

Rehabilitación del puente metálico sobre el río Jándula

Rehabilitation of the steel bridge over the Jándula river

Francisco Prieto Aguilera^a, Javier Torrico Liz^b, F. Javier León^c, José Carlos Roldán^d y
Marta Gámez^e

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

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores, S.A. Dtor. División de Puentes y Obra Civil jtl@fhecor.es

^cDr. Ingeniero Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Director Técnico. jlg@fhecor.es

^dArquitecto Técnico. AZUL Construcción Repair. Jefe de Obra. jcroldan@azulconstruccion.com

^eIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Junta de Andalucía. Servicio de Carreteras en Jaén. martam.gomez@juntadeandalucia.es

RESUMEN

El puente sobre el río Jándula está situado en la sierra de Andújar, próximo al embalse de El Encinarejo. Está formado por seis vanos metálicos continuos con una tipología de celosía con diagonales en cruces de San Andrés y tablero intermedio. En 2019, durante unos trabajos previos para el estudio de un posible ensanche del tablero se descubrió que los perfiles omegas que soportan la plataforma del tablero presentaban un nivel de deterioro por corrosión muy avanzado, con pérdidas de sección muy significativas. A raíz de estos daños el puente fue objeto de una rehabilitación integral.

ABSTRACT

The Jándula River bridge is located downstream of the Encinarejo dam, and is part of the road connecting Andújar and the Virgen de la Cabeza sanctuary. The bridge is made up of six continuous steel truss spans and an intermediate deck. In 2019, during inspection works associated with preliminary studies for an eventual deck widening, significant damage was observed in the omega shaped steel profiles supporting the deck platform, which showed important corrosion and section losses. As a result of this damage, the bridge underwent a complete refurbishment.

PALABRAS CLAVE: rehabilitación, celosía metálica, roblón

KEYWORDS: rehabilitation, steel truss, rivet

1. Introducción y antecedentes

En diciembre de 2019, durante una inspección visual del puente sobre el río Jándula realizada en el marco de unos trabajos de estudios previos para un eventual ensanche y refuerzo de la estructura, se puso de manifiesto el estado de corrosión generalizada en los perfiles metálicos que servían de apoyo a la plataforma del tablero, que databan de 1915.

Aunque el estado de conservación general de la estructura metálica principal era

razonablemente bueno, el estado de corrosión de los elementos que servían de apoyo a la plataforma del puente implicaba un grave peligro para la circulación de vehículos.

Este hallazgo motivó como primera medida la limitación de carga máxima por eje a 1.5 toneladas, para asegurar que circularan únicamente vehículos ligeros, y posteriormente la declaración de emergencia por parte de la

Junta de Andalucía y puesta en marcha de las correspondientes obras de rehabilitación.

2. Descripción de la estructura

El puente sobre el río Jándula se ubica en el P.K. 22+300 de la carretera A-6177 de Andújar al Santuario de la Virgen de la Cabeza.

