzo y corregir todas aquellas deficiencias del tipo estructural o constructivo que se detectaron en este Informe.

Tabla No. 6 (Continuación). Estado de conservación de la subestructura.

Elementos	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
<p>6.5 Pilón (Continuación)</p>	<p>En la viga CB3 (Viga cabezal del pilón) se observaron grietas diagonales de cortante en el extremo aguas abajo (Ver figura 39). La evidencia de registro fotográfico indica que este agrietamiento es anterior al terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste.</p> <p>En la viga CB1 (Viga superior del pilón) se observaron una serie de manchas oscuras verticales. El uso de la cámara de termografía infrarroja (Ver anexo D) mostró un diferencial de temperatura entre las zonas en donde se ubican las manchas y el concreto contiguo, lo cual podría ser evidencia de delaminación o vacíos en el elemento según lo indicado en la norma ASTM D4788-03 (Ver figura 40 y Anexo D).</p>	<p>El agrietamiento en el concreto aumenta la vulnerabilidad del acero de refuerzo a la corrosión.</p> <p>La delaminación en el concreto es evidencia de la presencia de un nivel alto de corrosión en el acero de refuerzo. Además, vacíos en el concreto evidencian deficiencias constructivas que aumentan la vulnerabilidad del acero de refuerzo a la corrosión.</p>	<p>Dada la importancia de esta viga para la integridad estructural del puente, se recomienda determinar si el acero de refuerzo presenta algún nivel de corrosión accediendo al mismo en algunas zonas puntuales y corregir en caso de ser así. Inyectar las grietas siguiendo las recomendaciones del fabricante del producto a utilizar.</p> <p>Se recomienda se determine el estado de la viga CB1 para descartar presencia de delaminación o vacíos en el concreto.</p>
<p>6.6 Cimentaciones</p>	<p>El Caisson del pilón mostró evidencia de acero de refuerzo con insuficiente recubrimiento y corrosión (Ver figura 41). Además, se observó agrietamiento con una configuración aletaoria en la superficie superior (Ver figura 42).</p> <p>No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de las pilas y bastiones.</p>	<p>La falta de recubrimiento, el agrietamiento y las condiciones ambientales del lugar aumentan la vulnerabilidad a la corrosión del acero de refuerzo, incrementando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	<p>Se recomienda identificar la extensión del problema de recubrimiento insuficiente y agrietamiento, reparar los daños existentes en el acero de refuerzo y corregir todas aquellas deficiencias que se detectaron en este Informe.</p>



Figura 1: Faltante de elementos horizontales así como de tuercas y arandelas en la barrera vehicular.



Figura 2: Puntos de soldadura en pernos de anclaje de la barrera vehicular que no garantiza adecuado funcionamiento y dañó el galvanizado de los elementos.



Figura 3: Guardavías no estaban anclados al pretil rígido del puente, caso de guardavía en acceso suroeste.



Figura 4: Deterioro o pérdida del sello de neopreno en las separaciones de expansión de aceras y parapeto, así como acumulación de sedimentos y maleza.

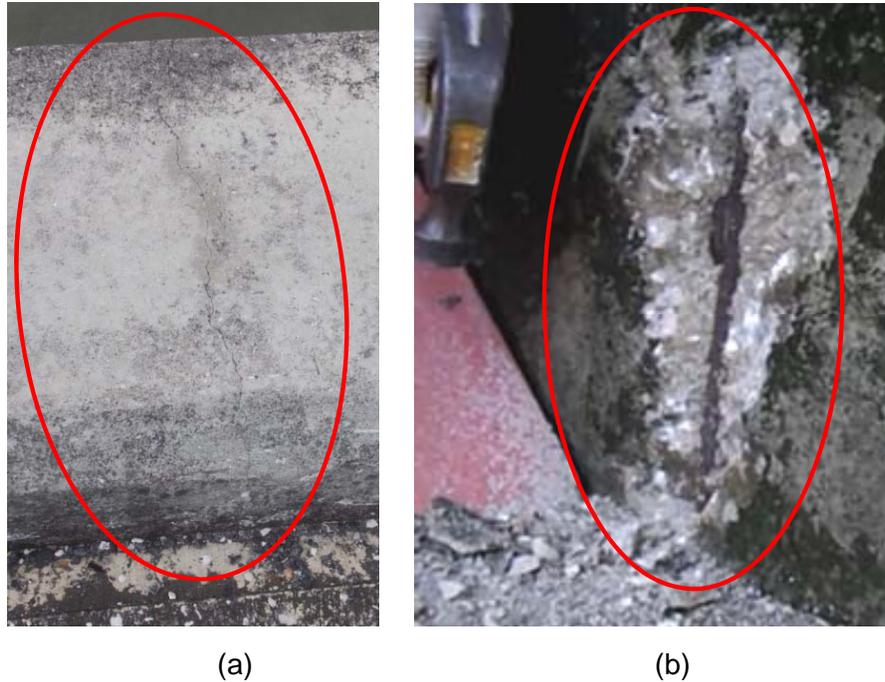


Figura 5: Aceras y parapeto: (a) Agrietamiento transversal y longitudinal; (b) Concreto de fácil desprendimiento y acero de refuerzo corroído.



Figura 6: Daños en el sistema de iluminación: poste faltante, luminaria dañada y varios postes con el cableado alterado.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 39 de 136
--------------------------------	---	------------------



Figura 7: Faltante de luminarias que forman parte de la arquitectura del puente.

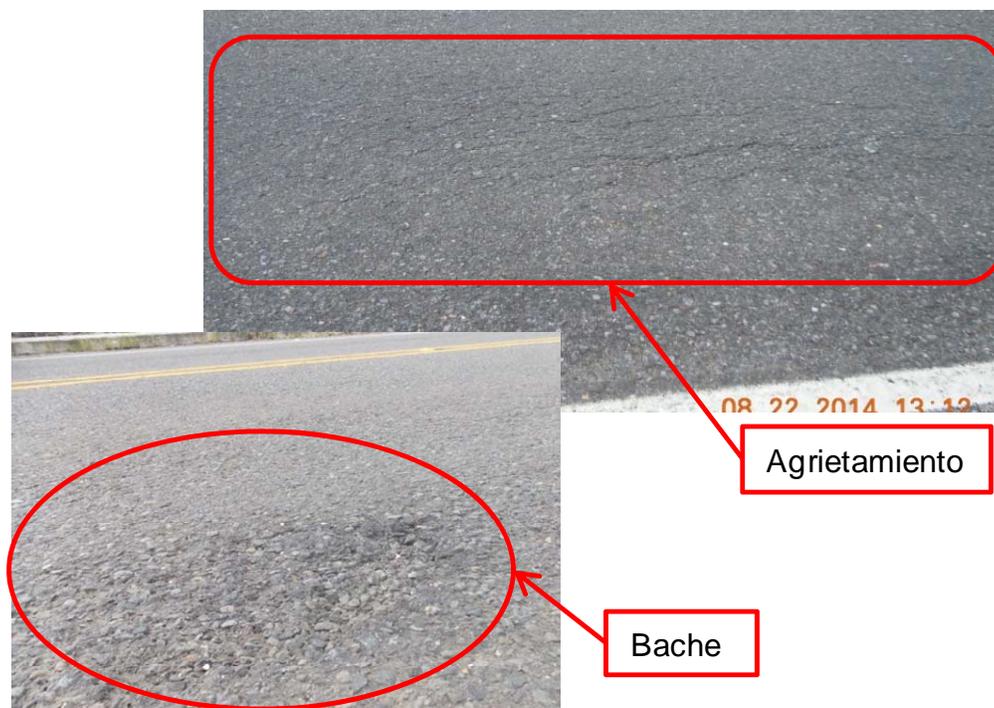


Figura 8: Baches por desprendimiento de material así como agrietamiento por fatiga en la superficie de rodamiento.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 40 de 136
--------------------------------	---	------------------



Figura 9: Grieta transversal en la superficie de rodamiento de viga continua tipo cajón.



Figura 10: Acumulación de sedimento y maleza a lo largo de los bordillos.

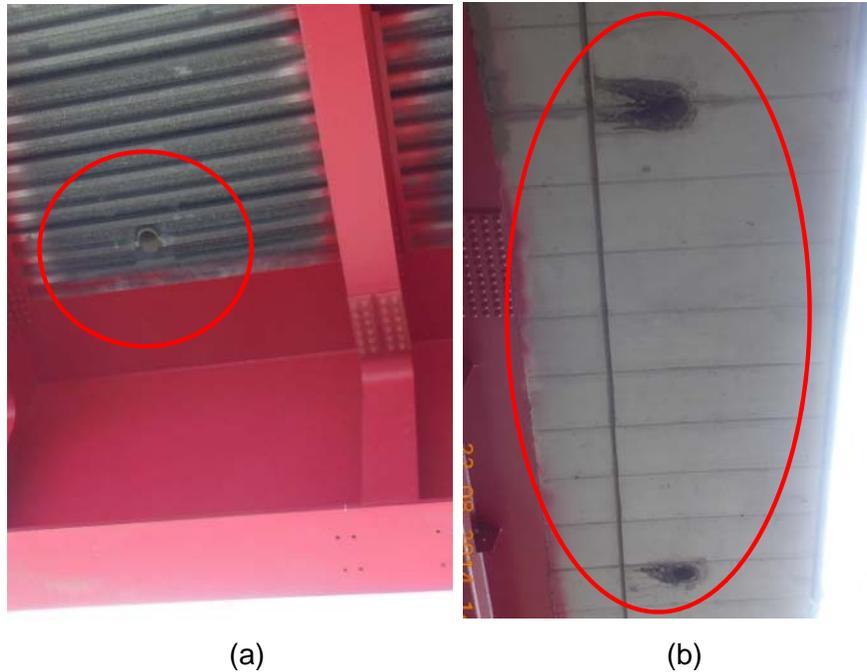


Figura 11: Ausencia de tubos de extensión en los ductos de drenaje: (a) Superestructura atirantada; (b) Viga continua tipo cajón.



Figura 12: Desprendimiento de concreto y acumulación de sedimentos en junta de expansión sobre bastión A2.

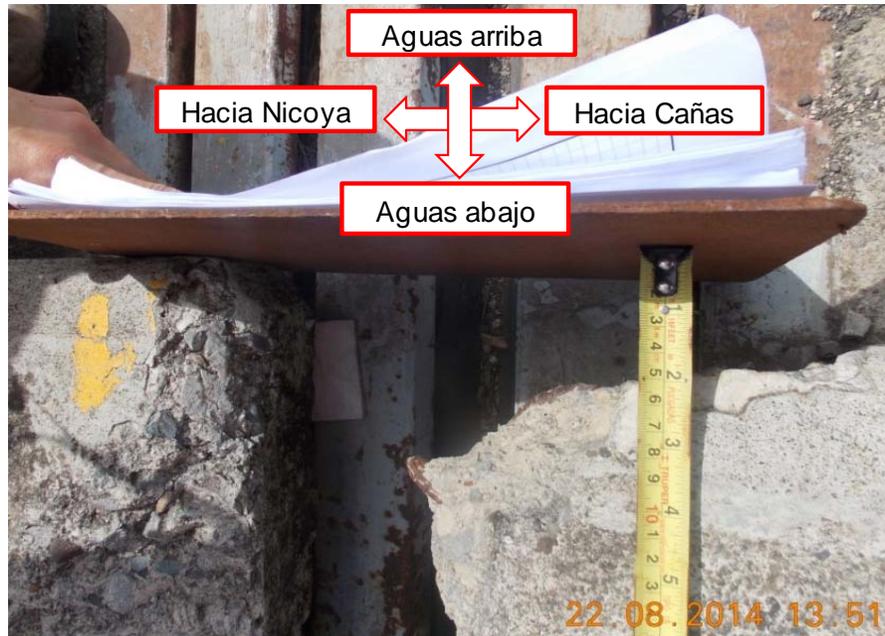


Figura 13: Medición del desplazamiento transversal relativo de aproximadamente 4cm en junta de expansión sobre pila P8, caso aguas abajo.

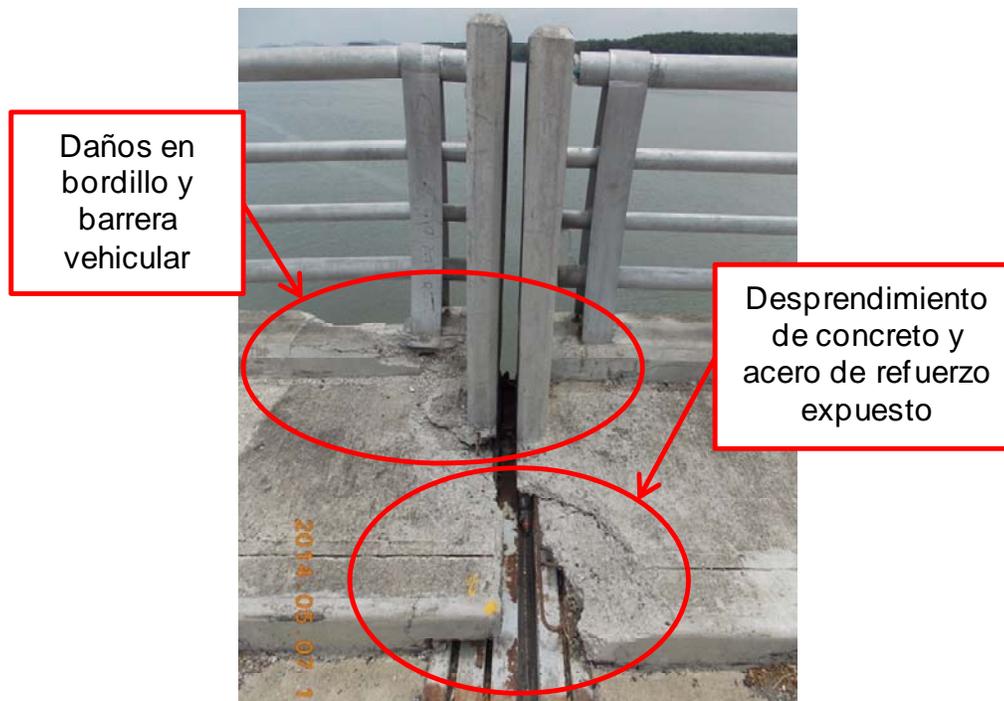


Figura 14: Desprendimiento de concreto, acero de refuerzo expuesto y daños en bordillo y barrera vehicular en junta de expansión sobre pila P8, caso aguas arriba.

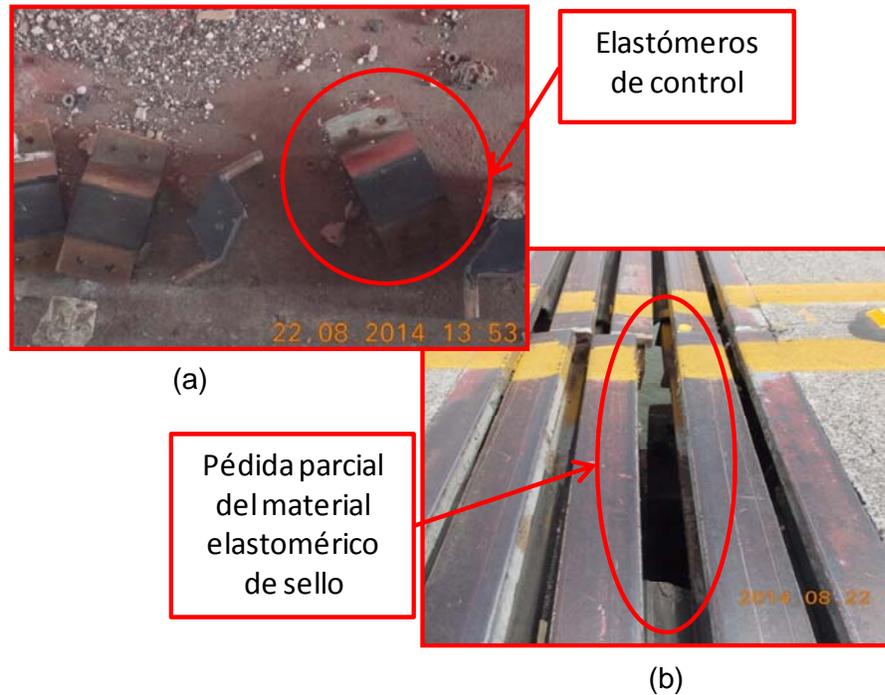


Figura 15: Junta de expansión sobre pila P8: (a) Desprendimiento de elastómeros de control; (b) Desalineamiento, corrosión y pérdida parcial del material elastomérico de sello.



Figura 16: Desprendimiento del concreto, acero de refuerzo expuesto, acumulación de sedimentos y deterioro de vigas longitudinales en junta de expansión sobre pila P4.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 44 de 136
--------------------------------	---	------------------



Figura 17: Junta de expansión sobre bastión A1 parcialmente rellena con mezcla asfáltica, así como agrietamiento y desprendimiento del concreto en los extremos.



Figura 18: Ausencia de demarcación horizontal y captaluces en acceso noreste.

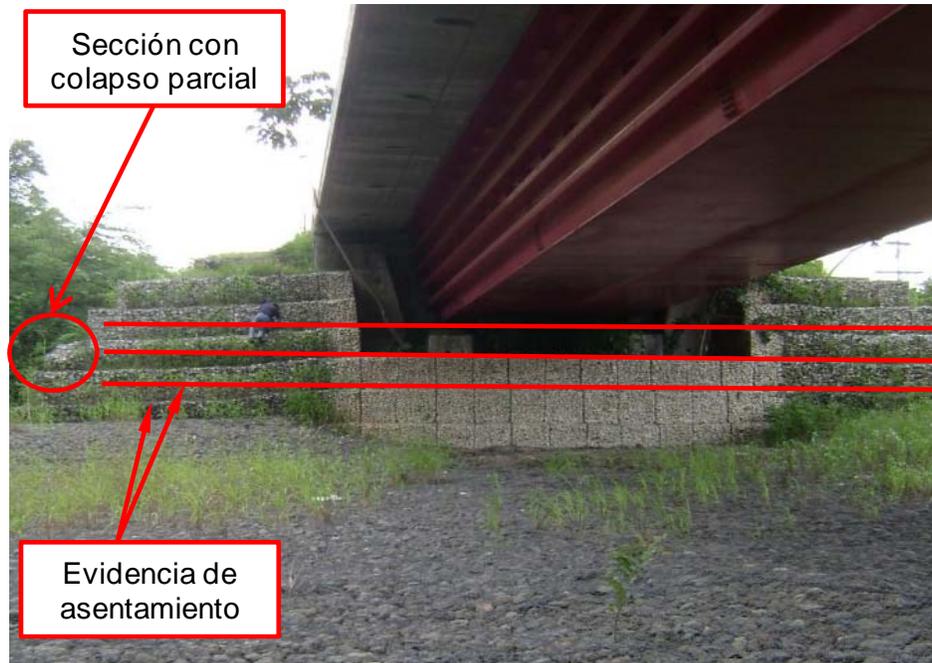


Figura 19: Evidencia de asentamiento y colapso parcial en muro de gaviones, acceso noreste.



Figura 20: Grieta en losa de concreto e inclinación en muro de gavión sobre muro de retención aguas abajo, acceso noreste.



Figura 21: Deterioro del sistema de protección de pintura en anclajes de cables atirantados.



Figura 22: Zonas puntuales de corrosión, caso de base del alma de anclaje de cables atirantados.



Figura 23: Zonas puntuales de corrosión, caso de base del ala de anclaje de cables atirantados.

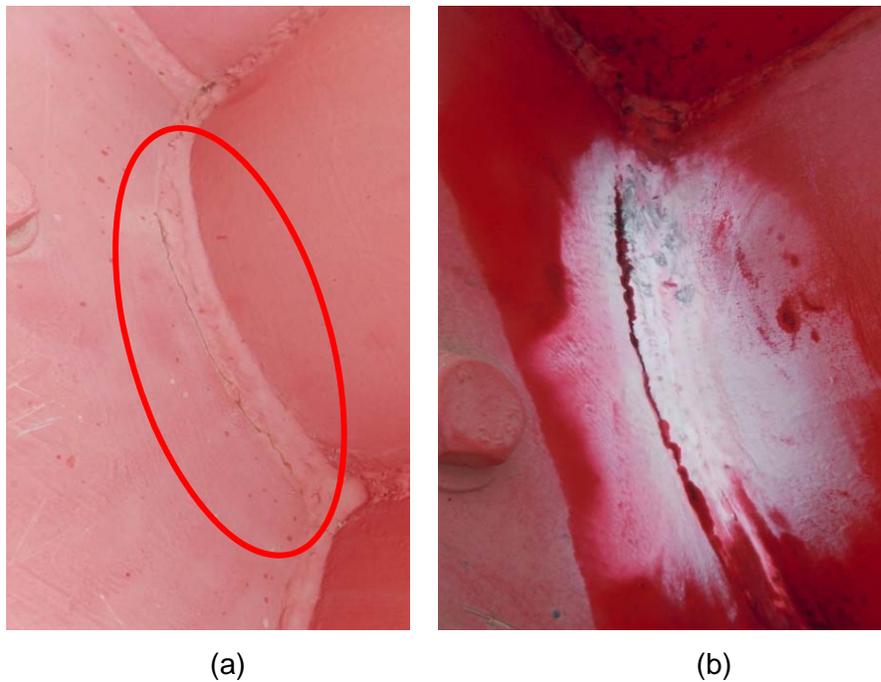


Figura 24: Grietas en la base de de ductos de penetración: (a) Ejemplo de una grieta; (b) Evidencia de grieta por fatiga por medio de líquidos penetrantes.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 48 de 136
--------------------------------	---	------------------



Figura 25: Daño en capucha protectora de ducto de penetración; pérdida parcial del sistema de protección contra corrosión (grasa); delaminación en muros de protección de anclajes.

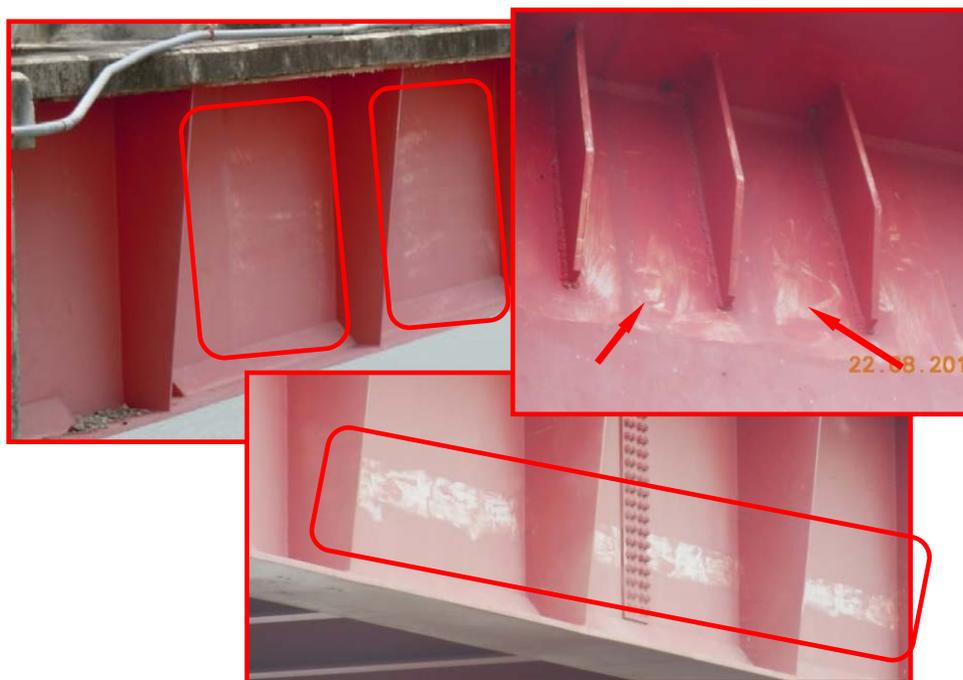


Figura 26: Deterioro del sistema de protección de pintura en vigas principales de acero de puente atirantado.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 49 de 136
--------------------------------	---	------------------



Figura 27: Deformación de aproximadamente 3cm en ala inferior a compresión de viga ubicada aguas arriba sobre pilón P9.



Figura 28: Agrietamiento y evidencia de delaminación en voladizo de losa de concreto.

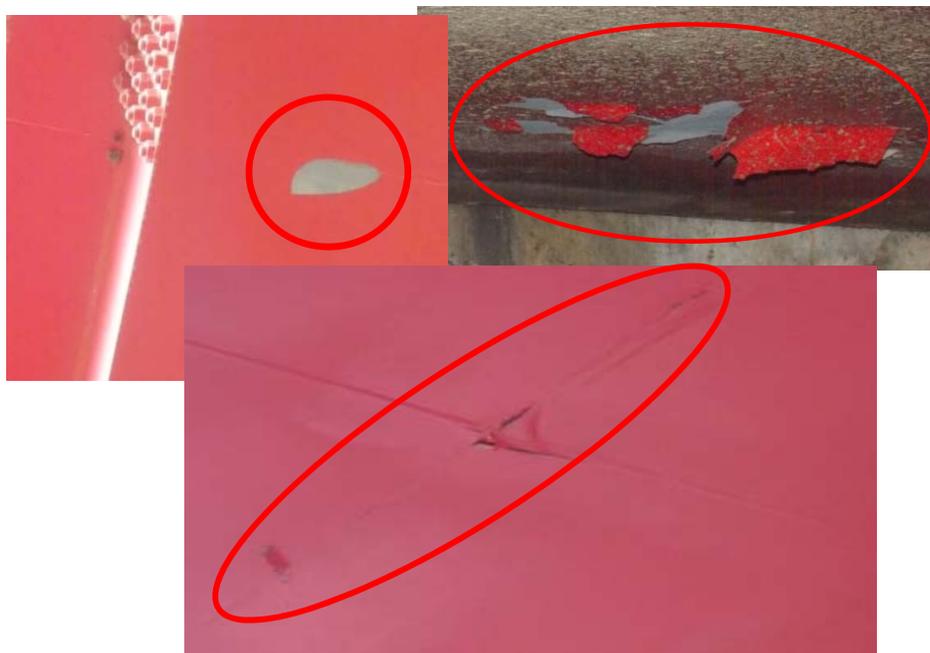


Figura 29: Deterioro o pérdida de capa superficial de sistema de protección de pintura en superficie inferior de viga continua tipo cajón cerca de acceso noreste.



