



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Estructural, N° 7, Volumen 2, Año 2017 · ISSN: 2215-4566

Inspección de emergencia de puentes luego del paso de la tormenta tropical NATE: daños observados y otras enseñanzas

Ing. Jorge Muñoz Barrantes, PhD

Unidad de Puentes

Programa de Ingeniería Estructural

jorge.munozbarrantes@ucr.ac.cr



Cercha del puente sobre el río Pacuar en RN 243 colapsó consecuencia del paso de la tormenta tropical NATE

Introducción

Con el fin de evaluar los daños producidos por la tormenta tropical NATE, los días 11, 12, 13 y 14 de octubre del 2017, la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR realizó la inspección por emergencia en 219 estructuras de alcantarillas y puentes ubicados en la rutas nacionales No. 2, 14, 27 y 34, pertenecientes a la red vial nacional primaria de nuestro país. NATE, evento afectó Costa Rica con mayor intensidad los días 4 y 5 de octubre del 2017. En el presente boletín, se documenta brevemente sobre las enseñanzas y los tipos de daños observados en los puentes inspeccionados; esto, con el fin de compartir la experiencia y presentar al lector una idea de la magnitud del impacto que se da luego de un evento hidrometeorológico mayor para el caso específico de infraestructura de puentes.

Una inspección de emergencia o, también llamada inspección por causa especial, son aquellas evaluaciones que se realizan en puentes luego de eventos no ordinarios como sismos fuertes, inundaciones o impacto vehicular. Su alcance es usualmente enfocado en algunos componentes de la estructura según fuera definido por el administrador o el protocolo. Este tipo de inspección no substituye las inspecciones periódicas. Para el caso de la emergencia por NATE, se enfocaron las inspecciones sobre los componentes: rellenos de aproximación en los accesos y subestructura (pilas y bastiones).

Los puentes inspeccionados fueron asignados por la Dirección de Puentes del Ministerio de Obras y Transportes (MOPT), que se dio a la tarea de evaluar todos los puentes en la red vial nacional primaria. En estas labores de inspección también participaron equipos del mismo ministerio, del CONAVI y del ITCR.

Logística de la Inspección

La logística en la realización de inspecciones de emergencia no es trivial, menos aún cuando se trata de la evaluación de gran cantidad de estructuras. Esta involucra aspectos distintos a las inspecciones convencionales como: mantener canales abiertos de comunicación con el administrador del puente (MOPT) y los otros equipos de inspección, la planificación previa de posibles rutas de inspección debido al colapso de puen-

tes y el bloqueo de rutas por deslizamientos, se debe contar con recursos suficientes en un periodo corto de tiempo (vehículos, inspectores y herramientas), y finalmente, es preferible previamente poseer información básica ordenada y fácilmente accesible de las estructuras para las cuales se va a realizar la inspección. Esta información, es de mayor importancia cuando el tiempo apremia y se evalúan gran cantidad de obras, en donde, particularmente para el caso de las alcantarillas, estas podrían ser de difícil ubicación si no se cuenta con información confiable y actualizada.

Es también importante mencionar aquí que una inspección de emergencia puede conllevar un mayor riesgo al inspector a la hora de realizar la inspección por aspectos como por ejemplo: terrenos inestables en el entorno del puente, ríos crecidos, daños en el puente, jornadas de inspección extensas y una mayor cantidad de objetos de inspección, lo que implica una mayor cantidad de posibles escenarios de riesgo. Por eso, es de suma importancia realizar esta actividad siempre en equipos de al menos dos personas y que, adicionalmente, se mantenga una comunicación constante entre los distintos grupos de inspección y se sigan los protocolos de seguridad.

Tipo de daños observados

Eventos hidrometeorológicos extremos, como el experimentado en Costa Rica por el paso de la tormenta tropical NATE, afectan prácticamente la totalidad del territorio nacional. La magnitud de los cambios que este tipo de eventos puede causar en el entorno del puente se observa en la figura 1, en donde se hace una comparación fotográfica del antes y después de NATE para el puente sobre el río Puerto Nuevo, en la ruta nacional No. 2. Para este tipo de escenarios, es de esperar que las estructuras experimenten algún grado de daño en sus componentes, lo que podría cambiar su capacidad funcional e impactar los márgenes de seguridad de diseño del puente o alcantarilla.

Los daños producidos por la crecida de los ríos, los flujos de detritos o las inundaciones sobre puentes y alcantarillas son muy variados. Típicamente, los daños producto de este tipo de eventos se concentran principalmente en la subestructura y los rellenos de aproximación.



Figura 1. Fotografías comparativas entre un antes y un después de NATE, puente sobre el río Puerto Nuevo en RN 2

En algunos casos, la superestructura y la carretera también podrían ser afectadas cuando, por insuficiencia hidráulica, el agua impacte sobre el puente o inclusive pase sobre él (overtopping). En alcantarillas, cuando se da el overtopping se tiene que, adicional a la afectación del tránsito, puede darse erosión del talud del relleno y en el cabezal de salida aguas abajo. Otra circunstancia donde puede salir afectada la superestructura es debido al impacto

de árboles u otros grandes objetos que arrastre la corriente del río (por ejemplo otros puentes).

Un registro del tipo de daño observado en las inspecciones luego del paso de NATE en puentes y alcantarillas se resume en la figura 2. El único caso de falla, la Alc. en Quebrada Palma (RN 34), no se incluye ya que al realizar la inspección ésta ya contaba con una reparación temporal.



Figura 2. Tipo de afectaciones observadas: a) Afectación Cauce, b) Acumulación de Sedimentos Leve en Alc., c) Inestabilidad Terreno en Entorno, d) Obstrucción Alc., e) Daño en Protección Hidráulica, f) Socavación en Cimiento o Cabezal Alc., g) Agua Pasa sobre Alc., h) Inestabilidad frente a Bastión, i) Socavación en Relleno o Aletones, j) Socavación: Cimiento Profundo, k) Socavación y Daño en Alc., l) Socavación: Cimiento Superficial

En la figura 2, se muestran afectaciones con niveles de impacto distinto sobre el funcionamiento de la estructura para el tránsito y los márgenes de seguridad estructural. Con el fin de discretizar los daños en función de la necesidad de atención y su impacto sobre las estructuras, se propuso la siguiente clasificación por código de colores:

- **CELESTE:** No se observó daño en la estructura ni afectación del cauce.
- **VERDE:** No se observó daño en la estructura pero el cauce evidencia claramente el impacto del evento (erosión, vegetación arrasada y escombros) y/o sedimentación leve en alcantarilla. Puntos *a)* y *b)* de la figura 2.
- **AMARILLO:** Afectación observada podría generar daños en la estructura o afectar el tránsito en próximas crecidas por lo que se recomienda sean atendidos. Puntos *c)*, *d)*, *e)*, *f)* y *g)* de la figura 2.
- **ANARANJADO:** Estructura amerita atención pronta para evitar mayor daño en rellenos de aproximación o la cimentación, o se tiene una situación potencialmente riesgosa para la estabilidad del puente y se requiere profundizar la evaluación. Puntos *h)*, *i)*, *j)*, *k)* y *l)* de la figura 2.
- **ROJO:** Daño no permite el tránsito o se debe cerrar preventivamente el tránsito. (solo se dio, para los tramos evaluados, el caso de la Alc. sobre la Q. Palma en la RN 34)

La figura 3 resume el número de ocurrencias de los daños tipificados. De las 219 estructuras evaluadas, 130 presentan una condición celeste, 85 presentan alguna afectación con estado verde, amarillo, anaranjado o rojo, y 4 no fueron inspeccionadas. En la mayoría de la estructuras, varios tipos de afectación pudieron ser observados; por ejemplo, para muchos de los daños categorizados como amarillo, rojo o anaranjado, hay una alta posibilidad de observar erosión en el cauce y vegetación arrasada. En la figura 3, se incluyen todos los tipos de afectación a excepción de los tipo a) de la figura 2; además algunas estructuras presentan hasta 3 o 4 de los tipos de daño de la figura 2.

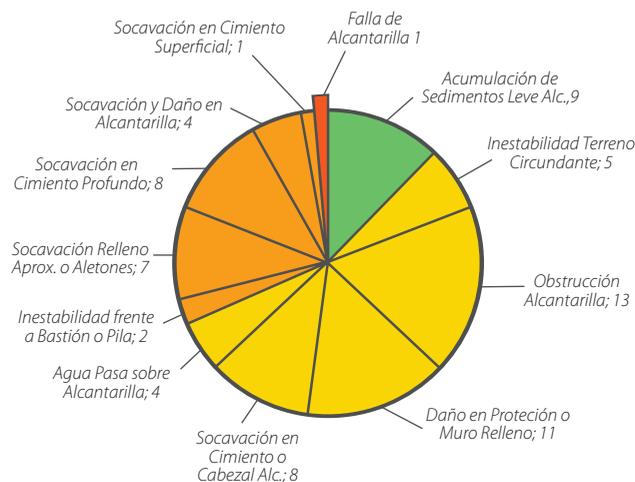


Figura 3. Frecuencia por tipo de daño descrito en la figura 2 y según su código de color. Se exceptúa la afectación tipo a), observada en 78 ocasiones

Distribución espacial del daño

La distribución espacial de los daños o afectaciones permite identificar aquellas zonas en donde el impacto es mayor. Esto facilita el análisis del daño en función de los factores de riesgo típicos, como lo son la vulnerabilidad de las estructuras y el potencial de las amenazas.

