

MEJORA Y REHABILITACIÓN DEL PUENTE DE VILLA DEL RÍO SOBRE EL RÍO GUADALQUIVIR EN LA CARRETERA A- 3101 (CÓRDOBA)

Improvement and Rehabilitation of the Villa del Río Bridge over the Guadalquivir River on the A-3101 Road (Córdoba)

Manuel Escamilla García-Galán^a, Héctor Bernardo^b, Jose Alfredo Castro López^c,
Jose Luis Grimalt Monedero^d y Sergio Diosdado Ruiz^e

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Pontem Engineering Services S.L. Director General. mescamilla@pontem.es

^b Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Pontem Engineering Services S.L. Director de Operaciones. hbernardo@pontem.es

^c Ingeniero Civil. Pontem Engineering Services S.L. Responsable de Control de Calidad. jcastro@pontem.es

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio. Director de Obra josel.grimalt@juntadeandalucia.es

^e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. Coordinador General. sergio.diosdado@juntadeandalucia.es

RESUMEN

En la localidad cordobesa de Villa del Río se enclava un puente metálico sobre el río Guadalquivir, construido en 1906, y reconstruido entre 1950 y 1951. Este trabajo describe la ampliación y rehabilitación del tablero realizada para albergar dos carriles de 3.50 m y dos aceras de 1.20 m.

El puente presenta dos secciones claramente diferenciadas: tres arcos metálicos y cinco bóvedas de fábrica. La primera ve ampliado su ancho aprovechando y reforzando los arcos principales existentes. La segunda, mediante una losa de hormigón armado apoyada sobre la estructura de mampostería original. Para llevar a cabo los trabajos, ha sido necesario el diseño de un puente provisional.

PALABRAS CLAVE: Puente, Rehabilitación, tablero, arcos, fábrica, bóvedas, vigas, losa, diseño.

ABSTRACT

In the town of Villa del Río in Córdoba, there is a steel bridge over the Guadalquivir River, constructed in 1906 and rebuilt between 1950 and 1951. This document describes the expansion and rehabilitation of the bridge deck to accommodate two lanes of 3.50 meters each and two sidewalks of 1.20 meters each. The bridge features two distinctly different sections: three metal arches and five masonry vaults. The first section's width is increased by utilizing and reinforcing the existing main arches. The second section is expanded by means of a reinforced concrete slab supported on the original masonry structure. To carry out the work, the design of a temporary bridge was necessary.

KEYWORDS: Bridge, Rehabilitation, deck, arches, masonry, vaults, beams, slab, design.

1. Introducción

El puente de Villa del Río se encuentra en el P.K. 9+575 de la carretera A-3101, al norte de la localidad, y permite el cruce de esta vía sobre el río Guadalquivir.

El puente fue construido a principios del siglo XX, hacia 1906, y posteriormente reconstruido parcialmente, entre 1950 y 1951, tras la voladura del vano norte durante la Guerra Civil.

Consta de dos secciones, una con tres arcos metálicos superiores y un acceso en mampostería. La parte de mampostería del puente se trata de una obra de paso con trazado recto en planta, con una longitud total de 54.33 metros, formado por cinco bóvedas de directriz escarzana. Los paramentos exteriores de los tímpanos están ejecutados en mampostería careada de arenisca de color rojizo rejuntadas con mortero de cal, salvo en zonas puntuales.

El tramo metálico comprende los restantes 152.85 metros de estructura y se sitúa al norte de la misma. Al igual que la parte de fábrica, su trazado es recto en planta. Está constituido por tres vanos isostáticos de tipología arco con tablero inferior de 48.00 m de luz cada uno.

Los cordones superior e inferior están conectados mediante péndolas formadas por perfiles compuestos por cuatro angulares arriostrados mediante diagonales, formadas también por perfiles angulares, en forma de cruces de San Andrés.

El tablero está formado por una losa de hormigón que apoya directamente sobre unos casetones metálicos sustentados, a su vez, por tres vigas longitudinales y transversalmente por travesaños dispuestos cada 3.70 m aproximadamente.



