



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF- 1716-2023

INFORME DE INSPECCIÓN

INSPECCIÓN N.º 2 DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO, REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA EN LA RUTA NACIONAL N.º 32



Preparado por:

Unidad 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

4 de diciembre de 2023



Página intencionalmente dejada en blanco



| | | |
|--|---|---|
| 1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | | 2. Versión N.º: 1 |
| 3. Título: INSPECCIÓN N.º 2 DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO, REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA EN LA RUTA NACIONAL N.º 32 | | 4. Fecha del Informe 4 de diciembre de 2023 |
| 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. Palabras clave Puente, Río Virilla, Ruta Nacional n.º 32, construcción de puentes, rehabilitación de puentes, concreto presforzado, auditorías técnicas de puentes, inspección. | | |
| 7. Resumen Este informe de inspección presenta las observaciones realizadas durante la inspección estructural de los días 8 y 9 de noviembre de 2023 a la planta de producción de las vigas del proyecto de rehabilitación y ampliación del puente existente sobre el Río Virilla en Ruta Nacional n.º 32. Este informe es un producto de la asesoría técnica que brinda el Programa de Ingeniería Estructural a la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, como parte de las competencias de fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114. En este informe se presenta un resumen de los hallazgos de la inspección realizada y posteriormente se ofrecen los comentarios y recomendaciones correspondientes. | | |
| 8. Elaborado por: Ing. Francisco Rodríguez Bardía Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural | 09. Revisado y aprobado por: Ing. Julian Trejos Villalobos Coordinador Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural | 10. Revisado por: Lic. Giovanni Sancho Sanz Coordinador Unidad de Asesoría Legal |



Página intencionalmente dejada en blanco



| | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 5 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|----------------|

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL | 10 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 11 |
| 4. ALCANCE | 13 |
| 5. OBSERVACIONES REALIZADAS A PARTIR DE LA INSPECCIÓN..... | 14 |
| 6. CONCLUSIONES | 29 |
| 7. RECOMENDACIONES | 30 |
| 8. REFERENCIAS | 32 |



| | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 6 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|----------------|

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta las observaciones que surgen de la inspección realizada los días 8 y 9 de noviembre al taller de fabricación de las vigas del proyecto de rehabilitación y ampliación del puente existente sobre el Río Virilla en Ruta Nacional n.º 32.

A partir de la inspección realizada, surgen las siguientes observaciones:

- a) Se observaron algunas diferencias entre los planos de taller y los planos constructivos del puente en su versión del 29 de septiembre del 2023.
- b) Se observaron en sitio incumplimientos de los planos de taller, como diferencias en el espaciamiento de refuerzo transversal mayor al requerido, eliminación de ganchos para el acomodo de dispositivos de anclaje, modificación del armado de la varilla tipo V6 y V7 para el acomodo de los dispositivos de anclaje, tensado del ducto inferior de las vigas al 100 % con una resistencia a compresión del concreto de aproximadamente 250 kg/cm² y la aplicación de una capa de pintura de protección a los primeros 50 mm del lecho inferior del refuerzo transversal y longitudinal.
- c) Se observaron incumplimientos a la normativa vigente, como prácticas de curado distintas a las señaladas en la normativa CR-2020 y AASHTO LRFD 2017 y labores de vibrado con dispositivo de tipo aguja de forma incorrecta.
- d) Se observaron deficiencias en los elementos colados, como óxido en las placas de apoyo de las vigas, óxido en los dispositivos de anclaje del presfuerzo, óxido en la sección expuesta del presfuerzo y nidos de piedra en el ala inferior de las vigas

Al respecto, se recomienda ejecutar las siguientes acciones:

1. Solicitar a la administración la justificación por parte del contratista y aprobación por parte del diseñador de las modificaciones realizadas a las vigas con respecto a planos constructivos y de taller.
2. Solicitar a la administración una revisión por parte del diseñador del espaciamiento de acero transversal superior a lo indicado en planos de taller y la corrección de dicho espaciamiento en los elementos que están siendo armados antes de colar.



| | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 8 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|----------------|

3. Solicitar a la administración la aprobación por parte del diseñador para el proceso de traslado de las vigas inmediatamente después del desmolde.
4. Cumplir con lo indicado en CR-2020 en cuanto a curado de muestras para ensayos de resistencia a la compresión del concreto, así como cumplir con lo indicado en AASHTO LRFD 2017 y ACI 301S-10 en cuanto al curado de las vigas.
5. Solicitar una respuesta por escrito a la administración en la que se indique el procedimiento seguido para el vibrado del concreto y la metodología de aseguramiento de la calidad de dicho vibrado.
6. Solicitar los procedimientos para la eliminación del óxido en elementos de acero (dispositivos de anclaje del acero de presfuerzo y placas de apoyo), así como los criterios de aceptación o rechazo del presfuerzo antes de su colocación en el elemento.
7. Solicitar el procedimiento seguido para la reparación de nidos de piedra y las especificaciones técnicas del material utilizado para dicha tarea.



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de inspección presenta las observaciones realizadas durante la inspección estructural realizada los días 8 y 9 de noviembre de 2023 al taller de fabricación de las vigas del proyecto de rehabilitación y ampliación del puente existente sobre el río Virilla, en Ruta Nacional n.º 32.

La inspección fue realizada por el Ing. Francisco Rodríguez Bardía de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR, con la presencia del Ing. Alejandro Guasch García de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

Este informe es un producto de la asesoría técnica que brinda el Programa de Ingeniería Estructural (PIE) a la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR, como parte de las competencias de fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114. La inspección y este informe se realizan ante la solicitud de criterio técnico de parte de la Unidad de Auditoría Técnica.