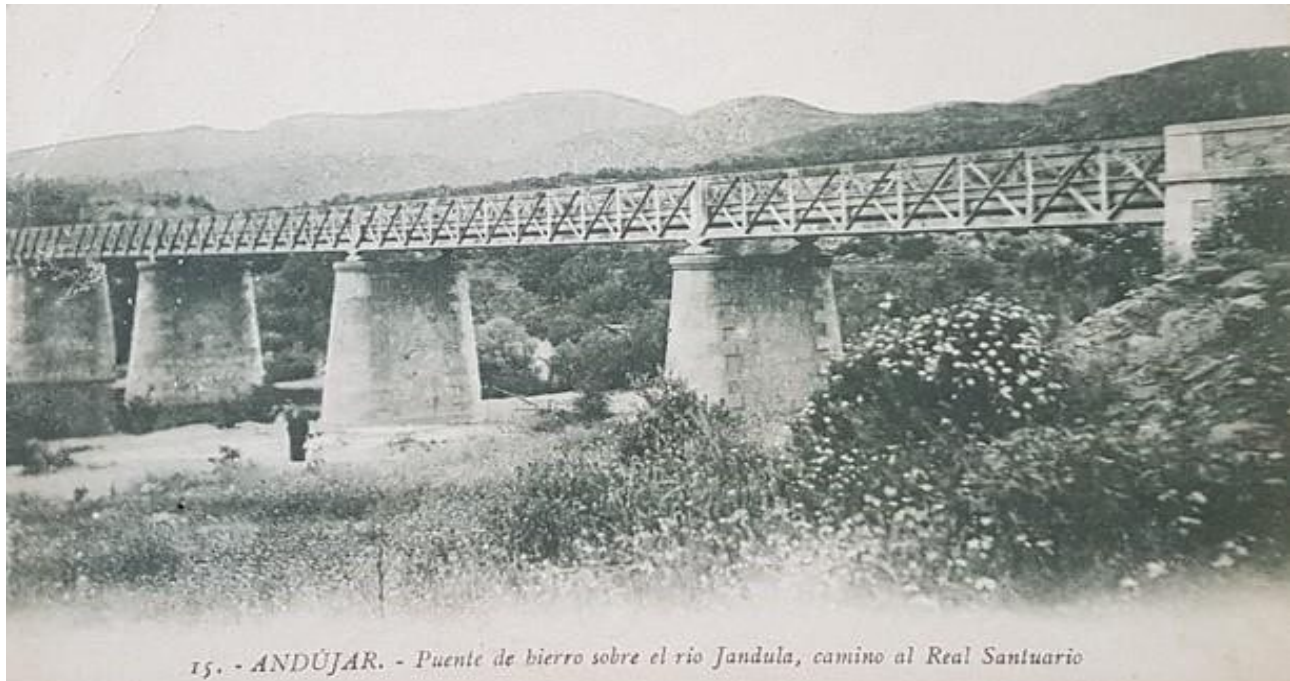


Figura 1. Vista general del puente de una postal de mediados del s.XX

Se trata de una estructura de 120 m de longitud, dividida en seis vanos de luces $16 + 4 \times 22 + 16$ m.

El puente se inauguró en 1915.

Los estribos y las pilas están contruidos en sillería granítica y están cimentados sobre roca.

El tablero está formado por dos cuchillos laterales en celosía de 2.00 m de canto, con una separación entre ejes de 4.08 m. La celosía es continua. Los apoyos en estribos y pilas son rodillos metálicos que permiten el movimiento relativo entre el tablero y las pilas, excepto en la pila central en la que el apoyo es fijo.

La plataforma del puente se encuentra a un nivel intermedio entre los cordones de las celosías, de modo que el ancho de la plataforma viene condicionado por la distancia entre ellas, y es de apenas 3.70 m.

La plataforma del puente apoya sobre un emparrillado de vigas transversales y largueros

sobre los que apoyan unos perfiles metálicos de sección en omega sobre los que se apoya la plataforma propiamente dicha

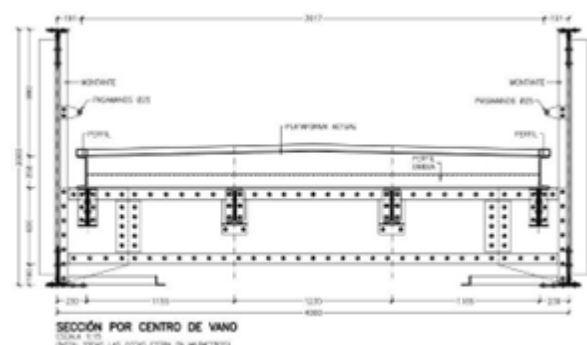


Figura 2. Vista de sección transversal en el tramo metálico

A continuación, se incluye una descripción de los elementos que conforman la estructura:

Celosía - Cordones superior e inferior:

El cordón superior e inferior están formado por una sección en T con un alma de 300 mm de canto y 8 mm de espesor y un ala de 180 mm de

ancho y 8 mm de espesor. La unión del ala con el alma se realiza mediante dos angulares de 70x7 mm. Sobre pilas ambos cordones presentan un refuerzo en el ala formado por tres chapas de dimensiones 180x8 mm y longitudes 4000, 2000 y 1000 mm respectivamente.

Celosía - Montantes: Los montantes están formados por dos angulares de 70x7 mm separados entre ellos unos 10 mm. Los montantes sobre pilas y estribos están formados por cuatro angulares de 70x7 mm, y una chapa de 800x8 mm.

Celosía - Diagonales: Las diagonales están formadas por perfiles angulares a modo de

cruces de San Andrés. En los vanos de 16 m los dos módulos exteriores a cada lado presentan angulares de 140x13 mm, mientras que los módulos centrales las diagonales consisten en angulares de 120x11 mm.

