



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0135-2022

INFORME DE INSPECCIÓN

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL TABLERO DE CONCRETO REFORZADO DEL PASO A DESNIVEL SOBRE LA INTERSECCIÓN DE LA BANDERA, RUTA NACIONAL Nº 39



Preparado por:
Unidad de Proyectos de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT .

San José, Costa Rica
22 de febrero, 2022



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Página intencionalmente dejada en blanco

| | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 2 de 16 |
|---------------------------|----------------------|----------------|



| | | |
|--|---|---|
| 1. Informe: ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. | | 2. Versión n.º 1 |
| 3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL TABLERO DE CONCRETO REFORZADO DEL PASO A DESNIVEL SOBRE LA INTERSECCIÓN DE LA BANDERA, RUTA NACIONAL N° 39. | | 4. Fecha del Informe 22 de febrero, 2022 |
| 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 | | |
| 6. Notas complementarias Ninguna | | |
| 7. Información general Este informe de inspección del paso a desnivel sobre la intersección de La Bandera, en la Ruta Nacional n.º 39, es un producto de la asesoría técnica que brinda el Programa de Ingeniería Estructural (PIE) a la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR. El informe presenta un resumen de las observaciones y recomendaciones realizadas a partir de la solicitud de criterio técnico de parte de la Unidad Ejecutora del CONAVI a cargo del proyecto y complementadas con la inspección estructural llevada a cabo el pasado 2 de febrero de 2022 al proyecto. El paso a desnivel sobre la intersección de La Bandera corresponde a un puente vehicular de un tramo con superestructura de vigas de concreto presforzado, bastiones tipo viga cabezal sobre pilotes, que funcionan a la vez como cimentación de la estructura. El tablero de concreto reforzado de 0,25 m de espesor del paso a desnivel es colado in situ sobre prelosas de prefabricados colocadas entre las vigas principales y alberga los carriles de circulación de la rotonda de La Bandera y parte del respectivo monumento. Este documento es parte de las competencias de la fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114. | | |
| 8. Palabras clave Paso a desnivel, Intersección La Bandera, Ruta 39, agrietamiento, tablero, concreto reforzado, auditorías técnicas de puentes, informe de asesoría. | | 9. N° de páginas 16 |
| 10. Elaborado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD Coordinador Programa de Ingeniería Estructural | 11. Revisado por: Ing. Andrés González León Programa de Ingeniería Estructural | 12. Revisión legal: Licda. Nidia María Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR |



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 2. OBJETIVO GENERAL | 9 |
| 3. ALCANCE..... | 9 |
| 4. OBSERVACIONES..... | 10 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 14 |
| 6. REFERENCIAS | 16 |



RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó una visita técnica para evaluar la condición del tablero de concreto reforzado colado en el sitio del paso a desnivel sobre la Intersección de Guadalupe de la Ruta Nacional N°39.

A partir de la información recopilada en la visita realizada y de la información suministrada por la Administración se realizan las siguientes observaciones:

- A. Existe un patrón de grietas generalizado en todo el tablero de concreto.
- B. Una parte de las grietas ya se encontraban selladas y otras solo habían sido perfiladas como paso previo al procedimiento de sellado de la grieta.
- C. Se observaron más grietas aún sin perfilar y sellar en gran parte del tablero de concreto.

La causa aparente del agrietamiento es atribuida a una retracción plástica producto de una pérdida acelerada del agua en la superficie del concreto previo al fraguado final cuando el concreto no ha desarrollado suficiente resistencia.

Se le solicita a la Administración realizar las siguientes acciones:

- Entregar el levantamiento del agrietamiento del tablero que fue preparado por el Contratista donde se detalle la ubicación, longitud y ancho de las grietas por reparar.
- Confirmar si los documentos contractuales incluyen o no incluyen criterios de aceptación de elementos de concreto reforzado colado en sitio que presentan deficiencias.
- Entregar el plan de verificación de calidad elaborado por el Contratista y aprobado por la Administración que permite verificar que el sellado de grietas fue exitoso.

Adicionalmente, se le recomienda a la Administración realizar las siguientes acciones:

- Realizar extracción de núcleos sobre las trayectorias de las grietas posterior al proceso de sellado para corroborar la efectividad del llenado de estas en toda su profundidad.
- Realizar ensayos de resistencia a la compresión conforme a la norma ASTM C42 en las muestras de núcleos extraídos.

| | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 6 de 16 |
|---------------------------|----------------------|----------------|



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Página intencionalmente dejada en blanco

| | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 7 de 16 |
|---------------------------|----------------------|----------------|



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de inspección del paso a desnivel sobre la intersección de La Bandera, en la Ruta Nacional n.º 39, es un producto de la asesoría técnica que brinda el Programa de Ingeniería Estructural (PIE) a la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR. El informe presenta un resumen de las observaciones y recomendaciones realizadas a partir de la inspección estructural llevada a cabo el pasado 2 de febrero de 2022 al proyecto.