A partir de la inspección se identificaron los siguientes hallazgos significativos:



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Realizar observaciones y recomendaciones sobre el proceso de construcción de las vigas de las superestructuras n.º 1, n.º 3, n.º 4 y n.º 5 del proyecto de rehabilitación y ampliación del puente sobre el río Virilla en Ruta Nacional n.º 32 mediante una visita a la planta de producción de las vigas para asegurar el adecuado comportamiento de los elementos durante su servicio.

2.2. Objetivos específicos

- a) Realizar una visita al taller de producción para observar el proceso de fabricación de las vigas del puente.
- b) Comentar sobre las posibles causas e implicaciones de las deficiencias observadas en los elementos en proceso y terminados.
- c) Brindar recomendaciones con base en las observaciones realizadas.



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 11 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El puente existente comprende cinco superestructuras, de las cuales cuatro de ellas son de tipo viga de concreto presforzado y una de ellas es de tipo viga cajón de concreto presforzado. La superestructura de tipo viga cajón cuenta con tres tramos, en los cuales la viga tiene un peralte mayor hacia el apoyo sobre las pilas intermedias.

El puente cuenta con 8 subestructuras: dos bastiones tipo marco y seis pilas tipo columna sencilla, todas de concreto reforzado. En la Tabla 1 a continuación, se presenta un resumen de las características del puente. Adicionalmente, en las figuras 1 a 4 se puede observar el puente según se describe en este capítulo.

Cuadro 1. Características generales del puente existente sin intervenir sobre el río Virilla en la Ruta Nacional n.º 32.

Fuente: MOPT, 2023a.

| | | |
|------------------------|---|---|
| Geometría | Longitud total (m) | 284.6 |
| | Ancho total (m) | 10,9 |
| | Número de tramos | 7 |
| | Alineación del puente | Recto |
| Superestructura | Número de superestructuras | 5 |
| | Tipo de superestructura (elementos principales) | Tramos 1, 5, 6 y 7: viga de concreto presforzado Tramos 2, 3 y 4: viga cajón de concreto presforzado |
| | Tipo de tablero | Tablero de concreto reforzado |
| Subestructura | Número de bastiones y pilas | 2 bastiones; 6 pilas |
| | Tipo de bastiones | Marco de columna doble de concreto reforzado |
| | Tipo de pilas | Columna sencilla de concreto reforzado |
| | Tipo de apoyo en bastiones | Bastión n.º 1 y n.º 2, apoyo fijo |
| | Tipo de apoyo en pilas | Apoyos expansivos en superestructuras tipo viga de concreto presforzado Apoyos rígidos en superestructuras tipo viga cajón de concreto presforzado |
| | Tipo de cimentación | Bastiones y pilas: Placa aislada (superficial) |



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 12 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

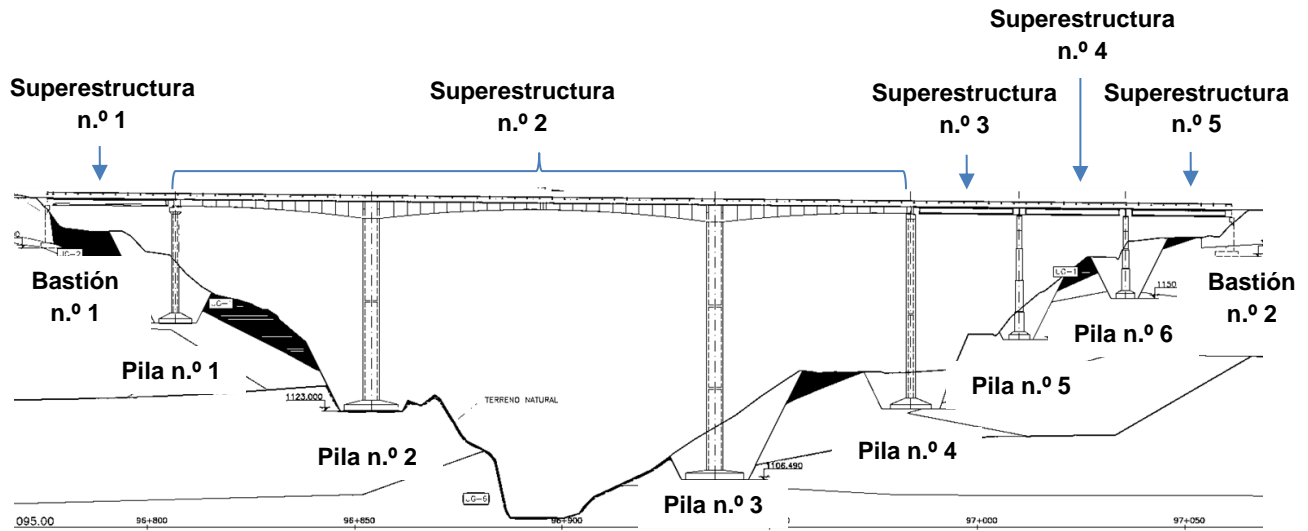


Figura 1. Elevación oeste del puente existente en condición actual sobre el río Virilla en Ruta Nacional n.º 32

Modificado de: MOPT, 2023a.

