

Construcción del Viaducto sobre el río Genil. Un arco atirantado por el tablero innovador.

Construction of Genil river viaduct. An innovative tied-arch bridge

Óscar Ramón Ramos Gutiérrez^{a,*}, Javier Fernández-Dívar Sánchez^b, Marcos J. Pantaleón Prieto^c, David López Mazuela^d, José Antonio Moya Ortiz^e, Guillermo Ortega Carreras^f, Ricardo Rafael Pereira de Sousa^b, Luis Gamboa Ramos^g

^a Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria.

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. WSP Spain. Bridge Department.

^c Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria. Catedrático Estructuras Metálicas.

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. COPISA. Jefe de Obra.

^e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ministerio de Fomento. Director de Obra

^f Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

^g Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. WSP Spain. Jefe de Unidad Asistencia Técnica.

RESUMEN

El Viaducto sobre el río Genil se configura como la estructura más destacada de cuantas se encuentran en la Variante Exterior de Granada, y salva el cauce del río Genil mediante un puente de hormigón armado y pretensado de 3 vanos, de luces 15+80+15 m, en el que el vano central se resuelve mediante la tipología de arco atirantado por el tablero. Dada la anchura de la sección transversal (34 m en total), prevista para acoger una futura ampliación de la autovía a 3 carriles en cada sentido de circulación, se dispone un sistema de 3 arcos (uno central de mayor flecha y dos laterales de menor flecha e inclinados) que dotan el puente de un carácter singularmente espacial. La secuencia constructiva del viaducto ha sido ideada para optimizar los recursos de medios auxiliares y garantizar la máxima amplitud del cauce del río durante la etapa constructiva.

ABSTRACT

The viaduct over the Genil River is the more relevant bridge belonging to the new Granada bypass. The total length of the viaduct is 110 m, divided into three spans 15 + 80 + 15 m long, respectively. The motorway has two carriageway with 3 lanes each one, with a total width of 34 m. Although the lateral view of the bridge appears as a classical tied arch type, actually the central span is made up by three concrete tied arches with different sags and inclinations. Erection procedure has been carefully designed to optimize the temporary and auxiliary structures and to guarantee the maximum width channel during the construction stage.

PALABRAS CLAVE: arco atirantado, estética, hormigón pretensado, diseño sísmico, construcción por fases, apoyos provisionales.

KEYWORDS: tied arch, aesthetics, post-tensioned concrete, seismic design, construction phase, temporary structures.

1. Introducción

El Viaducto sobre el río Genil es parte de la nueva Variante Exterior de Granada, autovía de 2 carriles en cada sentido que ayudará a descongestionar al tráfico alrededor de la ciudad, discriminando los tráficos de largo y corto recorrido. El viaducto está situado en un tramo clave de la nueva Variante, entre los dos enlaces principales (con la futura autovía de N-432 de conexión y la autovía A42G) y un área de gran visibilidad.

Tal como se describe en [1] la tipología y el diseño del puente dotan este puente de una fuerte personalidad. Para dar cumplimiento a los

requisitos hidráulicos impuestos por el régimen de avenidas del río Genil se dispuso un vano principal de 80 m de luz, y sendos vanos laterales de 15 m de luz. Asimismo, las limitaciones de altura de rasante sobre la vega de Granada y la necesidad de mantener un resguardo adecuado frente a la máxima avenida obligaban a disponer un canto reducido para el tablero. Esto se consiguió gracias a la tipología de arco atirantado por el tablero con la particularidad de que, en este caso, la anchura de la sección transversal es notable, pues está preparada para una futura ampliación de la autovía.