El paso a desnivel sobre la intersección de La Bandera corresponde a un puente vehicular de un tramo con superestructura de vigas de concreto presforzado, bastiones tipo viga cabezal sobre pilotes, que funcionan a la vez como cimentación de la estructura. El tablero de concreto reforzado de 0,25 m de espesor del paso a desnivel es colado en sitio sobre prelasas de prefabricados colocadas entre las vigas principales y alberga los carriles de circulación de la rotonda de La Bandera y parte del monumento por construir. La Figura 1 muestra la ubicación geográfica del puente inspeccionado.

Una primera inspección se realizó el miércoles 2 de febrero 2022, con la presencia del Ing. Francisco Fonseca, de la Ing. Wendy Sequeira, ambos de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT), el Ing. Andrés González del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) y del Ing. Gustavo Badilla del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR.

Una segunda inspección fue realizada el viernes 4 de febrero 2022 por parte de los ingenieros Francisco Fonseca (UAT), Rolando Castillo (PIE) y Francisco Villalobos del laboratorio del área de construcción; todos funcionarios del LanammeUCR.

El Programa de Ingeniería Estructural (PIE) realizó esta inspección ante la solicitud de criterio técnico de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR, según consta en el correo electrónico remitido por la Ing. Fiorella Murillo con fecha de 25 de enero de 2022.

Este documento es parte de las competencias de la fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114.

| | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 8 de 16 |
|---------------------------|----------------------|----------------|



Figura 1. Ubicación geográfica del paso a desnivel en construcción sobre la intersección de La Bandera en la Ruta Nacional N°39.

2. OBJETIVO GENERAL

Responder a la consulta señalada por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, específicamente en lo que respecta al criterio técnico de la Unidad de Puentes respecto al agrietamiento presentado en el tablero de concreto reforzado del nuevo paso a desnivel sobre la intersección de La Bandera.

3. ALCANCE

Este informe se limita a presentar un resumen de observaciones relacionadas con el agrietamiento del tablero y se brindan recomendaciones correspondientes sobre la situación

| | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 9 de 16 |
|---------------------------|----------------------|----------------|



observada. Específicamente se enfoca en los procesos constructivos y en los aspectos de diseño que pudieron incidir en el agrietamiento presentado en el tablero de concreto reforzado. Queda a criterio de la Administración del proyecto definir las acciones a realizar por parte del Contratista para la aceptación de los trabajos en su condición de obra nueva.

Para la realización de este informe se contó con el documento del procedimiento de reparación del agrietamiento presentado por el Contratista a la Administración mediante el oficio PYC-307-2022-UN-LB, además de los planos constructivos del proyecto suministrados por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR e información obtenida de conversaciones con los encargados de la Supervisión y Administración durante la visita al proyecto.

4. OBSERVACIONES

El paso a desnivel se encuentra en proceso constructivo, sin embargo, ya está habilitado el paso vehicular sobre el tablero de concreto reforzado. Al momento de la vista el tablero de concreto reforzado del paso a desnivel ya había sido colado en su totalidad y concluido todo proceso de curado sobre el mismo.

Según lo comentado en el sitio por el Ing. Denis Fernández de la Administración del proyecto, el proceso de curado del tablero se realizó utilizando una membrana de curado para el curado inicial y posteriormente con un sistema de curado por humedad colocando un material de geotextil humedecido durante los primeros 7 días.

- A. Se observó un patrón de grietas aleatorio y generalizado en toda la superficie del tablero con un espaciamiento entre grietas alrededor de 0,3 m, como se puede observar en la Figura 2 y en la Figura 3.
- B. Se observaron grietas sin sellar con un ancho medido en sitio de menos de 2,0 mm hasta los 5,0 mm aproximadamente (ver Figura 4), este último en la zona del monumento de la rotonda, donde no hay tránsito sobre el tablero.
- C. Al momento de la visita, se observó que parte de las grietas del tablero ya se encontraban selladas y otras habían sido perfiladas como paso previo al procedimiento de sellado, como se puede observar en la Figura 5 y la Figura 3, respectivamente.

| | | |
|---------------------------|----------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 10 de 16 |
|---------------------------|----------------------|-----------------|



- D. Se observó que se había extraído un núcleo de concreto sobre la trayectoria de una de las grietas selladas previamente del tablero en la zona del monumento de la rotonda, como se observa en la Figura 6.
- E. Utilizando el agujero de la extracción del núcleo como ventana de inspección, se pudo observar que las grietas en las paredes de agujero alcanzaban el fondo del mismo y que el sistema implementado para sellar la grieta solo la selló superficialmente, como se observa en la Figura 6.