En los vanos de 22 m los dos módulos exteriores a cada lado presentan angulares de 150x16 mm. Las diagonales del tercer y cuarto módulo desde el exterior a ambos lados consisten en perfiles angulares de 140x13. Las diagonales de los tres módulos centrales consisten en angulares de 120x11 mm

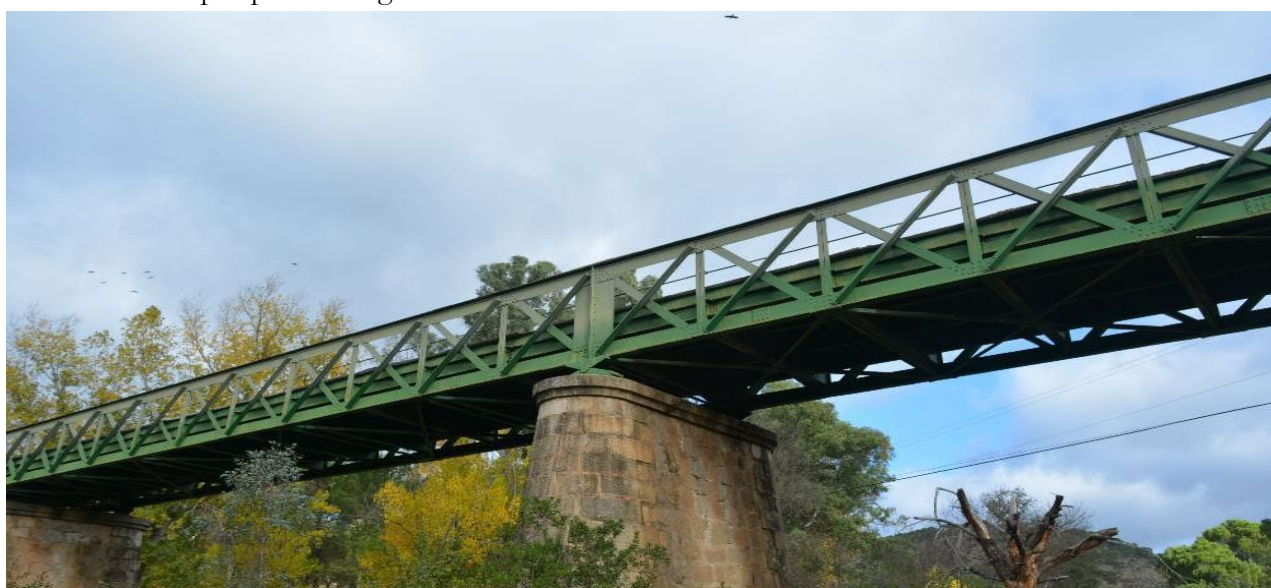


Figura 3. Vista de puente sobre el río Jándula

Travesaños: Los travesaños están formados por una sección doble T con un alma de 600 mm de canto y 9 mm de espesor, y un ala superior e inferior formados cada uno por dos perfiles angulares de 90x11 mm.

Largueros: Los largueros interiores consisten en perfiles IPN-280. Los largueros exteriores también están formados por una sección doble T con un alma de 300 mm de canto y 8 mm de espesor y un ala superior e inferior formados cada uno por dos perfiles angulares de 70x7 mm.

Arriostramientos inferiores: Los arriostramientos transversales inferiores están formados por perfiles angulares de 70x7 mm.

3. Estado de conservación de la estructura previo a las obras

Durante las inspecciones visuales iniciales realizadas se pudo verificar que el estado general de la estructura era razonablemente bueno, aunque presentaba los siguientes daños:

- Síntomas de corrosión en los perfiles “omega” que daban soporte a la plataforma.
- Plataforma en estado de conservación regular.
- Apoyos móviles desplazados en el lado izquierdo de los estribos.

- Perfiles (diagonales y montantes) dañados por impactos de vehículos.



Figura 4. Corrosión generalizada en perfiles “omega”

En las catas realizadas tras las inspecciones visuales pudo observarse que los perfiles omega en los que se apoyaba la plataforma presentaban una corrosión muy avanzada, con importantes pérdidas de sección



Figura 5. Vista de calicata en el tablero



Figura 6. Vista de corrosión en perfiles “omega”

El nivel de deterioro de los perfiles había llegado a desconectarlos de los roblones de unión de los perfiles omega al emparrillado metálico inferior y suponía un grave peligro para la circulación de vehículos pesados sobre la estructura.

Los daños detectados motivaron una primera medida de limitación de carga sobre el tablero y a la posterior realización de trabaos de rehabilitación y refuerzo vía emergencia.

Para la realización de las obras fue preciso habilitar un desvío provisional aguas arriba del puente mediante la ejecución de un vado inundable formado por marcos prefabricados.

4. Descripción de las soluciones planteadas

A partir de los daños detectados y dada su repercusión directa en el nivel de seguridad de la estructura, se definieron las actuaciones precisas para restituir las condiciones de seguridad de la plataforma, y para dotar al puente de un nivel de seguridad adecuado frente a las cargas de vehículos pesados que soporta habitualmente.

Conviene indicar que los trabajos iniciales de inspección visual del puente estaban realizados dentro del marco de unos trabajos de estudios previos para un eventual ensanche y refuerzo del puente sobre el río Jándula.

Esto supuso que además de las actuaciones de la propia emergencia se aprovechara la actuación para reforzar ciertos elementos de la estructura metálica (diagonales, montantes y nudos) para que fuesen compatibles con un eventual ensanche del tablero que se realizaría elevando la posición de la plataforma para apoyarla sobre los cordones superiores, idea que fue final y felizmente descartada.

A continuación se enuncian las actuaciones planteadas por FHECOR antes del inicio de las obras:

1. Desvío provisional a través de un vado inundable situado aguas arriba del puente.

2. Sustitución de la plataforma existente deteriorada por una nueva plataforma formada por una chapa colaborante y una losa de 20 cm de espesor, previa sustitución, reparación y refuerzo de los elementos metálicos deteriorados existentes bajo la plataforma.
3. Refuerzo de cordón superior e inferior de las celosías principales, compatible con el eventual ensanche futuro del tablero.
4. Refuerzo de montantes y diagonales de apoyos, e incremento del nivel de seguridad en nudos, en el mismo contexto.
5. Gateo de apoyos, rehabilitación en taller y recolocación en su ubicación original.
6. Limpieza mediante chorro de arena y renovación del sistema de protección con pintura de la estructura metálica.
7. Impermeabilización y afirmado del tablero, renovación del sistema de drenaje, marcas viales y nuevas juntas de dilatación

5. Las obras de rehabilitación

Las obras de rehabilitación fueron adjudicadas a AZUL Construcción Repair, comenzando en enero de 2020 tras la adjudicación y terminando en junio del mismo año. Los trabajos coincidieron con el periodo de confinamiento ligado a la crisis sanitaria de la COVID-19, pero se paralizaron apenas una semana.

5.1. *Desvío provisional*

El paso previo al inicio de los trabajos de rehabilitación fue la ejecución de un desvío provisional mediante un vado inundable situado aguas arriba formado por marcos prefabricados de hormigón.



Figura 7. Ejecución del vado inundable

5.2. *Acceso a la estructura*

Para los trabajos de reparación y refuerzo de la estructura metálica se emplearon distintos medios auxiliares.

Para actuaciones puntuales y cuando el acceso lo permitía se emplearon plataformas y cestas elevadoras.

Para las actuaciones de rehabilitación y refuerzo del tablero se instaló un andamio tubular colgado de la estructura en su zona central y apoyado sobre el suelo en los vanos extremos.



Figura 8. Andamio instalado en tablero

5.3. *Refuerzo de estructura metálica*

Se describen a continuación los refuerzos realizados en cada uno de los elementos de la estructura metálica. Según se ha indicado en el punto 4, los refuerzos se dimensionaron de

modo que fuesen compatibles con un eventual ensanche del tablero que final y acertadamente se ha desestimado.

5.3.1. Cordon superior

El cordón superior se reforzó con una chapa de 180x15 mm conectada al ala del cordón superior mediante la sustitución de los roblones originales por tornillos. Este refuerzo se dispuso en 10 de 16 m de cordón superior en los vanos laterales y en 12 de 22 m en los vanos interiores.

En las inspecciones realizadas se observó que existía una falta de continuidad en las chapas del alma del cordón superior sobre uno de los montantes de cada vano, coincidiendo con tramos de empalme de chapas y próximos a las secciones de $L/5$, a las que se dio continuidad también.