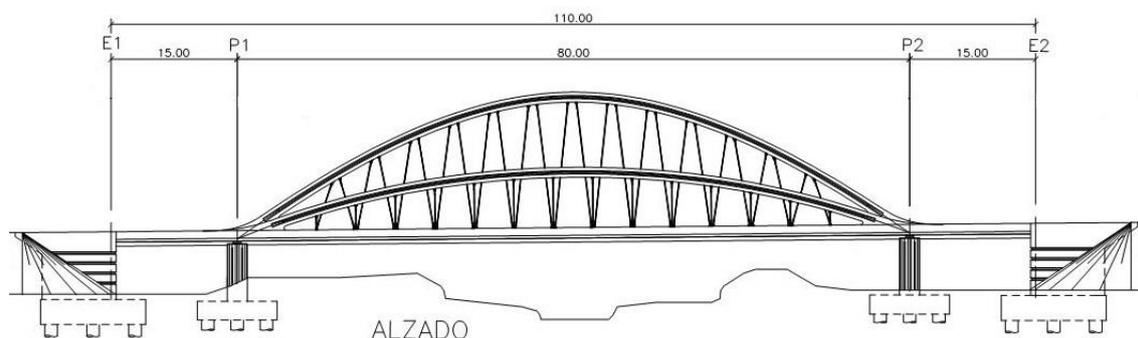


Figura 1. Alzado del viaducto

Aunque no hay muchos ejemplos de puentes arco atirantados formando parte de una autovía [2], se pueden encontrar diferentes maneras de resolver su encaje en un tablero de gran anchura. Ponte Centrale [3] (27.0 m de anchura) y el Viaducto de Navia [4] (27.0 m de anchura), por ejemplo, son puentes con un único arco central, mientras que Blennerhassett Bridge [5] (30.5 m de anchura) y Bugrinsky Bridge [6] (36,9 m de anchura), por ejemplo, mantienen la configuración clásica de 2 arcos a ambos lados del tablero.

En este caso la restricción de gálibo vertical y la anchura del tablero (34.0 m) hacían bastante complicado diseñar una solución con un único arco central o dos arcos laterales,

puesto que la flexión transversal conduciría a vigas de mayor canto que el disponible. De esta manera se concibió una estructura con un mayor carácter espacial, disponiendo un arco central y dos arcos laterales de menor flecha, y cantos de tablero inferiores a 1.50 m (1.30 m en las vigas tirante laterales).

Para la reforzar la identidad del arco central el sistema de péndolas en este arco se ha diseñado de forma triangular, mientras que las péndolas de los arcos laterales son verticales, permitiendo una mayor transparencia. Asimismo, los arcos laterales están inclinados hacia el centro de la calzada, creando una mayor sensación de unidad a todo el conjunto.

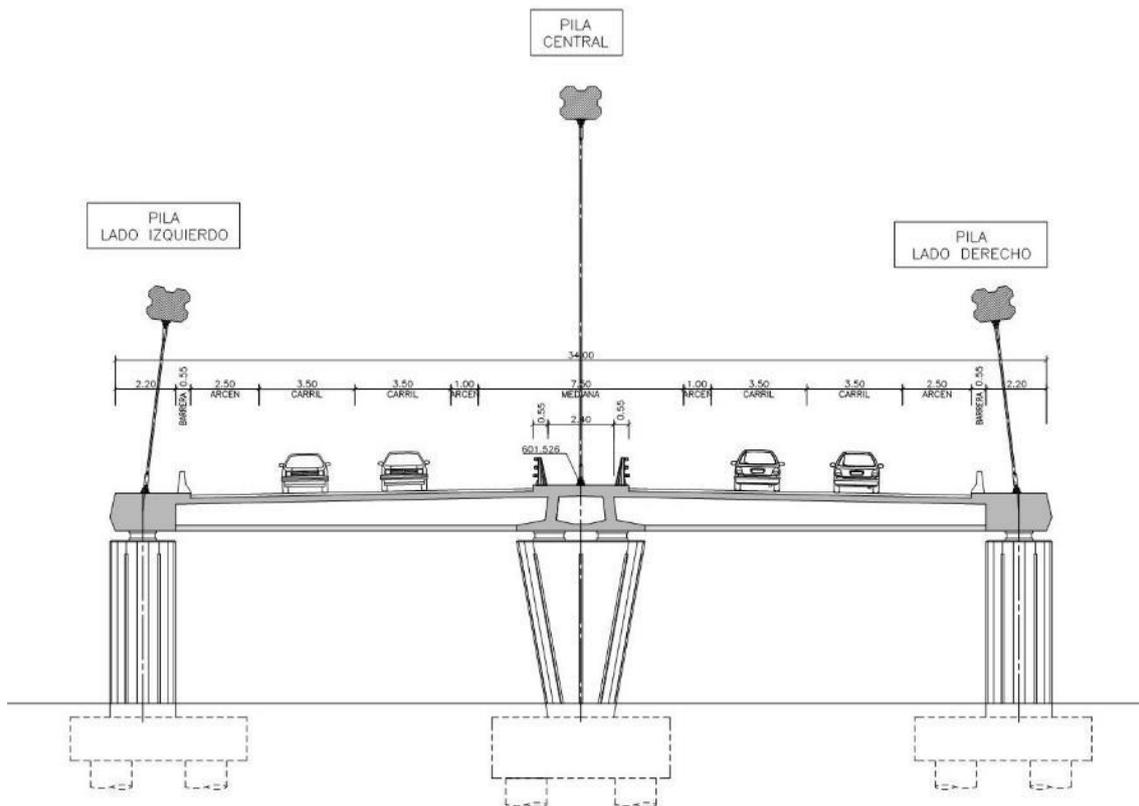


Figura 2. Sección transversal por eje de pila



Figura 3. Vista del puente en el momento de hormigonado de los arcos

2. Descripción de la Estructura

La descripción de los distintos elementos del puente (arcos, tablero, pilas...) puede encontrarse en [1], con la salvedad de que la

