

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 1/39

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P04-2018

INSPECCION ESPECIAL DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TORO AMARILLO RUTA NACIONAL No. 32: Evaluación de la condición de las pilas

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Diciembre, 2018

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 2/39

Página intencionalmente dejada en blanco



LanammeUCR

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

INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018

Página 3/39

1. Informe: LM-PIE-UP-P04-2018		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: INSPECCIÓN ESPECIAL DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TORO AMARILLO RUTA NACIONAL No. 32: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LAS PILAS		4. Fecha del Informe Diciembre, 2018	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias Ninguna			
7. Resumen <i>Este informe de inspección especial de la condición de las pilas del puente sobre el río Toro Amarillo en la Ruta Nacional No. 32, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la Ley 8114. Según lo observado en el sitio, el puente presenta acero de refuerzo expuesto con corrosión severa, nidos de piedra y pérdida de sección en el cuerpo de la pila 1, deficiencias que pueden estar directamente relacionadas a la influencia de las cenizas del volcán Turrialba en el cauce del río Toro Amarillo. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada, se realizan recomendaciones relacionadas con las deficiencias expuestas en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 32, Río Toro Amarillo, Inspección especial.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 39
11. Inspección y revisión por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes	12. Inspección e informe por: Ing. Sergio Álvarez González Unidad de Puentes		
13. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 4/39

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 5/39

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
3. ALCANCE DEL INFORME	7
4. DESCRIPCIÓN.....	9
5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL.	13
6. CONCLUSIONES.....	22
7. RECOMENDACIONES	22
8. REFERENCIAS.....	25
ANEXO A UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS.....	27
ANEXO B RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA MEDICIÓN DE PH	33
ANEXO C GLOSARIO.....	37

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 6/39

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 6 de 39
----------------------------	-----------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 7/39

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Toro Amarillo en la Ruta Nacional No. 32, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de una inspección del puente, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603.

La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 20 de agosto del año en curso, a raíz de la advertencia de la policía de tránsito de la zona dada el 19 de agosto sobre agrietamiento severo en la cara oeste de la pila 1 del puente. Dicho agrietamiento fue descartado por medio de la visita al sitio y se atribuyó a ductos biológicos hechos por insectos; sin embargo, se encontraron otros defectos. Estas deficiencias son presentadas y analizadas en este informe, y son sobre las cuales se hacen recomendaciones.

2. OBJETIVOS

- a) Realizar la *inspección especial* del puente a raíz del reporte de daño en la pila 1 hecho por oficiales de tránsito de la zona.
- b) Identificar, presentar y analizar los defectos encontrados a partir de las visitas al sitio.
- c) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento, reparación, rehabilitación o reemplazo de los componentes del puente con deficiencias.

3. ALCANCE DEL INFORME

Se entiende por *Inspección especial* (AASHTO, 2018) a una inspección no programada usada para monitorear una deficiencia en particular ya conocida o de la cual se sospecha. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos. Este tipo de *inspección especial* no es lo

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 7 de 39
----------------------------	-----------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 8/39

suficientemente exhaustiva como para cumplir los requisitos de una *inspección rutinaria* según la define el CONAVI (2015), pero si permite identificar y monitorear deficiencias que no sean producto de desastres naturales, accidentes, eventos extraordinarios o colapsos, como se limita en la *inspección de urgencia* (CONAVI, 2015). Ver Glosario en el Anexo C.

En el caso del puente sobre el río Toro Amarillo, la *inspección especial* se realizó a raíz del reporte de agrietamiento severo en la cara oeste de la pila 1 del puente. Dicho daño fue descartado, pero se encontraron otros defectos que son presentados y analizados en este informe. Dichas deficiencias, las cuales no están reportadas en el informe INF-PC-17-05-159: *Evaluación Estructural del Puente Sobre Río Toro Amarillo* elaborado en agosto del año 2017 por la empresa Camacho y Mora S.A. para el contratista CHEC del proyecto de ampliación de la ruta, ni en la herramienta informática SAEP (MOPT, 2018), se presentan además con el objetivo de que la unidad ejecutora del proyecto los tome en cuenta tanto para los trabajos que se van a realizar en el puente existente al cual hace mención este informe, como en el puente nuevo que se construirá paralelo. Las demás deficiencias que presenta el puente ya han sido reportadas por parte de la Unidad de Puentes por medio del informe LM-PI-UP-PN19-2015 (Muñoz-Barrantes y Agüero-Barrantes, 2015). Por otro lado, es importante mencionar que por dificultades de acceso, la inspección de la pila 1 se realizó a través de un vehículo aéreo no tripulado (VANT).

La numeración utilizada en este informe para la identificación del puente sobre el río Toro Amarillo se modificó respecto a la que se utiliza en planos para hacer coincidir el sentido de la numeración con el kilometraje de la carretera, y por lo tanto, difiere de la numeración utilizada en los informes citados anteriormente y la mostrada en la herramienta informática SAEP (MOPT, 2018).

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 8 de 39
----------------------------	-----------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 9/39

4. DESCRIPCIÓN

Tabla No. A. Características básicas del puente y de la ruta en la que se ubica.

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Limón, Pococí, Guápiles
	Coordenadas (WGS84)	10°12'12"N de latitud / 83°48'58"O de longitud
	Río que cruza	Río Toro Amarillo
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	32
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	70150
TPD - Anuario de Tránsito (MOPT, 2015)	Total	11890
	Porcentaje de vehículos pesados	28,42 %
	Camiones de 5 ejes	15,12 %
	Año en que se realizó el conteo	2015
Características básicas del puente	Longitud (m)	261,80
	Tipo de superestructura	Tipo viga cajón simple de concreto reforzado con cables de postensión
	Número de tramos	4
	Año de construcción	1984

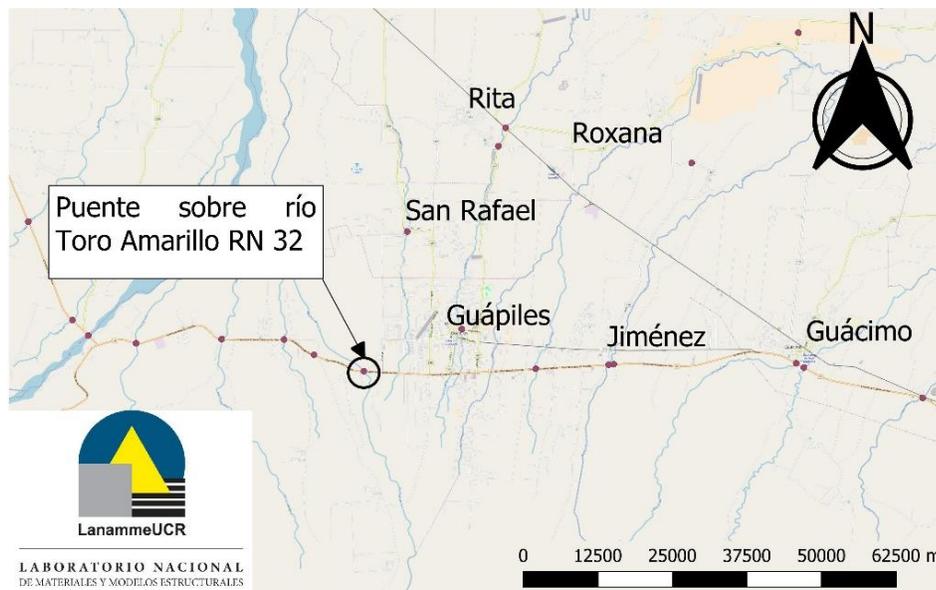


Figura A. Ubicación geográfica del puente sobre el río Toro Amarillo (Adaptado de Open Street Maps, 2018).

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 9 de 39
----------------------------	-----------------	----------------



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



Figura C. Vista lateral del puente (aguas abajo).

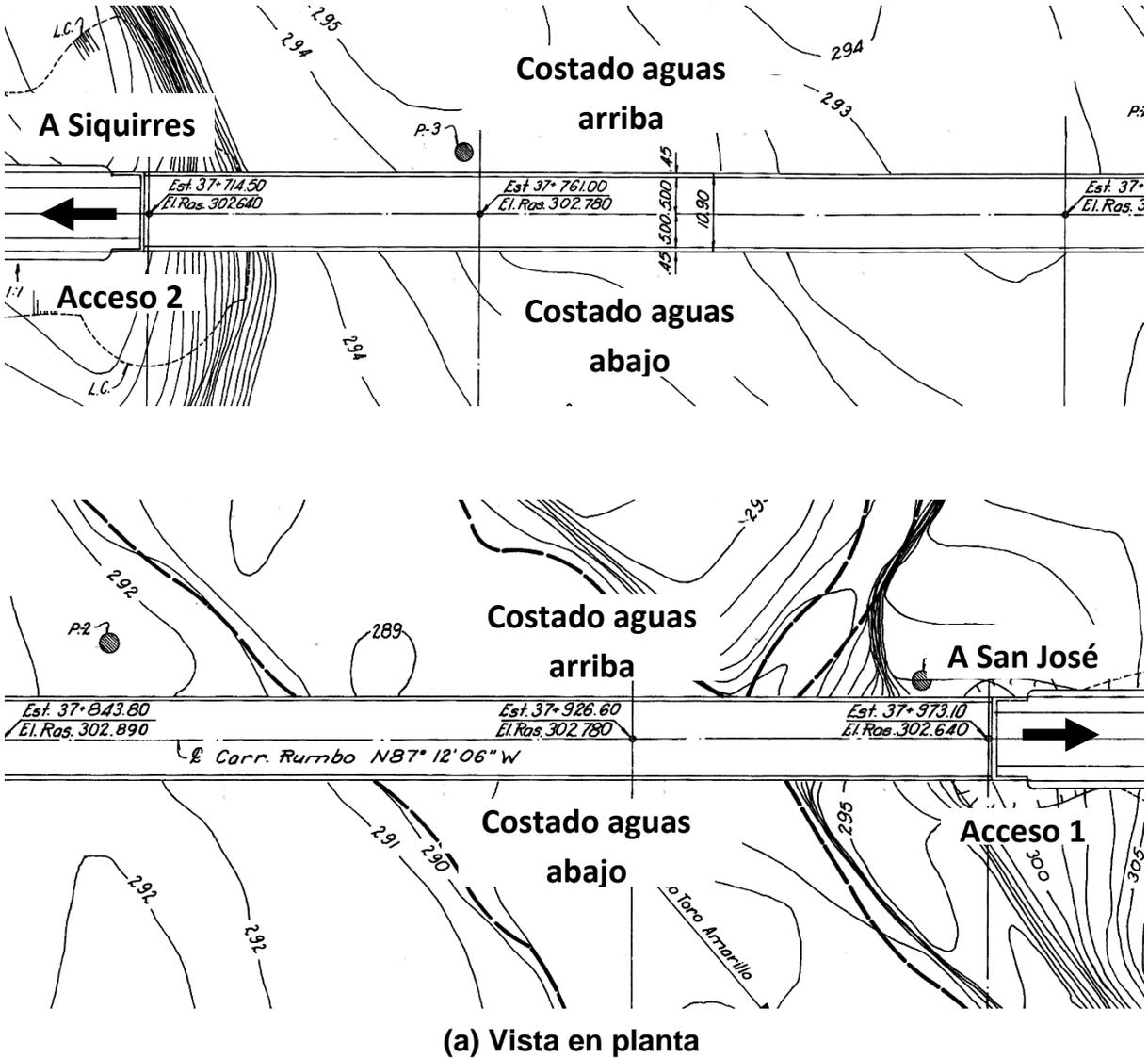
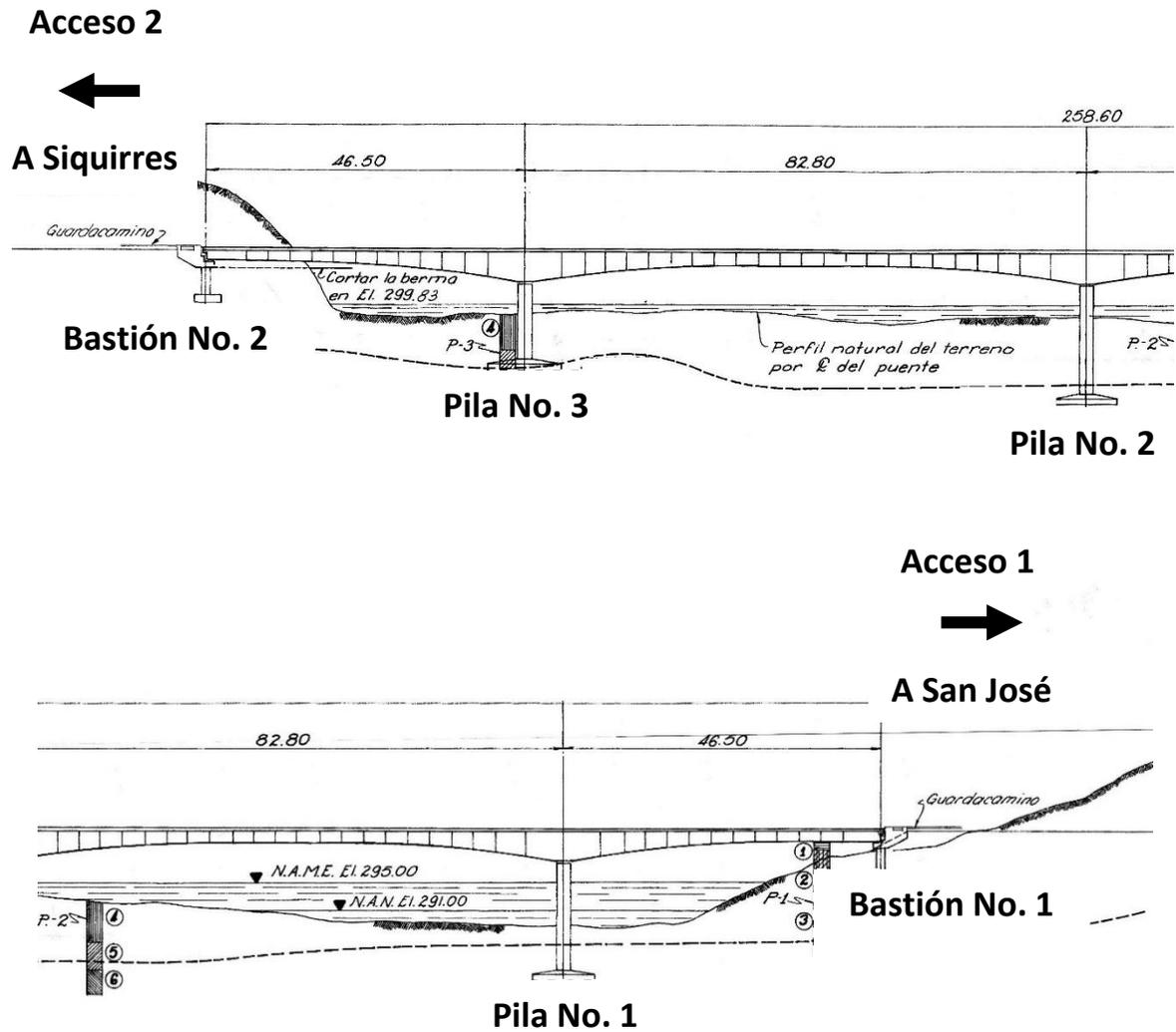