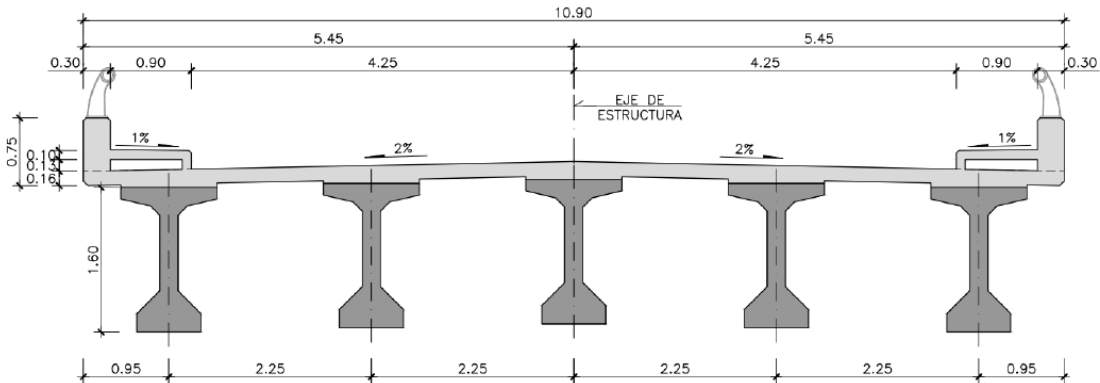


Figura 2. Sección de superestructura n.º 1 del puente existente en condición actual sobre el río Virilla en Ruta Nacional n.º 32

Fuente: MOPT, 2023a.



4. ALCANCE

Este informe presenta las observaciones que surgen de la inspección realizada el 8 y el 9 de noviembre de 2023 al taller de fabricación de las vigas de las superestructuras n.º 1, n.º 3, n.º 4 y n.º 5 del proyecto de rehabilitación y ampliación del puente existente sobre el Río Virilla en Ruta Nacional n.º 32. La inspección abarcó todos los elementos que se encontraban en proceso de fabricación y ya fabricados los días de la visita.

Adicionalmente, se consultaron los planos de taller de los elementos inspeccionados en los casos en los que fuera necesario complementar la información recopilada durante la inspección.

Finalmente, para cada una de las observaciones realizadas con respecto a estos elementos, se brindan las recomendaciones correspondientes con el fin de que se dé una solución a los problemas identificados.

5. OBSERVACIONES REALIZADAS A PARTIR DE LA INSPECCIÓN

Con base en la inspección realizada en sitio, se hacen las siguientes observaciones para el proyecto de rehabilitación y ampliación del puente sobre río Virilla en Ruta Nacional n.º 32.

A. Observaciones a los planos de taller

5.A.1. Se observaron diferencias en el armado de acero transversal de las vigas entre los planos de taller y los planos constructivos. Esto se aprecia de forma clara al comparar la sección G de la lámina S-703 en los planos de taller y la sección A-A de la hoja 01 del plano 3.6.27 en los planos constructivos (Figura 1). La diferencia principal está en el acomodo de los ganchos horizontales en el alma de la viga (V4 en los planos de taller) y en el aro que atraviesa toda la sección de la viga (V2 en los planos de taller). Este cambio no tiene incidencia negativa en el comportamiento estructural del elemento.

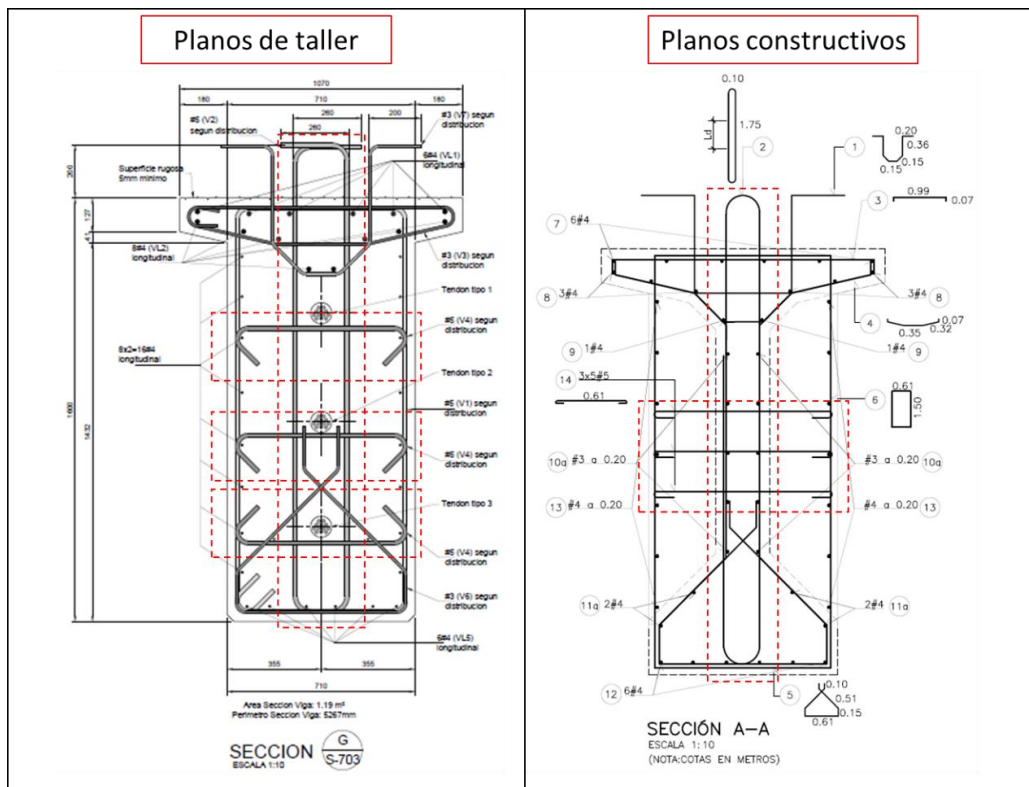


Figura 1. Diferencias en viga de superestructura n.º 5 entre planos de taller y planos constructivos

Modificado de: MOPT (2023a) y MOPT (2023b).