anchura definitiva del tablero es de 34.0 m, fruto de los ajustes de trazado llevados a cabo en las vías colectoras de la autovía. Asimismo, se han dispuesto péndolas formadas por barras de resistencia $f_y = 460$ MPa, de diámetro 82 mm en el arco central y de diámetro 72 mm en los arcos laterales.

Con respecto a lo indicado en [1], y en lo referente al diseño antisísmico (el puente se encuentra ubicado en un área con aceleración sísmica básica de 0.23 g), posteriormente se incorporaron al diseño amortiguadores fluido viscosos en los estribos para hacer frente al sismo longitudinal, manteniendo la vinculación lateral rígida entre tablero y estribo mediante los topes transversales.

La descripción pormenorizada actualizada de estos elementos puede encontrarse en [7].

3. Proceso constructivo

La construcción de puentes arco atirantados por el tablero de esta magnitud en hormigón pretensado exige de manera prácticamente obligada el cimbrado provisional del tablero hasta que el conjunto del puente logre desempeñar correctamente su misión resistente.

En el caso de la construcción del viaducto sobre el río Genil la secuencia constructiva se ha ideado con el objetivo de optimizar los recursos de medios auxiliares de cimbrado y de garantizar

la estabilidad del cauce de aguas ordinarias del río.

3.1 Encauzamiento provisional del río y construcción de apoyos provisionales

Para poder trabajar en la sombra del puente de manera adecuada se procedió al encauzamiento provisional del cauce de aguas ordinarias del río Genil.

Puesto que los vanos laterales del puente son de 15 m de luz, se eligió esta como la luz óptima para distribuir los apoyos provisionales de construcción, de tal forma que el tablero pudiera ser auto resistente bajo su peso propio con esta luz y sin la necesidad de pretensado. Así pues, se construyeron 5 líneas de apoyos provisionales dentro del vano principal del puente. Los apoyos son pilas circulares de hormigón armado y pilotadas con cimentación profunda.



Figura 4. Vista aérea del desvío del río y apoyos provisionales

3.2 Cimbra cuajada y porticada

Para el hormigonado del tablero se dispuso de dos conjuntos de cimbra, cuajada en aquellos subtramos situados al abrigo de las motas de protección del río, y porticada para los subtramos situados dentro del cauce.

De esta manera, la construcción del tablero se realizó en tres fases longitudinales progresivas (subtramos laterales izquierdos, subtramos centrales y subtramos laterales derechos), acometiéndose el desapeo del tablero en cada fase para el aprovechamiento de los elementos auxiliares en la siguiente fase.

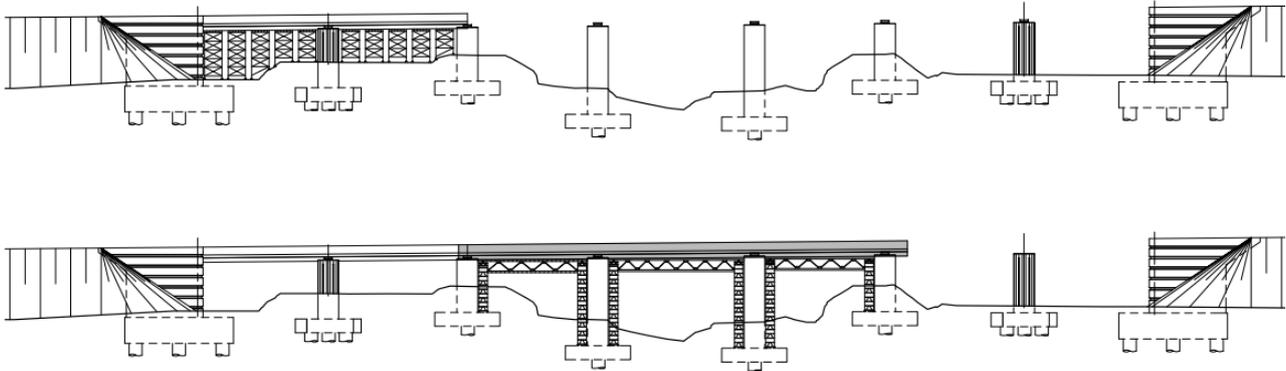


Figura 5. Esquema de la distribución de apoyos provisionales y cimbrado del tablero

3.3 Construcción del tablero

Para optimizar los tiempos de obra y garantizar un control intenso sobre su geometría, los nervios transversales del tablero (44 en total)

fueron realizados en una planta de prefabricación y posteriormente instalados en obra sobre los elementos de cimbra de las vigas tirante longitudinales.