Figura 1. Estructura original.

Las pilas presentan sección de ancho constante y canto transversal ligeramente variable. Bajo el nivel del terreno actual, las pilas son de hormigón en masa y están cimentadas de forma directa en un estrato de margas.

2. Daños y rehabilitación vanos metálicos

2.1 Actuación prevista

La parte metálica es objeto de un ensanche o ampliación, de modo que resulte una calzada formada por dos carriles de 3.50 m de ancho y dos arcenes de 0.50 m, adaptado a la normativa vigente, con sendas aceras exteriores de 1.80 m de anchura, y el ancho de 0.60 m para albergar cada una de las cerchas. El ancho total de la sección transversal es de 12.80 m.



Figura 2. Sección ampliada del puente en tramos metálicos.

El ensanche reutiliza los arcos existentes que, con los convenientes refuerzos, se separan para albergar el nuevo tablero.

Para ello se procedió a su retirada del emplazamiento original para trasladarlos a una plataforma de trabajo anexa al puente, donde se llevó a cabo la reconfiguración.

Una vez reconfigurados se reposicionaron sobre sus apoyos en pilas y estribos, procediendo a colocar las losas de hormigón que conforman el tablero.

2.2 Corrosión en la estructura metálica

La estructura metálica presentaba corrosión generalizada, observando picaduras importantes en la sección cajón inferior, que mostraba acumulación de suciedad por falta de mantenimiento. Existían zonas con perforación total en algunos casos, principalmente en las uniones de pasarelas exteriores con los montantes, lo que ha requerido adaptación del diseño eliminando el acero en mal estado.



Figura 3. Corrosión por picaduras en cordones inferiores y unión entre perfiles.

Las picaduras del cordón inferior han sido rehabilitadas suplementando con chapa la sección interior, aplicando entre ambas chapas mortero pasivador con el objeto de paralizar la corrosión existente y regenerar una colaboración entre las chapas primitivas y la nueva.

Del mismo modo, en las inspecciones realizadas, afluían grandes cantidades de lascas por laminación, así como escorias debidas a la microestructura de los aceros puleados existentes, imperfecciones superficiales que incumplen las terminaciones P2-P3 según norma ISO 8501, y ha requerido reparación para garantizar la durabilidad estructural esperada (mayor a 15 años en tratamiento superficial).

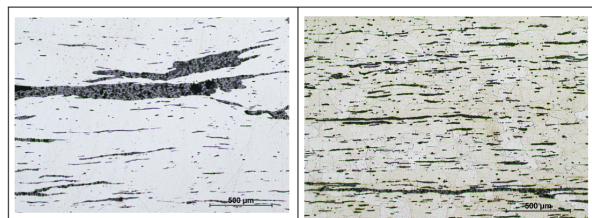


Figura 4. Microestructura del Acero pulida (izquierda) y atacada (derecha).

2.3 Deformaciones en elementos estructurales

Dentro de las actividades recogidas en el proyecto se consideraba necesaria la sustitución y reparación de perfiles deformados, principalmente montantes y cruces de San Andrés, por impactos de vehículos durante su vida útil. Todos los perfiles con deformaciones graves fueron sustituidos, ya que los tratamientos térmicos en aceros puleados pueden debilitar la estructura, siendo más económico sustitución total y que además presenta mayores garantías. En todo caso, se ha mantenido la tipología de perfiles y estética primitiva, requisito imprescindible para llevar a cabo la rehabilitación estructural.



Figura 5. Montante deformado en celosía.

También existían un gran número de perforaciones por impactos de metralla de la Guerra Civil, los cuales han sido inventariados, reparando sólo los perfiles o chapas que presentaban un afección estructural relevante en la estructura.



Figura 6. Daños por metralla de la Guerra Civil.

