

Rehabilitación del Puente de Palma del Río

Palma del Río Bridge Rehabilitation

Francisco Prieto Aguilera^a, Javier Torrico Liz^b, Francisco Javier León González^c, María José Ochoa Bleda^d, Esteban Ayucar^e

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Director Departamento Obra Civil. fpa@fhecor.es

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Director División Obra Civil. jtl@fhecor.es

^c Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Director técnico. jlg@fhecor.es

^d Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Junta de Andalucía. Jefa de Servicio de Carreteras. mariaj.ochoa@juntadeandalucia.es

^e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Junta de Andalucía. Servicio de Carreteras. esteban.ayucar@juntadeandalucia.es

RESUMEN

El puente de Palma del Río data de 1885 y tiene 489 m de longitud, dividida en una parte metálica central y dos viaductos de acceso de fábrica. En esta comunicación se resumen los trabajos realizados para caracterizar el puente, y se describen las actuaciones realizadas que, a grandes rasgos, han comprendido la rehabilitación del estribo de fábrica afectado por el bloqueo de los aparatos de apoyo, la rehabilitación de los apoyos originales y la limpieza y el rejuntado de la obra de fábrica.

ABSTRACT

The Palma del Río bridge dates from 1885 and is 489 m long. The bridge comprises a central metal segment and two masonry access viaducts. This communication summarises the work carried out to study the bridge history and its inspections, and describes the actions carried during the rehabilitation works, which encompass rehabilitation of the masonry abutment affected by the blocking of the deck bearing devices, the rehabilitation of the original supports and the cleaning and repointing of the brick vaults and masonry piers and abutments.

PALABRAS CLAVE: celosía, aparatos de apoyo, corrosión, bóveda de ladrillo.

KEYWORDS: truss, bearings, corrosion, brick vault.

1. Introducción

En diciembre de 2020 se produjo una deformación de la plataforma del Puente sobre el Río Guadalquivir en Palma del Río, asociada a una grieta de abertura importante en el paramento lateral del estribo.

Tras la inspección visual de la estructura se planteó una intervención de reparación urgente debido al estado de bloqueo de varios apoyos móviles, no sin antes recabar los documentos y

referencias bibliográficas necesarias para conocer la historia puente.

2. Descripción del puente

2.1 Reseña histórica

El Puente sobre el Guadalquivir de Palma del Río data de 1885. Se encuentra a unos



Figura 1. Vista general de una celosía desde el estribo norte.

1500 m de Palma del Río y a unos 500 m de su estación, y fue el acceso principal a la localidad hasta 2008.

Su construcción se debió a las obras del ferrocarril de Córdoba a Sevilla, que dejaba Palma del Río separada de la estación, por lo que en 1861 se construyó un puente de madera que pronto sucumbió a una avenida, lo que motivó la construcción del Puente de Hierro.

La estructura metálica fue fabricada y construida entre 1884 y 1885 por la empresa parisina J.F Cail & Cia.



Figura 2. Chapa en cordón superior del taller metálico Cail

El tablero fue lanzado de sur a norte con una pequeña nariz de 7 m de longitud.

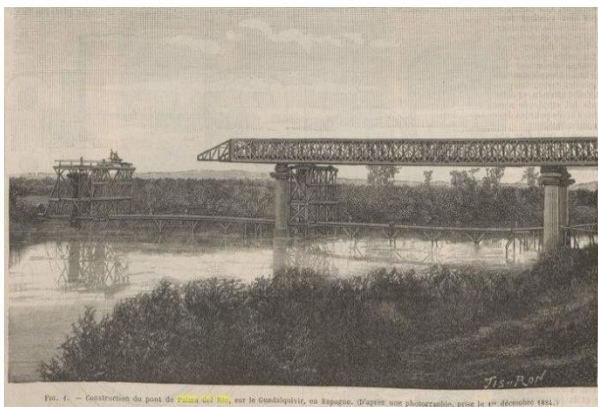


Figura 3. Grabado del lanzamiento del tablero a partir de una foto de 1884

El puente está inscrito en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz desde 1996.

2.1 Descripción de la estructura

El puente de Palma del río tiene 489 m de longitud y se divide en una parte metálica que salva el cauce del Guadalquivir, y dos tramos de acceso de fábrica.

El viaducto de acceso de la margen derecha tiene tres vanos, y el de la margen izquierda treinta, todos ellos son bóvedas de ladrillo de medio punto y 5,85 m de luz, con boquillas de sillería. Las pilas son de mampostería



Figura 4. Vano tipo del viaducto de acceso de la margen izquierda

El tramo metálico tiene 207 m de longitud, con cinco vanos de luces $36 + 3 \times 45 + 36$ m. Cada pila está formada por dos fustes cilíndricos de unos 12 m de altura. Cada fuste se compone de una camisa de fundición rellena de hormigón

en masa. Se construyeron hincando los cajones metálicos mediante aire comprimido hasta las margas, con el apoyo de un puente provisional de madera.

El tablero está formado por dos vigas en celosía, continuas, de 4 m de canto, separadas 7,60 m en la dirección transversal.

Los cordones superior e inferior de las celosías tienen sección en U. Las almas tienen 355 mm de altura y 10 mm de espesor. Las alas tienen 600 mm de ancho y 10 mm de espesor. Alas y almas se unen mediante angulares roblonados. Sobre las pilas los cordones están reforzados con chapas adosadas a las alas.

Los montantes tipo están formados por cuatro angulares unidos a un alma. Las diagonales, dispuestas como cruces de San Andrés entre los cordones y el punto medio de los montantes, forman una celosía enrejada, y son chapas rectangulares de espesor variable según las zonas.

Las vigas transversales que unen los cordones inferiores tienen sección doble T metálica.

En los años 70 del s. XX se remodeló la plataforma, sustituyéndose el forjado original de bovedillas cerámicas por la actual losa de hormigón, encofrada con prelosas y con placas de fibrocemento en los laterales. En esta intervención se rellenó el cordón inferior con un hormigón ligero dispuesto sobre una base de porexpan, y se forraron las almas de las vigas transversales también con hormigón.

En 1983, 2001 y 2004 se realizaron trabajos de limpieza y repintado de la estructura metálica, y en 2008 se acometieron unas obras de semipeatonalización.

Adosadas al tablero, en ambos lados, existen unas conducciones de agua apoyadas en las pilas y soportadas por unas vigas metálicas independientes del tablero del puente.

3. Daños detectados en el puente

3.1 Daños en aparatos de apoyo

Los trabajos realizados tuvieron su origen en la aparición de una grieta en el paramento lateral del estribo norte, asociados a un mal

funcionamiento de los apoyos del tramo metálico en esta zona.

Estos apoyos quedaron bloqueados debido a la acumulación de tierras que se acumularon en la zona comprendida entre el extremo del tablero y el murete de fábrica del estribo. A su vez, la combinación de estas tierras y la humedad en la zona provocó el deterioro de la superficie de los rodillos que formaban los apoyos, que quedaron así bloqueados. .

El bloqueo de este tipo de apoyos es relativamente frecuente. En ocasiones rompe la conexión entre el apoyo y el cordón inferior de la celosía y, en casos como el que nos ocupa, genera un hendimiento en la fábrica que puede comprometer la estabilidad de la fábrica.

En el caso de Palma del Río, además del bloqueo debido a la corrosión se produjo una pérdida de parte del relleno del estribo, lo que acabó desplazando el apoyo hacia abajo, acentuando su bloqueo y generando una importante deformación en uno de los laterales de la plataforma del puente y la aparición de una grieta de longitud y abertura importantes en un lateral del estribo de la margen derecha.



Figura 5. Aspecto de los apoyos móviles en el estribo de la margen derecha, vista frontal



Figura 6. Grieta en paramento lateral de estribo norte debido al bloqueo de los apoyos

En el estribo de la margen izquierda la situación se consideró igualmente preocupante, aunque no se manifestaba aún en la fábrica.

En las alineaciones de apoyos móviles sobre pilas la situación parecía a priori más favorable, ya que no se detectaron daños en la coronación de las pilas. Sin embargo, durante la realización de los trabajos de rehabilitación se pudo comprobar que la funcionalidad de estos apoyos se había perdido igualmente.

3.2 Daños en aparatos de apoyo

Como se ha indicado, la obra del puente fue finalizada en 1885, recibida en 1888, y ya en 1892 se observó la presencia de corrosión, repintándose por primera vez en 1896.

En 1983, 2001 y 2004 se realizaron trabajos de limpieza y repintado.



Figura 7. Izquierda, estado original y derecha, estado del cordón inferior tras repintado



Figura 8. Vista inferior del tablero y fustes de fundición tras el repintado

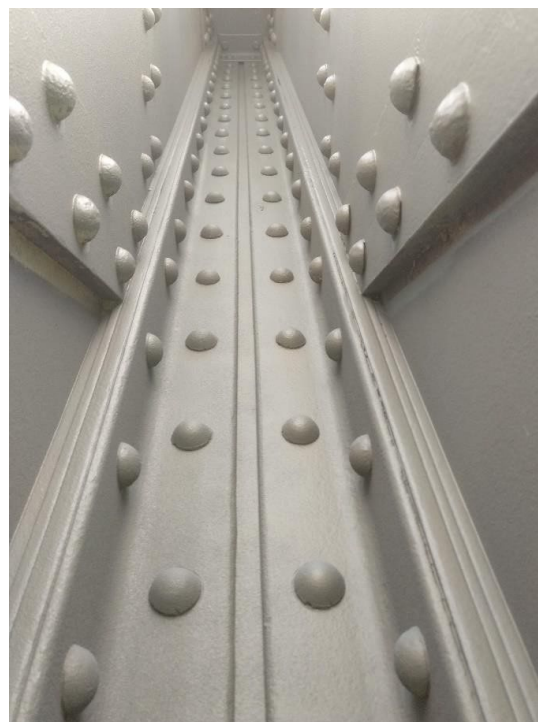


Figura 9. Vista interior del montante repintado

3.3 Daños en tramos de fábrica

En los estribos de fábrica se observaron daños como el hendimiento de la sillería ligada a la pérdida de rellenos, la presencia de grietas debidas a la vegetación enraizada, y la arenización de piezas de sillería afectadas por la capilaridad.

En los tramos de fábrica de los viaductos de acceso la patología más generalizada procedía de la percolación de agua desde el tablero del puente.

El proceso de deterioro de estas zonas habría comenzado con la presencia de humedad en el relleno granulado hasta resbalar por el trasdós de las bóvedas de ladrillo, para acumularse al alcanzar el relleno rígido, posteriormente filtrarse a través del ladrillo alcanzando la superficie en el intradós. En las zonas de afloramiento a la superficie las sales disueltas en el agua filtrada precipitan causando lesiones en la zona entre la clave y los riñones, así como en el contacto entre la boquilla y la bóveda.

Aunque el puente dispone de unos óculos en los tímpanos para drenar humedades internas, se apreciaron daños que habían terminado por disolver espesores importantes de ladrillos en las zonas en las que el mortero de rejuntado es menos poroso que el ladrillo. Este daño se manifestaba en zonas con juntas en relieve, con zonas de ladrillo disueltas hasta generar una estructura en panal de abeja en las que el ladrillo aparecía arenizado.

3.4 Problemas funcionales

En su configuración original el tablero estaba formado por un forjado de bovedillas cerámicas, sustituido en los años 70 por una losa de hormigón armado encofrada sobre unas prelasas y mediante unas placas de fibrocemento dispuestas a modo de encofrado perdido lateral. Además, se realizaron unas aceras rematadas por

un guardacantos metálico a modo de bordillo. Aunque en un principio se barajó retirar las aceras, finalmente se han mantuvieron, pero se ha renovado el firme reduciendo notablemente la carga muerta.

4. Alcance de las obras

Las actuaciones llevadas a cabo en el puente de dividen en cuatro grupos: rehabilitación y cambio de apoyos, reparación de estribo norte, renovación del sistema de pintura del puente, y limpieza y rejuntado de tramos de fábrica.

4.1 Actuaciones en aparatos de apoyo

Todas las alineaciones de apoyos móviles del puente presentaban problemas de bloqueo debido a la acumulación de suciedad entre rodillos, a la presencia de vegetación entre ellos, y al deterioro superficial debido a la corrosión. Para sustituirlos se adoptaron diferentes soluciones en función de los condicionantes existentes en cada caso.

En el estribo norte afectado por el hendimiento del apoyo en la fábrica, fue preciso disponer un apuntalamiento que coaccionase el muro frontal del estribo ante un posible colapso parcial. La colocación del apeo, y la presencia de una tubería enterrada delante del estribo obligaron a disponer unas torres de apeo bajo los montantes situados a 9 y a 10,80 m del eje de apoyos en estribo.



Figura 10. Apeos y gatos dispuestos en vano extremo para reparación de apoyos en estribo norte

En el estribo sur se empleó una solución similar, pero en este caso las torres se situaron a 5,4 y 7,2 m del eje de apoyos en estribos. En este caso la necesidad de retranquearse del muro frontal del estribo se debió al mal estado del cordón inferior de la celosía en esta zona, que precisó de una renovación completa en su tramo final antes de recolocar los apoyos.

En las pilas con apoyos móviles se tuvo que demoler localmente el relleno de hormigón situado en el interior de los fustes para disponer de altura para alojar los gatos.



Figura 11. Gatos alojados en zonas localmente demolidas de los fustes.

Debido a la precisión en la ejecución de las pilas el eje del montante de apoyos no coincidía con el eje de los fustes, lo que en algún caso obligó a recortar localmente la parte superior del capitel de fundición para poder colocar los gatos bajo el montante adyacente al apoyo.

En todos los casos se diseñaron unas piezas de planta rectangular en contacto con el gato, y unas piezas con forma de H para su colocación bajo el cordón inferior de forma que la carga se introdujera directamente en las almas del cordón y el alma del montante, sin generar flexiones locales en el ala inferior del cordón.

Tras la retirada de las piezas de los apoyos, los rodillos se chorreaban y, en función de su estado superficial y su aptitud para rodar, se decidió qué elementos mantener y qué elementos sustituir por unos de nueva construcción.



Figura 12. Deterioro de rodillos debido a la corrosión



Figura 13. Diferencia de estado de rodillos después de ser chorreados

4.2 Rehabilitación de estribo norte

La rehabilitación del estribo norte se realizó en varias fases.

En primer lugar, se colocaron los apeos y se dispuso la estructura de apeo del muro frontal citados en el punto anterior.

A continuación, se realizó un gateo en las torres de apeo con una carga controlada de 35 toneladas por montante para liberar con holgura los apoyos del estribo y restituir la cota original del tablero en el estribo.



Figura 14. Apeo del paramento frontal de estribo

Posteriormente se retiraron las piezas de la hilada superior para retirar los apoyos y se limpiaron con agua a presión las grietas.

La restitución de la geometría del muro desplomado pudo realizarse mediante el ajuste de los elementos telescópicos del apeo, quedando perfectamente aplomado de nuevo.

Recuperada la geometría original, se rellenaron las oquedades mediante una lechada de cal hidráulica y se bulonó el muro frontal. Los bulones se realizaron centrados en los sillares, cajeándolos para que los bulones quedasen ocultos en un mortero de cal coloreado.



Figura 15. Ejecución de bulones en estribo norte

Finalmente se recolocaron los apoyos en su posición original y se transfirieron las cargas de los apeos a los apoyos.



Figura 16. Lateral de estribo tras el refuerzo

4.3 Repintado de estructura metálica

La renovación de la pintura del puente ha comprendido un chorreado con arena, y el repintado. Los trabajos de chorreado y repintado se realizaron con un pequeño desfase temporal empleando andamios móviles.



Figura 17. Vista inferior del puente durante trabajos de repintado

Se ha aplicado una imprimación epoxi bicomponente rica en zinc (Inerzinc 52) de 50 micras, una capa intermedia de epoxi pigmentada con hierro micáceo (Intergard

475HS) de 150 micras, y una capa de acabado de poliuretano mate (Interthane 990) con un espesor de 50 micras.



Figura 18. Vista desde el cordón superior durante trabajos de repintado

4.4 Limpieza y rejuntado de fábricas

La presencia de sales y material descompuesto llevaron a realizar trabajos de mejora de las condiciones de drenaje en los vanos de fábrica y a una limpieza general de la obra.

La limpieza se ha realizado con agua nebulizada, técnica eficaz en la mayor parte del puente para la limpieza y, al mismo tiempo, el saneado de sales (figuras 19 y 20).



Figura 19. Limpieza de fábrica con agua nebulizada

Se ha optado por esta técnica aun suponiendo una ligera pérdida de material de la piedra, al tratarse de una caliza no muy cohesionada, considerando que no tiene un alto valor histórico-artístico ya que el acabado a trinchete se había perdido. La agresividad del

método depende de la destreza del operador y del control, por lo que se extremaron las precauciones en las zonas en las que se conserva el acabado original.



Figura 20. Aspecto del puente tras finalizar la limpieza con agua nebulizada

Los trabajos de rejuntado se realizaron con morteros de cal previas pruebas de color tanto en los paramentos de ladrillo como de mampostería.



Figura 21. Pruebas de color en mortero de rejuntado

En cuanto a la mejora del drenaje, se planteó primero un ensillado de las bóvedas, descartada por la magnitud y coste de las obras, y la alternativa de disponer una losa de hormigón en la parte superior del relleno. Esta última opción se descartó considerando que más que impedir la progresión de los daños los concentraría en las zonas de contacto entre bóveda y boquillas.

En consecuencia, se optó por una solución de compromiso que comprendió ajustar la rasante para impedir el drenaje a través de la base de los pretilles, la extensión de un aglomerado lo

más cerrado posible, y la ejecución de caces laterales y sumideros en las zonas de clave que, sin ser una solución ideal, concentre la mayor parte del drenaje en estos puntos.

5. Conclusiones

Planteamos aquí, a modo de conclusiones y como sugerencia de actuaciones futuras, algunas

cuestiones que no fue posible acometer en las obras: la renovación de la iluminación por una más respetuosa con la estética del puente, la coordinación con otros organismos para la retirada de las tuberías adosadas al puente, todo ello ligado a la declaración de la obra como Bien de Interés Cultural.

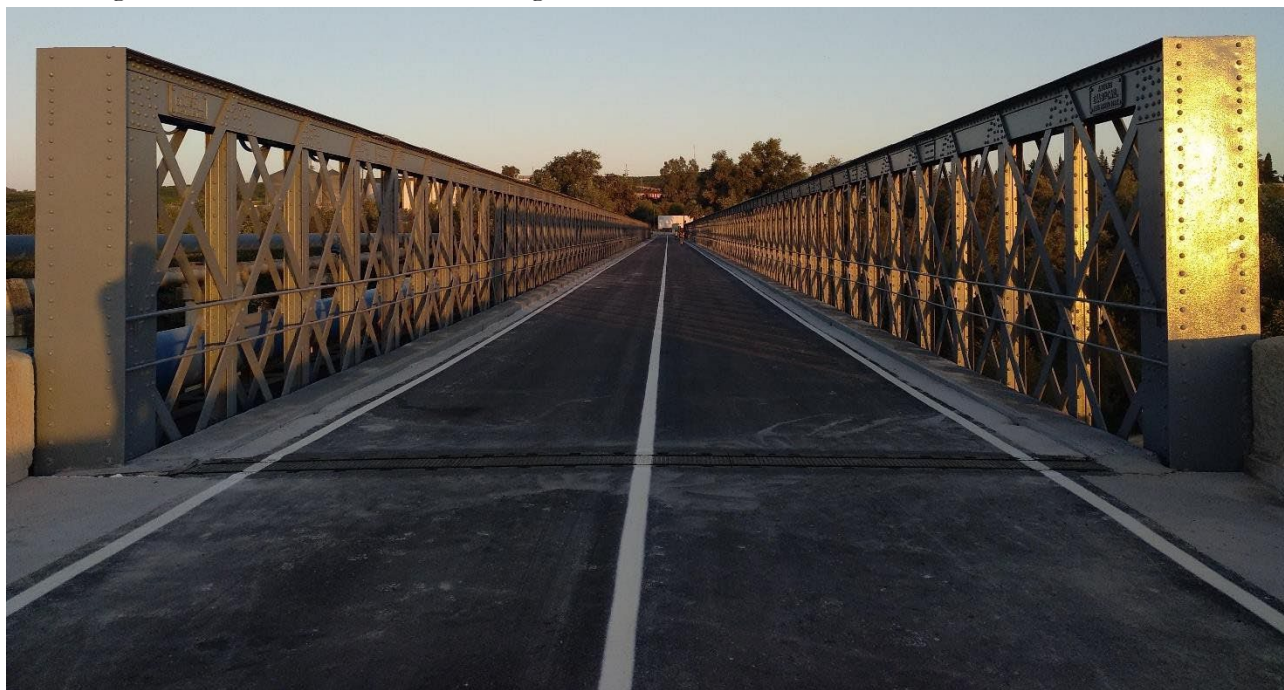


Figura 22. Obra terminada antes de la realización de la prueba de carga

Referencias

- [1] Puente metálico de Palma en la carretera de segundo orden del ferrocarril de Córdoba a Sevilla a Écija. Córdoba, 15 de abril de 1885. Luis Sainz Gutierrez. Revista de Obras Públicas. 1885, 33. Tomo III (5): 74-77
- [2] Travaux Publics. Pont de Palma del Rio sur le Guadalquivir. Le Génie Civil. 23 Janvier 1886.
- [3] Resolución de 16 de diciembre de 1996, de la DG de Bienes Culturales, por la que se resuelve inscribir con carácter genérico en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz el Puente de Hierro en Palma del Río. BOJA 11 de julio de 1998, año XX, número 77.
- [4] Carretera de segundo orden del ferrocarril de Córdoba a Sevilla a Écija. Proyecto de puente sobre el río Guadalquivir. Jaime Font. Referencia: ES.28005AGA/265. Signatura (4)05 24/2123.
- [5] Carretera de segundo orden del ferrocarril de Córdoba a Sevilla a Écija. Puente de Palma sobre el río Guadalquivir. Proyecto reformado de estribos y muros de acompañamiento. Juan de la Cruz. Referencia: ES.28005AGA/265. Signatura: (4)05 24/2714.