B. Observaciones sobre incumplimientos de planos de taller

5.B.1. Durante la inspección se revisó el armado del acero de refuerzo y del acero de presfuerzo de la viga n.º 5 de la superestructura n.º 5 y se observó que en la zona n.º 3 del refuerzo transversal el espaciamiento entre aros era de 200 mm (Figura 2), lo que es superior a los 180 mm indicados en los planos de taller (Figura 3). Esto debe revisado y aprobado por el diseñador para las vigas que ya se han construido. Para las vigas en proceso de construcción, se debe corregir o solicitar aprobación del diseñador.



Figura 2. Revisión de aros en zona 3 de refuerzo transversal en viga de superestructura n.º 5

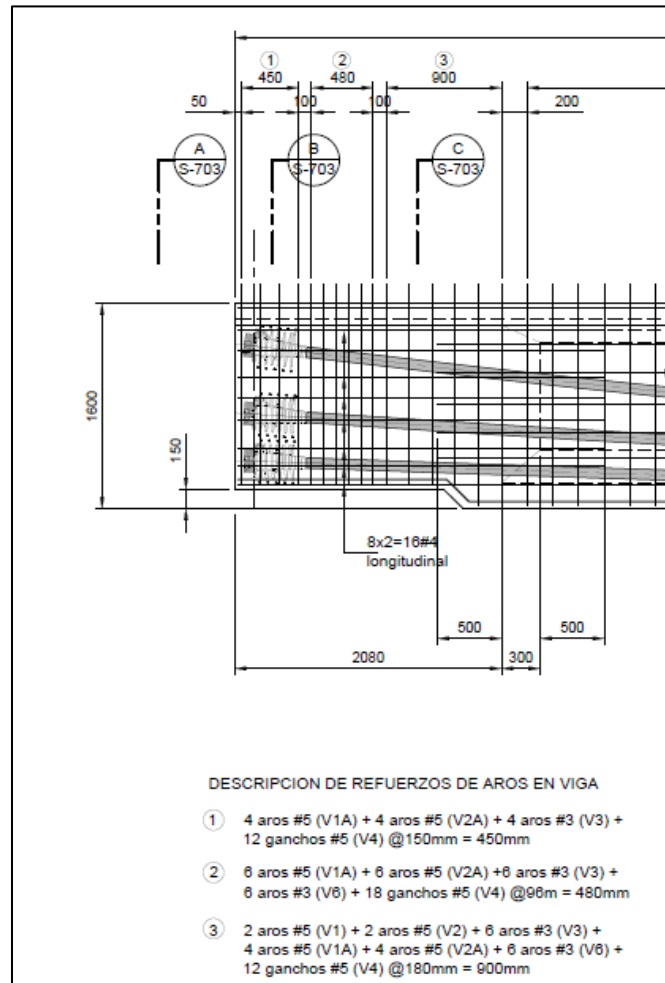


Figura 3. Indicación en planos de la zona n.º 3 de refuerzo transversal en vigas de superestructura n.º 5

Fuente: MOPT (2023b)

5.B.2. Se observó que no se ha instalado el gancho inferior en la zona de refuerzo transversal n.º 1 de las vigas de la superestructura n.º 3 y n.º 4 y en las zonas de refuerzo transversal n.º 1 y n.º 7 de las vigas del vano n.º 5 (ver Figura 4 y Figura 5). Según indicaciones del personal encargado del armado del acero, la remoción de los ganchos se realizó para hacer posible la instalación de los dispositivos de anclaje del postensado, cambio que contó con la aprobación del diseñador encargado.

| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 17 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|



Figura 4. Ganchos faltantes en zona n.º 1 de refuerzo transversal en viga de superestructura n.º 4

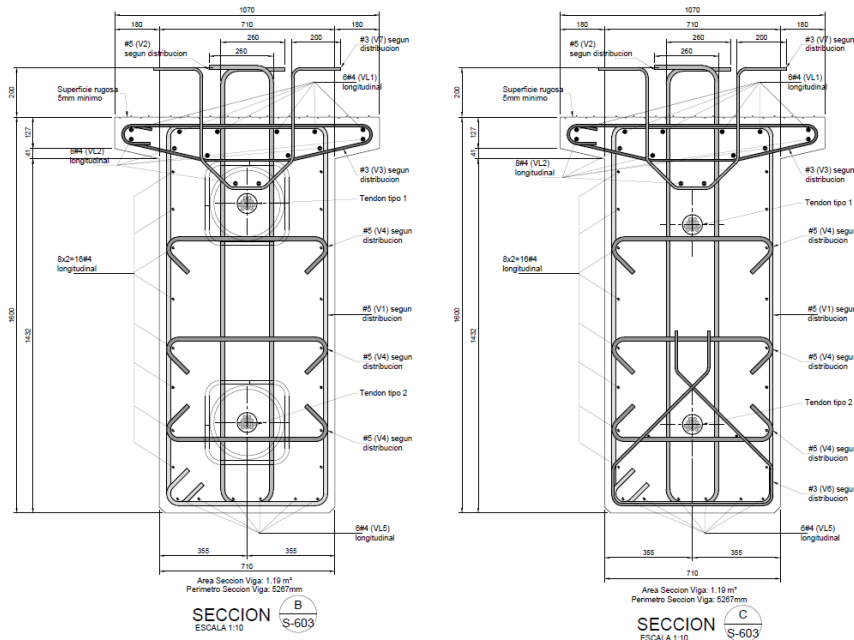


Figura 5. Detalle de refuerzo en zona n.º 1 de viga de superestructura n.º 4

Fuente: MOPT (2023b).



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 18 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

5.B.3. Se observó que se modificó el detalle de amarre de las varillas denominadas V6 (Figura 7) en un tramo de aproximadamente 1 m de largo debido a que interferían con el ducto de postensión. En su lugar, se colocó un gancho de varilla según se muestra en la Figura 6. La modificación mostrada debe contar con aprobación del diseñador del proyecto.

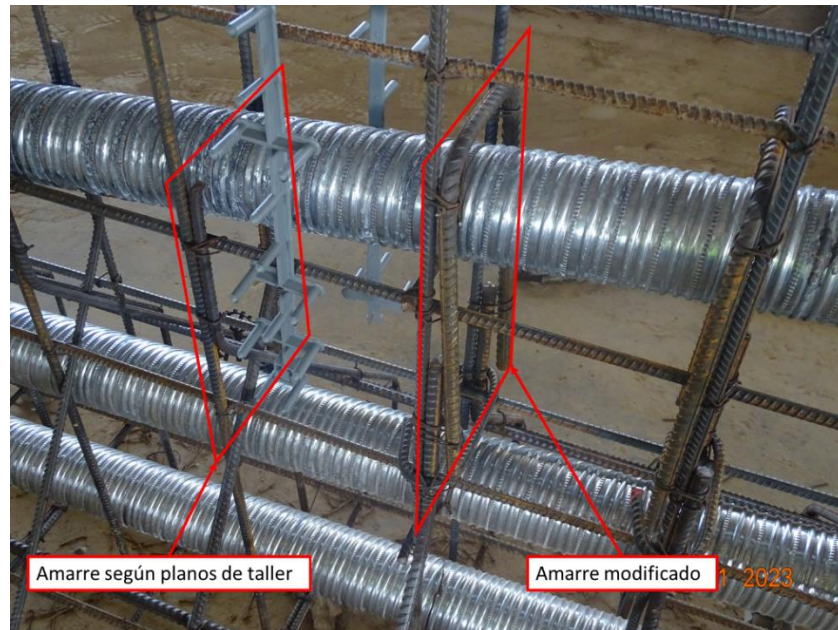
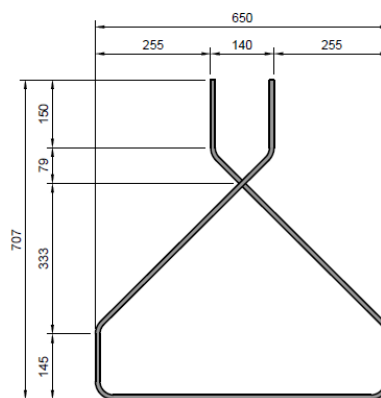


Figura 6. Modificación de amarres de varillas tipo V6



V6 - #3

L= 2.40m

ESCALA 1:10

Figura 7. Detalle original según planos de taller de varilla tipo V6

Fuente: MOPT (2023b)

| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 19 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

5.B.4. Se observó que se modificó el detalle de varilla tipo V7 (Figura 9) cerca del dispositivo de anclaje del postensado en las vigas de las superestructuras n.º 3, n.º 4 y n.º 5 (Figura 8). Según indicaciones del personal de la planta, esta modificación se consultó con el diseñador y recibió su aprobación; sin embargo, no se tiene conocimiento de registro escrito de esta aprobación.

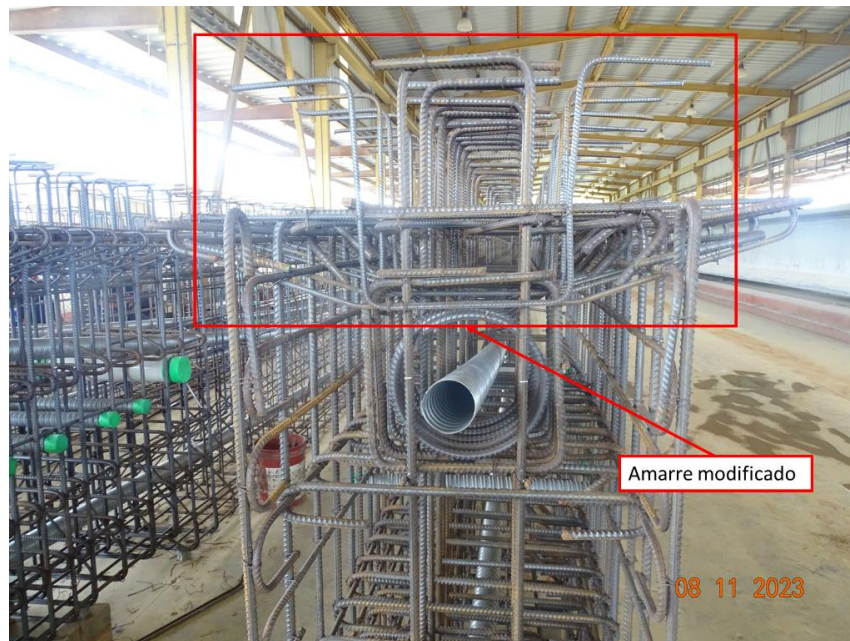


Figura 8. Modificación de varilla tipo V7 en viga de superestructura n.º 4

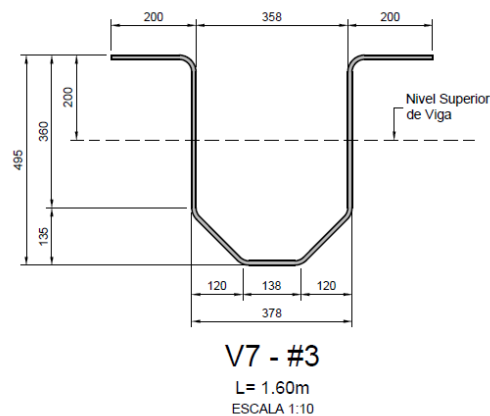


Figura 9. Geometría original de varilla tipo V7 en viga de superestructura n.º 4

Fuente: MOPT (2023b)