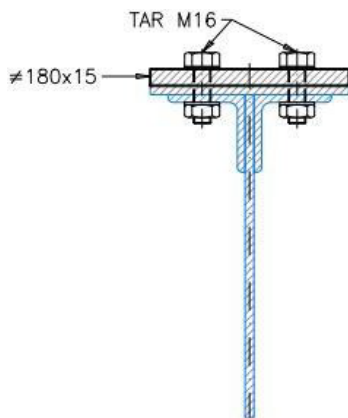


Figura 9. Sección tipo de refuerzo de cordón superior



Figura 10. Empalme mediante soldadura de chapas de refuerzo de cordón superior

5.3.2. Cordon inferior

El cordón inferior se reforzó con una chapa de 180x15 mm conectada al ala del cordón inferior mediante la sustitución de los roblones originales por tornillos. Este refuerzo se dispuso en los tres módulos centrales de los vanos interiores.

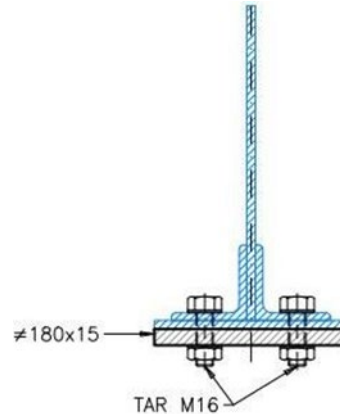


Figura 11. Definición de refuerzo de cordón inferior

El refuerzo del cordón inferior obligó a sustituir o reforzar tramos de ala inferior del cordón, que presentaban pérdidas de sección muy importantes en zonas de acumulación preferente de agua, sobre todo cerca de las chapas de conexión de los perfiles de arriostramiento transversal del cordón inferior.



Figura 12. Refuerzo de cordón inferior

5.3.3. Diagonales

El refuerzo de las diagonales consistió en la colocación de chapas de refuerzo de 10 ó 12 mm de espesor, según los casos, unida a una de las alas de la diagonal mediante soldadura. Los refuerzos se dispusieron según los esquemas incluidos a continuación.

La realización de refuerzos mediante soldadura se planteó tras llevar a cabo análisis metalográfico de varias muestras del tablero y

haber analizado las limitaciones de contenido de elementos recogidas en [4] y [5].

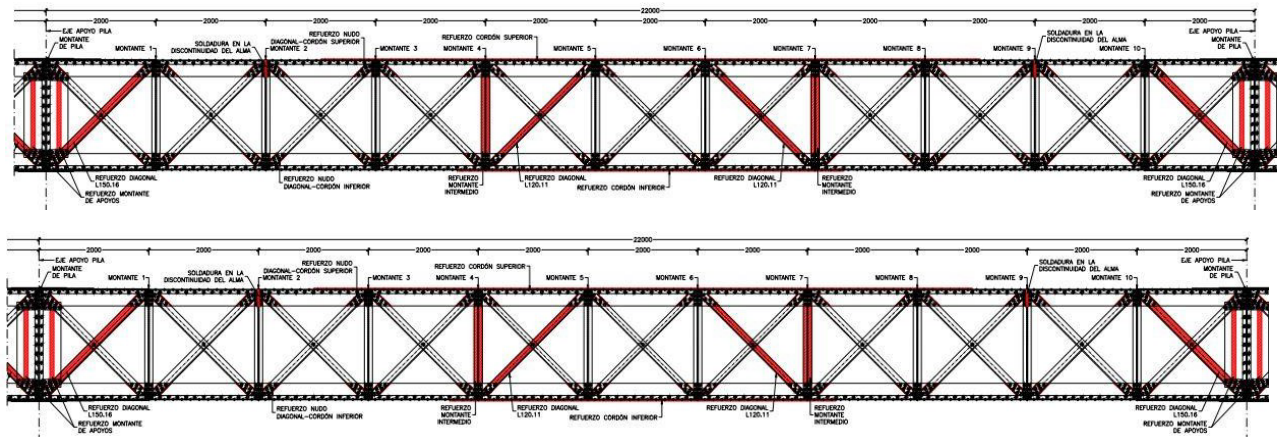


Figura 13. Definición de diagonales y montantes reforzados



Figura 14. Refuerzo de diagonales



Figura 15. Refuerzo de montante de apoyos

5.3.4. Refuerzos de montantes de apoyos

El refuerzo en todos los montantes de apoyo consistió en la disposición de rigidizadores verticales situados en la cara interior del montante. Dichos rigidizadores consistieron en medio perfil IPE 140.

5.3.5. Refuerzo de montantes

El refuerzo de los montantes intermedios consistió en duplicar los angulares de 70x7 originales incluyendo entre los originales y el refuerzo una chapa de 150x15 mm. El refuerzo se dispuso en los montantes señalados en los esquemas incluidos anteriormente.



Figura 16. Refuerzo de montante

5.3.6. Refuerzo de uniones

Se reforzaron todas las uniones de las diagonales con el cordón superior e inferior mediante soldadura para asegurar la capacidad de transferencia de la capacidad de los elementos reforzados. Medidas similares se adoptaron en las uniones de los montantes reforzados y de los montantes de apoyo con los cordones.

5.4. Reparación de apoyos

Los apoyos existentes fueron retirados y rehabilitados. Para la retirada de los apoyos se izó el tablero mediante el empleo de gatos hidráulicos.

Los gatos de izado se dispusieron bajo las almas de los travesaños entre montantes de apoyo, que fueron rigidizados previamente mediante dos medios perfiles IPE 160



Figura 17. Vista de proceso de retirada de apoyo fijo



Figura 18. Vista de apoyo fijo rehabilitado

5.5. Renovación del sistema de pintura

Toda la estructura fue limpiada mediante arena hasta un grado de limpieza Sa 2 ½. Se aplicó un sistema de pintura formado por una imprimación y capa intermedia de pintura epoxi rica en zinc de 125 µm de espesor cada una, y una capa de acabado de poliuretano de 50 µm de espesor.

5.6. Sustitución de la plataforma existente

Las actuaciones de refuerzo de la celosía y los trabajos de sustitución de la plataforma existente se ejecutaron de forma simultánea.

Las actuaciones de sustitución del tablero comenzaron con la demolición del aglomerado y del macadam existente sobre los perfiles “omega”.



Figura 19. Demolición del pavimento

Una vez retirado el macadam de la plataforma original se procedió al desmontaje de los perfiles “omega” existentes.



Figura 20. Retirada de perfiles “omega”



Figura 21. Vista del tablero tras la retira de los perfiles “omega”

La nueva plataforma se materializó mediante una chapa grecada colaborante de 55 mm de altura de greca, y por una losa de compresión con canto total de 200 mm medida hasta la cota inferior de la chapa grecada.

Francisco Prieto Aguilera, Javier Torrico Liz, F. Javier León, José Carlos Roldán y Marta Gámez / IX CONGRESO ACHE – GRANADA 2025

Tras la colocación de la chapa freçada y y la ferralla, se procedió al hormigonado de la nueva losa.



Figura 22. Chapa colaborante y ferralla



Figura 23. Vibrado de hormigón del tablero

5.7. Impermeabilización del tablero, pavimentación e instalación de juntas.

La impermeabilización del tablero se llevó a cabo mediante revestimiento impermeable elástico de betún-epoxi.

Una vez transcurrido el tiempo de secado de la impermeabilización se aglomeró la calzada del puente y los tramos de acceso hasta los puntos de conexión con el desvío provisional.

El espesor de aglomerado dispuesto en el puente fue variable entre 4 y 6 cm, ejecutándose con él el bombeo de la calzada.

En los bordes laterales de la calzada se dispuso un caz longitudinal de hormigón ejecutado in situ y los correspondientes sumideros.



Figura 24. Impermeabilización del tablero



Figura 25. Extendido de aglomerado

Por último, se dispusieron juntas de dilatación de elastómero armado en los estribos.

5.8. *Imágenes fin de obra*



Figura 26. Vista de calzada



Figura 27. Vista lateral



Figura 28. Vista aérea

Referencias

- [1] Esteyco. Propuesta de recomendación para la evaluación de puentes metálicos antiguos de carretera. Junio, 1994.
- [2] Bates, W. Historical Structural Steelwork Handbook. The British Constructional Steelwork Association Limited.
- [3] CIRIA 664. Iron and steel bridges: condition appraisal and remedial treatment. London, 2008.
- [4] FAME. Guides STRRES. Réparation et rénovation des structures Métalliques. 2018.
- [5] Assessment of Existing Steel Structures - Recommendations for Estimation of the Remaining Fatigue Life. JRC – ECCS. February 2008.