En la figura 4, se presentan mapas que muestran espacialmente la distribución de la afectación en las estructuras según el código de color propuesto para las rutas evaluadas. Estas son la RN 27 desde su inicio hasta la intersección con la RN 34, la totalidad de la RN 34 (la costanera) y RN 14, y la RN 2, desde Pérez Zeledón, hasta el fin de la ruta en Paso Canoas. De esta figura, se puede observar que existe afectación en prácticamente la mayoría de la RN. 34, donde se encontró el mayor impacto en el tramo entre el puente sobre el río Tárcoles y el puente sobre el río Barú. En el tramo a partir del puente sobre el río Barú hasta la intersección con la RN 2 se observa menor daño, en donde inclusive los daños que se reportan podrían haber sido efectuados por eventos anteriores. En la RN 2, se observaron afectaciones significativas desde Pérez Zeledón hasta el puente sobre el río Térraba, en donde muchas de las estructuras a la margen derecha de este río fueron afectadas por la interacción entre el Térraba y el afluente. Para el resto de la RN 2 la afectación fue menor. La RN 27 y 14 presentan una afectación leve.



a) Tramo San José-Dominical



b) tramo Dominical-Palmar Norte y Pérez Zeledón-Paso Canoas

Figura 4. Distribución espacial de las afectaciones al cause o daño observados. a) corresponde al tramo de la RN 27 (hasta cruce con RN 34) y RN 34 de su inicio hasta Dominical. b) corresponde al tramo de la RN 34 desde Dominical hasta el fin de la ruta, RN 2 desde Pérez Zeledón hasta el fin de la ruta y la RN 14

Reporte de los daños

Durante las labores de inspección de emergencia de infraestructura de puentes, es indispensable mantener canales de comunicación abiertos con las autoridades que administran las obras, siendo también necesario por parte de los inspectores identificar la criticidad con la que se comunica la información recolectada.

Tomando en cuenta que la importancia operativa de los puentes es la misma, donde todos forman parte de la red vial nacional primaria, se siguió el siguiente protocolo de comunicación de la información recabada a las autoridades:

- PRIORIDAD ALTA:** Aquellos puentes con código ROJO. Se llama inmediatamente al administrador y se espera hasta que se asegure que el paso por la estructura queda restringido. (No ocurrió esta situación durante la inspección realizada)
- PRIORIDAD MEDIA:** Aquellos puentes con código ANARANJADO. Se presenta un breve informe diario a las autoridades con una descripción de los daños para los puentes y alcantarillas en esta categoría.
- PRIORIDAD BAJA:** Aquellos puentes con código AMARILLO, VERDE y CELESTE. Se presenta un reporte de una a dos semanas luego de realizada la inspección. Aquí se puede presentar mayor detalle fotográfico y descriptivo de las afectaciones observadas.

Observaciones finales

El impacto de eventos hidrometeorológicos mayores, como la tormenta tropical NATE, no solo deja cuantiosos daños materiales y humanos sino que también pone en evidencia a aquellas estructuras que presentan características vulnerables ante los efectos de este tipo eventos en nuestra red vial nacional.

Tomando su componente positiva, la ocurrencia de estos eventos representa una oportunidad que permite a investigadores e administradores obtener nueva información útil para evaluar el desempeño de las estructuras, identificar factores de riesgo y mejorar los protocolos de atención de las emergencias. Es necesario que el valioso conocimiento que se genera luego de un evento pase a ser tomado en cuenta

activamente en la forma en que planificamos obra pública, en el mejoramiento de prácticas constructivas y la normativa de diseño, las labores de reconstrucción y, finalmente, la evaluación de los protocolos de atención de emergencia utilizados.

Es importante mencionar también que el apoyo y cooperación interinstitucional ante el embate de eventos extremos para la inspección de puentes, como ocurrió en este caso, debe ser promovida ya que es una forma efectiva de afrontar un problema para cuya magnitud los recursos propios de una sola institución podrían ser insuficientes.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PIE Programa de
Ingeniería Estructural

Tel. (506) 2511-2500 / Fax (506) 2511-4440
Código Postal 11501-2060
E-mail: direccion.lanamme@ucr.ac.cr
Sitio web: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr>

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación, diseño y control de calidad:

Lucía Rojas González / Óscar Rodríguez Quintana

Inspección de emergencia de puentes luego del paso de la tormenta tropical Nate:

daños observados y otras enseñanzas

Noviembre, 2017