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 20 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

5.B.5. Se observó el tesado de los torones en el ducto de postensado n.º 3 al 100 % a aproximadamente 18 horas después de coladas las vigas n.º 1 a n.º 4 de la superestructura n.º 5, las cuales presentaban una resistencia de concreto de aproximadamente 250 kg/cm² según indicaciones del personal encargado; sin embargo, en la lámina de especificaciones de los planos de taller se solicita que la resistencia del concreto al desmolde sea de 350 kg/cm². Se consultó al personal de la planta si este proceso fue aprobado por el diseñador, para lo cual indicaron que sí, mas no se identificó un registro escrito de la aprobación.



Figura 10. Proceso de tesado de ducto inferior de vigas de superestructura n.º 5

5.B.6. Se observó que se aplicó una capa de recubrimiento en apariencia epóxico a los primeros 50 mm de refuerzo de la viga desde la cara inferior de los aros (Figura 11). Esto no está indicado en los planos constructivos y podría requerir de longitudes de desarrollo y anclaje mayores en el refuerzo del concreto según se indica en el inciso 5.10 de AASHTO LRFD, Bridge Design Specifications, 8th edition, 2017. Esta modificación debe recibir la aprobación del diseñador tanto para los elementos ya fabricados como para los que están en producción



Figura 11. Recubrimiento en los primeros 50 mm del lecho inferior del refuerzo en vigas

C. Observaciones sobre incumplimientos a normativa

- 5.C.1. Se observó que, durante los primeros 7 días después de colado de cada elemento, se utilizó el mismo método de curado tanto para vigas como para cilindros de prueba muestreados por el taller (Figura 12). Sin embargo, después de los 7 días, los cilindros de concreto fueron sumergidos en pilas de agua mientras que las vigas se mantuvieron al aire libre y sin curado (Figura 13). Según el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020 (de ahora en adelante denominado CR-2020), se deben curar los cilindros que serán sometidos a esfuerzo de compresión junto con los miembros de concreto que representan (en este caso, las vigas del puente).



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 22 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|



Figura 12. Cilindros de prueba colocados a un costado de la viga a la que representan (viga n.º 3 de superestructura n.º 5)

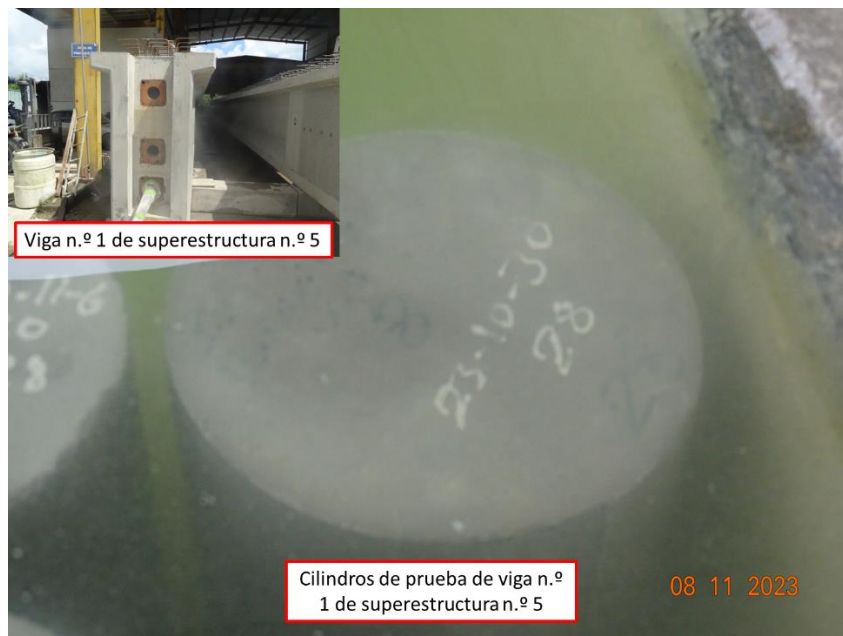


Figura 13. Cilindros de prueba para viga n.º 1 de superestructura n.º 5



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 23 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

5.C.2. Se observó que, por periodos de aproximadamente 15 minutos, la superficie de concreto dentro de los 7 días después de colado parecía estar seca. También, según indicaciones del personal del taller, el concreto no se cura durante la noche ni durante las primeras horas después de colado debido a la temperatura de la superficie. Según AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition (en adelante denominado AASHTO LRFD 2017), las operaciones de curado deben iniciar inmediatamente se haya perdido el agua superficial en el elemento. En caso de utilizar el método de rociado de agua, AASHTO LRFD 2017 indica que el curado se debe realizar de manera ininterrumpida durante 7 días después del desmolde. Por último, el ACI 301S-10, en el inciso 5.3.6.3, indica que una vez removido el encofrado se debe aplicar curado al elemento. Se considera necesario aplicar un método de curado que pueda ser aplicado una vez se haya desmoldado el elemento; o bien, iniciar con el curado con rociado de agua una vez iniciado el desmolde.



Figura 14. Vigas de superestructura n.º 5 con la superficie seca



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 24 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

5.C.3. Durante la visita realizada, se observó que la formaleta utilizada tenía un sistema de vibración. Adicionalmente, se observó que se utilizó un vibrador de aguja para finalizar el asentamiento del concreto hacia todas las partes de la viga. Sin embargo, se observó que se realizaron prácticas incorrectas según se indica en ACI 304R-00 (ver Figura 15).

La práctica adecuada indica que se debe insertar el vibrador de forma perpendicular al elemento colado y posteriormente extraerlo para cambiar de posición; adicionalmente, se debe insertar el vibrador con una separación acorde con el radio de acción del mismo según las especificaciones del fabricante.

En sitio se observó que el vibrador, en algunas ocasiones, no se insertaba de forma perpendicular al tablero de concreto. Adicionalmente, se observó que no se extrajo completamente el vibrador para insertarlo en otra ubicación, sino que el mismo se movía entre la masa de concreto.

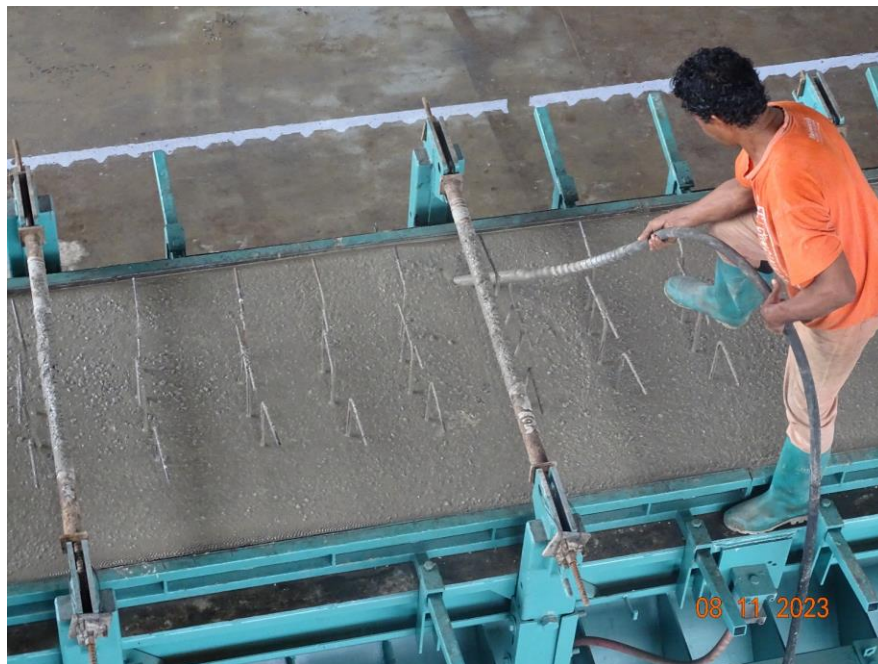


Figura 15. Uso incorrecto de vibrador de tipo aguja en última capa de viga colada



D. Deficiencias observadas en las vigas con base en el Manual de Puentes MP-2020 (pendiente de publicación)

5.D.1. Se observó óxido en las placas de apoyo embebidas en la parte inferior de las vigas de concreto. El óxido parecía ser solo superficial y no aparentaba haber pérdidas de sección.



Figura 16. Óxido en las placas ubicadas bajo las vigas para dispositivos de apoyo

5.D.2. Se observó óxido en los dispositivos de anclaje del presfuerzo. En el caso de la viga n.º 1 de la superestructura n.º 5, por ser la más antigua, el óxido cubrió toda la superficie de los anclajes, aunque no parece haber pérdida de sección. Se indicó en sitio que se realizará una limpieza de los dispositivos de anclaje y luego se aplicará pintura de protección contra la corrosión; sin embargo, las vigas ya tienen tensión en uno de los ductos, lo que imposibilita la limpieza del dispositivo de anclaje. Se recomienda que se remueva el óxido de estos dispositivos antes del colado, así como la limpieza de los dispositivos que ya están embebidos en concreto.



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 26 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|



Figura 17. Óxido en los dispositivos de anclaje del acero de presfuerzo en las vigas de la superestructura n.º 5

5.D.3. Se observó óxido en los segmentos expuestos del acero de presfuerzo en las vigas ya coladas, siendo el caso más cubierto por óxido el presfuerzo de la viga n.º 1 de la superestructura n.º 5. En ningún caso parece haber pérdida de sección.

No fue posible comprobar si el acero de presfuerzo se encuentra oxidado en el tramo tensado, el cual está dentro de la viga.



Figura 18. Acero de presfuerzo oxidado en el ducto inferior de la viga n.º 1 de la superestructura n.º 5

- 5.D.4. En aproximadamente el 1 % de la viga n.º 4 de la superestructura n.º 5, se observaron nidos de piedra inmediatamente después del desmolde. En las otras vigas de la superestructura n.º 5, se observó que los nidos de piedra y las burbujas que han aparecido en el concreto están siendo reparados mediante un mortero expansivo.



Figura 19. Nidos de piedra ubicados en el ala inferior de la viga n.º 4 de la superestructura n.º 5



6. CONCLUSIONES

A partir de la inspección realizada al taller de producción de las vigas de las superestructuras n.º 1, n.º 3, n.º 4 y n.º 5 del proyecto de rehabilitación y ampliación del puente sobre el río Virilla, en Ruta Nacional n.º 32, se obtienen las conclusiones que se presentan a continuación.