Figura 2. Patrón de agrietamiento aleatorio sobre el tablero de concreto reforzado en la zona del monumento (rotonda).

| | | |
|---------------------------|----------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 11 de 16 |
|---------------------------|----------------------|-----------------|



Figura 3. Separación de grietas estimada sobre el tablero de concreto reforzado en la zona del monumento por construir sobre el paso a desnivel (rotonda).



Figura 4. Grieta con un ancho máximo aproximado de 5,0 mm sobre el tablero de concreto reforzado en la zona del monumento (rotonda).



Figura 5. Grietas selladas sobre el tablero de concreto reforzado en la zona del monumento (rotonda).



Figura 6. Agujero del núcleo extraído sobre una grieta sellada del tablero de concreto reforzado donde se observó el sellado parcial de las grietas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A partir de lo observado y la información disponible se concluye lo siguiente:

- El agrietamiento existente en el tablero no se ha generado por cargas externas, debido a que la aparición del agrietamiento se dio durante el proceso de curado, antes de la apertura al tránsito.



- La causa aparente del agrietamiento se le puede atribuir a una retracción plástica producto de una pérdida acelerada del agua en la superficie del concreto previo al fraguado final cuando el concreto no ha desarrollado suficiente resistencia. Este tipo de retracción está asociada a condiciones ambientales que favorecen una rápida evaporación superficial (altas temperaturas, viento y/o baja humedad relativa) así como mezclas con alto contenido de cemento, alta presencia de finos y temperatura de la mezcla al momento de su colocación.
- El procedimiento para sellado de grietas proporcionado por el Contratista describe el procedimiento de aplicación de los productos según el ancho de grieta, sin embargo, no se indica cómo se va a verificar y la calidad del sellado y llenado en las grietas una vez aplicado el producto.

Con base en lo indicado, se le solicita a la Administración realizar lo siguiente:

- Entregar el levantamiento del agrietamiento del tablero que fue preparado por el Contratista donde se detalle la ubicación, longitud y ancho de las grietas por reparar. Esta información permite contar con una línea base para darle seguimiento a la deficiencia y controlar su posterior reparación.
- Confirmar que la Administración verificó que los documentos contractuales de este proyecto incluyen o no incluyen criterios de aceptación que permitan definir la aceptación o rechazo de elementos de concreto reforzado colado en sitio que presentan deficiencias como es el caso del agrietamiento de tablero de concreto.
- Entregar el plan de verificación de calidad elaborado por el Contratista y aprobado por la Administración, donde se indica como el Contratista va a demostrar la eficacia del sellado de todas las grietas observadas y el llenado en toda su profundidad. Este documento es indispensable para que la Administración pueda realizar aseguramiento de la calidad de los trabajos realizados.
- Entregar el procedimiento de trabajo entregado por el Contratista donde se detalla el sistema impermeabilizante que se va a implementar en toda la superficie del tablero de concreto reforzado, tanto en la zona del monumento (rotonda) como en la zona con

| | | |
|---------------------------|----------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0135-2022 | 8 de febrero de 2022 | Página 15 de 16 |
|---------------------------|----------------------|-----------------|



tránsito vehicular, para evitar cualquier filtración de humedad hacia el acero de refuerzo que afecte la durabilidad del elemento y dentro del túnel.

Adicionalmente, se le recomienda a la Administración realizar las siguientes acciones:

- Realizar extracción de núcleos sobre las trayectorias de las grietas, posterior al proceso de sellado para corroborar la efectividad del llenado de estas en toda su profundidad. Queda a criterio de la Administración, definir la cantidad de núcleos por extraer para asegurar la calidad del trabajo realizado.
- Realizar ensayos de resistencia a la compresión, conforme a la norma ASTM C42 en las muestras de núcleos extraídos, con el fin de determinar si el elemento de concreto reparado alcanza la resistencia de diseño y con ello verificar su correcta reparación. Considerar realizar un ensayo de resistencia a la compresión en una zona de concreto sin agrietar para contar con una referencia.

6. REFERENCIAS

R. Cisneros (1998). *XII Curso básico de Tecnología del Concreto: "Agrietamiento y Diagnostico"*. Coahuila, México.

American Concrete Institute, ACI Committee 224. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón*. Michigan, EE.UU.

American Concrete Institute, ACI Committee 318. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. Michigan, EE.UU.

Portland Cement Association, PCA. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. (1era edición). Illinois, EE.UU.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017). *Control of Concrete Cracking in Bridges*. Washington, EE.UU.