3. Daños y rehabilitación vanos de fábrica

3.1 Actuación prevista

Para el ensanche de la plataforma en los tramos de fábrica el proyecto contemplaba una solución que permitía soportar una calzada formada por dos carriles de 3.50 m de ancho y dos arcenes de 0.50 m. Además, se reservaba un espacio para la disposición de un nuevo sistema de contención adaptado a la normativa vigente, y sendas aceras de 1.80 m de anchura. El ancho total de la sección transversal en los tramos de fábrica ampliados es de 12.80 m, al igual que el tramo metálico.

Para materializar la ampliación el proyecto contemplaba la disposición de prelasas de ancho completo, para la posterior ejecución de la losa de hormigón armado.

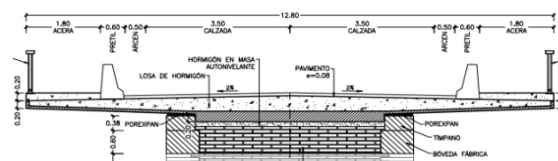


Figura 7. Sección ampliada en vano de fábrica.

3.1 Bóvedas y Tímpanos

Existían manchas y eflorescencias en la mayor parte del cañón de las bóvedas de la estructura, debidas, fundamentalmente, a la cristalización de las sales con el agua acumulada en los riñones de las bóvedas causadas por un drenaje deficiente. Estos daños no afectaban a la seguridad ni a la durabilidad de la estructura a corto o medio plazo.

3.2 Sondeos

Durante las actividades de rehabilitación de la sillería, se llevaron a cabo sondeos de 20 metros aproximadamente para evaluación interna de sillerías, cimentación y contraste de los ensayos primitivos del terreno. Tras el análisis de los resultados, se llevaron a cabo inyecciones repetitivas (IR) con válvulas antirretorno para garantizar el relleno total de éstos, así como el relleno de posibles fisuras que pudieran existir en el terreno subyacente a la cimentación. El subsuelo existente, especialmente unas margas grises, no requirieron alcanzar inyecciones IRS ya que no era necesaria la mejora del terreno.

3.2 Reparcheos y reparaciones en zonas de sillería y ladrillos de bóvedas

La presencia de reparcheos y rejuntados de baja calidad, realizados con mortero de cemento aportan sales inherentes al portland que, debido a su baja permeabilidad provocan la formación de estructuras en panal. Su efecto, es transferir la

eliminación de humedades y sales internas del mortero de rejuntado a la piedra, provocando su degradación.

Se retiró el cemento portland y se rehabilitó con mortero de cal toda la superficie para homogeneizar el color, mejorando la estética de la infraestructura, previamente al rejuntado, se llevó a cabo una limpieza total de la sillería con agua a presión, eliminando toda la vegetación enraizada en esta.



Figura 8. Estado inicial de vanos de fábrica, vegetación enraizada



Figura 9. Trabajos de rejuntado en sillería.

3.5 Fisuras

Durante toda la obra, se realizó un seguimiento de las fisuras existentes en sillería más importantes, no observando movimiento durante la ejecución de pilotes del puente provisional, la descarga de vanos metálicos o la realización de sondeos.

Dichas fisuras fueron inyectadas con mortero de cal, garantizando su relleno total mediante inyección. La sillería en estribo 1 y en la pila 2, así como en las bóvedas, se realizó con relleno

mediante inyectores de superficie a baja presión (1-2 bares).



Figura 10. Fisura localizada en estribo 1.

4. Puente provisional

Para asegurar la continuidad del tráfico durante la rehabilitación se proyectó y ejecutó un puente provisional durante los trabajos previos.

Durante la redacción del modificado, se proyectó un tablero hiperestático de 84 m de longitud compuesto por un emparrillado de perfiles metálicos y losas de hormigón prefabricadas, apoyado en dos estribos y 6 alineaciones de pilotes metálicos hincados.

Las vigas longitudinales principales eran IPE 600, formadas a partir vigas modulares reutilizables en módulos de 12.00 m y 15.60 m, conectados mediante uniones atornilladas frontales. Los perfiles transversales sobre el capitel que conforman el apoyo en los perfiles longitudinales y los pilotes se dispusieron de las mismas dimensiones, IPE 600 dobles. Los perfiles transversales de unión entre perfiles IPE longitudinales eran perfiles MK-120 (UPN aligerados), conectados mediante chapa auxiliar atornillada.