Figura 6. Colocación de nervios transversales prefabricados

Las vigas tirante longitudinales fueron hormigonadas in situ según la secuencia descrita

más atrás y, posteriormente, la losa del tablero se hormigonó apoyada en prelosas colaborantes.



Figura 7. Ferrallado de vigas tirante longitudinales para hormigonado in situ



Figura 8. Hormigonado de viga tirante central



Figura 9. Hormigonado de la losa del tablero

Una vez concluida esta fase el tablero se encuentra auto sustentado en los apoyos definitivos y en los provisionales del vano central, sin otro elemento adicional de cimbra.



Figura 10. Finalización del hormigonado y descimbrado del

3.4 Construcción de los arcos e instalación de péndolas.

Los arcos han sido hormigonados in situ sobre una cimbra cuajada dispuesta en su vertical.

La especial geometría de los arcos, sobre todo en su encuentro con el tablero, exigió la fabricación de moldes metálicos para acomodar adecuadamente las superficies regladas resultantes y garantizar un correcto posicionamiento geométrico del arranque de los arcos.



Figura 11. Encofrado metálico para hormigonado de arranque de arcos



Figura 12. Cimbra cuajada para hormigonado de arcos

Con posterioridad al desapeo de los arcos se procede a la instalación de las péndolas, que están dotadas de manguito tensor.

3.5 Pretensado del tablero, desapeo y entrada en carga de los arcos y péndolas

La primera entrada en carga de los arcos y de las péndolas se produce a través de la introducción

del pretensado longitudinal del tablero (alternado con el pretensado de los nervios transversales). El acortamiento del tablero produce la correspondiente deformación vertical de los arcos, que pasan a recibir parte de la carga de peso propio del tramo central del puente y a descargar parcialmente las torres de apeo.

El desapeo final se lleva a cabo mediante la actuación de gatos hidráulicos situados en los apoyos provisionales.

Las operaciones de desapeo y puesta en carga de las péndolas serán monitorizadas en tiempo real a través del control de cargas en todas las péndolas y de la propia reacción en los gatos.

La construcción está prevista que finalice en julio de 2020.



Figura 13. Vista inferior del tablero



Figura 14. Hormigonado de arcos



Figura 15. Vista aérea del estado del puente durante el hormigonado de arcos

Agradecimientos

El diseño y construcción de un viaducto de esta envergadura dentro de una autovía de la Red de Carreteras del Estado no sería posible sin el trabajo conjunto de los equipos de trabajo de las distintas entidades que colaboran a lo largo del proceso. Por ello es justo reconocer la implicación y buen desempeño de la Subdirección General de Proyectos, de la Subdirección General de Construcción y de la Demarcación de Carreteras de Granada, que desde el año 2007 impulsaron la realización de esta estructura.

Agradecimiento también a los subcontratistas especializados que han trabajado en el puente, y a las asistencias técnicas del contratista en obra (ACL y Kinesia SM).

Referencias

- [1] Ramos, O.R., Ortega, G., Pantaleón, M.: Viaduct over Genil River. Granada External Bypass. 37th Madrid IABSE Symposium 2014, Madrid (2014).
- [2] Pantaleón, M., Ramos, O.R.: Puentes arco metálicos. Revista de Obras Públicas, nº 3561 (2015).
- [3] Rando, M., Lomax, S., Goberna, E.: The Three Santiago Calatrava Bridges in Reggio Emilia, Italy. Structural Engineering International, v. 20, nº 1, 18-20 (2010).
- [4] González, J.I.: Navia Viaduct. Hormigón y Acero, vol. 59, nº 250, 7-37 (2008).
- [5] Wollmann, G., Zoli, T.: Bridge Across Ohio

River and Blennerhassett Island. *Structural Engineering International*, v.18, n° 1, 28-30 (2008).

- [6] Tveit, P.: Various information on network arches. In: *Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built environment*, 19th IABSE Congress, pp. 441-447, Stockholm (2016).
- [7] Ramos, OR., Fernández-Dívar, J., Ortega, G., Pereira da Sousa, RR., Pantaleón, M.: Viaduct over Genil River in the new Granada bypass. A three tied-arche innovative bridge. 9th International Conference on Arche Bridges, Porto (2019).