Figura 30: Desprendimiento de concreto en pedestal de apoyo aguas arriba sobre pilón P9.



Figura 31: Acumulación de desechos sólidos y animales en apoyo tipo péndulo, bastión A2.



Figura 32: Zonas puntuales de corrosión en elementos críticos del apoyo.



Figura 33: Evidencia de inclinación de apoyo tipo péndulo en bastión A2.



Figura 34: Acumulación de sedimentos y filtración de agua, así como refuerzo con alto nivel de corrosión, bastión A1.



Figura 35: Grieta de aproximadamente 0,3mm de espesor en ambas juntas entre el cabezal y las llaves de cortante, bastión A1.



Figura 36: Acero de refuerzo con insuficiente recubrimiento y corrosión, así como evidencia de delaminación, bastión A2.



Figura 37: Evidencia de acero con insuficiente recubrimiento y corrosión en el pilón P9.



Figura 38: Agrietamiento transversal distribuido en toda la altura del pilón P9.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 55 de 136
--------------------------------	---	------------------



Figura 39: Grieta diagonal de cortante en viga CB3 (viga cabezal) del pilón P9.

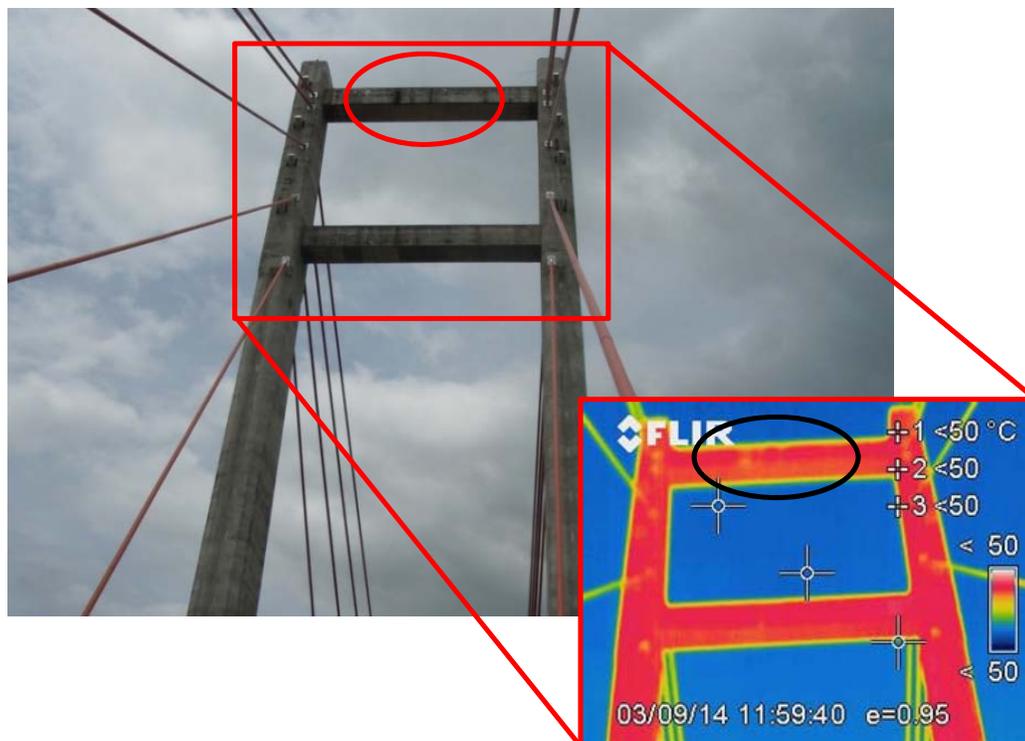


Figura 40: Evidencia de delaminación o vacíos en viga CB1 (viga superior) de pilón P9.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 56 de 136
--------------------------------	---	------------------



Figura 41: Evidencia de acero con insuficiente recubrimiento y corrosión en el Caisson.



Figura 42: Agrietamiento con configuración aleatoria en superficie superior del Caisson.

7. ANÁLISIS ESPECÍFICOS EN EL PUENTE

Debido a las características específicas del puente La Amistad de Taiwán y tomando en cuenta su importancia estratégica para la región de la península de Nicoya, la elevada inversión que representó, así como la falla que sufrió el anclaje de uno de los cables durante la fase constructiva según se indicó en la sección de *5 ANTECEDENTES DE INSPECCIÓN* de este Informe, se llevaron a cabo análisis específicos cuyos resultados se presentan a continuación.

7.1. Determinación del perfil de nivel de rasante

Una forma indirecta de monitorear la integridad estructural del puente es midiendo el perfil de rasante a línea centro, principalmente de la sección atirantada. Un nivel de rasante cuyo perfil varía más allá de los límites establecidos de acuerdo a un seguimiento de monitoreo en el tiempo, podría ser evidencia de pérdidas en las fuerzas de tensado de los cables, problemas en las vigas principales de acero de la superestructura, entre otras posibles deficiencias. Se debe considerar que el alcance de las conclusiones que se obtengan son únicamente desde el punto de vista del análisis y comparación visual que se lleve a cabo de los perfiles.

Es muy importante tener en cuenta que los distintos perfiles de nivel de rasante que se obtengan van a estar influenciados por los diferenciales de temperatura que se presenten en un mismo día o incluso con las variaciones que se dan anualmente. De acuerdo con los datos de diseño utilizados para el proyecto, en la ubicación del puente se pueden esperar diferenciales de temperatura de hasta $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Para el caso de la sección atirantada es de esperar que una elevación de la temperatura ambiente provoque un alargamiento de los cables mayor a la contraflecha que se genera en las vigas principales de acero, provocando por lo tanto que el perfil de rasante descienda, y viceversa cuando la temperatura desciende.

En el caso del análisis llevado a cabo en este Informe, se obtuvo el perfil del nivel de rasante a la mayor temperatura posible del día en que se realizó la inspección de fiscalización con fines comparativos.

Para obtener el perfil del nivel de rasante del puente se utilizó un escáner láser (Ver Anexo D) con el cual se obtuvo un modelo tridimensional del puente (Ver figura 43). Este modelo tridimensional permite obtener la dimensión que se desee, incluyendo por ejemplo la altura del pilón P9 o las dimensiones de su sección transversal, con una muy alta precisión. En este caso se utilizó el perfil del nivel de rasante a línea centro, así como los perfiles de ambos extremos de la sección transversal de la rasante para compararlos y determinar posible distorsiones angulares con respecto al eje longitudinal del puente.

En la figura 44 se puede observar el perfil del nivel de rasante a línea centro obtenido durante el escaneo realizado el día de la inspección de fiscalización, en donde la elevación se toma con respecto al nivel cero de los planos ("AS BUILT") del proyecto.

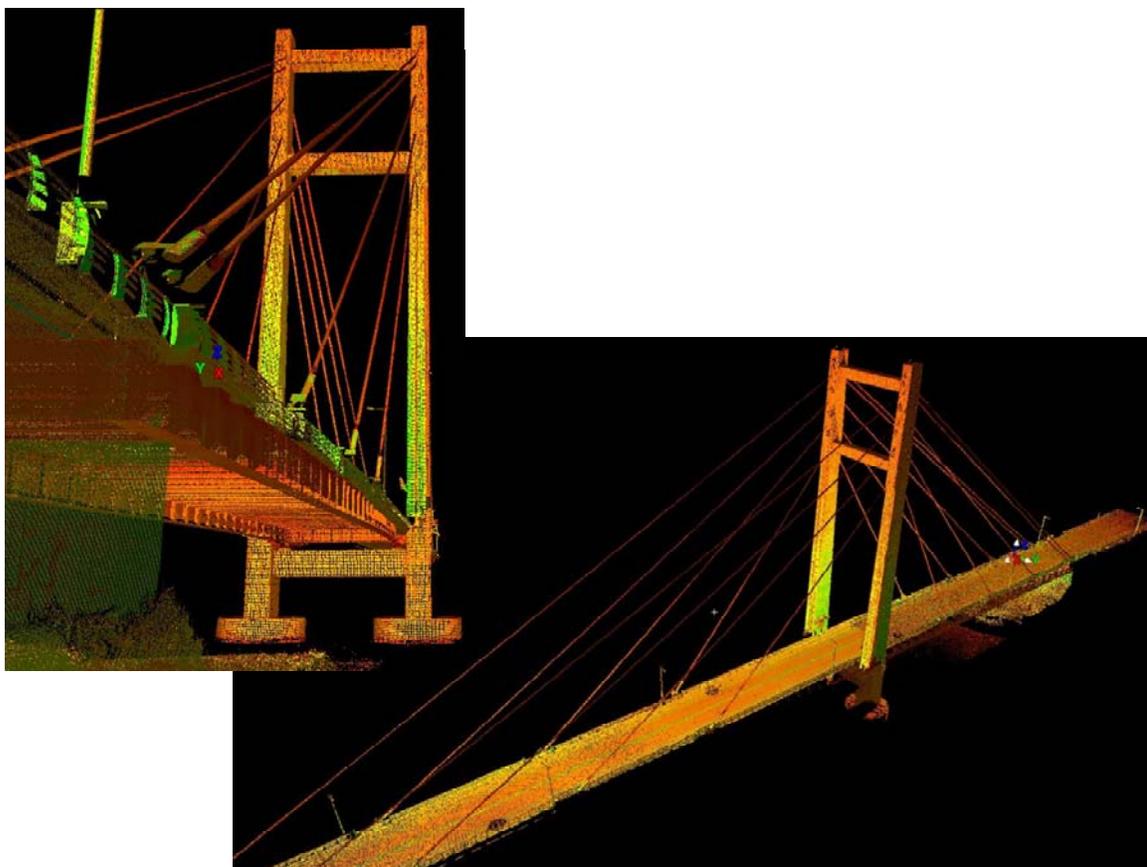


Figura 43: Vistas de la imagen tridimensional de la sección atirantada del puente obtenida por medio del escáner láser.



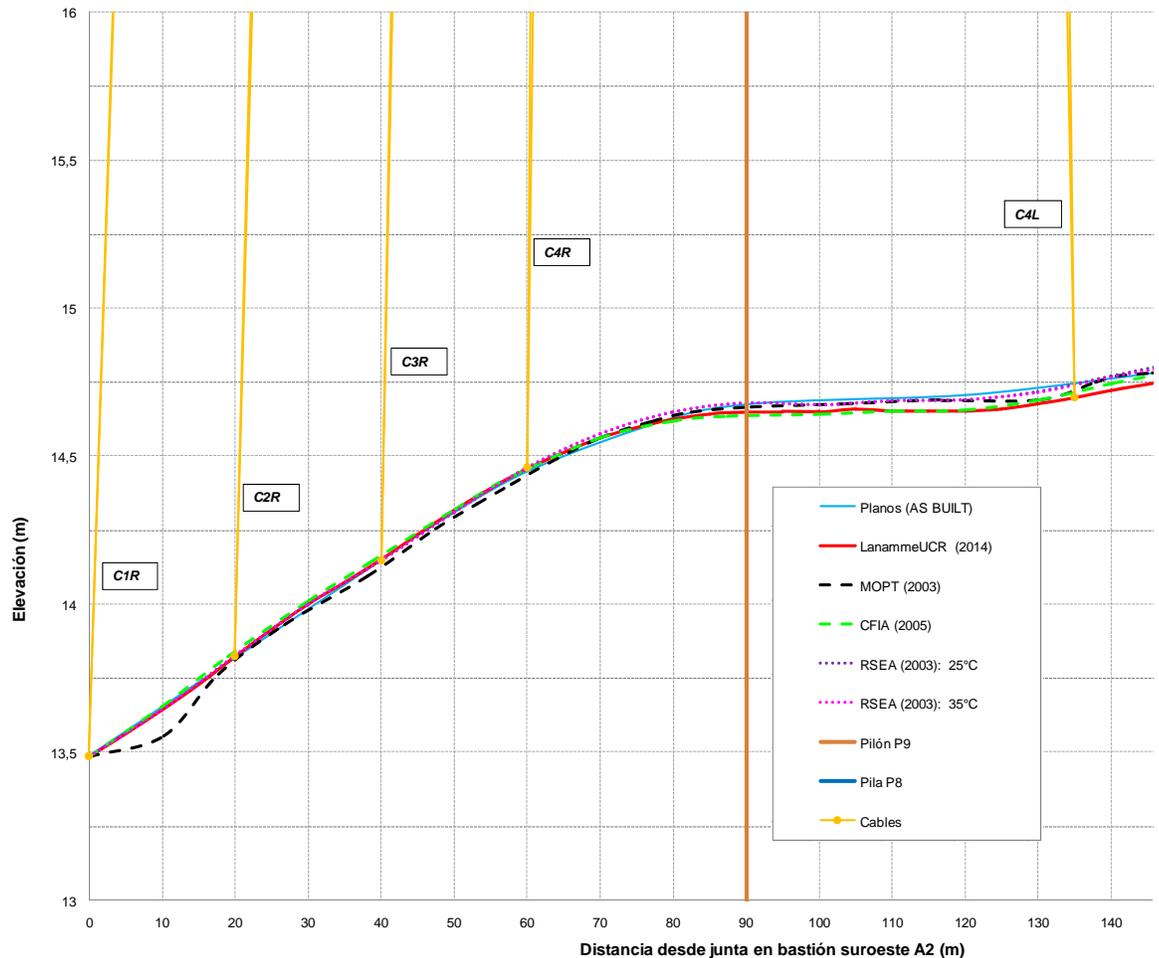
Figura 44: Perfil del nivel de rasante a línea centro de la sección atirantada del puente obtenido el 22 de octubre de 2014.

Dentro de la información analizada no fue posible tener acceso a los datos de la rasante original del puente que se tenía prevista al inicio del proyecto. Sin embargo, de la figura 44 es posible observar como en la sección ubicada entre el pilón P9 y la pila P8, que es la sección del puente en donde se ubica el anclaje C4L, se evidencia una deflexión vertical

permanente. Esta deflexión se mantiene aún luego de todos los trabajos de reforzamiento llevados a cabo en el puente posterior a la falla del anclaje C4L en la etapa constructiva (Ver sección 5 *ANTECEDENTES DE INSPECCIÓN* de este Informe). Lo anterior provoca que en la ubicación de la junta de expansión en la pila P8 exista una diferencia de pendientes importante, lo cual ya había sido reportado por Fernández (2005). Ambos efectos, deflexión permanente y diferencia de pendientes, hacen relevante la exigencia del respeto de la velocidad máxima de tránsito por el puente de 60km/h según las especificaciones de operación del proyecto, ya que velocidades de tránsito mayores aumentan el riesgo de provocar un deterioro más acelerado de los componentes de ambos puentes debido a las fuerzas de impacto que se generan, principalmente de la junta, y una disminución de la percepción de confort de los usuarios.

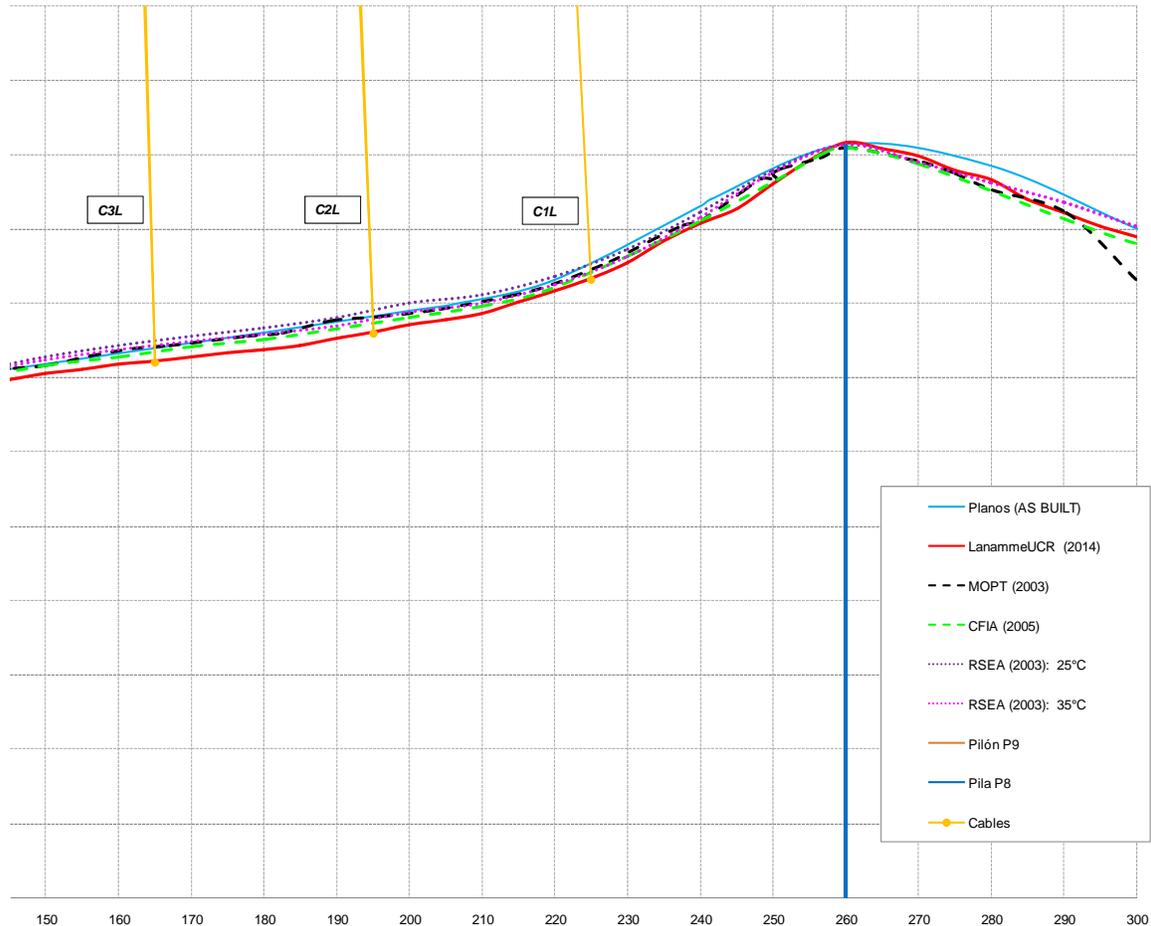
En la figura 45 se muestra una comparación entre varios perfiles de nivel de rasante a línea centro con respecto al obtenido en este Informe. Los perfiles mostrados son los siguientes:

- **Planos (“AS BUILT”)** = Perfil incluido en la lámina SC-001 de los planos (“AS BUILT”) del proyecto. No se especifica la temperatura a la cual se midió el perfil.
- **RSEA (2003): 25°C** = Perfil incluido en el documento *“The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwán”* (RSEA, 2003), medido a una temperatura de 25°C.
- **RSEA (2003): 35°C** = Perfil incluido en el documento *“The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de á”* (RSEA, 2003), medido a una temperatura de 35°C.
- **MOPT (2003)** = Perfil incluido en el documento *Evaluación Estructural de las Condiciones de Funcionamiento del puente La Amistad* (Fernández, 2005). No se especifica la temperatura a la cual se midió el perfil.
- **CFIA (2005)** = Perfil incluido en el documento *Evaluación Estructural de las Condiciones de Funcionamiento del puente La Amistad* (Fernández, 2005). No se especifica la temperatura a la cual se midió el perfil.
- **LanammeUCR (2014)** = Perfil de la figura 44 de este informe.



		Distancia desde junta en bastión suroeste A2 (m)														
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Elevación (m)	Distancia (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	LanammeUCR (2014)	13,486	13,642	13,825	14,003	14,152	14,317	14,456	14,561	14,625	14,648	14,651	14,654	14,653	14,677	14,724
Diferencia (cm)	Planos ("AS BUILT")	0,000	0,997	-0,712	-1,914	-0,218	-1,256	-0,818	-2,221	0,488	2,700	3,900	4,500	5,500	5,731	3,679
	RSEA (2003): 25°C	0,000	0,097	0,088	-0,113	-0,418	-0,422	0,682	1,379	2,488	3,200	2,400	3,400	3,900	4,181	4,680
	RSEA (2003): 35°C	0,000	0,097	0,088	-0,113	-0,418	-0,422	0,682	1,379	2,488	3,200	2,400	3,400	3,900	3,981	4,279
	MOPT (2003)	0,000	-8,740	-1,697	-2,459	-2,630	-2,372	-1,926	0,094	0,882	1,642	2,317	2,940	3,742	1,523	4,163
	CFIA (2005)	0,000	1,622	1,612	0,912	1,843	0,618	-0,021	0,191	-0,564	-1,136	-1,009	-0,118	0,378	1,531	2,148

Figura 45-A: Comparación de perfiles de nivel de rasante medidos a línea centro (**Nota:** Una diferencia positiva significa que el perfil está por encima del perfil de referencia; una diferencia negativa implica que está por debajo del perfil de referencia).



150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	Distancia (m)	Elevación (m)
14,764	14,795	14,819	14,846	14,883	14,929	14,966	15,042	15,139	15,269	15,403	15,540	LanammeUCR (2014)	
3,206	3,677	4,825	5,700	5,572	4,570	5,295	3,838	6,432	5,694	3,289	-0,400	Planos ("AS BUILT")	
5,656	6,277	7,075	7,200	6,872	7,170	6,269	5,038	4,532	3,993	4,489	-0,500	RSEA (2003): 25°C	
4,656	4,777	5,275	5,000	4,172	4,171	3,369	2,238	1,932	2,294	3,589	-0,500	RSEA (2003): 35°C	
2,773	4,460	4,821	4,828	6,018	3,770	4,138	2,487	3,406	1,099	3,499	-1,887	MOPT (2003)	
2,807	2,506	3,518	3,383	3,198	2,276	2,385	1,851	1,731	1,240	0,031	-1,723	CFIA (2005)	
													Diferencia (cm)

Figura 45-B: Comparación de perfiles de nivel de rasante medidos a línea centro (**Nota:** Una diferencia positiva significa que el perfil está por encima del perfil de referencia; una diferencia negativa implica que está por debajo del perfil de referencia).

En la figura 45 se muestra una tabla de comparación entre los perfiles ahí incluidos, en donde como referencia se establece el perfil obtenido por el LanammeUCR y mostrado en la figura 44 de este Informe. Por cada estación con una separación de 10m se muestra la diferencia en centímetros entre ese perfil específico y el perfil de referencia.

En la comparación de los perfiles de la figura 45 se están reflejando variables adicionales a la deflexión propiamente estructural del puente debido a las cargas permanentes y vehiculares, como por ejemplo las diferencias en la deflexión debido a los cambios de temperatura, la incertidumbre y errores propios de las mediciones, entre otros. Aún así es posible ver como para el caso de la sección entre el pilón P9 y la pila P8, el perfil medido por el LanammeUCR muestra las mayores deflexiones, teniendo un valor máximo de diferencia de 5,275cm con respecto al perfil medido a una temperatura de 35°C, la cual es una temperatura elevada (La máxima temperatura esperada según los datos del proyecto es de 38°C). Adicionalmente se puede ver como en el punto de ubicación del pilón P9 hay diferencias de 2,7cm y 3,2cm con respecto a los perfiles medidos por parte de RSEA apenas finalizada la etapa constructiva.

Con el objetivo de tener suficiente información para concluir sobre la condición estructural del puente a partir de la comparación en la medición de las deflexiones, se recomienda:

1. Implementar un sistema de monitoreo topográfico periódico y sistemático que considere cambios de temperatura, para identificar las variaciones en la deflexión del puente y sus implicaciones.
2. Monitorear la elevación del pilón P9. Como alternativa al uso del perfil del nivel de rasante con este objetivo, y tomando en consideración un posible cambio de la superficie de rodamiento que implique la pérdida de las medidas de referencia, se proponen los puntos PV1 y PV2 según se muestra en las figuras 46 y 47. Los valores de elevación de referencia se muestran en la Tabla No.7.

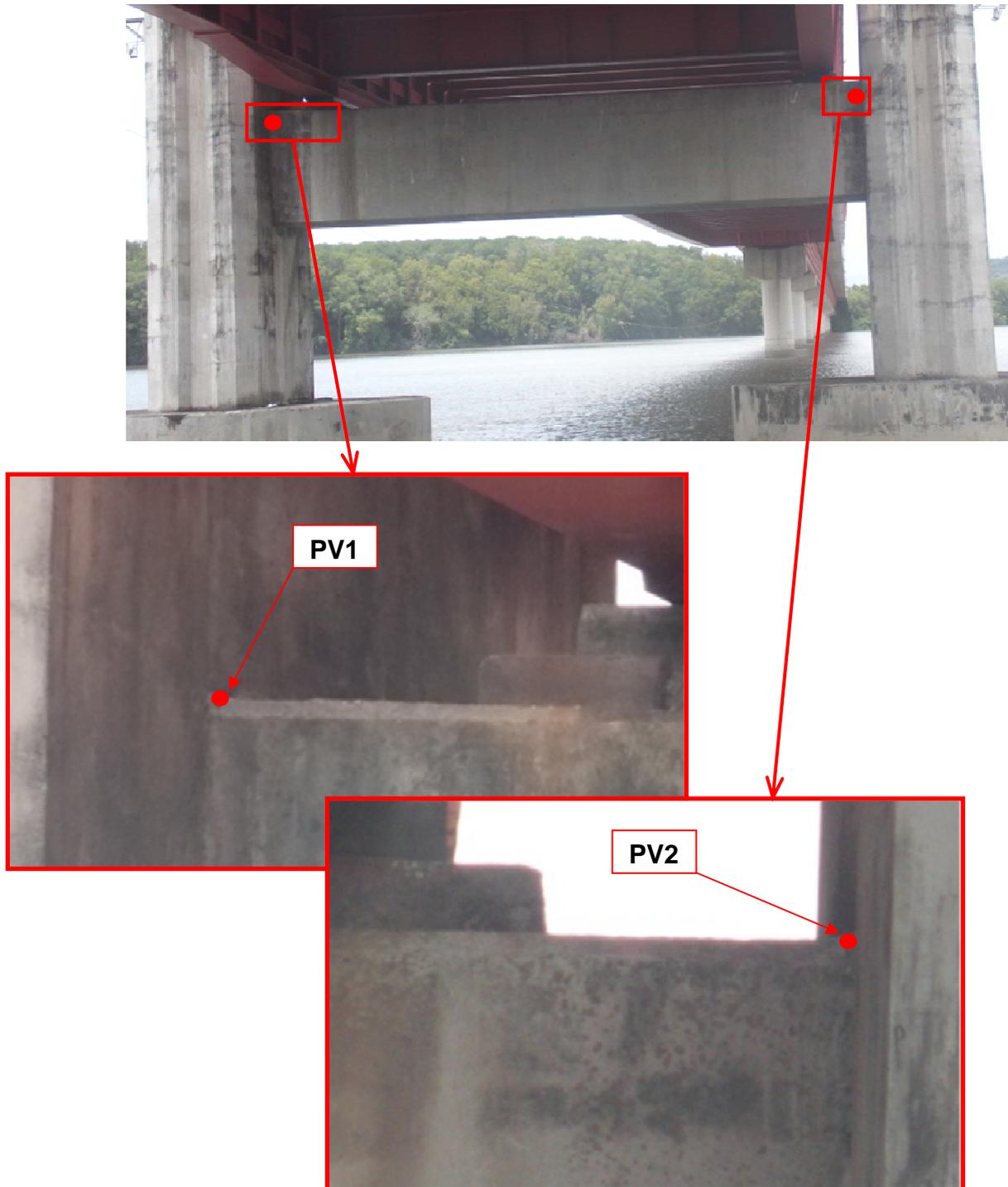


Figura 46: Ubicación de los puntos de referencia propuestos en el pilón P9.

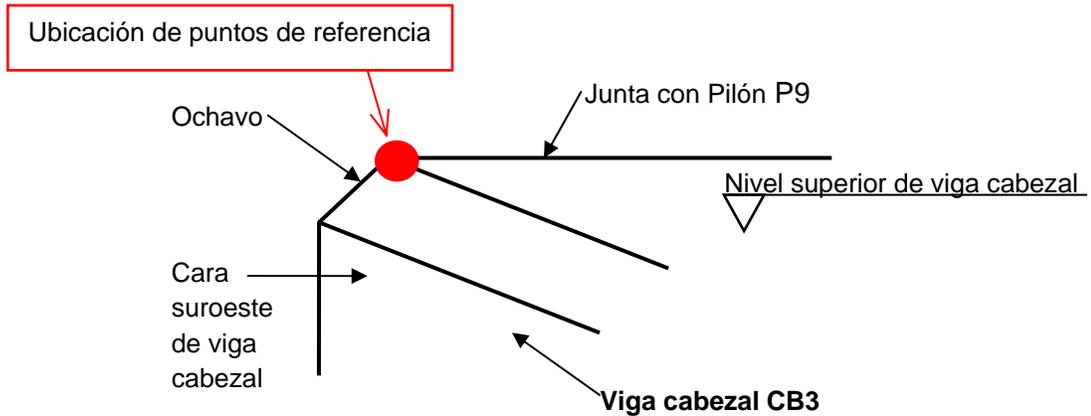


Figura 47: Esquema en isométrico de la ubicación de los puntos de referencia.

Tabla No. 7. Elevación de los puntos de referencia con respecto a la elevación cero de los planos "AS BUILT" del proyecto.

Punto	Elevación (m)
PV1	11,145
PV2	11,154

7.2. Evaluación del estado de la losa de concreto y superficie de rodamiento.

7.2.1. Evaluación del estado de la losa de concreto

En la evaluación de la condición de la losa de concreto del Puente La Amistad de Taiwán, se utilizó el equipo denominado Geo-Radar de Penetración (GPR) que cuenta con una antena cuya frecuencia media es de 2 GHz (Ver figura 48 y Anexo D), la cual permitió identificar la ausencia o presencia de deterioro en el concreto o en el acero en o sobre el nivel de la capa superior del refuerzo de la losa, utilizando como referencia la norma ASTM D 6087-08 "*Evaluating Asphalt-Covered Concrete Bridge Decks Using Ground Penetrating Radar*". La razón para utilizar este método, es que es posible obtener información sobre la condición de la losa de concreto sin la necesidad de remover la superficie de rodamiento asfáltica o del uso de otros procedimientos destructivos.



Figura 48: GPR con antena de 2GHz utilizada en el puente La Amistad de Taiwán.

Para el análisis de este puente se realizaron 4 levantamientos de información con el GPR, dos por sentido, los cuales se ubican en la huella derecha de conducción y entre 20cm a 30cm de la línea de centro como se muestra en la figura 49. Las flechas blancas indican el sentido de avance del vehículo a la hora de obtener la información y los números identifican el número de corrida.

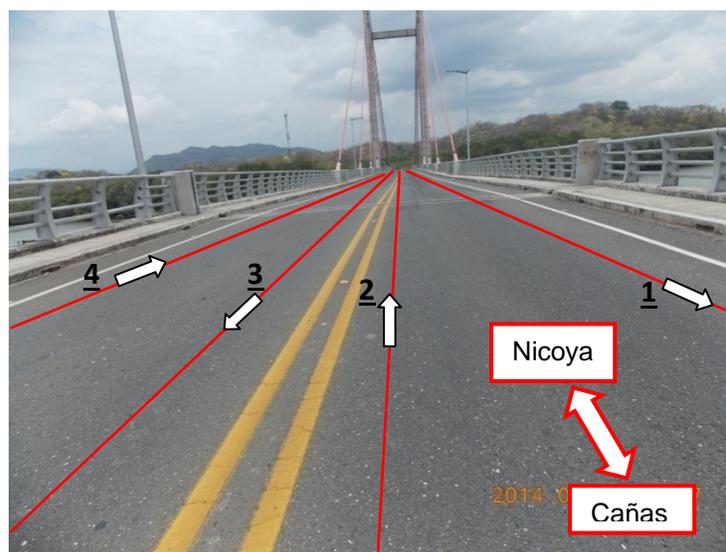


Figura 49: Levantamiento de información con GPR.

Del análisis realizado, se obtuvieron los siguientes resultados:

- i. En la figura 50 se puede observar la detección de las juntas de expansión del puente. En la figura 50.a) se puede observar como posterior a la junta de expansión en la pila P8, se evidencia una variación considerable en los espesores de la losa y superficie de rodamiento (desde los 260m hasta aproximadamente los 300m desde el bastión A2) no detectada en ninguna otra sección del puente, por lo que se considera recomendable realizar análisis adicionales en esa zona para verificar la condición mostrada, como por ejemplo, extracción de uno o varios núcleos. La disminución de los espesores indica una zona con mayor propensión a sufrir daños estructurales por fatiga del material ante las cargas vehiculares.

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 68 de 136
--------------------------------	---	------------------

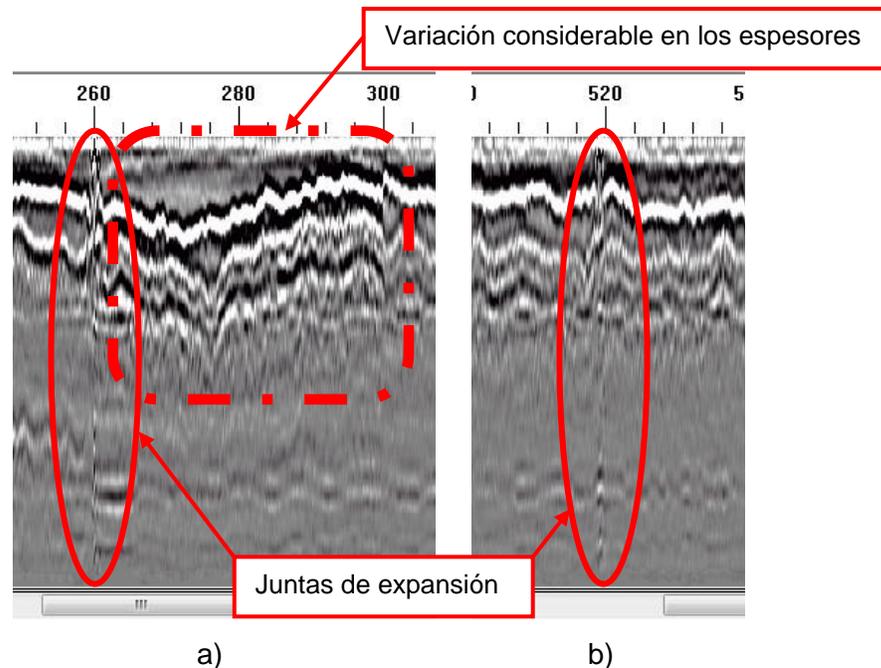


Figura 50: Ubicación de juntas expansión: a) Sobre pila P8; b) Sobre pila P4

- ii. Se pudo estimar la posición del refuerzo superior transversal a una profundidad media de 11 cm a partir de la superficie de rodamiento, lo cual coincide con lo indicado en planos ("AS BUILT"). A esta misma profundidad es a la cual se evaluó la ausencia o existencia de evidencia de deterioro en el concreto o acero.
- iii. A lo largo de la longitud de 260m de la sección atirantada del puente, entre la pila P8 y el bastión A2, se utilizó la metodología y el análisis indicado en la norma ASTM D6087-08 con la información adquirida por medio del GPR. Los resultados obtenidos indicaron que no hay evidencia de delaminación en el refuerzo transversal superior en este tramo del puente.
- iv. Tomando como punto de partida la margen derecha del puente (del lado de Nicoya), en la figura 51 se presenta la ubicación de juntas de construcción entre las pilas P1 y P3 detectadas por medio de la información adquirida a través del GPR. Estas juntas no reflejan ningún deterioro evidente hacia la superficie de rodamiento asfáltica, ni siquiera agrietamiento. Sin embargo, son zonas vulnerables al deterioro por lo que se recomienda su inspección periódica.

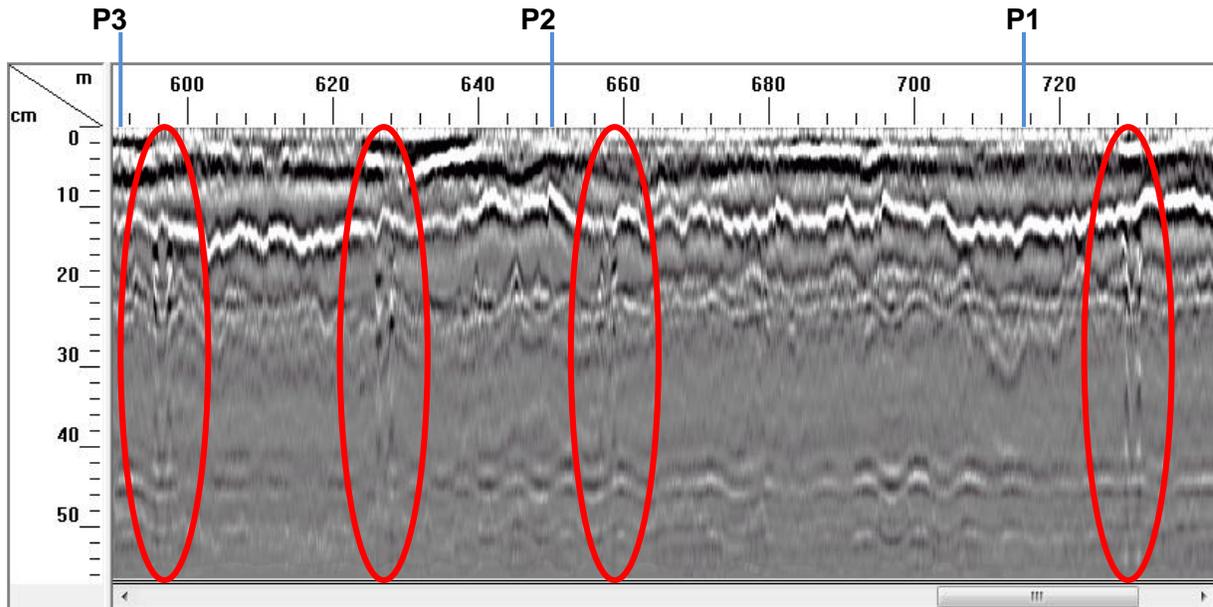


Figura 51: Ubicación de juntas constructivas.

7.2.2. Evaluación de la superficie de rodamiento del puente

Los detalles del equipo de Toma de Imágenes Georeferenciadas o GEO-3D utilizado (Ver Anexo D), y la metodología seguida de evaluación aparecen en la *Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13*, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

En el Anexo F se muestra una tabla con la descripción de los deterioros típicos en carreteras de pavimento flexible así como los distintos niveles de daño asociados, la cual fue tomada como referencia para la evaluación de la superficie de rodamiento asfáltica del puente.

En la Tabla No. 8 se presenta el detalle por deterioro según su gravedad encontrados en la superficie de rodamiento del puente. La presencia de deterioros tales como *Desprendimiento de agregados* y *Piel de Lagarto* en la superficie de rueda, puede representar un riesgo desde

el punto de vista de seguridad vial puesto que al haber desprendimiento de material puede provocar daños a los vehículos y generar huecos que comprometan el tránsito normal sobre la capa de rodadura; aunado a esto, estaría ingresando agua a la losa de concreto del puente, lo que permitiría que esta, en presencia de grietas o zonas con carbonatación, alcance a los elementos de acero que forman parte de la estructura de estas losas. Aún así, el deterioro observado en la superficie de rodamiento presenta una buena condición con porcentajes de área pequeños y severidad baja, convirtiendo a la capa de ruedo en un buen candidato para tratamiento de preservación.

Tabla No. 8. Detalle deterioros encontrados en la superficie de rodamiento asfáltica del puente La Amistad de Taiwán.

Deterioro	Gravedad (m ²)	
	Bajo	Medio
Bacheo	82,2	0,79
Desprendimiento de agregados	203,68	160,07
Exudación		0,67
Grieta long y transversal	1,58	
Piel de lagarto	170,25	
Total general	457,71	161,53

A partir de los resultados de ambos análisis se recomienda:

1. Realizar un análisis complementario con otros equipos de ensayos no destructivos (END) para verificar la ausencia de delaminación en la losa de concreto del puente.
2. Valorar la posibilidad de realizar intervenciones en la superficie de rodamiento tipo tratamiento de preservación como "*slurry seals*", sellado de grietas u otros, tendientes a restituir la condición original de la superficie de rodamiento y brindar una mejora desde el punto de vista funcional.

8. GESTIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PUENTE

El contratista responsable del diseño y construcción del puente La Amistad de Taiwán sobre el río Tempisque, la compañía taiwanesa RSEA, entregó a la Administración el documento “*Operation & Maintenance Manual*” (RSEA, 2003) una vez finalizado el contrato del proyecto, el cual es un manual que incluye los trabajos que como **mínimo** se consideró eran necesarios para mantener un adecuado funcionamiento del puente a lo largo de toda su vida útil de servicio.

En la figura 52 se puede observar un esquema general del contenido de dicho documento, en donde se agrupan los distintos componentes del puente.

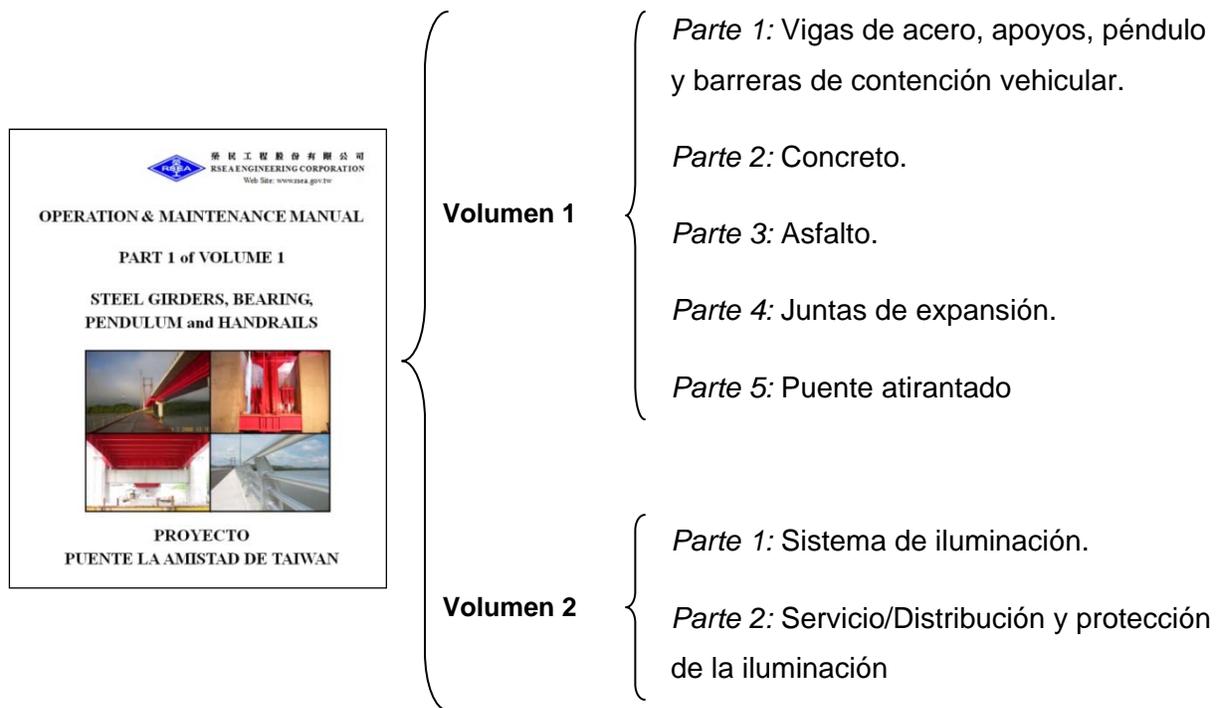


Figura 52: Esquema general del contenido del documento “*Operation & Maintenance Manual*” (RSEA, 2003) del puente (Traducción del autor).

Cada una de las partes componentes de los dos volúmenes incluye el siguiente contenido básico (Traducción del autor):

- i. *Introducción:* Se realiza una descripción de los diferentes tipos de inspección que se deben llevar a cabo en ese componente específico, la frecuencia con la que se deberían ejecutar y que incluye. Por ejemplo, en el caso de la *Parte 1* (Ver figura 52) se especifican las siguientes inspecciones: cada seis meses, anuales, inspección inmediata, y cada 10 años; pero en el caso de la *Parte 5* (Ver figura 52) se especifican las inspecciones: superficiales o simples anuales, detalladas cada 3 años, e inspecciones por razones especiales cuando sea requerido.
- ii. *Descripción y función:* Se hace una descripción general de ese componente específico en donde se incluyen propiedades de los materiales, geometría, una descripción de su función en el desempeño del puente, entre otros datos.
- iii. *Mantenimiento y reparación:* Las tareas de mantenimiento y reparación para ese componente específico, según cada uno de los posibles daños o deficiencias que allí se describen.
- iv. *Lista de subcontratistas y proveedores:* Una lista de subcontratistas y proveedores en donde se incluye el producto o servicio que suministraron, el nombre de la compañía, país de origen y datos de contacto.
- v. *Anexos:* Documentos adicionales requeridos para cada componente específico

Es criterio del LanammeUCR que la Administración como responsable del activo, debía implementar como **mínimo** los requerimientos de operación incluidos en dicho manual, ejecutando un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los distintos componentes del puente, según la frecuencia requerida.

De la inspección de fiscalización realizada en el puente y de acuerdo a lo indicado en las Tablas No.2 a No.6 de la sección 6 *ESTADO DE CONSERVACIÓN Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE* de este Informe, se evidencia que la operación y mantenimiento del puente por parte de la Administración ha sido insuficiente, limitándose a trabajos menores y dejando de lado el mantenimiento de componentes estructurales y no estructurales esenciales del puente, tal es el caso de los apoyos, las juntas de expansión, la iluminación, las vigas principales de acero, el sistema de protección de pintura, los cables y sus anclajes, el pilón y las pilas, entre otros no menos importantes.

La falta de mantenimiento oportuno de los distintos componentes del puente según la frecuencia con que en cada caso se requiere, aumenta la vulnerabilidad de los elementos al deterioro, lo cual con el tiempo aumenta los respectivos costos de mantenimiento y reparación. Lo anterior conlleva adicionalmente un aumento en el riesgo de falla de componentes críticos del puente, lo cual podría llevar al cierre del paso por un tiempo no definido o incluso el colapso de la estructura, con todas las respectivas implicaciones.

Una forma determinística simple de establecer la condición de conservación de un puente es midiendo la depreciación del mismo (Kleywegt, 2010), considerándolo un activo cuyo valor debería constar en los estados contables financieros del país. Esta se puede calcular por medio de la vida útil de servicio esperada, su edad actual, y una función característica que modele la depreciación (Kleywegt, 2008). Si se considera en este caso una vida útil de servicio esperada igual a la vida de diseño, la cual basándose en AASHTO LRFD (2012) es de 75 años, y se utiliza una función de depreciación parabólica (Kleywegt, 2010), se obtiene el ejemplo de curva de depreciación mostrado en la figura 53, la cual no considera los efectos sobre la estructura de errores constructivos y de eventos extremos como es el caso de terremotos, los cuales aceleran el deterioro y disminuyen aún más el valor contable.

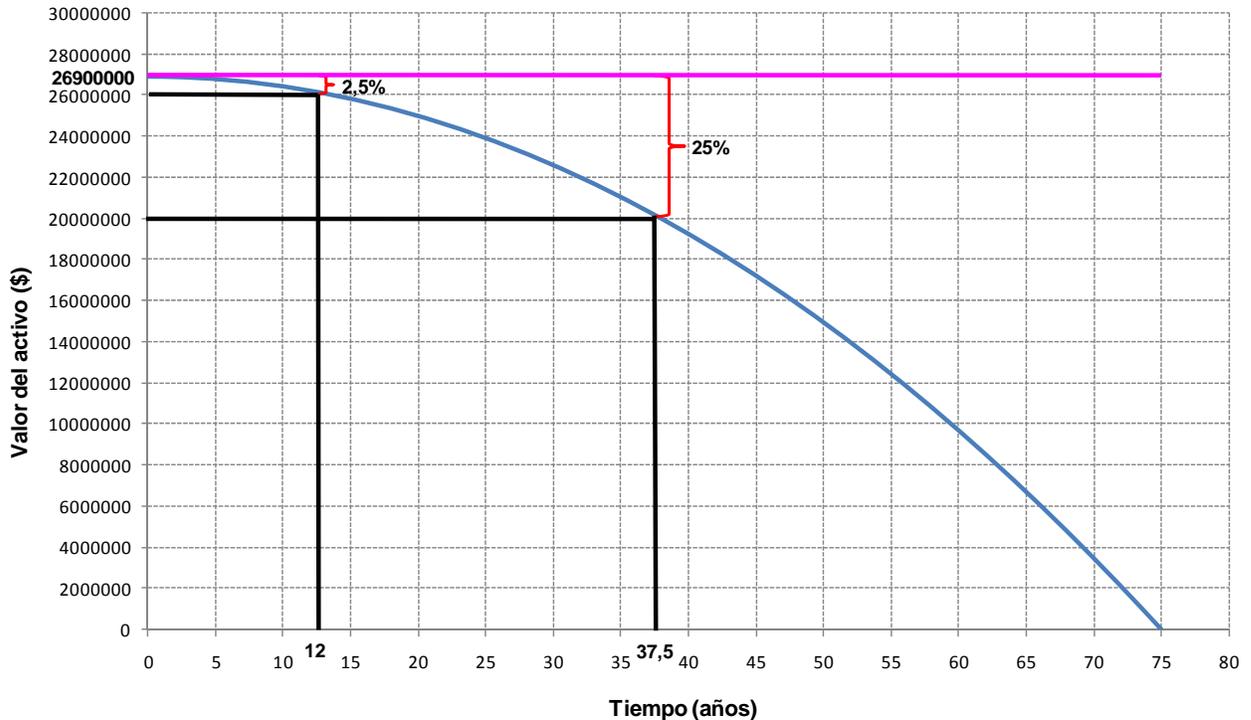


Figura 53: Ejemplo de curva de depreciación del puente La Amistad de Taiwán.

El valor inicial del puente fue de \$26 900 000 (RSEA, 2003), y como se puede observar de la figura 53 este valor del activo disminuye con el tiempo si no se realizan labores de mantenimiento y reparación, tal es el caso del puente La Amistad de Taiwán, hasta llegar a un valor de cero al cumplir la vida útil de servicio esperada. El valor podría ser recuperado total o parcialmente por medio de inversión en tareas de reparación, mantenimiento y/o rehabilitación, y como se puede notar son los primeros años de servicio del puente en donde es necesaria menos inversión para poder alargar su vida útil, y por lo tanto es en donde las intervenciones son mas eficientes. Para un tiempo transcurrido de 12 años, la cual es la edad actual, el activo ha perdido un 2,5% de su valor original según este modelo, pero se puede observar que a partir de la segunda mitad de su vida útil la depreciación se acelera y es el restante 75% el que se presenta durante esta etapa, requiriendo costos de operación mucho mayores. Se debe tener en cuenta que, independientemente del modelo de depreciación que se utilice, la inversión necesaria para recuperar completa o parcialmente el

costo del activo es mayor al valor recuperado, ya que se deben considerar adicionalmente costos de estudios previos, diseño, administración de la construcción, entre otros.

Se considera que el puente La Amistad de Taiwán es una estructura vital de la Red Vial Nacional, con una solución estructural tan significativa y particular que la han convertido en un ícono no sólo de la zona de la península de Nicoya sino del país en general, y que además comunica una región estratégica y de gran dinamismo económico, las cuales son razones de peso para llevar a cabo acciones que permitan mantener la importante inversión realizada en su construcción.

Se debe tomar en cuenta además de que, sin dejar de lado la importancia del resto de la estructura, la sección atirantada del puente requiere de monitoreo e inspecciones muy específicas que son necesarias, tal es el caso de la determinación de la variación de la fuerza en los cables atirantados, y no hay evidencia de que en los 12 años de operación del puente se haya llevado a cabo algún estudio al respecto.

Se recomienda por lo tanto, empezar y mantener un programa general de mantenimiento periódico del puente en donde se incluyan como **mínimo** los requerimientos incluidos en el documento “*Operation & Maintenance Manual*” (RSEA, 2003). Para poder hacer esto, se recomienda atender las deficiencias indicadas en las Tablas No. 2 a No. 6 de la sección 6 *ESTADO DE CONSERVACIÓN Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE* de este Informe, las cuales en su mayoría son consecuencia del estado de abandono del puente.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la inspección visual del puente La Amistad de Taiwán sobre el río Tempisque ubicado en la Ruta Nacional No. 18. Las Tablas No. 2 a No. 6 resumen la condición de deterioro del puente y proveen algunas recomendaciones generales. La sección 7 presenta los resultados de análisis específicos realizados en la sección atirantada del puente. En la sección 8 se muestra un análisis de la gestión de la operación y el mantenimiento del puente por parte de la Administración.

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

- a. La sección atirantada del puente sufrió la falla de uno de los anclajes de los cables durante el proceso constructivo que requirió entre otras medidas un reforzamiento en distintos componentes de la estructura como lo son la viga principal de acero y los apoyos tipo péndulo. Aún así, esa sección del puente posee una deflexión permanente y no se han seguido por parte de la Administración las recomendaciones del estudio del CFIA (Fernández, 2005) concernientes a las consecuencias de la falla de dicho anclaje en el puente.
- b. La operación y mantenimiento del puente por parte de la Administración ha sido insuficiente, limitándose a trabajos menores y dejando de lado el mantenimiento de componentes estructurales y no estructurales esenciales del puente.
- c. Se observó deterioro del sistema de protección de pintura de los elementos de acero al punto de que en varias secciones se había perdido la capa superficial color rojo. Según lo indicado en el documento “The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan” (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado a la fecha mantenimiento alguno, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes, situación que se ve agravada por la presencia de condiciones salinas que aceleran la corrosión de los elementos expuestos.

- d. En la junta de expansión sobre la pila P8 se midió un desplazamiento transversal relativo de aproximadamente 4cm entre la sección atirantada y la sección de viga continua, el cual es consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámará, Guanacaste; lo anterior además generó daños en la acera y bordillo que coinciden con la junta, en donde se observa desprendimiento de concreto por aplastamiento y acero expuesto con evidencia de corrosión, y adicionalmente la barrera vehicular presenta elementos deformados y daños en el anclaje al bordillo. Adicionalmente, este desplazamiento relativo podría ser evidencia de que uno o varios de los apoyos ubicados en la pila P8 sufrieron daños durante el terremoto. La junta además presenta desalineamiento y corrosión en las vigas longitudinales de acero que la conforman, daños o pérdida parcial del material elastomérico de sello y pérdida parcial de los elastómeros de control que se unen a las vigas longitudinales de acero de la junta.
- e. Durante la inspección se pudo observar tránsito de varios tipos de vehículos a alta velocidad sobre el puente. Sin embargo, una condición de diseño y operación del puente es que la velocidad máxima de tránsito debe ser de 60km/h, requisito de mucha importancia para la zona de transición en la pila P8 incluyendo la junta allí ubicada. Una mayor velocidad de la permitida sumada a la diferencia de pendientes de esa sección provoca un deterioro más acelerado de los componentes de ambos puentes debido a las fuerzas de impacto que se generan y una disminución de la percepción de confort de los usuarios.
- f. En los apoyos tipo péndulo del bastión A2, los cuales son elementos críticos para el adecuado funcionamiento e integridad estructural del puente, se observó una acumulación considerable de desechos sólidos y animales cerca y sobre los apoyos, lo cual acelera el deterioro y además no permite una adecuada inspección de los componentes. Además, se observaron zonas puntuales de corrosión en distintos elementos críticos del apoyo.
- g. Se accesó a la base de algunos anclajes de los cables atirantados, los cuales son elementos críticos para el adecuado funcionamiento e integridad estructural del puente,

eliminando el sedimento acumulado y se detectaron zonas puntuales de corrosión tanto en el alma del anclaje como en el ala inferior.

- h. Se observó evidencia de recubrimiento insuficiente, agrietamiento, así como corrosión del acero y delaminación en el pilón P9, el bastión A2, el Caisson del pilón P9, en el extremo de la sección transversal de la losa de concreto, y en los muros de protección contra impactos vehiculares de los cables atirantados.
- i. No se observó evidencia de que los cables atirantados hayan sido inspeccionados o monitoreados desde la puesta en funcionamiento del puente a la fecha de la visita de fiscalización.

Por lo tanto, con el propósito de resolver los problemas observados se recomienda realizar las siguientes acciones:

1. Se recomienda cuidar que cualquier trabajo de mantenimiento, reparación o rehabilitación que se ejecute en el puente no aumente la carga permanente del mismo más allá del valor actual, a no ser que una magnitud mayor sea justificada por medio de un análisis y diseño estructural.
2. Empezar y mantener un programa general de mantenimiento periódico del puente en donde se incluyan como **mínimo** los requerimientos incluidos en el documento “*Operation & Maintenance Manual*” (RSEA, 2003).
3. Se recomienda que de inmediato se le brinde mantenimiento al sistema de protección de pintura del puente según lo indicado en el documento “*Operation & Maintenance Manual*” (RSEA, 2003), contando con la asesoría en materia de pinturas industriales, y siguiendo las recomendaciones del CR-2010 en aquellas acciones que sea necesario complementar.
4. Se recomienda sustituir la junta de expansión sobre pila P8 de inmediato por otra junta de desempeño igual o superior y acorde con los requerimientos de diseño y ambientales del puente, procurando la asesoría de un experto en juntas de expansión para puentes. Además, reparar los daños en la acera, bordillo y barrera vehicular.

Adicionalmente, se recomienda llevar a cabo una inspección detallada de los apoyos ubicados en la pila P8 y en general del estado de la superestructura y subestructura en esta sección del puente afectada por el terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámara, Guanacaste, para determinar las acciones a seguir.

5. Se recomienda implementar medidas efectivas para restringir la velocidad máxima sobre el puente a 60km/h.
6. Se recomienda limpiar exhaustivamente la zona del bastión A2 en donde se ubica el apoyo para poder llevar a cabo una inspección detallada del sistema de protección de pintura, soldadura, barras de acero, concreto, conexiones, cables, entre otros componentes. Una vez identificada la extensión de los daños, se recomienda que de inmediato se repare y se le brinde mantenimiento al apoyo según lo indicado en el documento *“Operation & Maintenance Manual”* (RSEA, 2003) del puente. Se recomienda además analizar y ejecutar formas efectivas de no permitir el ingreso de personas al interior del bastión A2 y de llevar a cabo control animal de forma regular, con el objetivo de evitar la acumulación de desechos y el deterioro del apoyo.

Se recomienda monitorear durante la siguiente inspección el estado de inclinación del péndulo, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.

7. Se recomienda que de manera urgente se estudie la extensión del daño por corrosión detectado en la base de los anclajes de los cables atirantados, se determinen sus implicaciones y de inmediato se ejecuten las medidas correctivas necesarias.
8. Se recomienda identificar la extensión del problema de recubrimiento insuficiente, agrietamiento, así como corrosión del acero y delaminación, observado en el pilón P9, en el bastión A2, en el Caisson del pilón P9, en el extremo de la sección transversal de la losa de concreto, y en los muros de protección contra impactos vehiculares de los cables atirantados. Reparar los daños existentes en el acero de refuerzo y corregir todas aquellas deficiencias del tipo estructural o constructivo que se detectaron en este Informe.

9. Ejecutar las labores de inspección y mantenimiento que recomienda el documento “*Operation & Maintenance Manual*” (RSEA, 2003) para el caso del puente atirantado, acorde con la periodicidad ahí indicada. Lo anterior incluye, pero no se limita, a: (a) La verificación de que los torones de alta resistencia no se han dañado por corrosión o esfuerzos de fatiga; (b) La verificación de que los cables atirantados están sometidos a la misma fuerza de tensión especificada en el diseño final. La fuerza puede ser verificada por métodos de vibración (del puente o directamente de los cables) o por medio del uso de un gato de postensión monotorón que permita verificar la fuerza de un torón individual por medio de las extensiones previstas en los anclajes del pilón P9. Estos trabajos deben ser ejecutados por empresas con capacidad demostrada para ejecutar este tipo de trabajos y con procedimientos aprobados por la Administración.

En conjunto con la verificación de la condición y fuerza de los cables atirantados y dado que no existe evidencia de que al puente se le haya dado mantenimiento y monitoreo en 12 años que tiene en servicio, se recomienda llevar a cabo una evaluación estructural del puente que permita determinar el efecto de los cambios en la normativa de puentes así como la variación de las cargas de tránsito, de manera tal que se concluya sobre la idoneidad estructural del puente y las medidas necesarias a seguir.

Adicionalmente, según lo indicado en el documento “*The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan*” (RSEA, 2003) y los planos (“AS-BUILT”), el puente se diseñó para una carga sísmica determinada de acuerdo con el *Código Sísmico de Costa Rica* de 1986 para edificios. Se recomienda por lo tanto llevar a cabo una evaluación sísmica del puente según lo indicado en los *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes* (CFIA, 2013), para determinar las medidas necesarias a seguir.

10. Dada la extensión y el patrón del agrietamiento observado en la base de los ductos de penetración de los anclajes de los cables atirantados, se recomienda reparar y corregir el detalle de soldadura de la conexión, incluyendo los que no presentaron evidencia de agrietamiento, de manera tal que sea menos susceptible a la fatiga. Además, se

recomienda reparar el daño en la capucha protectora de los ductos de penetración así como en el sistema de protección contra la corrosión (grasa) de los bloques de anclaje.

11. Se recomienda monitorear durante la siguiente inspección o luego de un sismo de magnitud considerable el estado de las vigas principales de acero en la zona de apoyos del pilón P9, verificando cambios en el estado de la pintura, la magnitud de la deformación detectada en el ala inferior de la viga aguas arriba y posible extensión del daño a otras zonas, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.
12. Se recomienda monitorear durante la siguiente inspección o luego de un sismo de magnitud considerable el estado del pedestal en el apoyo aguas arriba sobre el pilón P9, verificando cambios adicionales en la sección de concreto, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.
13. Se recomienda se le brinde mantenimiento a los bastiones de acuerdo con un programa periódico acorde con lo indicado en el documento "*Operation & Maintenance Manual*" (RSEA, 2003) del puente. Además, proteger la superficie superior de los elementos no estructurales del bastión A1 que tienen refuerzo con un nivel elevado de corrosión, colando la sección faltante de concreto necesaria para proteger el respectivo acero de refuerzo. Se recomienda también el monitoreo del agrietamiento en las juntas entre el cabezal del bastión A1 y las llaves de cortante durante la siguiente inspección para comparar su estado con respecto al observado, para determinar si se requieren o no aplicar medidas correctivas.
14. Dada la importancia de la viga CB3 del pilón para la integridad estructural del puente, se recomienda determinar si el acero de refuerzo presenta algún nivel de corrosión en la ubicación de las grietas de cortante detectadas accediendo al mismo en algunas zonas puntuales y corregir en caso de ser así; inyectar las grietas siguiendo las recomendaciones del fabricante del producto a utilizar. Adicionalmente, se recomienda se determine el estado de la viga CB1 para descartar presencia de delaminación o vacíos en el concreto.

15. Reparar los daños por agrietamiento y desprendimiento del concreto de las aceras y bordillos de las juntas sobre los bastiones A1 y A2 y sobre la pila P4. Establecer un programa de mantenimiento periódico de las juntas de expansión según lo recomendado en *“Operation & Maintenance Manual”* (RSEA, 2003) del puente. Eliminar la acumulación de sedimentos y corregir las deficiencias en el sistema de evacuación de aguas de la junta sobre el bastión A2. Reparar los distintos daños por deterioro de la junta sobre la pila P4 de manera tal que su desempeño sea restablecido por completo a su condición inicial. Eliminar la mezcla asfáltica de la junta sobre el bastión A1 ejecutando la acción que menos daño provoque y de menor costo de reparación. Una vez eliminada la mezcla asfáltica se recomienda que su desempeño sea restablecido por completo a su condición inicial. Exigir a los contratistas no verter asfalto en las juntas cuando se lleven a cabo trabajos en el pavimento de los accesos o de la losa del puente.
16. Se recomienda seguir monitoreando el estado de la losa de concreto por medio de inspección visual y ensayos no destructivos, con una periodicidad acorde con lo indicado en el *“Operation & Maintenance Manual”* (RSEA, 2003) del puente. En el momento en que se tome la decisión de sustituir el pavimento asfáltico, se recomienda evaluar la necesidad y conveniencia de usar o no una membrana impermeabilizante sobre la losa de concreto. En caso de que se decida utilizarla se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante del producto que se escoja. Además, se recomienda que durante la sustitución del pavimento asfáltico, se lleve a cabo una inspección detallada de la superficie superior de la losa de concreto. Realizar un análisis complementario con otros equipos de ensayos no destructivos (END) para verificar la ausencia de delaminación en la losa de concreto del puente.
17. Reparar de inmediato los daños observados en la superficie de rodamiento asfáltica con materiales y métodos adecuados para cada caso en particular. Valorar la posibilidad de realizar intervenciones tipo tratamiento de preservación como *“slurry seals”*, sellado de grietas u otros, tendientes a restituir la condición original de la superficie de rodamiento y brindar una mejora desde el punto de vista funcional.

Debido a que la sobrecapa asfáltica tiene ya 12 años en operación, se recomienda un monitoreo constante para la identificación, evaluación y reparación de los daños que se presenten, y para poder identificar el momento en que sea necesario el reemplazo. De acuerdo con lo indicado en el documento “*Operation & Maintenance Manual*” (RSEA, 2003) del puente, se recomienda tener en cuenta que en caso de sustitución de la carpeta asfáltica, se debería medir y registrar el perfil topográfico a línea centro inmediatamente antes y después de la sustitución, con el objetivo de poder tener trazabilidad de las deflexiones del puente para futuras evaluaciones. No utilizar un espesor de carpeta asfáltica mayor al existente actualmente.

18. Sustituir de forma inmediata todos los componentes faltantes de la barrera de contención vehicular. Identificar la causa de la pérdida paulatina de los distintos componentes y ejecutar medidas correctivas. Prohibir el uso de soldadura en los componentes actuales y aplicar un sistema de protección a la zona de los anclajes en donde se utilizó soldadura.
19. Anclar los guardavías a los pretiles rígidos del puente en ambos accesos, siguiendo las recomendaciones del fabricante de estos elementos.
20. Dotar de inmediato al acceso noreste de la demarcación horizontal y captaluces necesarios para las condiciones del acceso con el objetivo de brindar seguridad a los usuarios.
21. Se recomienda un monitoreo periódico de los muros de retención de gaviones del acceso noreste con instrumentos de precisión topográfica al final de cada invierno para determinar si el asentamiento continúa o si ya cesó, con el objetivo de establecer las medidas correctivas necesarias.
22. Eliminar el sedimento y maleza y sustituir el sello de neopreno dañado o faltante en las separaciones y juntas de expansión de las aceras y bordillos, e incluir a las separaciones de expansión de las aceras dentro del programa general de mantenimiento periódico del puente. Sellar las grietas observadas en las aceras y el parapeto utilizando un producto recomendado para esos efectos, el cual haya sido evaluado y se considere que sea la solución más adecuada, además de evaluar la extensión del daño en el acero de

refuerzo de los parapetos debido a la evidencia de zonas con concreto de baja calidad, y llevar a cabo las respectivas reparaciones.

23. Reparar o sustituir todos los elementos del sistema de iluminación del puente dañados o faltantes. Identificar la causa de la pérdida de luminarias así como de los daños en el cableado eléctrico y ejecutar medidas correctivas. Incluir la iluminación dentro del programa general de mantenimiento periódico del puente.
24. Incluir en el programa general de mantenimiento periódico del puente la limpieza del sistema de drenaje, incluyendo los bordillos y los ductos de drenaje. Colocar tubos de extensión en todos los ductos de drenaje del puente acorde con las condiciones del sitio, de manera tal que se extiendan 10cm por debajo del componente adyacente más bajo de la superestructura, de acuerdo con la sección 2.6.6.4 de *AASHTO LRFD* (2012).
25. Implementar un sistema de monitoreo topográfico periódico y sistemático que considere cambios de temperatura, para identificar las variaciones en la deflexión del puente y sus implicaciones. Además, monitorear la elevación del pílón P9.

No se debe dejar de lado el hecho de que el puente La Amistad de Taiwán es un componente más dentro de la Red Vial Nacional, y como tal debe ser parte de un sistema estructurado de administración general que involucre decisiones de alto y bajo nivel institucional en cuanto a la priorización y uso eficiente de los recursos, tomando en cuenta la cantidad y estado de los distintos puentes. Sin embargo y aunque esta estructura haya sido una donación que no implicó una inversión por parte del gobierno costarricense, ha pasado a ser un activo con un valor muy elevado que además requiere de tareas de mantenimiento especiales y específicas, sumado al hecho de que comunica una región de gran importancia para el país. Por lo tanto, es necesario que la Administración evalúe los costos y riesgos asociados de aplazar aún más la inversión efectiva de recursos en el mantenimiento, reparación y/o rehabilitación específicamente del puente La Amistad de Taiwán tanto en el plazo inmediato como a largo plazo, y que considere en dicha evaluación el estado de conservación deficiente identificado en este Informe.

En los anexos B y C se incluyen, respectivamente, los formularios de inventario e inspección rutinaria del puente, en los cuales se recopilan la información básica del puente y se evalúa el deterioro según las recomendaciones del Manual de Inspección de Puentes del MOPT. La información presentada en estos formularios puede utilizarse para actualizar el programa informático de gestión de puentes SAEP administrado por el MOPT. Es necesario indicar que el SAEP no incluye en los formularios de inspección y por lo tanto dentro de su lógica programática la evaluación de puentes soportados por cables, tal es el caso de puentes atirantados como el puente La Amistad de Taiwán o de puentes colgantes. En la revisión que se hizo del manual (MOPT, 2014) se decidió por parte de la Administración no realizar ningún cambio en la lógica del programa para incluir explícitamente este y otros tipos de puentes excluidos del alcance inicial y más bien se forzó a introducir los datos en ítems característicos de otras estructuras, lo cual quiere decir que un puente atirantado se evalúa como si fuera un puente de vigas de acero continuas o simplemente apoyadas, obviando no sólo elementos de importancia crítica en el comportamiento global así como la caracterización visual de los respectivos daños, sino además utilizando una metodología de priorización y una estimación costos que se limita a un rango distinto de estructuras de puente. Se recomienda por lo tanto que la Administración incluya de forma explícita en el programa SAEP no sólo la posibilidad de introducir datos de puentes soportados por cables incluyendo sus elementos más críticos, sino que además se tome en cuenta la importancia relativa de estos en la priorización y los costos asociados específicamente a este tipo de estructuras. De momento y hasta no hacer efectivos estos cambios, en el anexo C se incluye una única evaluación de daño para todo el puente en general.

Como complemento a las recomendaciones de análisis e inspección específicas expuestas en este capítulo, en el Anexo E se presenta una propuesta de sistema de **monitoreo permanente** de la salud estructural concretamente de la sección atirantada del puente, con recomendaciones mínimas para monitorear de forma efectiva los componentes que se consideran más críticos en el desempeño estructural.

10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- i. AASHTO. Standard Specifications for Highway Bridges. 16° Ed. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1996.
- ii. AASHTO. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2012.
- iii. AASHTO. AASHTO Guide Manual for Bridge Element Inspection. 1° Ed. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011.
- iv. AASHTO. The Manual for Bridge Evaluation. 2° Ed. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011.
- v. American Society for Testing and Materials. "ASTM D4788 – 03 (Reapproved 2013). Standard Test Method for Detecting Delaminations in Bridge Decks Using Infrared Thermography", Annual Book of ASTM Standards, Section 4 - Construction, Volume 04.03 Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, Junio, 2014.
- vi. American Society for Testing and Materials. "ASTM D6087 –08. Standard Test Method for Evaluating Asphalt-Covered Concrete Bridge Decks Using Ground Penetrating Radar", Annual Book of ASTM Standards, Section 4 - Construction, Volume 04.03 Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, Junio, 2014.
- vii. CFIA. Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes. San José, Costa Rica: Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, Marzo, 2013.
- viii. Dirección de Puentes. Manual de Inspección de Puentes. San José, Costa Rica: Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2007.
- ix. Dirección de Puentes. Revisión al Manual de Inspección de Puentes, Primera Edición 2007. San José, Costa Rica: Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2014.
- x. Fernández, Carlos. "Evaluación Estructural de las Condiciones de Funcionamiento del Puente La Amistad". Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. Informe Técnico, San José, Marzo, 2005.

- xi. FHWA-NHI. "Bridge Maintenance Training-Reference Manual". Federal Highway Administration–National Highway Institute. Publicación No. FHWA-NHI-03-045, EUA, Marzo, 2003.
- xii. Kleywegt, H.S. "Improving Bridge Component Deterioration Forecasting Precision". Proceedings of the 4th IABMAS International Conference on Bridge Maintenance, Safety, and Management, Seúl, Corea del Sur, 13-17 de julio, 2008.
- xiii. Kleywegt, H.S. "Maximizing Return on Investment Utilizing a Bridge Depreciation". Proceedings of the 5th IABMAS International Conference on Bridge Maintenance, Safety, and Management, Filadelfia, EUA, 11-15 de julio, 2010.
- xiv. MOPT. Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010. San José, Costa Rica: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Diciembre, 2010.
- xv. NCHRP. "Waterproofing Membranes for Concrete Bridge Decks". Transportation Research Board. NCHRP Synthesis 425, Washington, D.C., 2012.
- xvi. RSEA. "Operation & Maintenance Manual". RSEA Engineering Corporation. Proyecto Puente La Amistad (Volumen 1-2), Guanacaste, 2003.
- xvii. RSEA. "The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan". RSEA Engineering Corporation. Completion Report: 25 July 2000 to 25 July 2003 (Volumen 1-2-3), Guanacaste, 2003.
- xviii. Zamora, Javier. "Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica". Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Documento de Referencia_Versión 01-2011, San José, Costa Rica, 2011.