Figura 11. Estructura del puente provisional.

Los vanos diseñados han sido adaptados a los pilotes considerando las maniobras previstas, que incluían posicionamiento de grúas, para obtener así mayor capacidad estructural.

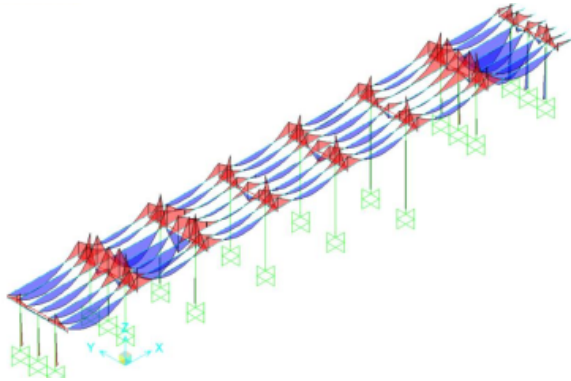


Figura 12. Momentos flectores para carga de grúa sobre el puente provisional.

La superficie del tablero se conforma con losas de hormigón prefabricadas no conectadas a los perfiles, al igual que los estribos, lo que optimiza el tiempo de fabricación y ejecución.

Las pilas se dispusieron a base de 3 pilotes metálicos de de 950 mm de diámetro, reforzados en punta y en cabeza. Para llevar a cabo la hincia, se realizó un procedimiento mixto de vibración con vibro hidráulico modelo Müller MS32HFV y posteriormente rehincia con martillo Dawson HPH6500, alzando una fuerza de 90 kN/m (peso del pistón de 4500 kg a una altura máxima de 203 cm), hasta rechazo en las margas grises del Guadalquivir.

Los pilotes en el río se ejecutan con grúa posicionada sobre el puente provisional,

reduciendo el radio de actuación y construyendo en avance.



Figura 13. Vibro hidráulico modelo Müller MS32HFV.



Figura 14. Hincia con martillo Dawson HPH6500.

5. Proceso Constructivo

A continuación, se enumeran las etapas del proceso constructivo correspondientes al tramo del puente de fábrica y los tramos metálicos.

5.1. Bóvedas de fábrica

Las actividades de rehabilitación en bóvedas de fábrica se resumen en las siguientes etapas:

- Etapa 1: Desmontaje de pretiles de fábrica con medios mecánicos.
- Etapa 2: Demolición y retirada del pavimento existente.
- Etapa 3: Retirada del exceso de relleno en la zona entre tímpanos.
- Etapa 4: Compactación y nivelación de accesos.

- Etapa 5: Extensión de hormigón en masa autonivelante sobre los rellenos previamente compactados.
- Etapa 6: Colocación de porexpán sobre coronación de tímpanos.
- Etapa 7: Colocación de prelosas.
- Etapa 8: Ferrallado y hormigonado de tablero, hormigonado en primer lugar la zona sobre rellenos y posteriormente los voladizos.
- Etapa 9: Impermeabilización del tablero.
- Etapa 10: Pavimentación, ejecución de aceras, sumidero y barandillas, y restitución de servicios afectados.

5.2. Vanos metálicos

Antes de realizar las actuaciones en el tablero fue necesario haber realizado las actuaciones de desvío de tráfico por el puente provisional y haber ejecutado la plataforma de trabajo para el montaje y desmontaje de los vanos metálicos.

- Etapa 1: Retirada de los sistemas de contención y pasarelas.
- Etapa 2: Demolición de firme y losa de hormigón del tablero.
- Etapa 3: Izado, desplazamiento y transporte hasta la plataforma de trabajo. Se divide en las siguientes fases:
 - Fase 1: Izado de vanos metálicos mediante camión grúa.
 - Fase 2: Desplazamiento hacia plataforma de trabajo dispuesta en las proximidades del estribo 2 del tramo de fábrica.
 - Fase 3: Estacionamiento definitivo en plataforma de trabajo.