Figura D. Identificación en planta utilizada para el puente sobre el río Toro Amarillo.



(b) Elevación

Figura E. Identificación en elevación utilizada para el puente sobre el río Toro Amarillo.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 13/39

5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL.

5.1. Observación No. 1:

Existe acero de refuerzo expuesto con corrosión severa, nidos de piedra y pérdida de sección en el cuerpo de la pila 1; dicha exposición se observa en ambas caras de la pila (ver Figuras 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4) pero es más severa en la cara oeste, en donde además se evidencia pérdida importante de la sección de concreto de dicha pila, equivalente al menos a 130 mm según el recubrimiento indicado en planos (ver Figuras 1.1 y 1.2); si se toman en cuenta los 34 años de servicio del puente, la tasa de pérdida de concreto equivaldría a 3,80 mm / año. En el informe INF-PC-17-05-159: *Evaluación Estructural del Puente Sobre Río Toro Amarillo* no se indicaron las deficiencias observadas en la cara oeste de la pila, lo cual se debe a que posterior a la emisión del mismo, el material de relleno alrededor de la pila se erosionó considerablemente (Ver Observación No. 2), dejando expuesta un área mayor del cuerpo del elemento, que es donde se encuentran los defectos observados. Por otro lado, la base de datos de la herramienta informática SAEP incluye un reporte de inspección del puente correspondiente al año 2015, por lo que tampoco se indican estos daños (MOPT, 2018). Adicionalmente, es importante mencionar que el agrietamiento severo reportado por la policía de tránsito de la zona en la cara oeste de la pila 1, y a partir del cual se llevó a cabo esta *inspección especial*, en realidad corresponde a ductos biológicos hechos por insectos, líneas que se encuentran señaladas en las Figuras 1.1 y 1.2.

El río Toro Amarillo posee influencia directa del volcán Turrialba (ver Figura 1.5), el cual aporta ceniza al cauce de este y sus afluentes, lo que acidifica sus aguas y por consiguiente el suelo en sus márgenes al depositarse el material volcánico en esas zonas. El concreto reforzado es un material susceptible al ataque de ácidos, ya que provocan la disolución o pérdida de la pasta del cemento y la corrosión del acero de refuerzo (Kosmatka et al., 2004; ACI 201.2R-16; ACI 222.3R-11). Por otro lado, la presencia de nidos de piedra en el concreto aumenta la vulnerabilidad a la degradación y corrosión del concreto y del acero de refuerzo, la cual es una condición observada en las pilas del puente.

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 13 de 39
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 14/39

Con el fin de determinar el grado de acidez presente en el agua y suelo del río Toro Amarillo, el día 28 de agosto del presente año se extrajeron muestras del sitio del puente, cuyos puntos de extracción se muestran de forma aproximada en la Figura A.1 del Anexo 1. En el Anexo 2 se incluyen los resultados de laboratorio de la medición de pH para dichas muestras. Los resultados que se obtuvieron son los siguientes (Ver Tabla No. 1.1):

- El agua del río el día de la inspección en el sitio del puente es de carácter neutro (pH = 7,5; ver Tabla No. 1.1); no obstante, se debe recalcar de que esta es una medición que corresponde a un momento y condición específica, y por lo tanto no representa la variación de las características del agua a lo largo del año y dependiendo del grado de actividad del volcán Turrialba.
- En el caso de la muestra de suelo obtenida en las proximidades de la pila 2 (muestra Suelo P2; ver Anexo 1) se obtiene un pH de carácter ácido (pH = 4,5; ver Tabla No.1.1), lo que podría deberse a que durante una crecida del río en que este arrastraba material volcánico, parte de estas partículas se depositaron en las cercanías de la pila 2 y debido a la naturaleza ácida de la ceniza dada a su composición, se disminuyen los valores de pH en el suelo circundante. De acuerdo con Mason (1989), 4,5 es un valor de pH que indica un grado de ataque hacia el concreto entre fuerte y muy fuerte.
- Por otro lado, para la pila 1 no fue posible obtener una muestra de suelo debido a dificultades de acceso; sin embargo, para esta pila pudo haberse presentado una situación similar a la de la pila 2 debido a la cercanía con el cauce del río, de forma tal que habría estado en contacto con suelo acidificado, lo que habría ocasionado el deterioro del concreto y la corrosión del acero, hasta que con la reciente erosión de los rellenos alrededor de la pila, estas deficiencias quedaron expuestas. Nótese que el mayor daño se produjo en la parte superior del terreno original antes de que este fuera erosionado (Ver Figuras 1.1 y 2.1).
- En el caso de la pila 3 y del material recolectado del cauce del río los valores de pH son de 6,9 y 6,5 respectivamente (Ver Tabla No. 1.1), los cuales son valores que

implican un nivel de agresividad menor (Mason, 1989), pero que aun así evidencian de nuevo la influencia de las cenizas en los valores de acidez del suelo.

Tabla No. 1.1. Resultados de medición del pH para las muestras de agua y suelo (Ver Anexo A).

Muestra	Resultados de pH (n = 2)
Agua 1 (sup)	7,55 ± 0,03
Agua 2 (med)	7,50 ± 0,01
Agua 3 (prof)	7,50 ± 0,01
Suelo río	6,5 ± 0,2
Suelo P2	4,5 ± 0,3
Suelo P3	6,9 ± 0,1



Figura 1.1. Acero de refuerzo expuesto con corrosión severa y desgaste de la sección de concreto en pila 1, cara oeste.



Figura 1.2. Acero de refuerzo expuesto con corrosión severa y desgaste de la sección de concreto en pila 1, cara oeste (acercamiento al recuadro de la Figura 1.1).



Figura 1.3. Acero de refuerzo expuesto con corrosión en pila 1, cara este.



Figura 1.4. Acero de refuerzo expuesto con corrosión en pila 1, cara este (acercamiento al recuadro de la Figura 1.3).

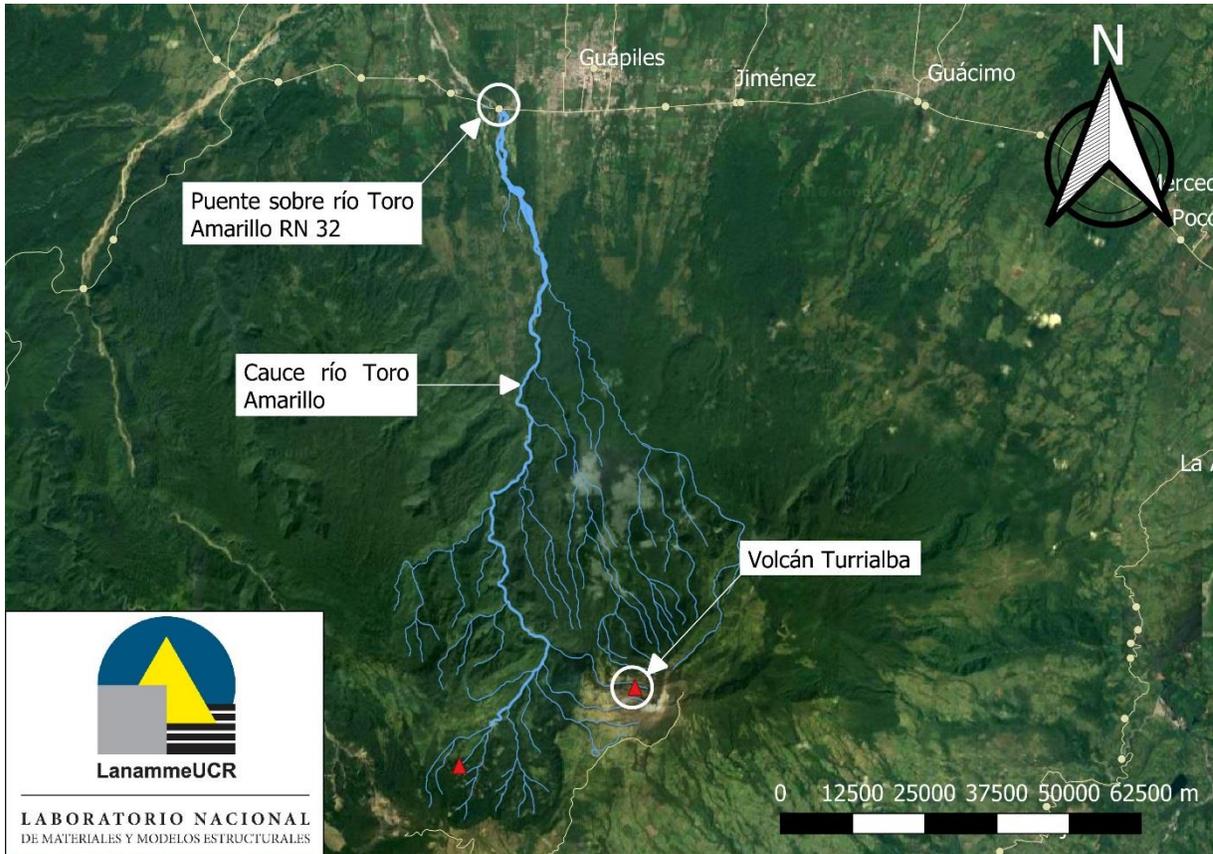


Figura 1.5. Ubicación geográfica del puente sobre el río Toro Amarillo en la Ruta Nacional No. 32, así como la ubicación de la cuenca del río, la cual nace en las laderas del volcán Turrialba (Adaptado de Google Earth, 2018).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 19/39

5.2. Observación No. 2:

Como ya se mencionó anteriormente, posterior a la emisión del informe INF-PC-17-05-159: *Evaluación Estructural del Puente Sobre Río Toro Amarillo* y el reporte de inspección del puente correspondiente al año 2015 incluido en el SAEP (MOPT, 2018), el material de relleno alrededor de la pila 1 se erosionó considerablemente, por lo cual en sitio se observó un nivel de desplante menor al indicado en estos anteriores informes. En las Figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se muestra la evolución de la erosión del material de relleno alrededor de la pila 1, comparando su estado en agosto del año 2017 con su estado actual.

De esta comparación se determina que el desplante de la pila 1 ha disminuido aproximadamente como mínimo de 6,7 m a 3,3 m (ver Figura 2.3), es decir, como mínimo 3,4 m en total, tomando como punto de referencia base para este informe el nivel observado del río, por lo que según planos del puente, a lo sumo restaría una distancia de 0,8 m para que la cara superior de la placa de fundación se vea expuesta; sin embargo, esta distancia no contempla el nivel del terreno real por debajo del nivel de agua observado, por lo que se desconoce la distancia de desplante real de la placa de fundación aislada actualmente.

La erosión acelerada que ha presentado el material de relleno alrededor de la pila 1 en menos de un año, evidencia la vulnerabilidad del sitio del puente a este fenómeno, la cual es una condición que debe considerarse durante la rehabilitación del puente existente y la construcción del puente nuevo, a fin de evitar problemas de erosión mayores y socavación.



Figura 2.1. Evolución de la erosión de talud frente a cara oeste de la pila 1 (comparación entre situación actual y año 2017).



Figura 2.2. Evolución de la erosión de talud frente a cara este de la pila 1 (comparación entre situación actual y año 2017, continua siguiente página).

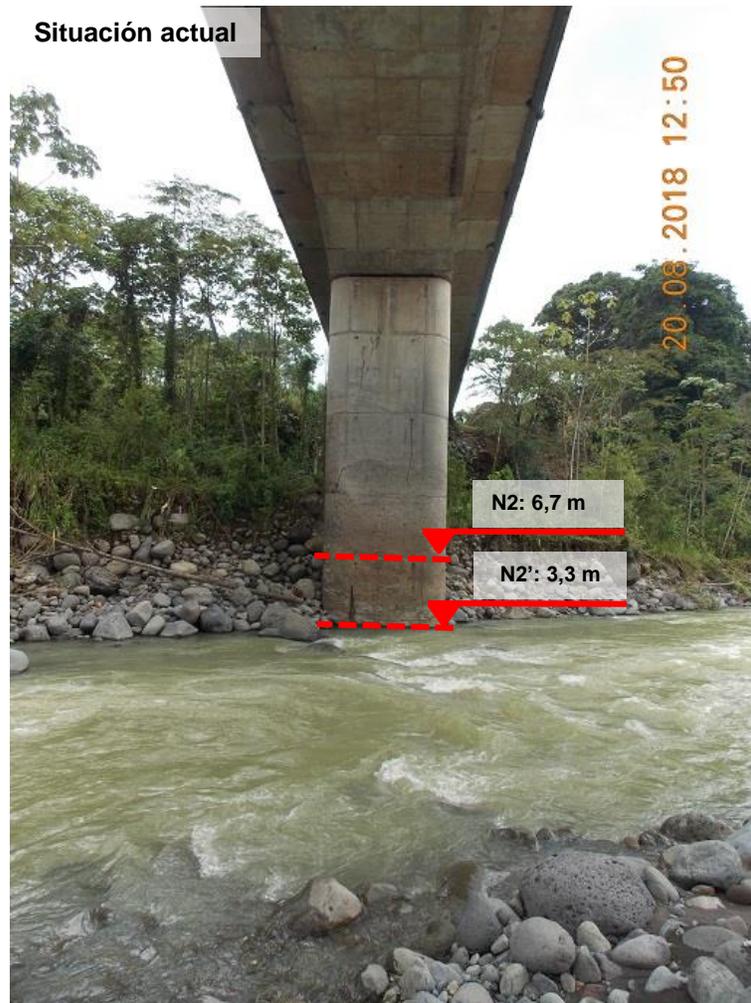


Figura 2.3. Evolución de la erosión de talud frente a cara este de la pila 1 (situación actual y año 2017).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 22/39

6. CONCLUSIONES

El puente sobre el río Toro Amarillo en la Ruta Nacional No. 32 presenta acero de refuerzo expuesto con corrosión severa, nidos de piedra y pérdida de sección en el cuerpo de la pila 1; estas deficiencias pueden estar directamente relacionadas con la influencia de las cenizas del volcán Turrialba en el cauce del río Toro Amarillo, y podrían encontrarse en un grado menor o mayor en las otras pilas del puente. Adicionalmente, existe un proceso erosivo acelerado en el material de relleno ubicado alrededor de la pila 1 del puente.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Unidad Ejecutora del proyecto de ampliación de la Ruta Nacional No. 32, tomar las acciones correctivas necesarias a los problemas antes citados y contemplar la posible influencia de las cenizas del Volcán Turrialba en el agua y suelo en el sitio del puente, de manera tal que, al momento de efectuar el diseño e intervención de la rehabilitación de la estructura existente o del puente nuevo, se utilice alguna o una combinación de las siguientes acciones con el fin de evitar que se vuelvan a presentar deterioros en el concreto y acero relacionados con estos factores:
 - a. Mayores recubrimientos acordes con las condiciones ambientales encontradas a sabiendas de que son de sacrificio.
 - b. Concretos menos permeables y más resistentes a la condición ambiental severa de acidez; tomando en consideración que esta medida reduce la tasa de deterioro de la pasta de cemento y disminuye la penetración de agentes corrosivos en el concreto, pero no mitiga por completo el riesgo.
 - c. Uso de selladores o revestimientos protectores para el caso de la reparación del daño de la estructura existente o para la protección del puente nuevo (ver por ejemplo: Kerkhoff, 2007; ACI 515.1R-13), en los cuales se deberá tener claro la vida útil de la solución que se escoja para tomarlo en cuenta en el plan de mantenimiento del puente.

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 22 de 39
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 23/39

2. Tomar en cuenta en los trabajos de intervención del puente existente, la posibilidad de que se encuentre el mismo deterioro en un grado menor o mayor que en el caso de la pila 1 en las otras pilas del puente.
3. Debido a la pérdida de sección del acero de refuerzo por corrosión severa en la pila 1, se recomienda monitorear con mayor regularidad la condición estructural del elemento hasta que sea intervenido en el proyecto de ampliación de la ruta, principalmente después de la ocurrencia de eventos extremos, como crecidas por eventos hidrometeorológicos o sismos en ambos casos severos.
4. Verificar si existe en el río alguna concesión de dominio público para extracción de material, con lo cual se podría solicitar si se han realizado mediciones de las características del agua y suelo del cauce como el pH, y así tener valores de variación a lo largo del tiempo dependiendo de los niveles de lluvia en la cuenca y de actividad volcánica.
5. Considerar el proceso erosivo acelerado que ha sufrido el puente con el fin de evaluar la necesidad de efectuar trabajos de protección en las pilas durante la intervención del puente existente y la construcción del puente nuevo, pudiendo usar como referencia los requisitos del Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial de Centroamérica (SIECA, 2016) y las recomendaciones de los documentos HEC-23 volúmenes 1 y 2 (FHWA, 2009).
6. De acuerdo con los resultados obtenidos en este informe y con el objetivo de asegurar la durabilidad de los trabajos que se van a realizar como parte de la ampliación de la Ruta Nacional No. 32, se recomienda hacer estudios o medidas de intervención similares en los puentes sobre los ríos Corinto y Blanco (oeste), según los resultados del informe LM-PI-UGERVN-11-2015 (Ruiz-Cubillo et.al., 2015) sobre la posible afectación de lahares, producto de la actividad volcánica del Turrialba, en dicha ruta.

Estas recomendaciones se asumen que serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y rehabilitación de la estructura.

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 23 de 39
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 24/39

En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionaron en los puntos anteriores.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 25/39

8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. ACI Committee 201 Report (2008). *Guide to Durable Concrete, ACI 201.2R*. American Concrete Institute, Michigan, USA.
3. ACI Committee 222 Report (2011). *Guide to Design and Construction Practices to Mitigate Corrosion of Reinforcement in Concrete Structures, ACI 222.3R*. American Concrete Institute, Michigan, USA.
4. ACI Committee 515 Report (1986). *A Guide to the Use of Waterproofing, Dam proofing, Protective, and Decorative Barrier Systems for Concrete, ACI 515.1R*. American Concrete Institute, Michigan, USA.
5. Camacho y Mora S.A. (2017). *Evaluación estructural del puente sobre río Toro Amarillo INF-PC-17-05-159*. San José, Costa Rica.
6. CONAVI (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puente (SAEP)*. Consejo Nacional de Vialidad, San José, Costa Rica.
7. FHWA (2009). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 1. Hydraulic Engineering Circular No. 23. Publication No. FHWA-NHI-09-111. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
8. FHWA (2009). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 2. Hydraulic Engineering Circular No. 23. Publication No. FHWA-NHI-09-112. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 26/39

9. Kerkhoff, B. (1997). *Effects of Substances on Concrete and Guide to Protective Treatments*. Portland Cement Association, Illinois, USA.
10. Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Portland Cement Association, Illinois, USA.
11. Mason, P. J. (1989). *Exposure of dam concrete to special aggressive waters*. ICOLD, Paris.
12. MOPT (1975). *Planos de diseño del puente sobre el río Toro Amarillo*. Versión: Planos finales de diseño [JPEG]. Proyecto San José – Siquirres / San José – Puerto Viejo. Ingenieros Consultores BEL-EDKEL, Europe - Etudes. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.
13. Muñoz-Barrantes, J., Agüero-Barrantes, P. (2015). *Fiscalización del puente sobre el río Toro Amarillo LM-PI-UP-PN19-2015*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
14. Ruiz-Cubillo, P., Vega-Salas, P., Barrantes-Jiménez, R., Loria-Salazar, L.G. (2015). *Modelación de lahares generados por el volcán Turrialba y su posible afectación a la red vial nacional LM-PI-UGERVN-11-2015*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
15. SIECA (2016). *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamerica*. Secretaría de Integración Económica Centroamericana, San Salvador, El Salvador.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 27/39

ANEXO A

Ubicación de las muestras extraídas.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 28/39

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 28 de 39
----------------------------	-----------------	-----------------

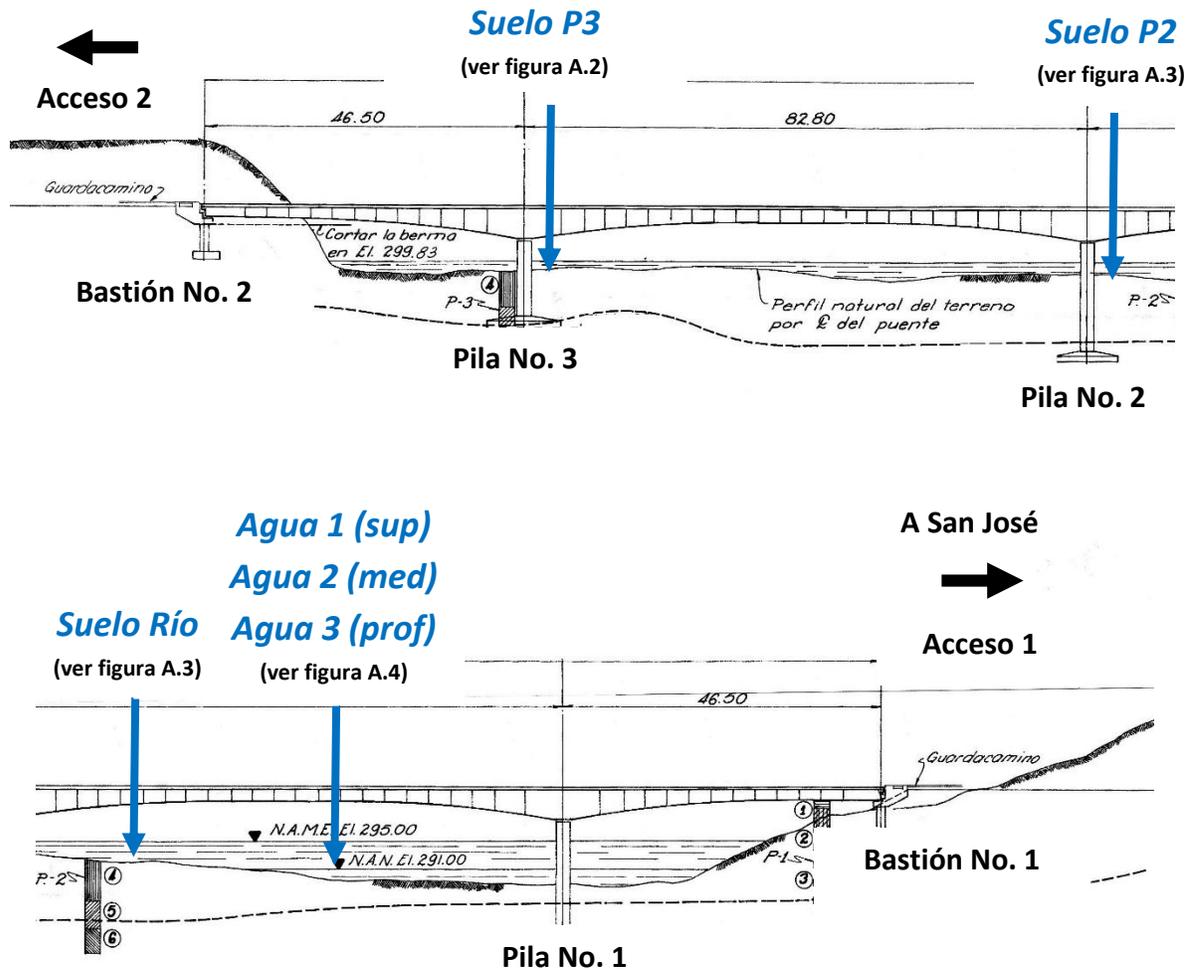


Figura A.1. Esquema de los puntos de extracción de las muestras de suelo y agua en el puente sobre el río Toro Amarillo.

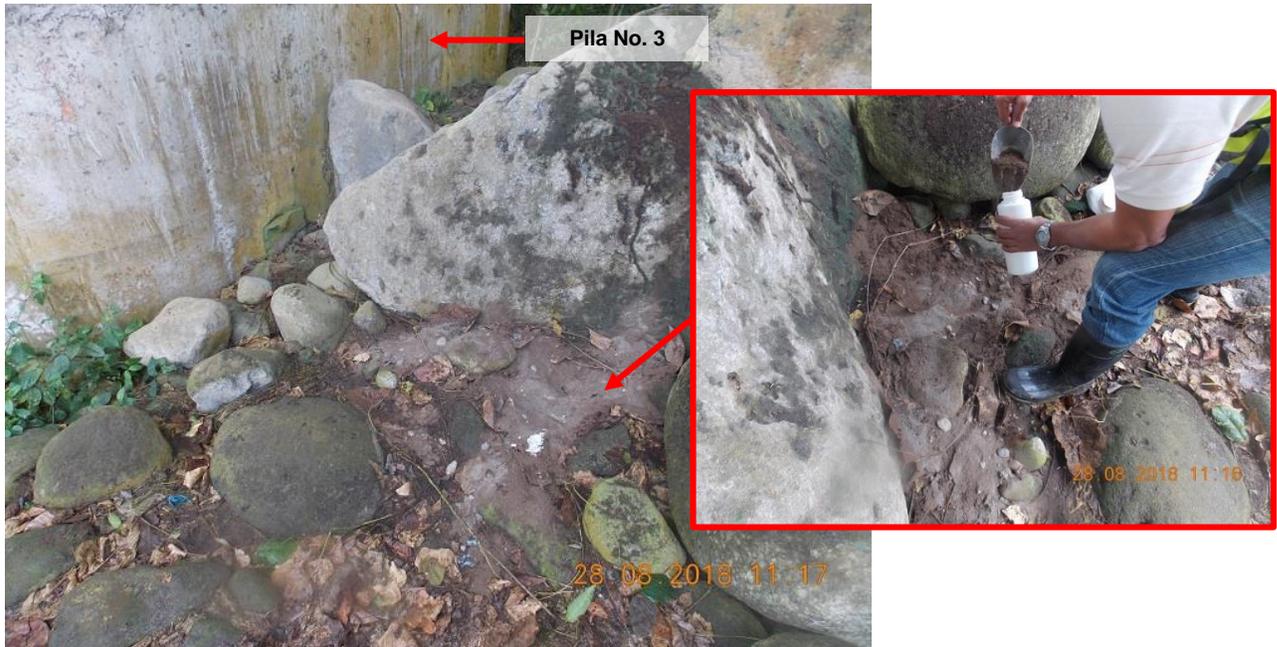


Figura A.2. Extracción de la muestra de suelo en Pila No. 3 (Suelo P3).