ANEXO A

Tabla con criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

Página intencionalmente dejada en blanco

Tabla No. A-1. Descripción de los niveles de clasificación cualitativa según el estado de deterioro del puente

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION
MANTENIMIENTO GENERAL	No se han observado daños importantes. Podrían existir daños mínimos en elementos no estructurales. Estos daños no implican un riesgo para la seguridad de los usuarios del puente. Los daños requieren ser reparados durante los trabajos de mantenimiento rutinario que se debería realizar. Por ejemplo: acumulación de maleza y sedimentos sobre la calzada y en los accesos al puente, obstrucción de los drenajes del puente y sus accesos, daños menores en las barandas existentes y falta de señalización.
REGULAR	Se han observado daños en elementos no estructurales y daños mínimos en elementos principales. Estos daños implican un riesgo bajo para la seguridad de los usuarios. Se requiere brindar mantenimiento y realizar reparaciones mínimas lo antes posible. Por ejemplo: daños mayores en barandas, decoloración o pérdida de la señalización del puente (líneas de centro o de borde), faltante de captaluces o delineadores verticales, oxidación localizada y baches en los accesos del puente.
DEFICIENTE	Se observan daños en elementos principales como vigas, losas, bastiones y pilas. Estos daños no implican una reducción en la capacidad del puente. Además existen daños que afectan la funcionalidad del puente. Es necesaria la intervención inmediata para evitar que el daño se extienda o empeore y se convierta en crítico. Por ejemplo: daños en juntas de expansión que requieren su sustitución, ausencia de barandas, refuerzo expuesto, corrosión en elementos de acero, inicio de erosión del cauce, comienzos de socavación, falta de mantenimiento en dispositivos de amortiguamiento y rotura o pérdida de pernos en conexiones de elementos secundarios.
CRÍTICO	Se observan daños severos en elementos principales como vigas, losas, bastiones y pilas. Estos daños podrían implicar una reducción en la capacidad del puente y podría ser necesario colocar una restricción de carga. Cuando el puente se encuentra en este estado puede requerir de una intervención inmediata y la realización de estudios para determinar la capacidad de carga. Entre los daños que implican este estado se pueden mencionar: agujeros en losas, grietas en una y dos direcciones en losas, grietas estructurales en elementos principales (grietas por cortante y flexión), pérdida importante de sección en los elementos de acero por corrosión, longitud de asiento insuficiente, socavación avanzada en pilas y bastiones, rotura o pérdida de pernos en conexiones entre elementos principales y grietas en placas de conexión.

Página intencionalmente dejada en blanco



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

ANEXO B

Formulario de inventario

Informe No. LM-PI-UP-PN22-2014	Fecha de emisión: 03 de diciembre de 2014	Página 93 de 136
--------------------------------	---	------------------

Página intencionalmente dejada en blanco

NOMBRE DEL PUENTE		La Amistad de Taiwán		PROVINCIA		CANTON		DISTRITO		LOCALIDAD		ADMINISTRADO POR		CONA VI Zona conservación No.2-2		FECHA DE DISEÑO		FECHA DE CONSTRUCCION		DIA		MES		AÑO	
No. DE LA RUTA		18		Cañas		Cañas		Cañas		Cañas		Cañas		10		50,24		14		10		Abril		2003	
KILOMETRO		No se tiene información												85		14		45,47							
ELEMENTOS BASICOS																									
DIRECCION DE LA VIA HACIA		Nicoya		ANCHO TOTAL		13,400 m		CALZADA		10,100 m		ITEMS		1 2 3 4 5 6 7											
TIPO DE ESTRUCTURA		Puente		W(m)		0,450		1,200		5,050		0,000		5,050		1,200		0,450							
CARGA VIVA		AASHTO HS 20-44		H(m)		1,100		0,150		0,160		0,000		0,160		0,150		1,100							
ESPECIFICACION		AASHTO 1996 16 Ed.		W1		W2		W3		W4		W5		W6		W7									
No. DE SUPER ESTRUCTURA		3		H1		H2		H3		H4		H5		H6		H7									
No. DE TRAMOS		10		CLARO LIBRE		No aplica		W APROX		12,20 m															
No. DE SUB ESTRUCTURA		11		ANTECEDENTES DE INSPECCION ²		DIA		MES		AÑO		TIPO DE INSPECCION													
LONGITUD DE DESVIO		No se tiene información		SUPERIOR		No aplica		INFERIOR		5,6m (Mín.)		Ing. Carlos Fernández		*											
PENDIENTE LONGITUDINAL ¹		56% +0,693% -0,356% -1,1		DIA		MES		AÑO		29		3		2005		Visual									
FECHA DE ULT. PINTURA		-		1		Río Tempisque		2																	
SERVICIOS PUBLICOS		1 Telecomunicaciones		2																					
CRUZA SOBRE		1 Río Tempisque		2																					
TIPO		Asfalto		ANTECEDENTES DE REHABILITACION		DIA		MES		AÑO		ELEMENTOS		RESUMEN DE CONTRAMEDIDAS											
PAVIMENTO		ESPESOR		ORIGINAL		50 mm		SOBRECAPA		No aplica															
CONTEO DE TRAFICO ²		AÑO		2011		Year		TOTAL DE VEHICULOS		3,923		Car													
RESTRICCIONES ³		POR CARGA		No aplica		POR ALTURA		No aplica		POR ANCHO		No aplica													
		%		25,70		%																			



OBSERVACIONES

- Pendientes long. tomadas de planos "AS BUILT".
- La información del conteo de tráfico se tomó del Anuario de Información de Tránsito 2013 del MOPT. El porcentaje de vehículos pesados incluye desde buses hasta vehículos de 5 ejes.
- Este puente tenía una restricción de velocidad máxima de circulación de 60km hora.
- La losa de la superestructura atratantada tenía adicionalmente extensiones de 0,7m a ambos lados de la sección transversal, para un ANCHO TOTAL = 14,8m.
- Informe: Fernández, Carlos; Evaluación Estructural de las Condiciones Actuales de Funcionamiento del Puente La Amistad, Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, Marzo, 2006.

DIRECCION DE PUENTES
INVENTARIO BASICO DE PUENTES (DETALLE DE SUPERESTRUCTURA)

NOMBRE DEL PUENTE	La Amistad de Taiwan		LOCALIDAD	PROVINCIA	ADMINISTRADO POR	CONAMI Zona conservación No.2-2		DIA	MES	AÑO		
	No. DE LA RUTA	CLASIFICACION				CANTON	CANTON				FECHA DE DISEÑO	FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION
	18	Primaria				10	14	50,24	No se tiene información	2000		
KILOMETRO	No se tiene información					85	14	45,47	10	Abril		
VIGAS PRINCIPALES DE SUPERESTRUCTURA												
No. DE ESTRUCTURA	No. DE TRAMOS	ALINEACION DE PLANTA	MATERIALES			SUPERESTRUCTURA	TIPOS	LONGITUD TOTAL	TRAMO MAXIMO		No. DE PRECIPALES	ALTURA
			MATERIALES	ESPESOR	TIPO DE PINTURA				AREA PINTADA	FECHA DE ULT. PINTURA		
1	4	Recta	Acero	0,25 - 0,35	Concreto	Viga continua	Cajón	261,30	65,00	m	1	3,15
2	4	Recta	Acero	0,25 - 0,35	Concreto	Viga continua	Cajón	261,00	65,00	m	1	3,15
3	2	Recta	Acero	0,20 - 0,275	Concreto	Atriantada	Viga tipo I	260,70	170,00	m	2	2,25
-Ultima línea-												
No. DE ESTRUCTURA	TIPO DE JUNTAS DE EXPANSION		LOSA			CARACTERISTICAS DE PINTURA						
	UBICACION INICIAL	UBICACION FINAL	MATERIALES	ESPESOR	TIPO DE PINTURA	AREA PINTADA	FECHA DE ULT. PINTURA	EMPRESA ENCARGADA	DIAS	MES	AÑO	
1	Junta de Placas Dentadas	Otras (Junta Modular)	Concreto	0,25 - 0,35	Primario rico en zinc (1 capa) \ Epóxicos (3 capas) \ Poliuretano acrílico (1 capa)	No se tiene información	-	7	2002	7	2002	International Protective Coatings
2	Otras (Junta Modular)	Otras (Junta Modular)	Concreto	0,25 - 0,35	Primario rico en zinc (1 capa) \ Epóxicos (3 capas) \ Poliuretano acrílico (1 capa)	No se tiene información	-	7	2002	7	2002	International Protective Coatings
3	Otras (Junta Modular)	Junta sellada	Concreto	0,20 - 0,275	Primario rico en zinc (1 capa) \ Epóxicos (3 capas) \ Poliuretano acrílico (1 capa)	No se tiene información	-	7	2002	7	2002	International Protective Coatings
-Ultima línea-												

DIRECCION DE PUENTES
INVENTARIO BASICO DE PUENTES (DETALLE DE SUBESTRUCTURA)

NOMBRE DEL PUENTE	La Amistad de Taiwán		PROVINCIA	LOCALIDAD	ADMINISTRADO POR	CONAVI Zona conservación No.2-2	FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO		
	No. DE LA RUTA	18									CLASIFICACION	Primaña
KILOMETRO	No se tiene información		DISTRITO	CANTON	LONGITUD OESTE	85	14	45,47	10	Abril	2003	
No. DE	MATERIALES	TIPO	ALTURA	FORMA	PILA			FUNDACION			APOYO	
					BASTION	PILA	TIPO	ANCHO	LARGO	TIPO DE PILOTES	INICIAL	FINAL
A.1	Concreto	Cabezal sobre pilotes	10,78 m	No aplica	No aplica	No aplica	16,50 m	12,00 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 18m de largo.	No aplica	Expansivo	1,4 m (Min)
P1	Concreto	Columna sencilla	10,98 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 21m de largo.	Fijo		No aplica
P2	Concreto	Columna sencilla	13,00 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 16m de largo.	Fijo		No aplica
P3	Concreto	Columna sencilla	13,56 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 27m de largo.	Fijo		No aplica
P4	Concreto	Columna sencilla	12,87 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 25m de largo.	Expansivo	Expansivo	1,5 m
P5	Concreto	Columna sencilla	12,04 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 24m de largo.	Fijo		No aplica
P6	Concreto	Columna sencilla	14,83 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 20m de largo.	Fijo		No aplica
P7	Concreto	Columna sencilla	17,52 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 17,5m de largo.	Fijo		No aplica
P8	Concreto	Columna sencilla	21,25 m	Circular	3,00 m	3,00 m	14,25 m	10,50 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 10m de largo.	Expansivo	Expansivo	1,5 m
P9	Concreto	Marco (Tipo "H")	76,05 m	Variable: Rectangular (parte superior) - Poliedro hueco (parte inferior)	Variable: 2m - 2,87m (hueco: 1,3m)	Variable: 3m - 6,48m (hueco: 4,54)	10,00 m	10,00 m	No aplica	Expansivo		No aplica
A.2	Concreto	Cabezal sobre pilotes	14,10 m	No aplica	No aplica	No aplica	16,50 m	12,00 m	Concreto colado en sitio. Diámetro=1,5m. 12 pilotes de 6m de largo.	Otros (Péndulo)	No aplica	3,3 m

-Última Línea-

DIRECCION DE PUENTES
INVENTARIO BASICO DE PUENTES(FOTOS)



NOMBRE DEL PUENTE	La Amistad de Taiwán		LOCALIDAD	PROVINCIA	Canton	DISTRITO	ADMINISTRADO POR	CONA VI Zona conservación No.2-2		DIA	MES	AÑO
	No. DE LA RUTA	18						CLASIFICACION	Primaria			
KILOMETRO	No se tiene información									10	Abril	2003
No.	A	UBICACION	Rótulo	No.	B	UBICACION	Línea centro	No.	C	Vista general		
												
NOTA	Acceso noreste											
												
NOTA	Acceso sureste											
												
NOTA	Acceso suroeste											
												
NOTA	Acceso suroeste											
												
NOTA	Acceso suroeste											

ANEXO C

Formulario de inspección rutinaria

Página intencionalmente dejada en blanco

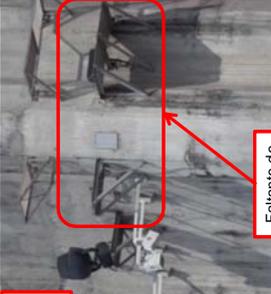
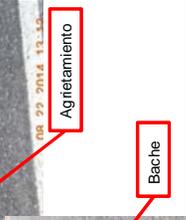
**DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)**

NOMBRE DEL PUENTE	La Amistad de Taiwán		LOCALIDAD		PROVINCIA	CANTON	DISTRITO	Guantacaste	ADMINISTRADO POR	CONAVI Zona conservación No.2-2	No. DE ESTRUCTURA					
	18	CLASIFICACION	Primaria	LOCALIDAD							DIAS	MES	AÑO			
No. DE LA RUTA	No se tiene información								LA TITUD NORTE	10 ° 14 ' 50,24 "	10	No se tiene información	2000			
KILOMETRO	No se tiene información								LONGITUD OESTE	85 ° 14 ' 45,47 "	10	Abri	2003			
1. TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DEL DAÑO																
1. PAVIMENTO	ITEM EVALUACION	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECAPAS DE ASPHALTO	COMENTARIOS							Ver los comentarios en las hojas adjuntas		
2. BARANDA (ACERO)	ITEM EVALUACION	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE											
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM EVALUACION	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUEZO EMPUESTO	3. FALTANTE	3. N.A.											
4. JUNTA DE EXPANSION	ITEM EVALUACION	1. SONDOS EXTRAÑOS	2. FILTRACION DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACION	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUEZO									
5. LOSA	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DISCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUEZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUEROS								
6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM EVALUACION	1. OXIDACION	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. PERDIDA DE PERNOS	5. SOBRES EN SOLDADURAS O LACA										
7. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	ITEM EVALUACION	1. OXIDACION	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. ROTURA DE UNIONES	5. ROTURA DE ELEMENTOS										
8. PINTURA	ITEM EVALUACION	1. DECOLORACION	2. AMPOLLAS	3. DISCASCARAMI ENTO												
9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DISCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUEZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA									
10. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DISCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUEZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA									
11. APOYOS	ITEM EVALUACION	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACION EXTRAÑA	3. INCLINACION	4. DESPLAZAMIENTO											
12. PAREDE CABEZAL Y ALFONJES (BASTOS)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DISCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUEZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PROTECCION DE TERRAPLEN								
13. CUERPO PRINCIPAL (BASTON)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DISCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUEZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PENDIENTE EN TALUDIS								
14. MARTILLO (PILA)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DISCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUEZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA									
15. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DISCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUEZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACION								
										EVALUACION		GRADO DEL DAÑO		SOCAVACION		
										1	Ningún dano visible	1	Sin Socavacion			
										2	En pocos lugares	2	Tendencia a socavarse			
										3	En muchos lugares	3	Socavacion no peligroso			
										4	En menos de la mitad	4	Socavacion peligroso			
										5	En la mayoría de las partes	5	Confusion de Emergencia			
										FECHA INSPECCION		NOMBRE DE INSPECTOR				
										22	8	2014	Esteban Villalobos Vega			

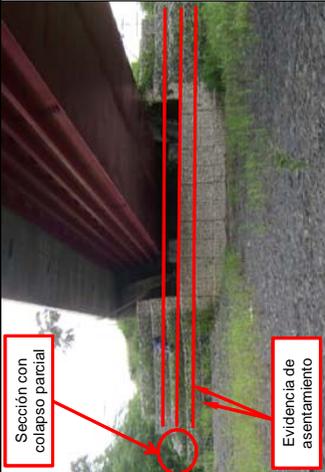
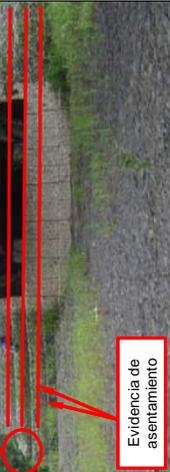
DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)

NOMBRE DEL PUENTE		LOCALIDAD		ADMINISTRADO POR		UBICACION		UBICACION		UBICACION		UBICACION		UBICACION		UBICACION		UBICACION									
La Amistad de Taiwán		Primaria		CONA VI Zona conservación No.2-2		Barraera vehicular		Barraera vehicular		Barraera vehicular		Barraera vehicular		Barraera vehicular		Barraera vehicular		Barraera vehicular									
No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	No. DE LA RUTA	PRIMARIA	CANTON	LA TITUD NORTE	CANTON	LA TITUD NORTE	DIA	MES	AÑO	DIA	MES	AÑO	DIA	MES	AÑO	DIA	MES	AÑO								
18		10		10		10		22	8	2014	22	8	2014	22	8	2014	22	8	2014								
KILOMETRO		No se tiene información		DISTRICTO		LONGITUD OESTE		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION									
				Cañas		85		10		10		10		10		10		10		10							
No.	1	UBICACION	UBICACION	No.	2	UBICACION	UBICACION	No.	3	UBICACION	UBICACION	No.	4	UBICACION	UBICACION	No.	5	UBICACION	UBICACION	No.	6	UBICACION	UBICACION	No.	7	UBICACION	UBICACION
NOTA	Faltante de elementos horizontales		Faltante de tuercas y arandelas		Puntos de soldadura en pernos de anclaje de la barraera vehicular que no garantiza adecuado funcionamiento y daño el galvanizado de los elementos.		Aceras y parapeto		Aceras y parapeto: (a) Agrietamiento transversal y longitudinal; (b) Concreto de fácil desprendimiento y acero corroído.		NOTA		Guandavías no estaban anclados al perfil rígido del puente, caso de guardavía en acceso suroeste.		NOTA		Daños en el sistema de iluminación: poste faltante, luminaria dañada y varios postes con el cableado alterado.		NOTA		Poste faltante		Luminaria dañada		Poste con cableado alterado		
	Faltante de elementos horizontales		Faltante de tuercas y arandelas		Aceras y parapeto		Aceras y parapeto		Acetas y parapeto: (a) Agrietamiento transversal y longitudinal; (b) Concreto de fácil desprendimiento y acero corroído.		NOTA		Guandavías no estaban anclados al perfil rígido del puente, caso de guardavía en acceso suroeste.		NOTA		Daños en el sistema de iluminación: poste faltante, luminaria dañada y varios postes con el cableado alterado.		NOTA		Poste faltante		Luminaria dañada		Poste con cableado alterado		
NOTA	Detenoro o pérdida del sello de neopreno en separaciones de expansión de aceras y parapeto, así como acumulación de sedimentos y maleza.				Acetas y parapeto		Acetas y parapeto		Acetas y parapeto: (a) Agrietamiento transversal y longitudinal; (b) Concreto de fácil desprendimiento y acero corroído.		NOTA		Guandavías no estaban anclados al perfil rígido del puente, caso de guardavía en acceso suroeste.		NOTA		Daños en el sistema de iluminación: poste faltante, luminaria dañada y varios postes con el cableado alterado.		NOTA		Poste faltante		Luminaria dañada		Poste con cableado alterado		

DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)

NOMBRE DEL PUENTE		La Amistad de Taiwán		PROVINCIA		Guanacaste		ADMINISTRADO POR		CONAVI Zona conservación No.2-2		NO. 2 / 7		
Nº. DE LA RUTA	CLASIFICACION	Primaria	LOCALIDAD	CANTON	Cañas	LATITUD NORTE	10 °	LONGITUD OESTE	85 °	14 °	50,24 "	FECHA DE DISEÑO	2000	
KILOMETRO	No se tiene información		DISTRITO	Cañas	Superficie de rodamiento		Superficie de rodamiento		Superficie de rodamiento		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION	10	Abril	
No.	UBICACION	Iluminación	No.	UBICACION	No.	UBICACION	No.	UBICACION	No.	UBICACION	UBICACION	UBICACION	UBICACION	
7	Faltante de luminarias en pretilas rígidos de los accesos		7		8		8		9		10		11	
NOTA	Faltante de luminarias que forman parte de la arquitectura del puente.	DIA	MES	ANO	NOTA	Baches por desprendimiento de material así como agrietamiento por fatiga en la superficie de rodamiento.	DIA	MES	ANO	NOTA	Grieta transversal en la superficie de rodamiento de viga continua tipo cajón.	DIA	MES	ANO
10	Bordillos y sistema de drenaje	22	8	2014	11	Sistema de drenaje	22	8	2014	12	Juntas de expansión	22	8	2014
NOTA	Acumulación de sedimento y maleza a lo largo de los bordillos.	DIA	MES	ANO	NOTA	Ausencia de tubos de extensión en los ductos de drenaje: (a) Superestructura atrirantada; (b) Viga continua tipo cajón.	DIA	MES	ANO	NOTA	Desprendimiento de concreto y acumulación de sedimentos en junta de expansión sobre bastión A2.	DIA	MES	ANO
10	22	8	2014	11	22	8	2014	12	22	8	2014	22	8	2014

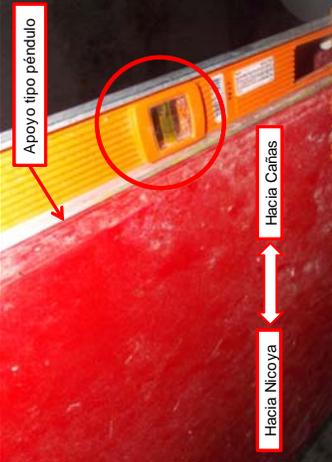
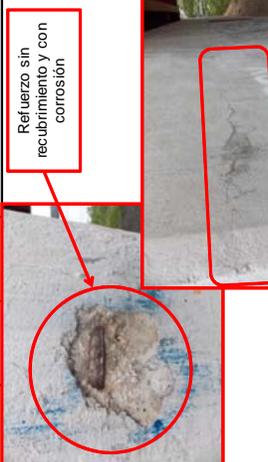
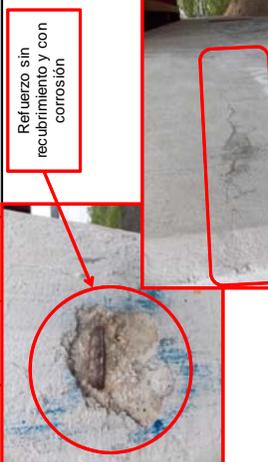
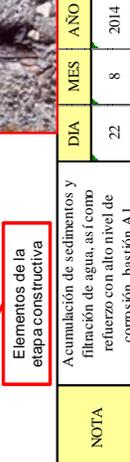
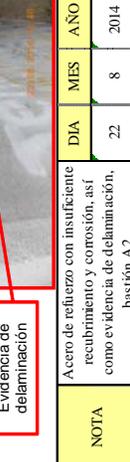
NOMBRE DEL PUENTE		La Amistad de Taiwán		LOCALIDAD		PROVINCIA		ADMINISTRADO POR		CONNAVI Zona conservación No.2-2		NO. 3 / 7			
No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	Primaria	CANTON	Cañas	Cañas	Guacacaste	LA TITUD NORTE	10	14	50,24	FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO	
KILOMETRO	No se tiene información		DISTRITO	Cañas	Cañas	LONGITUD OESTE	85	14	45,47	FECHA DE CONCLUSIONES DE CONSTRUCCION	10	Abri	2003		
No. 13	UBICACION	Juntas de expansión		No. 14	UBICACION	Juntas de expansión		No. 15	UBICACION	Juntas de expansión		Elastómeros de control			
NOTA	Medición del desplazamiento transversal relativo de expansión sobre pila P8, caso aguas abajo.		Daños en bordillo y barrera vehicular		Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto		Desprendimiento de concreto, acero de refuerzo expuesto y daños en bordillo y barrera vehicular en junta de expansión sobre pila P8, caso aguas arriba.		NOTA		Junta de expansión sobre pila P8: (a) Desprendimiento de elastómeros de control; (b) Desalincamiento, corrosión y pérdida parcial del material elastomérico de sello.		22	8	2014
NOTA	Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto		Acumulación de sedimentos y deterioro de vigas longitudinales de la junta		Agregamiento del concreto en ambos extremos de la junta		Junta de expansión sobre basión A1 parcialmente rellena con mezcla asfáltica, así como agregamiento y despenamiento del concreto en los extremos.		NOTA		Ausencia de demarcación horizontal y capitales en acceso noroeste.		22	8	2014
Aguas arriba		Hacia Nicoya		Hacia Cañas		Aguas abajo		NOTA		NOTA		Accesos			

DIRECCION DE PUENTES INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)		ADMINISTRADO		CONAVI Zona conservación No.2-2		NO. 4 / 7	
NOMBRE DEL PUENTE	La Amistad de Taiwán	PROVINCIA	Guamacaste	LA TITUD NORTE	10 ° 14 '	FECHA DE DISEÑO	FECHA DE CONCLUSIÓN DE CONSTRUCCIÓN
No. DE LA RUTA	18	CANTON	Cañas	LONGITUD OESTE	85 ° 14 '	No se tiene información	2000
KILOMETRO	No se tiene información	DISTRITO	Cañas	Accesos		10	Abril
No.	19	No.	20	No.	21	Anclajes de cables atramantados (Superestructura atramantada)	
<p>Sección con colapso parcial</p>  <p>Evidencia de asentamiento</p> 		<p>Muro de gavión con evidencia de inclinación</p>  <p>Agrietamiento en losa sobre muro de gaviones</p> 		<p>Deterioro del sistema de protección de pintura en anclajes de cables atramantados.</p> 		<p>Grietas en la base de ductos de penetración; (a) Ejemplo de una grieta; (b) Determinación de grietas por fatiga por medio de líquidos penetrantes.</p>  	
NOTA	Evidencia de asentamiento y colapso parcial en muro de gaviones, acceso noreste.	NOTA	Grieta en losa de concreto e inclinación en muro de gavión sobre muro de retención aguas abajo, acceso noreste.	NOTA	Deterioro del sistema de protección de pintura en anclajes de cables atramantados.	22	8
No.	22	No.	23	No.	24	Acceso 2	
<p>Zonas puntuales de corrosión, caso de base del alma de anclaje de cables atramantados.</p> 		<p>Zonas puntuales de corrosión, caso de base del alma de anclaje de cables atramantados.</p> 		<p>Grietas en la base de ductos de penetración; (a) Ejemplo de una grieta; (b) Determinación de grietas por fatiga por medio de líquidos penetrantes.</p>  		22	8
NOTA	Zonas puntuales de corrosión, caso de base del alma de anclaje de cables atramantados.	NOTA	Zonas puntuales de corrosión, caso de base del alma de anclaje de cables atramantados.	NOTA	Grietas en la base de ductos de penetración; (a) Ejemplo de una grieta; (b) Determinación de grietas por fatiga por medio de líquidos penetrantes.	22	8
No.	22	No.	23	No.	24	22	8
Accesos (Superestructura atramantada)		Accesos (Superestructura atramantada)		Accesos (Superestructura atramantada)		Acceso 2	

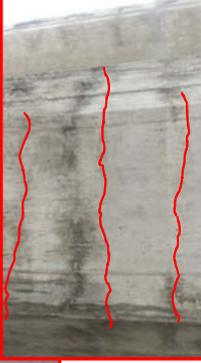
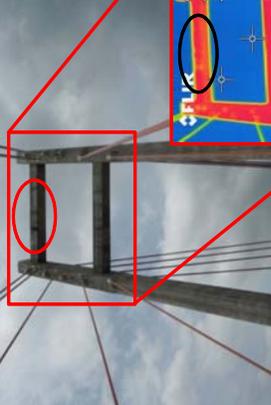
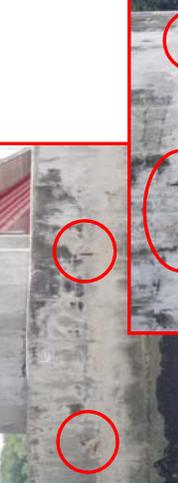
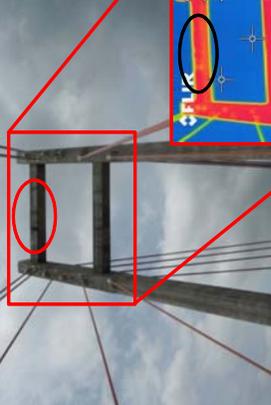
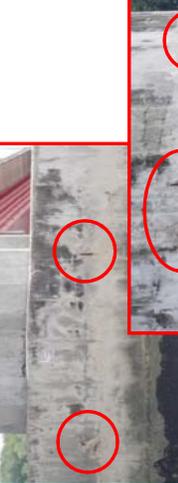
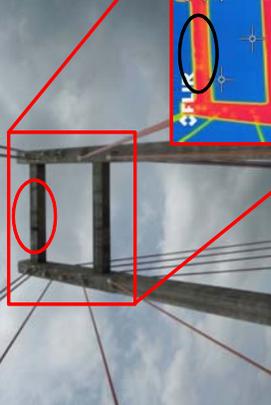
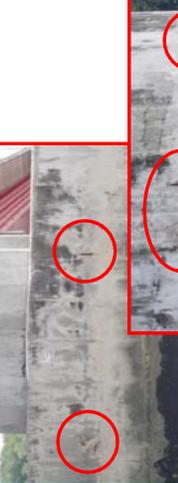
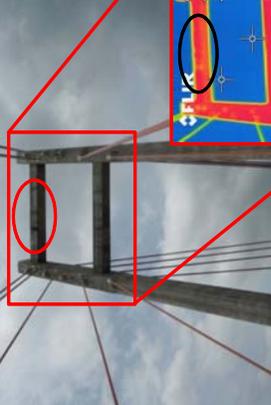
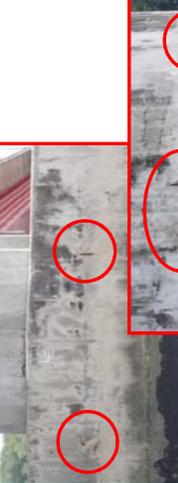
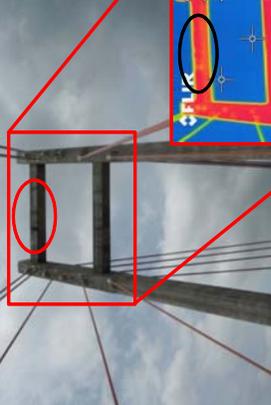
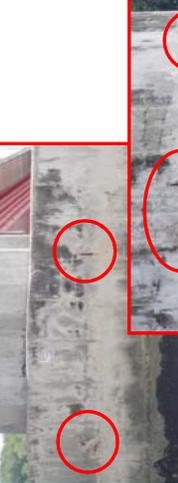
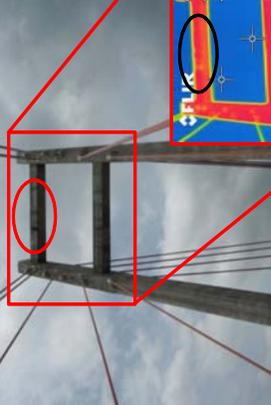
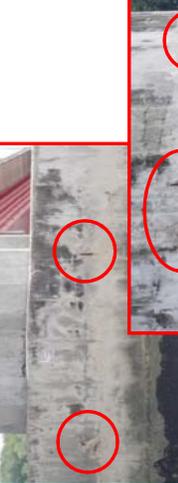
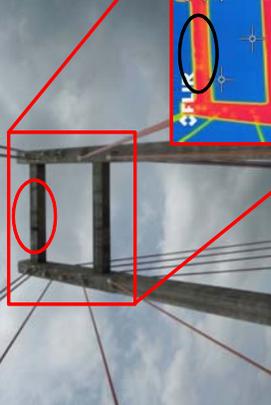
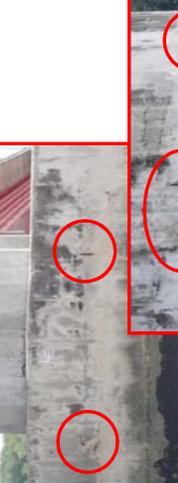
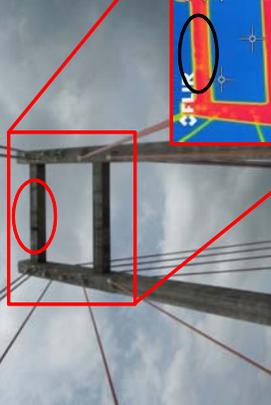
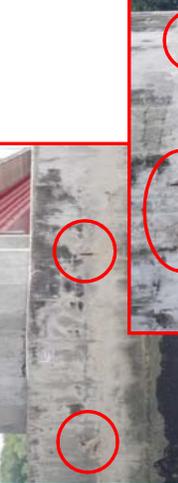
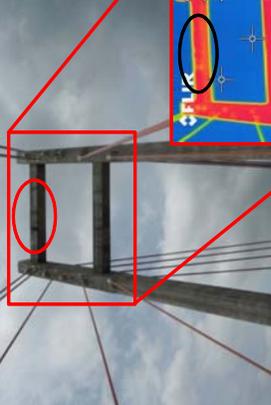
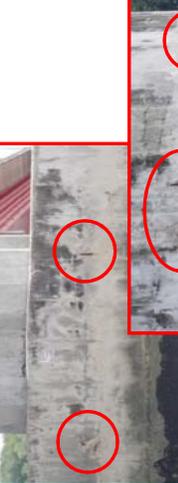
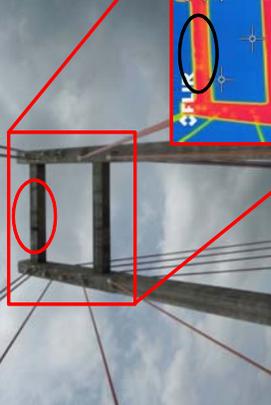
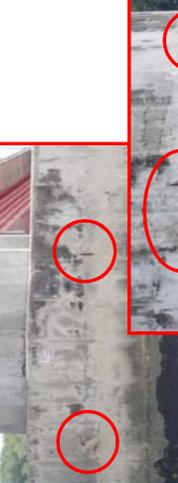
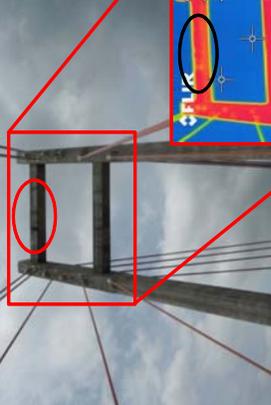
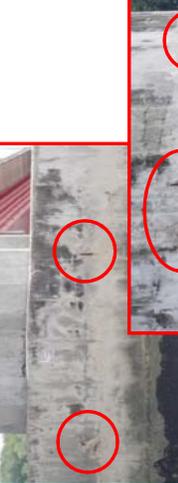
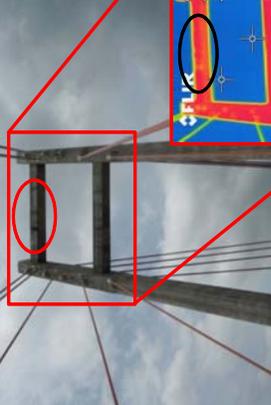
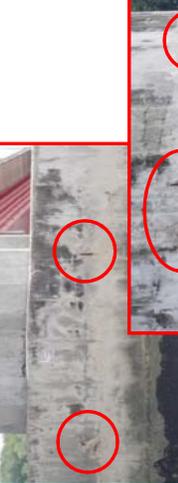
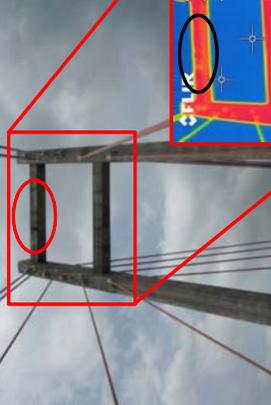
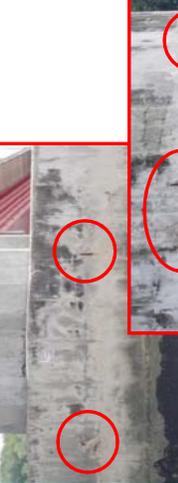
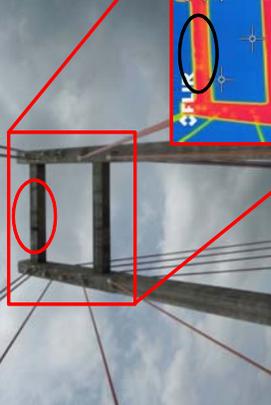
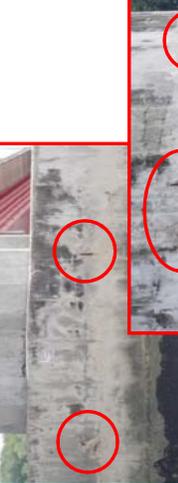
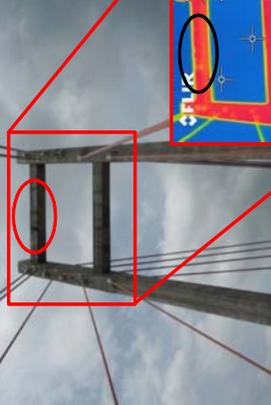
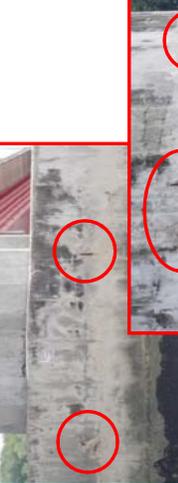
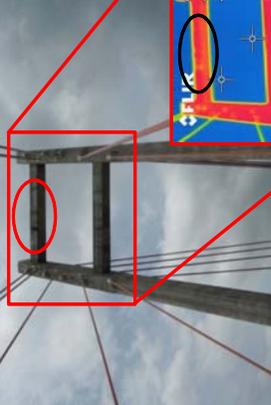
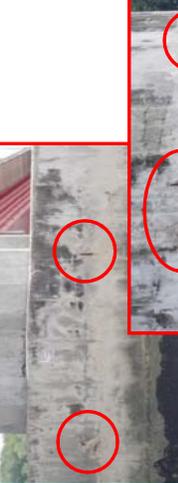
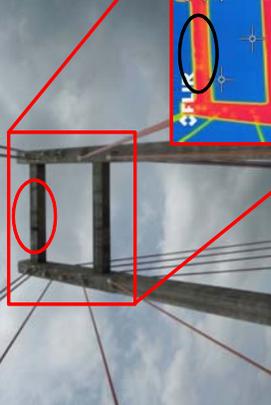
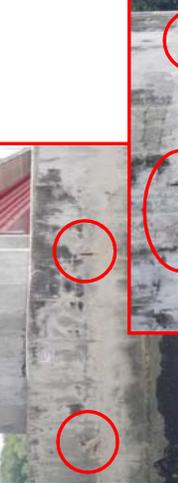
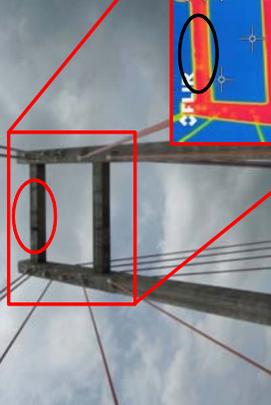
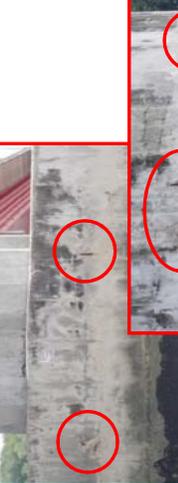
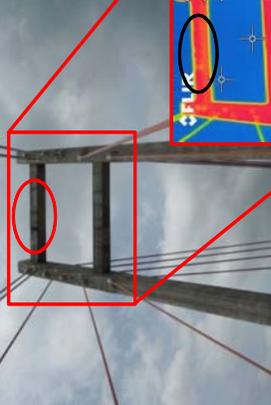
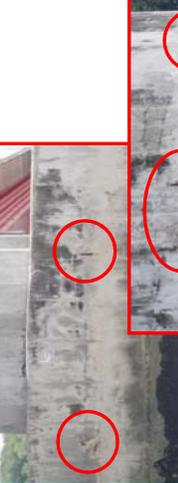
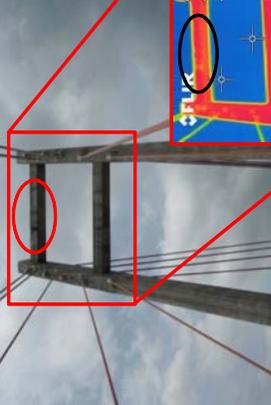
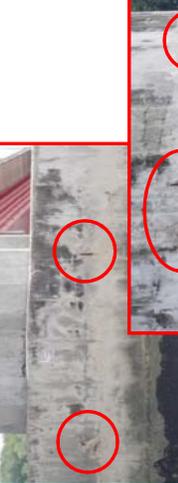
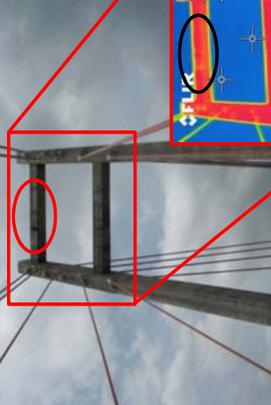
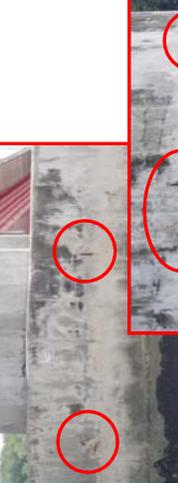
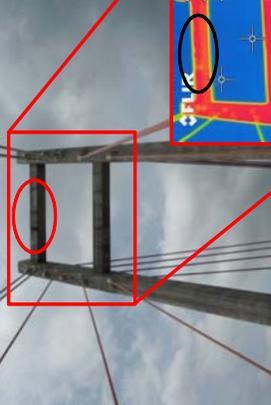
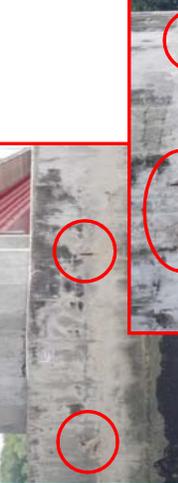
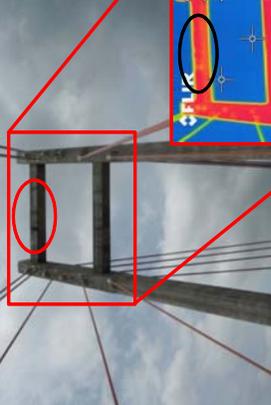
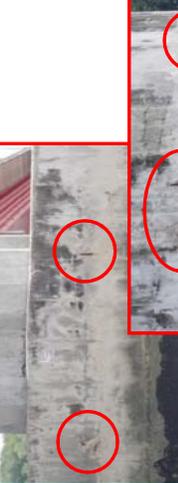
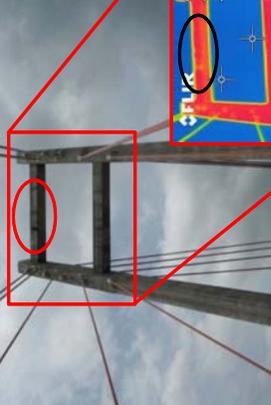
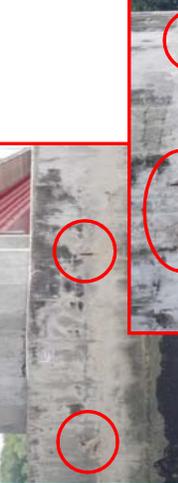
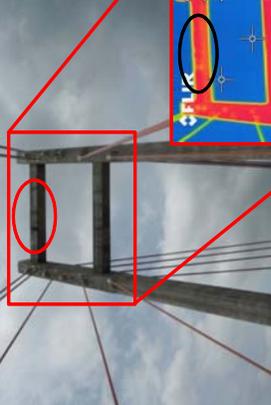
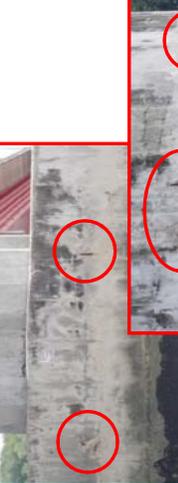
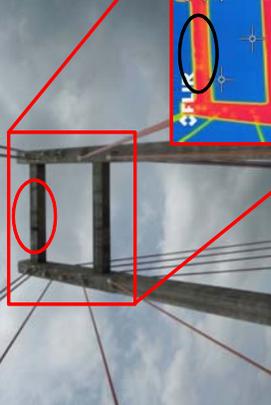
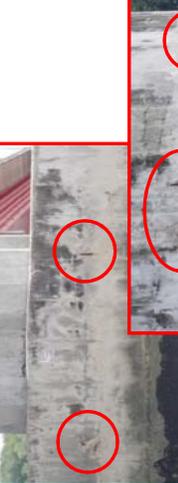
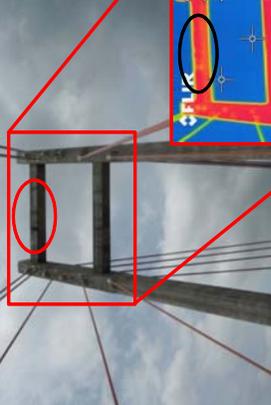
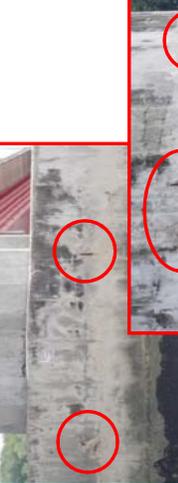
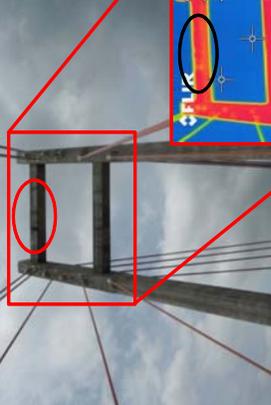
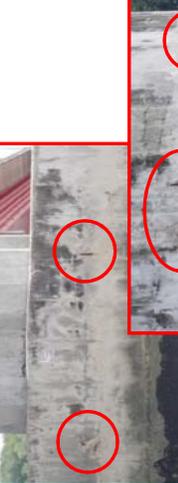
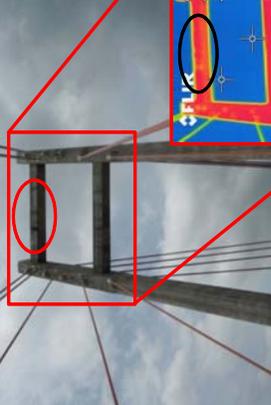
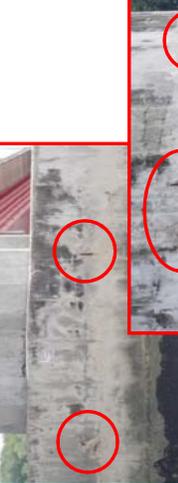
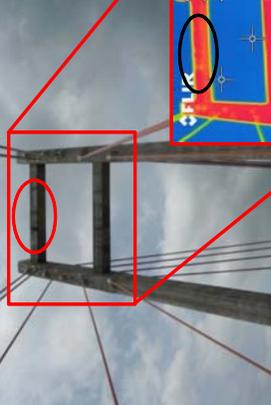
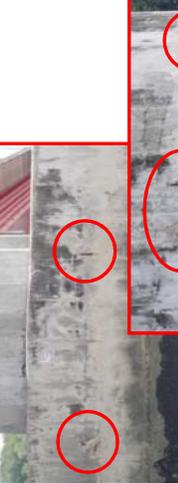
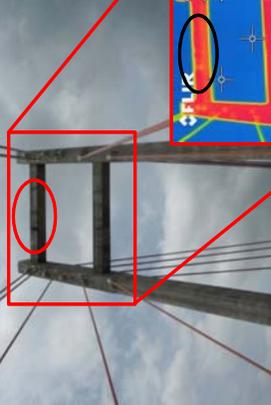
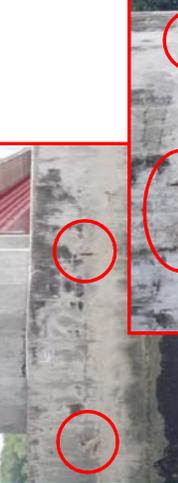
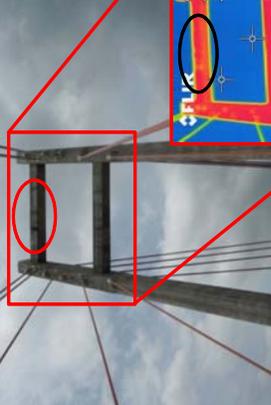
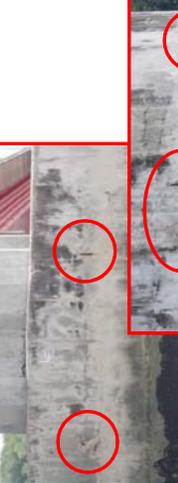
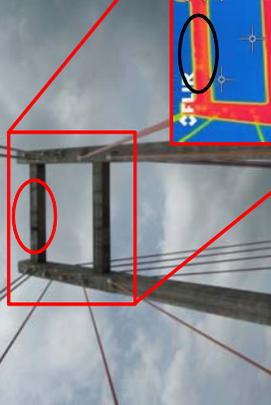
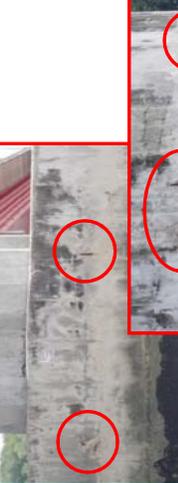
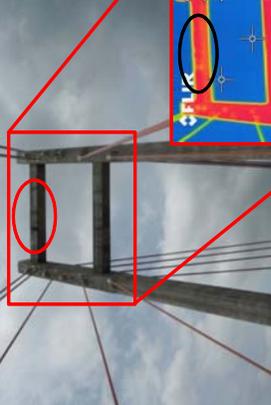
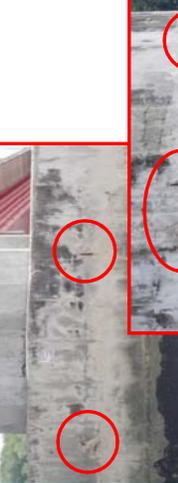
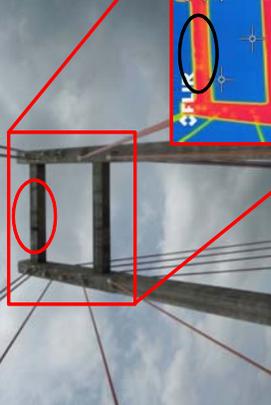
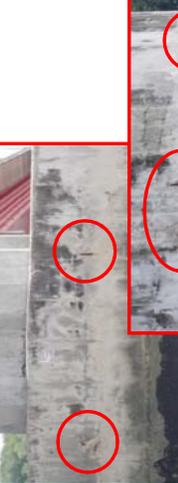
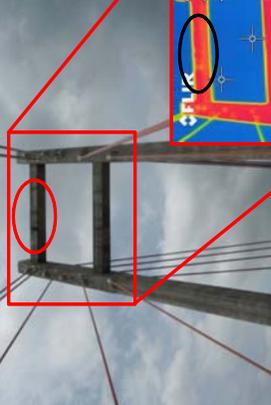
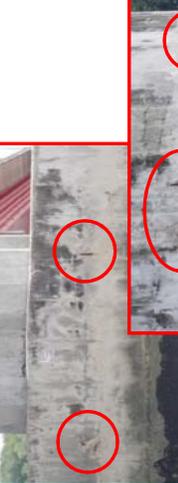
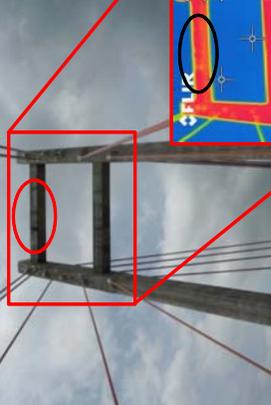
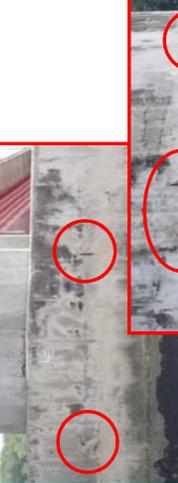
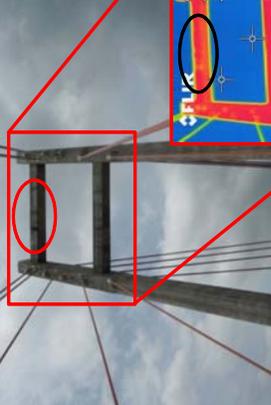
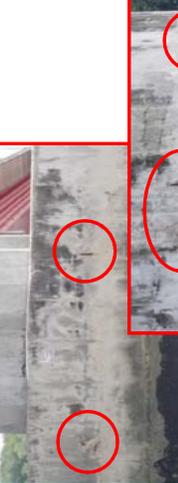
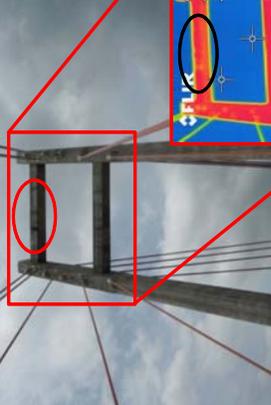
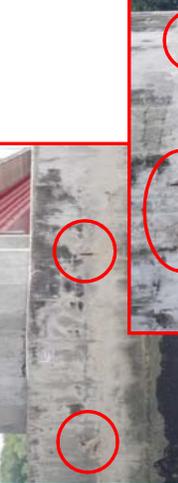
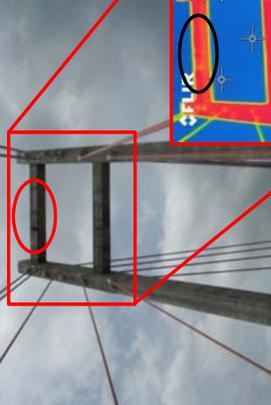
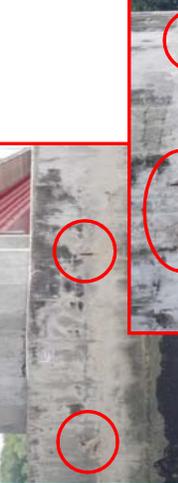
DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)

NOMBRE DEL PUENTE		LOCALIDAD		PROVINCIA		ADMINISTRADO POR		CONAVI Zona conservación No.2.2		NO. / 5 / 7							
No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	Primaria	LOCALIDAD	CANTON	Cañas	Cañas	LA ITIUD NORTE	10	50.24	FECHA DE DISEÑO	FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION						
KILOMETRO	No se tiene información		DISTRITO	Cañas	Cañas	LONGITUD OESTE	85	45.47	27	No se tiene información	2000						
No.	25	UBICACION	Anclajes de cables atornillados (Superestructura atirantada)	No.	26	UBICACION	Viga principal de acero (Superestructura atirantada)	No.	27	UBICACION	Viga principal de acero (Superestructura atirantada)						
NOTA	Daño en capucha protectora		Delaminación en muros de protección		Pérdida de protección en anclaje (grasa)		Deformación de aproximadamente 3cm en ala inferior a compresión de viga ubicada aguas arriba sobre pilón P9.		Deterioro del sistema de protección de pintura en vigas principales de acero de puente atirantado.		Desprendimiento de concreto en petestal de apoyo aguas arriba sobre pilón P9.						
DIA	22	MES	8	AÑO	2014	DIA	22	MES	8	AÑO	2014	DIA	22	MES	8	AÑO	2014
UBICACION	Daño en capucha protectora de ducto de penetración; pérdida parcial del sistema de protección contra corrosión (grasa); delaminación en muros de protección de anclajes.		Losa de concreto (Superestructura de viga continua tipo cajón)		Losa de concreto (Superestructura de viga continua tipo cajón)		Viga principal (Superestructura de viga continua tipo cajón)		Apoyos		Apoyos		Apoyos		Apoyos		
NOTA	Agregamiento y evidencia de delaminación en voladizo de losa de concreto.		Agregamiento y evidencia de delaminación en voladizo de losa de concreto.		Deterioro o pérdida de capa superficial de sistema de protección de pintura en superficie interior de viga continua tipo cajón cerca de acceso noreste.		Deterioro o pérdida de capa superficial de sistema de protección de pintura en superficie interior de viga continua tipo cajón cerca de acceso noreste.		Desprendimiento de concreto en petestal de apoyo aguas arriba sobre pilón P9.		Desprendimiento de concreto en petestal de apoyo aguas arriba sobre pilón P9.		Desprendimiento de concreto en petestal de apoyo aguas arriba sobre pilón P9.		Desprendimiento de concreto en petestal de apoyo aguas arriba sobre pilón P9.		
DIA	22	MES	8	AÑO	2014	DIA	22	MES	8	AÑO	2014	DIA	22	MES	8	AÑO	2014

DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)

NOMBRE DEL PUENTE		ADMINISTRADO POR		CONAVI Zona conservación No.2-2		NO.		UBICACION		Apoysos											
No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	LOCALIDAD	PROVINCIA	CANTON	CAJON	CAÑAS	CAÑAS	CAÑAS	CAÑAS	CAÑAS	CAÑAS										
KILOMETRO	No se tiene información		PRIMAÑA		10 °		14 °		50,24 "		2000										
No se tiene información		No se tiene información		LONGITUD OESTE		85 °		14 °		45,47 "		2003									
No.	UBICACION	Apoysos		No.	UBICACION	Apoysos		No.	UBICACION	Apoysos		NO.	UBICACION	DIA	MES	AÑO					
31		Apoysos		32		Apoysos		33		Apoysos				6	7						
Acumulación de desechos sólidos y animales				Cilindro de giro del péndulo				Vista inferior de la conexión entre el péndulo y viga principal				Apoyo tipo péndulo									
Acumulación de desechos sólidos y animales en apoyo tipo péndulo de bastión A2.		DIA		MES	AÑO	Zonas puntuales de corrosión en elementos críticos del apoyo.		DIA		MES	AÑO	NOTA		Evidencia de inclinación de apoyo tipo péndulo en bastión A2.		DIA		MES	AÑO		
34		22		8		2014		22		8		2014		36		22		8		2014	
Acumulación de sedimentos				Reforzo con alto nivel de corrosión				Evidencia de delaminación				Reforzo sin recubrimiento y con corrosión				Evidencia de delaminación					
34		22		8		2014		22		8		2014		36		22		8		2014	
Elementos de la etapa constructiva				Grieta de aproximadamente 0,3mm de espesor en ambas juntas entre el cabezal y las llaves de cortante, bastión A1.				Aereo de refuerzo con insuficiente recubrimiento y corrosión, así como evidencia de delaminación, bastión A2.				NOTA		NOTA		NOTA		NOTA		NOTA	
34		22		8		2014		22		8		2014		36		22		8		2014	

DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)

NOMBRE DEL PUENTE		La Amistad de Taiwán		PROVINCIA		Granacaste		ADMINISTRADO POR		CONAVI Zona conservación No.2-2		NO. 7 / 7					
No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	Primaria	LOCALIDAD	CANTON	DISTRITO	Cañas	Cañas	LATITUD NORTE	10 °	14 ' 50,24 "	FECHA DE DISEÑO	No se tiene información	MES	AÑO			
KILOMETRO	No se tiene información		Pilón		Pilón		Pilón		No.		UBICACION		Pilón				
Evidencia de acero con insuficiente recubrimiento y corrosión en el pilón P9.										39		10		2000			
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										40		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										41		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										42		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										43		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										44		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										45		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										46		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										47		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										48		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										49		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										50		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										51		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										52		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										53		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										54		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										55		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										56		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										57		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										58		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										59		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										60		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										61		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										62		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										63		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										64		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										65		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										66		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										67		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										68		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										69		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										70		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										71		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										72		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										73		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										74		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										75		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										76		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										77		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										78		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.										79		22		8		2014	
Evidencia de delaminación o vacíos en viga CBI (viga superior) de pilón P9.																	

**DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES (COMENTARIOS)**

NOMBRE DEL PUENTE		La Amistad de Taiwan		ADMINISTRADO POR	CONAVI Zona conservación No.2-2		NO. / DIA / MES / AÑO			
No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	PROVINCIA	LOCALIDAD	LA TITULADORA	FECHA DE DISEÑO	FECHA DE CONSTRUCCION	DIA	MES	AÑO	
18	Primaria	Guacacaste	Cañas	LONGITUD NORTE	10 ° 14 ' 50,24 "	10 ° 14 ' 45,47 "	No se tiene información	10	Abri	2003
KILOMETRO		No se tiene información		LONGITUD OESTE	85 ° 14 ' 45,47 "					
ELEMENTO		ITEM N°		OBSERVACIONES						
2.1 BARRERA VEHICULAR		2		<p>2. SEGURIDAD VIAL</p> <p>Sustituir de forma inmediata todos los componentes fallantes. Identificar la causa de la pérdida paulatina de los distintos componentes de la barrera vehicular y ejecutar medidas correctivas.</p> <p>Prohibir el uso de soldadura en los componentes actuales de la barrera vehicular.</p> <p>Aplicar un sistema de protección a la zona de los anclajes en donde se utilizó soldadura, siguiendo las recomendaciones del documento "Operation & Maintenance Manual" (RSEA, 2003), contando con la asesoría en materia de pinturas industriales, y siguiendo las recomendaciones del CR-2010 en aquellas acciones que sea necesario complementar.</p> <p>Anclar los guardavías a los pretiles rígidos del puente en ambos accesos, siguiendo las recomendaciones del fabricante de estos elementos.</p>						
2.2 GUARDAVÍAS		No está contemplado en el formulario		Los guardavías de ambos accesos no estaban anclados al pretel rígido del puente, por lo que no había una adecuada transición y continuidad en el sistema de contención vehicular (Ver figura 3).						
2.3 ACERAS Y SUS ACCESOS		No está contemplado en el formulario		<p>Las separaciones de expansión de las aceras y el parapeto, ubicadas a cada 25 metros a lo largo del puente, presentaban deterioro del sello de neopreno en algunos casos y en otros pérdida completa, así como acumulación de sedimentos y maleza, evidenciando ausencia de mantenimiento y deterioro (Ver figura 4). Se observó la misma condición de deterioro en la zona de juntas de expansión.</p> <p>Las aceras y el parapeto presentaban agrietamiento transversal en unos casos y longitudinal en otros distribuido aleatoriamente a lo largo del puente, además de que se identificaron zonas ubicadas en los extremos de la sección transversal del puente con concreto de fiscal desprendimiento y por lo tanto evidencia de baja calidad, así como acero de refuerzo corroído (Ver figura 5).</p>						
2.4 IDENTIFICACION		No está contemplado en el formulario		El puente contaba con placas con los datos de información, geometría y diseño del puente.						
2.5 SENALIZACION - Captaleses - Delimitación horizontal - Delimitadores verticales		No está contemplado en el formulario		El puente contaba con captaleses y demarcación horizontal en buen estado.						
2.6 ILUMINACION		No está contemplado en el formulario		El puente contaba con iluminación a todo lo largo, aunque no fue posible verificar su funcionamiento durante la inspección. Sin embargo, se observaron varios datos tales como: fallante de un poste, una luminaria dañada y varios postes con el cableado alterado (Ver figura 6). Además, fallaba mucha de la iluminación que forma parte de la arquitectura del puente (Ver figura 7).						
* ITEM N° SE REFIERE A LOS ÍTEMES CORRESPONDIENTES CON EL FORMULARIO DE INSPECCION (GRADUADO)				RECOMENDACIONES						

DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES (COMENTARIOS)

NOMBRE DEL PUENTE	La Amistad de Turibá	No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	Primaria	LOCALIDAD	CANTON	PROVINCIA	Guanacaste	ADMINISTRADO POR	CONAVT Zona conservación No.2-2	RECOMENDACIONES				
											FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	ANO	
18	No se tiene información										10	14	01-24	No se tiene información	2000
19											14	14	45-47	FECHA DE CONSTRUCCION DE CONSTRUCCION	2003
ELEMENTO	* ITEM	N°	OBSERVACIONES												
31. SUPERFICIE DE RODAMIENTO DEL PUENTE	1		<p>Se observaron varios huecos por desprendimiento de material con una profundidad de aproximadamente 2cm, así como zonas con agrietamiento longitudinal por fatiga de la carpeta asfáltica (Ver figura 8).</p> <p>Se identificó una grieta transversal en todo el ancho de la superficie de rodamiento en la sección de viga continua tipo cajón de acero (Ver figura 9). Por medio del uso del GPS, se logró determinar que es una grieta solo a nivel de la carpeta asfáltica debido probablemente a una junta de construcción de la superficie de rodamiento.</p>												
32. BORDILLOS Y SISTEMA DE DRENAJE DEL PUENTE	No está contemplado en el formulario		<p>Se observó acumulación de sedimentos y maleza a lo largo de los bordillos (ver figura 10).</p> <p>Los ductos de drenaje no tenían tubos de extensión, por lo que el agua migra por tensión superficial hacia la superficie inferior de la losa (Ver figura 11). Durante la inspección se pudo observar como en la superestructura almanada, en combinación con condiciones de viento moderado, el agua descargaba directamente sobre las vigas de acero. De acuerdo con la sección 1.5 de AASHTO Especificaciones Estándar (1996), los detalles de los ductos de drenaje debían prevenir la descarga directa del agua de drenaje contra cualquier sección de la estructura.</p>												
33. JUNTAS DE EXPANSION	4		<p>a) Junta de expansión sobre bastión A2: Se observó acumulación de sedimentos, lo cual evidencia y magnifica de fisuras en el sistema de evacuación de aguas en la junta (Ver figura 12).</p> <p>b) Junta de expansión sobre pila P8: Se midió un desplazamiento transversal relativo de aproximadamente 4cm entre la sección atramada y la sección de viga continua, el cual es consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámarra, Guanacaste (Ver figura 13). Consecuencias adicionales de este terremoto son los daños en la acera y bordillo que coinciden con la junta, en donde se observa desprendimiento de concreto por aplastamiento y acero expuesto con evidencia de corrosión, y adicionalmente la barrera vehicular presenta elementos deformados y daños en el anclaje al bordillo (Ver figura 14).</p> <p>Adicionalmente se observó deslaminación y corrosión en las vigas longitudinales de acero que conforman la junta, daños o pérdida parcial del material elastomérico de sellado y pérdida parcial de los elastómeros de control que se unen a las vigas longitudinales de acero de la junta (Ver figura 15). No se tuvo acceso a los elementos de la junta no visibles desde la superficie superior.</p> <p>Durante la inspección se pudo observar el tránsito de varios tipos de vehículos a la velocidad máxima sobre el puente. Sin embargo, una condición de diseño y operación del puente es que la velocidad máxima de tránsito debe ser de 60km/h, requisito de mucha importancia para la zona de tránsito en la pila P8 incluyendo la junta.</p> <p>c) Junta de expansión sobre pila P4: Se observó deterioro del sistema de protección de pintura de las vigas longitudinales de acero que conforman la junta, pérdida parcial de los elastómeros de control que se unen a estas mismas vigas, acumulación de sedimentos en el material elastomérico de sellado o pérdida parcial del mismo, así como desprendimiento de concreto por aplastamiento y acero de refuerzo expuesto con evidencia de corrosión en las aceras, como consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámarra, Guanacaste (Ver figura 16). No se tuvo acceso a los elementos de la junta no visibles desde la superficie superior.</p> <p>d) Junta de expansión sobre bastión A1: Se observó que la junta de expansión estaba parcialmente rellena con mezcla asfáltica debido a los trabajos realizados en el acceso (Ver figura 17).</p> <p>Se observó agrandamiento del concreto en la acera y bordillo así como desprendimiento del concreto en la superficie inferior de la losa por esfuerzos de aplastamiento como consecuencia del terremoto del 05 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sámarra, Guanacaste (Ver figura 17).</p>												
34. ACCESOS Superficie de rodamiento Bordillos Taludes Losa de aproximación	12		<p>La superficie de rodamiento del acceso noreste carece por completo de demarcación horizontal y captáculos (Ver figura 18). No se tuvo acceso a la losa de aproximación de concreto de ambos accesos.</p> <p>En el acceso noreste se evidenció asentamiento de los muros de retención de gaviones por medio de simple observación y sin el uso de precisión topográfica. En el caso del muro aguas arriba se observó un río de los extremos parcialmente colapsado (Ver figura 19). Además, se observó una grieta de aproximadamente 1cm en la losa de concreto ubicada en la parte superior del muro de retención de gaviones debido a agua altop e inclinación del muro de gavión con la misma ubicación (Ver figura 20).</p> <p>No se observó evidencia de daños por erosión en los taludes ni deficiencias en el manejo de las aguas de lluvia de los accesos.</p>												
35. SISTEMA DE DRENAJES DE LOS ACCESOS	No está contemplado en el formulario		<p>Se percibió vibración leve con el tránsito de vehículos pesados que se considera normal. Sin embargo, para el caso de la superestructura almanada se requieren estudios más detallados para concluir con certeza sobre el nivel de vibración del puente.</p>												
36. VIBRACION DEL PUENTE	No está contemplado en el formulario		<p>No se observaron daños en el cause del río.</p>												
37. CAUCE DEL RIO	No está contemplado en el formulario		<p>Seguir la recomendación de 4.2 Cables atramados.</p>												
* ITEM N° SUPERFICIA LOS ITEMS CORRESPONDIENTES CON EL FORMULARIO DE INSPECCION (GRATID DEDAJO)			<p>Ninguna.</p>												

DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES (COMENTARIOS)

NOMBRE DEL PUENTE	La Amistad de Taiwan		PROVINCIA	CANTON	LOCALIDAD	Paisaia	ADMINISTRADO POR	CONAMA Zona conservación No.22		DIA	MIS	AÑO
	No. DE LA RUTA	18						CLASIFICACION	18			
KILOMETRO	No se tiene informacion						CIUDAD	00	04	5024	10	2003
ELEMENTO	* ITEM N°	OBSERVACIONES										
4.1. LOSA DE CONCRETO	5	<p>4.1. SEBSTRUCTURATO ATRANTADA</p> <p>Se recomienda seguir monitoreando el estado de la losa de concreto por medio de inspección visual y ensayos no destructivos, con una periodicidad acorde con lo indicado en el "Operación y Mantenimiento Manual" (RSEA, 2003) del puente.</p> <p>En el momento en que se tome la decisión de sustituir el pavimento asfáltico, se recomienda evaluar la necesidad y conveniencia de usar o no una membrana impermeabilizante sobre la losa de concreto. En caso de que se decida utilizarla se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante del producto que se escogió. Además, se recomienda que durante la sustitución de pavimento asfáltico, se lleve a cabo una inspección detallada de la superficie superior de la losa de concreto.</p>										
4.2. CABLES ATRANTADOS	No está contemplado en el formulario	<p>No se tuvo acceso a los cables atrantados pues estos se encuentran protegidos por un ducto de polietileno de alta densidad anejado con Kevlar.</p> <p>Los cables atrantados son elementos críticos para el adecuado funcionamiento e integridad estructural del puente. La falla de un solo cable puede provocar el cierre del puente o incluso el colapso. Sin embargo, no se observó evidencia de que los cables atrantados hayan sido inspeccionados o monitoreados desde la puesta en funcionamiento del puente a la fecha de la visita de fiscalización.</p>										
4.4. ANCLAJES DE ATRANTADOS	No está contemplado en el formulario	<p>Se observó deterioro del sistema de protección de pintura al punto de que en varias de los anclajes se había perdido la capa superficial color rojo (Ver figura 21). Según lo indicado en el documento "The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan" (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.</p> <p>Se accedió a la base de algunos anclajes eliminando el sedimento acumulado y se detectaron zonas puntuales de corrosión tanto en el alma del anclaje (Ver figura 23) como en el ala inferior (Ver figura 23).</p> <p>Se detectaron grietas en la base de los ductos de penetración de los anclajes-aguas abajo CIR, C2R, C3R, C2L, C1L y el ducto-aguas arriba CIR (Ver figura 24). Se determinó que eran grietas por fricción en la soldadura por medio del uso de líquidos penetrantes para descartar que el daño fuera sólo en la capa de pintura. (Ver figura 24).</p> <p>Se observó que la capucha protectora del ducto de penetración del anclaje CIR aguas abajo se había dañado. Además, se evidenció que varios de los anclajes habían perdido parte del sistema de protección contra la corrosión (grasa) de los bloques de anclaje de los cables. (Ver figura 25).</p> <p>Los muros de concreto reforzado de protección contra impactos vehiculares de los anclajes presentaban evidencia de deterioro, recubrimiento insuficiente y delaminación del acero de refuerzo (Ver figura 25).</p> <p>No se tuvo acceso a los anclajes ubicados en la parte superior del pylon P9.</p>										
4.4.1. VIGAS PRINCIPALES DE ACERO	6.5.8	<p>Se observó deterioro del sistema de protección de pintura al punto de que en varias zonas (principalmente en las zonas expuestas y las reforzadas luego de la falla del anclaje C4L en la etapa constructiva) se había perdido la capa superficial color rojo (Ver figura 26). Según lo indicado en el documento "The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan" (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.</p> <p>Se observó una deformación de aproximadamente 3cm de alta inferior a compresión de la viga ubicada aguas arriba del puente en la zona del apoyo sobre el pylon P9 (Ver figura 27). Había delaminación del sistema de protección de pintura en la superficie inferior. La evidencia de registro fotográfico indica que esta deformación es anterior al terremoto del 08 de setiembre del 2010 en las cercanías de Sismico, Guanacaste.</p>										
4.5. VIGAS DIAFRAGMA Y TRANSVERSALES DE ACERO	7.9.8	<p>Según lo indicado en el documento "The Construction and Hand-Over of Puente La Amistad de Taiwan" (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura de estos elementos tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento a lo largo de estos años a estos elementos, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.</p>										
* ITEM N° - SEREFIERE A LOS ITEMS CORRESPONDIENTES CON EL FORMULARIO DE INSPECCION (GRUPO DE DAÑO)												

**DIRECCIÓN DE PUENTES
INSPECCIÓN DE PUENTES (COMENTARIOS)**

NOMBRE DEL PUENTE	LOCALIDAD		PROVINCIA	ADMINISTRADO POR	CONAMA Zona conservación No.2-2		NO.	4	5
	La Amistad de Taiwán	Pimáná			CANTON	DISTRITO			
No. DE LA RUTA	CLASIFICACIÓN	LOCALIDAD		LATITUD NORTE	LATITUD OESTE	FECHA DE DISEÑO	FECHA DE CONCLUSIÓN DE CONSTRUCCIONES		
KILOMETRO	No se tiene información		Cajabas	Cajabas	10 ° 14 ' 50,24 "	85 ° 14 ' 45,47 "	No se tiene información		
ELEMENTO	* ÍTEM N°	OBSERVACIONES		RECOMENDACIONES					
5.1. LOSA DE CONCRETO	5	<p>La losa de concreto está cubierta en su superficie superior por pavimento asfáltico y su superficie inferior se encuentra ubicada en la sección interna de la viga cajón, por lo que sólo es posible una inspección visual de su estado en los voladizos de su sección transversal, en donde se observó agrietamiento y evidencia de delaminación (Ver figura 28).</p> <p>Según lo indicado en el documento "The Construction and Hand-Over of Puentes La Amistad de Taiwan" (RSEA, 2003), el pavimento asfáltico se colocó sobre la losa de concreto sin el uso de una membrana impermeabilizante, lo cual es una práctica que podría acelerar el deterioro de la losa de concreto (FHWA/NHI, 2003; NCHRP, 2012).</p> <p>En varias zonas de la superficie inferior cerca del acceso noreste se evidenció deterioro o pérdida de la capa superficial color rojo del sistema de protección de pintura (Ver figura 29). Según lo indicado en el documento "The Construction and Hand-Over of Puentes La Amistad de Taiwan" (RSEA, 2003), el sistema de protección de pintura tenía una garantía de 10 años que ya venció y además no se le ha dado mantenimiento, por lo que es de esperar un aumento en el deterioro de las distintas capas componentes.</p> <p>No se tuvo acceso visual al interior de la viga continua tipo cajón de acero.</p>		<p>5. SUPERESTRUCTURA DE VIGA CONTINUA TIPO CAJÓN</p> <p>Aplican las recomendaciones sobre el estado de la losa de concreto de 4.1 Losa de concreto. Adicionalmente se recomienda identificar la extensión del problema de agrietamiento y delaminación, reparar los daños existentes en el acero de refuerzo y corregir todas aquellas deficiencias que se detectaron en esta hoja de inspección.</p> <p>Aplican las recomendaciones sobre el sistema de protección de pintura de 4.3 Anclajes de cables atornillados.</p>					
5.2. VIGAS PRINCIPALES DE ACERO	6 Y 8								
5.3. DIAFRAGMAS DE ACERO Y SISTEMA DE ARROSTRAMIENTO	7 Y 8			Ninguna.					
* " ÍTEM N° " SE REFIERE A LOS ÍTEMES CORRESPONDIENTES CON EL FORMULARIO DE INSPECCIÓN (GRADO DE DAÑO)									

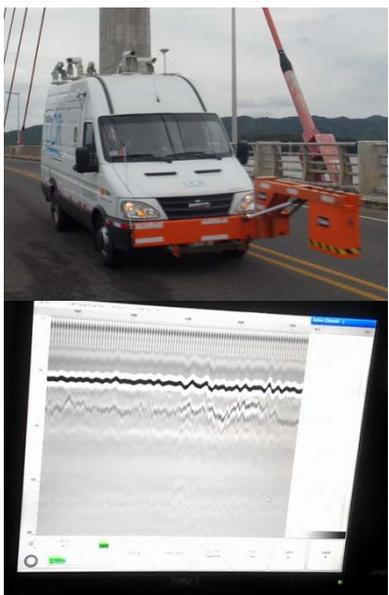
Página intencionalmente dejada en blanco

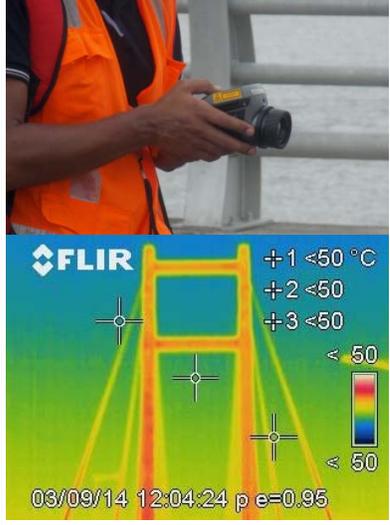
ANEXO D

Equipos de medición y de ensayos no destructivos (END) utilizados en la fiscalización del puente La Amistad de Taiwán.

Página intencionalmente dejada en blanco

Tabla No. D-1. Descripción del equipo utilizado en la fiscalización del puente La Amistad.

Tipo de Método	Equipo	Función	Marca	Fotografía
			Modelo	
			Placa	
Electromagnético	Pachómetro	Instrumento que contiene dispositivos magnéticos que permiten estimar el recubrimiento de concreto, localización del acero de refuerzo, su diámetro y orientación.	Elcometer	
			331 Concrete Covermeter	
			UCR 313800	
	Geo-Radar de Penetración (GPR)	Sistema de inspección utilizado para determinar entre otras aplicaciones, el deterioro de losas de concreto de puente, utilizando como base la teoría del campo electromagnético de Maxwell.	GSSI	
			Antena: 42000S serie 346	
			Controlador para el registro: SIR-30 modelo MF-30	
Medidor de Espesor	Aparato que utiliza las propiedades magnéticas del acero para medir el espesor de la pintura o del recubrimiento.	Defelsko		
		Positector 6000		
		UCR 348608		

Tipo de Método	Equipo	Función	Marca	Fotografía
			Modelo	
			Placa	
Láser	Escáner Láser 3D	Dispositivo electrónico capaz de construir modelos tridimensionales de un objeto o una estructura con una muy alta precisión.	Leica	
			ScanStation C10	
			UCR 332838	
Infrarrojo	Cámara de Termografía Infrarroja	Método que utiliza cámaras infrarrojas para medir la radiación emitida por las superficies de concreto y, de esta forma, detectar vacíos, delaminaciones y grietas debajo de la superficie.	FLIR	
			ThermaCAM E320	
	Higro-termómetro	Dispositivo que mide la temperatura y la humedad relativas del aire. Mide los datos de entrada para el uso de la cámara de termografía infrarroja.	Control Company	
			-	
			HT-018	

Tipo de Método	Equipo	Función	Marca	Fotografía
			Modelo	
			Placa	
Visual	Binoculares	Sistema óptico compuesto por lentes utilizado para ampliar la imagen de un objeto localizado a distancia.	Shi-lba	
			8-24X50	
			-	
	Cámara Fotográfica	Utilizada para capturar y almacenar imágenes y videos durante las inspecciones.	Nikon	
			COOLPIX L810	
			UCR 350132	
	Radio Comunicador	Dispositivos que emiten y reciben ondas de radio utilizados para mantener la comunicación entre varios inspectores.	Midland	
			X-TRA Talk	
			-	
	Cinta Métrica	Herramienta utilizada para medir longitudes y distancias.	TRUPER	
			FH-5M	
			-	

Tipo de Método	Equipo	Función	Marca	Fotografía
			Modelo	
			Placa	
Visual	Medidor de Ancho de Grietas	Medidor calibrado para la determinación del ancho de grietas en elementos de concreto.	CTL Group	
			-	
			-	
	Nivel	Instrumento utilizado para medir la horizontalidad o verticalidad de elementos de puente.	-	
			-	
			-	
	Tableta Electrónica	Aparato electrónico utilizado para capturar imágenes, tomar apuntes y revisar planos o información adicional de puentes.	Samsung	
			Galaxy Tab3 SM-T211	
			UCR 353501	
	Distanciómetro Láser	El distanciómetro láser o medidor láser es un instrumento de medición utilizado para calcular la distancia entre dos puntos con un alto nivel de precisión.	Hilti	
PD 28				
UCR 238706				

Tipo de Método	Equipo	Función	Marca	Fotografía
			Modelo	
			Placa	
Visual	Equipo para rapel (Casco, arnés, cuerdas, descensor, bloqueador y mosquetón)	Sistema estático de descenso utilizado para inspeccionar lugares de difícil acceso	Sterling Ropes	
			-	
			-	
	Geo-3D	Equipo de cámaras digitales de alta resolución que realiza levantamiento de imágenes referenciadas espacialmente en un sistema de coordenadas nacional.	TRIDENT-3D	
			TRIMBLE MX-6	
			-	
	Odómetro	Herramienta que consiste de una rueda y un contador que se utiliza para medir una distancia recorrida.	Keson	
			Road Runner	
			UCR 292575	

Tipo de Método	Equipo	Función	Marca	Fotografía
			Modelo	
			Placa	
Propagación de Ondas	Martillo	Utilizado para detectar vacíos o defectos en el concreto por medio del sonido que se genera a la hora del impacto.	-	
			-	
			-	
Químico	Líquidos Penetrantes	Líquidos que al ser aplicados sobre un elemento de acero muestran las discontinuidades superficiales que este presenta.	Spotcheck	
			SKC-5	
			SKD-S2	
			SKL-SR2	
-				

ANEXO E

Propuesta de sistema de monitoreo permanente de la sección atirantada del puente La Amistad de Taiwán.

Página intencionalmente dejada en blanco

ANEXO E. PROPUESTA DE SISTEMA DE MONITOREO PERMANENTE DE LA SECCIÓN ATIRANTADA DEL PUENTE.

Como parte de los documentos de entrega del proyecto de construcción del puente La Amistad de Taiwán (Ver figura E.1) por parte de la compañía RSEA (2003), se encuentra una propuesta para el monitoreo permanente de la salud estructural específicamente de la sección atirantada. Tomando como base dicho documento, a continuación se plantean recomendaciones para la instrumentación y auscultación permanente del puente.



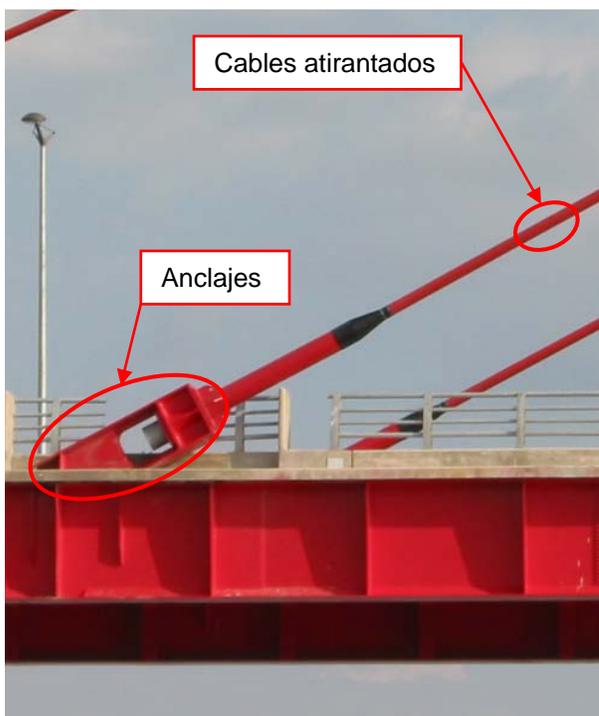
Figura E.1: Vista panorámica de la sección atirantada del puente (Fuente: RSEA, 2003).

Se propone que se utilice como base fundamental la medición del comportamiento de tres componentes críticos en el desempeño estructural del puente:

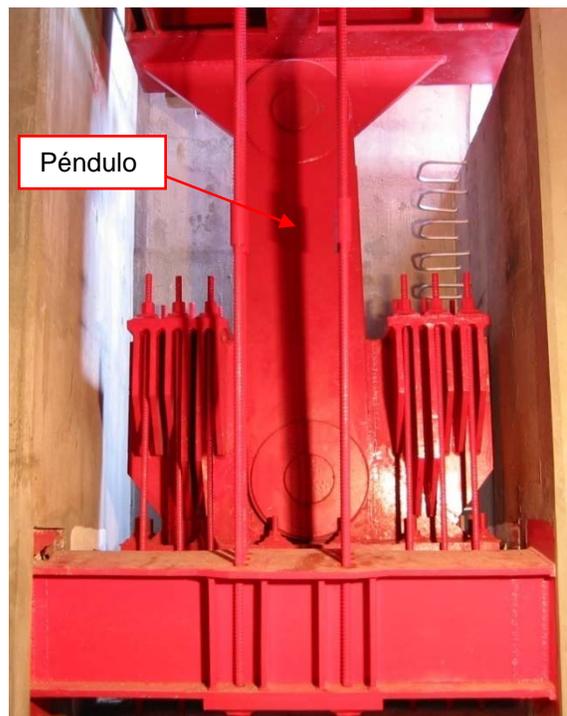
- i. Bajo la premisa de garantizar la capacidad de soporte de los cables atirantados, y que estos cumplan con el requisito esencial de evitar la falla debido al exceso de carga durante su vida útil, es recomendable planificar un sistema de monitoreo para observar las distintas respuestas de los cables ante la acción de cargas como

objetivo principal, ofreciendo una base para que la Administración pueda evaluar el nivel de seguridad de los mismos (Ver figura E.2(a)).

- ii. Ante la acción de cargas incluido el viento, la vibración de los cables atirantados podría producir el fenómeno de fatiga en los torones de acero o generar grietas en la zona de los anclajes. Por lo tanto, se recomienda instalar galgas extensiométricas para monitorear el nivel de esfuerzos a los que se encuentran sometidos los asientos de los anclajes (Ver figura E.2(a)).
- iii. En el bastión A2 están instalados péndulos para evitar que la superestructura se suspenda en el aire debido a la tensión a la que está sometida. Para monitorear sus niveles de esfuerzos también se recomienda colocar galgas extensiométricas en estos lugares (Ver figura E.2(b)).



(a)



(b)

Figura E.2: Componentes críticos estructurales del puente atirantado: (a) Cables atirantados y anclajes; (b) Mecanismo contra extracción en bastión A2.

En la Tabla No. E-1 se muestran los instrumentos que se recomienda utilizar, los cuales son: acelerómetros uniaxiales, galgas extensiométricas, termómetros, anemómetro y veleta. Se presenta adicionalmente el análisis de los motivos por los cuales se recomienda utilizar cada instrumento en específico.

Tabla No. E-1. Instrumentos recomendados y análisis de los motivos del monitoreo.

Ítem	Instrumento	Análisis de los motivos del monitoreo
1	Acelerómetro (uniaxial)	(a) Respuestas vibratorias de la estructura de cables generadas ante la influencia del viento. (b) Efecto de fatiga debido a la vibración del cable a largo plazo. (c) Respuestas de los cables ante la acción de cargas. (d) Respuestas ante la acción de vibraciones ambientales.
2	Galgas extensiométricas	(a) En el anclaje de los cables atirantados, los cables de acero están sometidos a las cargas que recibe el puente, y por lo tanto tienen una relación directa con la seguridad del puente. A través de monitorear las respuestas esfuerzo-deformación de los anclajes, es posible obtener información respecto a los cables. (b) Al colocar galgas extensiométricas en los mecanismos contra extracción del bastión A2, se pueden reflejar las acciones de extracción en la estructura del puente por medio del análisis de la respuesta esfuerzo-deformación.
3	Termómetro	Al obtener la temperatura en diferentes posiciones de la estructura de puente bajo diferentes estaciones (seca y lluviosa), fechas y condiciones atmosféricas, es posible hacer compensaciones por temperatura en el análisis de la variación de los esfuerzos.
4	Anemómetro y veleta	Para las estructuras de puentes atirantados, se debe considerar el problema de que la frecuencia de las acciones del viento sobre la estructura puede provocar resonancia en ella. Por medio de la medición de la velocidad y dirección del viento es posible esclarecer este problema.

La estructuración del sistema de monitoreo es tal como se muestra en figura E.3. De la planificación de los instrumentos de monitoreo por utilizar se cuenta con acelerómetros, galgas extensiométricas, termómetros, anemómetro y veleta. Las señales que emitan estos instrumentos se adquieren mediante un sistema de adquisición de datos en sitio y son almacenados. Después de adquirir los datos de monitoreo en sitio, estos pueden ser colectados por el centro de monitoreo en sitio y luego se envían vía internet a la unidad remota de ingeniería para su análisis, o a un servidor remoto que se conecta directamente con el sistema de adquisición de datos y que procede al análisis de los mismos.

En la Tabla No. E-2 se muestra para cada instrumento el número de canales recomendados para llevar a cabo el monitoreo, así como su ubicación en la sección atirantada del puente. En la figura E.4 se presenta un esquema en donde se muestran las ubicaciones específicas recomendadas para llevar a cabo cada una de las mediciones. En total son 6 acelerómetros, 28 galgas extensiométricas, 2 termómetros, y 1 veleta y anemómetro.

Se debe tener en cuenta que la propuesta presentada se basa en recomendaciones mínimas que tienen como objetivo monitorear de forma efectiva los componentes que se consideran más críticos en el desempeño estructural de la sección atirantada del puente. Por lo tanto, se invita a que se consideren no sólo mediciones adicionales en los elementos mencionados, sino además otros parámetros y variables, tecnologías alternativas, así como la consideración de otros componentes del puente como podría ser el caso específico del pilón P9 o de los cables horizontales del apoyo en el bastión A2, siempre y cuando se lleve a cabo con anterioridad un análisis de factibilidad económica que justifique la viabilidad de utilizar instrumentación adicional.

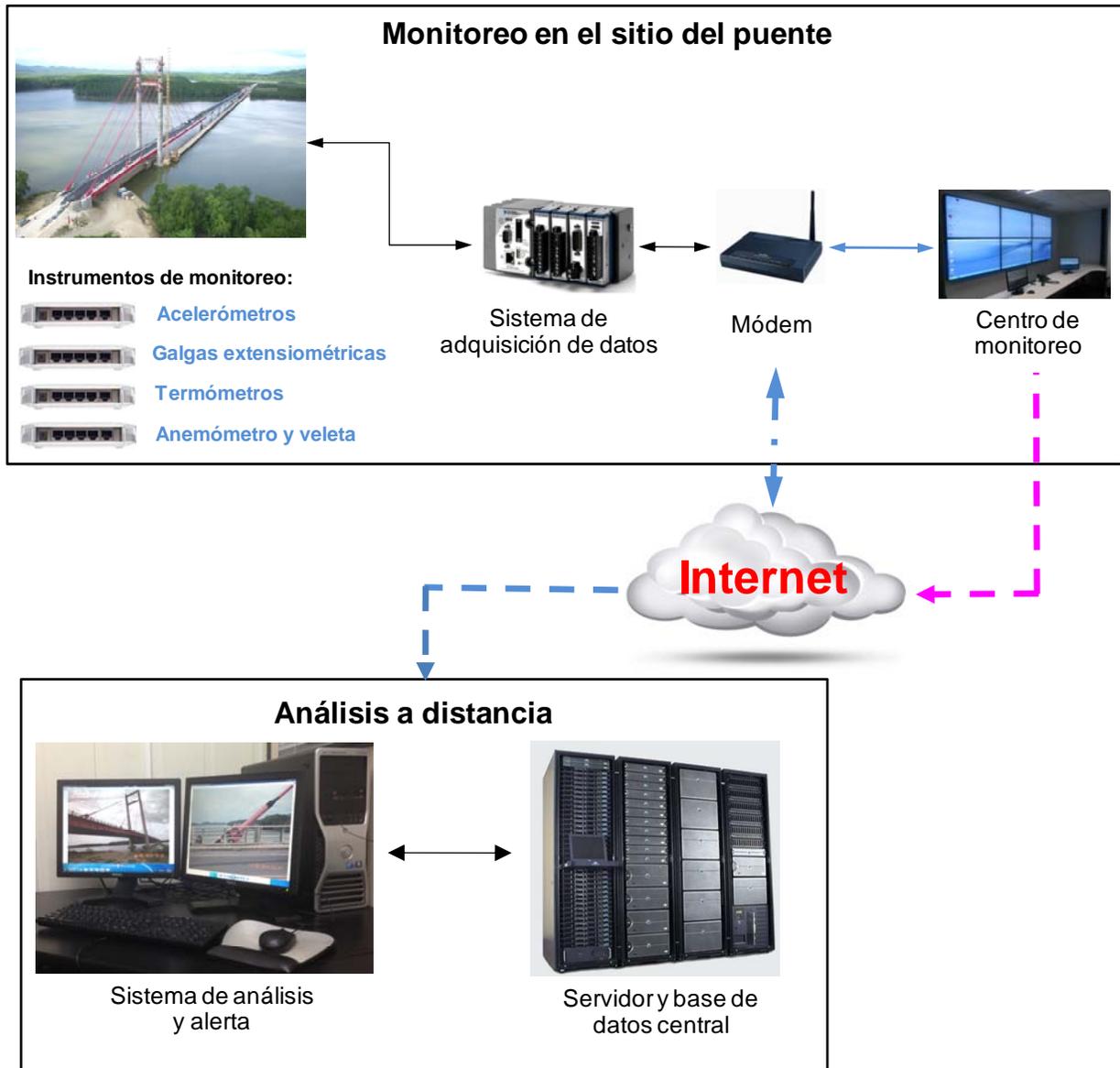


Figura E.3: Estructuración del sistema de monitoreo permanente.

Tabla No. E-2: Diseño del sistema de monitoreo.

Ítem	Nombre del instrumento	Numeración	Ubicación	Número de canales
1	Acelerómetro	A1	Cable C1L	1
		A2	Cable C3L	1
		A3	Cable C4L	1
		A4	Cable C4R	1
		A5	Cable C3R	1
		A6	Cable C1R	1
2	Galgas extensiométricas	S1	Mecanismo contra extracción del bastión A2	4
		S2	Anclaje C1L (izquierda)	2
		S3	Anclaje C1L (derecha)	2
		S4	Anclaje C3L (izquierda)	2
		S5	Anclaje C3L (derecha)	2
		S6	Anclaje C4L (izquierda)	2
		S7	Anclaje C4L (derecha)	2
		S8	Anclaje C4R (izquierda)	2
		S9	Anclaje C4R (derecha)	2
		S10	Anclaje C3R (izquierda)	2
		S11	Anclaje C3R (derecha)	2
		S12	Anclaje C1R (izquierda)	2
		S13	Anclaje C1R (derecha)	2
3	Termómetro	D1	Anclaje C3L (izquierda)	1
		D2	Anclaje C3R (izquierda)	1
4	Anemómetro y veleta	W1	Sobre el tope del pilón	1

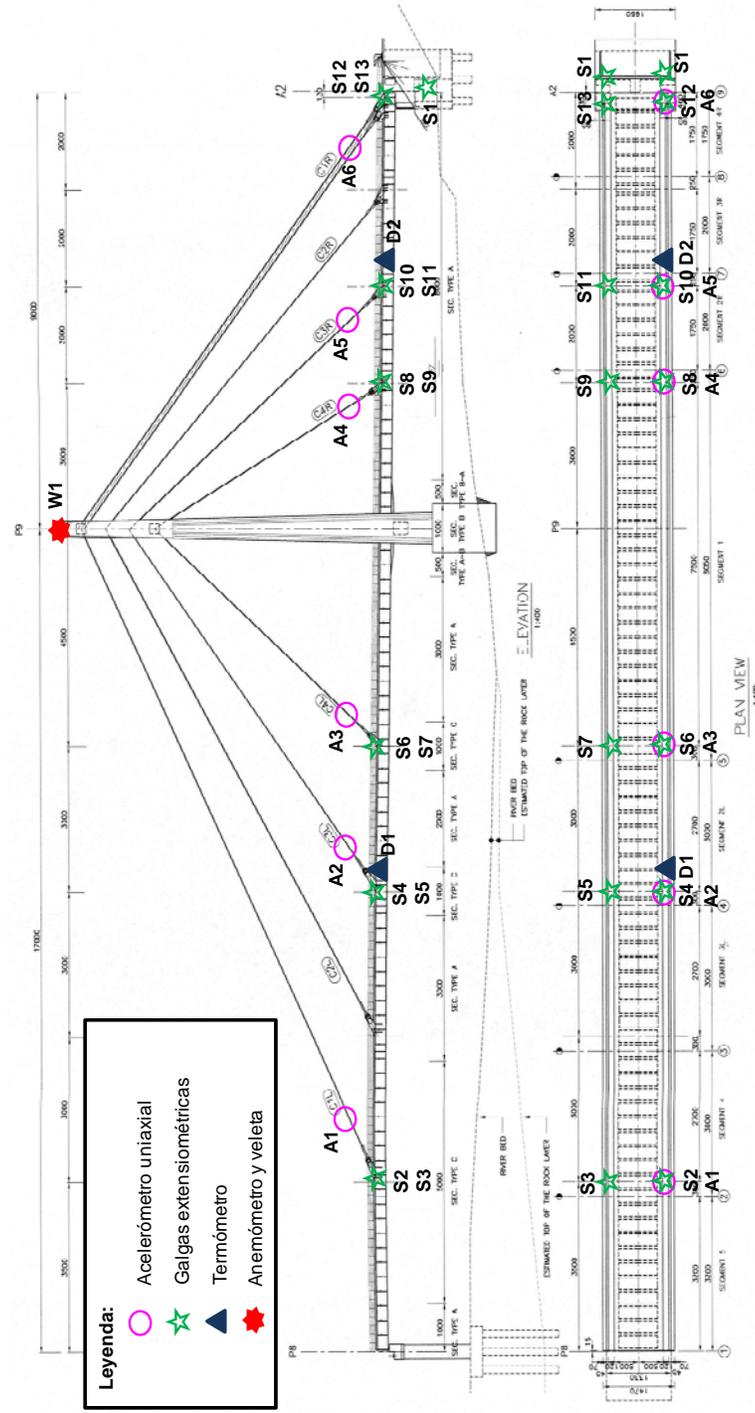


Figura E.4: Esquema de diseño del sistema de monitoreo.

Página intencionalmente dejada en blanco

ANEXO F

Tabla con tipos de deterioros típicos en carreteras de pavimentos flexibles.

Página intencionalmente dejada en blanco

Tabla No. F-1. Tipos de deterioros típicos en carreteras de pavimento flexible.

Deterioro	Descripción	Severidad
Bacheo	Área donde el pavimento original fue removido y reemplazado por material similar o diferente, para reparar la estructura o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicio.	<p>Baja: en muy buena condición y su desempeño es satisfactorio</p> <p>Media: presenta daños y deficiencias en los bordes.</p> <p>Alta: gravemente deteriorado y requiere ser reparado pronto.</p>
Desprendimiento de Agregados	Disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos	<p>Baja: los agregados gruesos empiezan a desprenderse y hay pequeños huecos con separación mayor a 0.15 m.</p> <p>Media: mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.5 m y 0.15 m.</p> <p>Alta: desprendimiento extensivo de agregados con separaciones menores a 5 cm haciendo la superficie muy rugosa con agregados sueltos.</p>
Exudación	Película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.	<p>Baja: visible en la superficie, en franjas aisladas y de espesor delgado, no cubre los agregados gruesos.</p> <p>Media: exceso de asfalto que conforma una película parcial sobre los agregados, se localiza en la huella de tráfico, se torna pegajoso en climas cálidos.</p> <p>Alta: presencia significativa de asfalto en la superficie, cubriendo casi la totalidad de los agregados, presenta un aspecto húmedo de intensa coloración negra.</p>

Tabla No. F-1 (Continuación). Tipos de deterioros típicos en carreteras de pavimento flexible.

<p>Grieta longitudinal y transversal</p>	<p>Discontinuidades en la mezcla asfáltica en la misma dirección del tránsito o transversal a éste. Representa indicios de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado, debido a la fatiga.</p>	<p>Baja: abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado.</p> <p>Media: abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras de severidad baja en los bordes o cerca de ellos.</p> <p>Alta: fisuras con abertura mayor a 3 mm, puede presentar fisuras con patrones irregulares, puede causar movimientos bruscos a los vehículos.</p>
<p>Piel de Lagarto</p>	<p>Serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. Las fisuras tienden a iniciarse en la fibra inferior de la capa asfáltica, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas.</p>	<p>Baja: fisuras longitudinales paralelas en la huella, con pocos o ninguna conexión.</p> <p>Media: las fisuras forman patrones de polígonos pequeños, sin evidencia de bombeo.</p> <p>Alta: las figuras están interconectadas formando bloques sueltos, presenta bombeo y descascaramiento.</p>

Nota: tomado del Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles (Colombia, 2006) y el Manual de Auscultación Visual (LanammeUCR, 2013).