- 6.1. Se observaron algunas diferencias entre los planos de taller y los planos constructivos del puente en su versión del 29 de septiembre del 2023.
- 6.2. Se observaron en sitio incumplimientos de los planos de taller, como diferencias en el espaciamiento de refuerzo transversal mayor al requerido, eliminación de ganchos para el acomodo de dispositivos de anclaje, modificación del armado de la varilla tipo V6 y V7 para el acomodo de los dispositivos de anclaje, tensado del ducto inferior de las vigas al 100 % con una resistencia a compresión del concreto de aproximadamente 250 kg/cm² y la aplicación de una capa de pintura de protección a los primeros 50 mm del lecho inferior del refuerzo transversal y longitudinal.
- 6.3. Se observaron incumplimientos a la normativa vigente, como prácticas de curado distintas a las señaladas en la normativa CR-2020 y AASHTO LRFD 2017 y labores de vibrado con dispositivo de tipo aguja de forma incorrecta.
- 6.4. Se observaron deficiencias en los elementos colados, como óxido en las placas de apoyo de las vigas, óxido en los dispositivos de anclaje del presfuerzo, óxido en la sección expuesta del presfuerzo y nidos de piedra en el ala inferior de las vigas.



7. RECOMENDACIONES

Con base en las observaciones realizadas durante la inspección al taller de producción de las vigas de las superestructuras n.º 1, n.º 3, n.º 4 y n.º 5 del proyecto de rehabilitación y ampliación del puente existente sobre el río Virilla, en Ruta Nacional n.º 32, se recomienda ejecutar las acciones que se presentan a continuación:

- 7.1. Se recomienda solicitar a la administración la justificación por parte del contratista y aprobación por parte del diseñador, ambas por escrito, de las modificaciones realizadas a las vigas con respecto a los planos de taller y con respecto a los planos constructivos en su versión vigente (observaciones 5.A.1, 5.B.2, 5.B.3, 5.B.4 y 5.B.6)
- 7.2. Se recomienda solicitar a la administración la revisión por parte del diseñador del espaciamiento entre aros del acero transversal mayor de lo requerido según planos constructivos en las vigas ya construidas y la corrección de la separación entre aros del refuerzo transversal para cumplir con lo indicado en planos constructivos en los elementos que están siendo armados (observación 5.B.1).
- 7.3. Se recomienda solicitar a la administración la aprobación por escrito, por parte del diseñador del procedimiento de izado de las vigas posterior a su colado en un periodo inferior a 24 horas y con una resistencia a la compresión del concreto menor a la indicada en planos de taller (observación 5.B.5).
- 7.4. Se recomienda el cumplimiento de lo indicado en el CR-2020 en cuanto al curado de muestras para ensayos de resistencia a la compresión del concreto utilizado en las vigas (observación 5.C.1). Adicionalmente, se recomienda realizar curado según lo indica la normativa internacional (AASHTO LRFD 2017 y ACI 301S-10) (observación 5.C.2).
- 7.5. Se recomienda solicitar a la administración una respuesta por escrito en la que se indique cuál es el procedimiento seguido para el vibrado de concreto y cuál es la metodología seguida para asegurar la calidad del vibrado realizado (observación 5.C.3).
- 7.6. Se recomienda solicitar a la administración lo siguiente:



| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-1716-2023 | 04 de diciembre de 2023 | Página 31 de 32 |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|

- a. Procedimiento a seguir para remover el óxido y pintar las placas de apoyo embebidas en la parte inferior de las vigas y los dispositivos de anclaje para el acero de presfuerzo (observaciones 5.D.1 y 5.D.2).
- b. Procedimiento a seguir para la limpieza de las placas de apoyo y los dispositivos de anclaje antes del colado (observaciones 5.D.1 y 5.D.2).
- c. Procedimiento seguido para la aceptación o rechazo de presfuerzo previo a su instalación en el elemento de concreto al que pertenece (observación 5.D.3).
- d. Procedimiento a seguir y especificaciones técnicas del material a utilizar para la reparación de los nidos de piedra que estén presentes en las vigas ya coladas (observación 5.D.4).



8. REFERENCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2017). *AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications. 4th Edition*. Washington D.C.: AASHTO.

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2017). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 8th Edition*. Washington D.C.: AASHTO.

American Concrete Institute, ACI. (2010). *ACI 301S-10 Especificaciones para Concreto Estructural*. Farmington Hills: ACI.

American Concrete Institute, ACI. (2000). *ACI 304R-00 Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete*. Farmington Hills: ACI.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (s.f.). *Manual de Puentes de Costa Rica MP-2020*. San José, Costa Rica.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2020). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2020*. San José, Costa Rica.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2023a). *Diseño de reforzamiento y ampliación de tablero del puente antiguo sobre el río Virilla en la ruta nacional nº. 32 en el límite entre la provincia de San José y la provincia de Heredia en costa rica*. Versión: Planos de diseño en versión [PDF]. MOPT, FHECOR. San José, Costa Rica.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2023b). *Diseño de reforzamiento y ampliación de tablero del puente antiguo sobre el río Virilla en la ruta nacional nº. 32 en el límite entre la provincia de San José y la provincia de Heredia en Costa Rica*. Versión: Planos de taller en versión [PDF]. MOPT, Euroestudios, UNOPS, EuroConcretos. San José, Costa Rica.