Figura A.3. Extracción de la muestra de suelo en Pila No. 2 (Suelo P2).



Figura A.4. Extracción de la muestra de suelo en el río (Suelo río).



Figura A.5. Extracción de las muestras de agua en el río (Agua 1 (sup), Agua 2 (med) y Agua 3 (prof) respectivamente de izquierda a derecha).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 32/39

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 33/39

ANEXO B

Resultados de laboratorio de la medición de pH

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 34/39

Página intencionalmente dejada en blanco



LanammeUCR

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

INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018

Página 35/39



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

No. de informe: I-1147-18

Informe de Ensayo

RC-80 v.10 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025)

ST-1093-18

1. Información del cliente

Nombre: Unidad de Puentes
Ing. Esteban Villalobos Vega
Teléfono: 2511-4974
Correo electrónico: esteban.villalobos@ucr.ac.cr

Proyecto: Puente RN 32

Domicilio: San Pedro de Montes de Oca. 400 m al norte del Centro Comercial Muñoz & Nanne,
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Universidad de
Costa Rica, Finca 2.

2. Método de ensayo:

Medición de pH

(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr.

(**) Ensayo no acreditado

3. Información de las muestras o especímenes de ensayo:

<u>No. de identificación:</u>	<u>Descripción:</u>
M-1821-18	3 Recipientes con agua, identificados como: Agua 1 (sup), Agua 2 (med) y Agua 3 (prof).
M-1822-18	3 Recipientes con suelo, identificados como: Suelo Río, Suelo P2 y Suelo P3
<u>Aportadas por:</u>	Ing. Esteban Villalobos
<u>Fecha de recepción :</u>	2018/08/28
<u>Responsable:</u>	Ing. Esteban Villalobos
<u>Fecha de realización del ensayo:</u>	2018/08/29-2018/08/29

4. Información del muestreo

Muestreo realizado por el cliente





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

No. de informe: I-1147-18

5. Resultados:

Para cuantificar el pH de las muestras de aguas, se trasvasan a un beaker, se agita durante 5 minutos y se detiene la agitación para realizar la medición.

Tabla N° 1. Medición de pH del agua
Muestra: M-1821-18

Muestra	Resultados de pH n = 2
Agua 1 (sup)	7,55 ± 0,03
Agua 2 (med)	7,50 ± 0,01
Agua 3 (prof)	7,50 ± 0,01

Para cuantificar el pH de las muestras de suelo, se toman 2,5 g de cada muestra de suelo, se agregan 10 mL de agua desionizada, se agita durante 5 minutos y se detiene la agitación para realizar la medición de pH

Tabla N° 2. Medición de pH de muestras de suelo
Muestra: M-1822-18

Muestra	Resultados de pH n = 2
Suelo Río	6,5 ± 0,2
Suelo P2	4,5 ± 0,3
Suelo P3	6,9 ± 0,1

Aclaraciones:

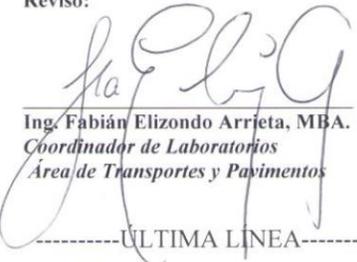
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR

Preparó:



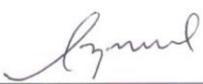
 Ing. Ellen Rodríguez Castro
 Jefe de Laboratorio de Materiales para
 Pavimentos

Revisó:



 Ing. Fabián Elizondo Arrieta, MBA.
 Coordinador de Laboratorios
 Área de Transportes y Pavimentos
 -----ULTIMA LINEA-----

Aprobó:



 Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.
 Director LanammeUCR





LanammeUCR

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

INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018

Página 37/39

ANEXO C

Glosario.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 38/39

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P04-2018	Diciembre, 2018	Página 38 de 39
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2018	Página 39/39

- **Inspección de inventario:** Inspección utilizada para registrar la primera información de inventario e inspección del puente. El objetivo de esta inspección es recopilar dimensiones, fotografías e información básica del puente, así como efectuar una primera inspección visual de daños de los elementos del puente (CONAVI, 2015).
- **Inspección rutinaria:** Tipo de inspección que se realiza cada dos años, una vez que la información de la *inspección de inventario* ha sido registrada. En el caso de puentes nuevos o con pocas deficiencias este período puede ser ampliado hasta cinco años. El objetivo de este tipo de inspección consiste en verificar la información registrada en la *inspección de inventario*, así como conocer y evaluar el grado de deterioro actual de los diferentes elementos del puente (CONAVI, 2015).
- **Inspección de urgencia:** Inspección que se efectúa tras el acontecimiento de un desastre natural, accidente, evento extraordinario o colapso. Por la naturaleza urgente de este tipo de inspecciones, se realiza una inspección general de la estructura, con el fin de detectar algún problema estructural que pueda poner en peligro el puente o el paso por el mismo y que permita emitir un criterio sobre la condición del puente (CONAVI, 2015).
- **Inspección especial:** Inspección no programada usada para monitorear una deficiencia en particular ya conocida o de la cual se sospecha. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos (AASHTO, 2018).