Figura 15. Transporte de tramo metálico a plataforma de trabajos.

- Etapa 4: Colocación de apoyos provisionales y apuntalamiento transversal de los arcos metálicos.
- Etapa 5: Desmontaje de largueros, travesaños, arriostramientos superiores y aceras.
- Etapa 6: Volteo de arcos y refuerzo de cordones superior e inferior. Instalación de piezas de arranque de los arcos.
- Etapa 7: Izado de los arcos metálicos a posición vertical.



Figura 16. Corte del tablero original actual para independizar los arcos.

- Etapa 8: Montaje en blanco de riostras de apoyo, travesaños y largueros.
- Etapa 9: Conexión de nuevos elementos entre sí y a las celosías reforzadas.



Figura 17. Conexión de nuevas vigas a celosías reforzadas.

- Etapa 10: Desplazamiento de vanos metálicos a su ubicación definitiva.



Figura 18. Colocación de tableros metálicos en su posición final.

- Etapa 11: Colocación de prelosas, ferrallado y hormigonado de losa.
- Etapa 12: Impermeabilización del tablero.
- Etapa 13: Pavimentación, ejecución de barandillas, sumideros, sistemas de contención y acabados.



Figura 19. Finalización de nuevos tableros.

- Etapa 14: Retirada del puente provisional y de la plataforma de trabajos.



Figura 20. Retirada del puente provisional y de la plataforma de trabajos.

5.2. Adaptación y ensanche de la carretera A-3101

Debido al ensanche general de la actuación, los terraplenes de la carretera A-3101 se han visto afectados, siendo necesaria su

ampliación. Es por ellos que se realiza un cajado escalonado para mejorar la estabilidad del mismo, siendo necesario un perfilado minucioso y una inspección de toda la zona para eliminar raíces que puedan dañar el geotextil, utilizado para contención de tierras e impermeabilización.

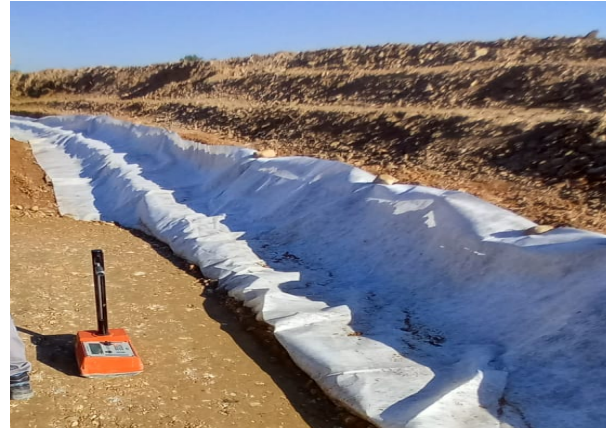


Figura 21. Ensanche de terraplén

6. Maniobras

Para la ejecución de las maniobras de desmontaje han sido necesarias 2 grúas, una AC1000-9 y una grúa de celosía CC1800-1 con pluma de 48 m, alcanzando una carga de izado de 140 t mediante cogidas en 4 puntos, en los extremos de los arcos. Para el transporte a la campa de trabajo, se utilizó una cabeza tractora de 4 ejes, intermedia de 4 ejes y Dolly en cola de 5 ejes, contando con dos tablas de giro.



Figura 22. Grúa necesaria.

Para el izado de los vanos metálicos implicados, se tuvo que mover una carga de 220 t, por lo que fue necesario el uso de una grúa móvil de 1000 t y una grúa de celosía de 600 t de capacidad, por los radios involucrados.

Agradecimientos

A FHECOR Ingenieros Consultores, autores el proyecto original, así como a la empresa adjudicataria de los trabajos UTE Magtel-Hierros Fuente Palmera, por llevar a cabo una obra singular con una dificultad técnica alta.

Proyecto promovido por la Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía.