



Viaducto sobre el Tajo  
en la Línea de Alta Velocidad

Extremadura



# Acortando



► Vista del viaducto en construcción sobre el río Tajo



# distancias

Es el segundo viaducto con mayor luz del mundo en la tipología de arco de hormigón ferroviario en Línea de Alta Velocidad. Situado en la LAV Madrid-Extremadura, sus 1.488 m de longitud salvan el Tajo en la cola del embalse de Alcántara, cuyas aguas invaden el cauce del Tajo en esa zona, multiplicando su anchura. Sobre ese excepcional ensanchamiento vuela el arco principal del puente de 324 m de luz, y una altura de 70 m sobre sus cimentaciones y de más de 90 m sobre el nivel medio del agua. El viaducto del Tajo supera así al que cruza el embalse de Contreras, en la línea de AVE Madrid-Valencia, que había ostentado desde 2010, con sus 261 m de longitud, el récord de España en puentes ferroviarios de arco de hormigón.

**Recientemente, el Administrador** de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) concluyó la ejecución del tablero con el hormigonado de la última fase de éste. Queda así completada la estructura del nuevo viaducto hecha a base de hormigones de alta resistencia - de hasta 70 MLa -, que soportará tráfico mixto, con doble vía de ancho internacional (1.435 mm frente al ancho ibérico de 1.668 mm) y una plataforma de 14 m de anchura. Tras la ejecución del tablero, los trabajos que restan son la instalación de las vías férreas, los sistemas de comunicaciones y la señalización. El calendario prevé que se puedan realizar pruebas de circulación dentro de este mismo año.

La esbelta estructura se levanta en el tramo Talayuela-Cáceres, subtramo Cañaveral-Embalse de Alcántara. Con una longitud de 6,5 km, se sitúa en los términos municipales de Cañaveral y Garrovillas de Alconétar, que contará, además, con dos pasos superiores, ambos de 43,5 m y tres vanos, y dos viaductos más: sobre el Regato del Cuervo, de 158 m de longitud, y sobre la Calzada Romana “Vía de la Plata”, de 114 m. Con la finalización de este tramo se garantiza la conexión entre Cáceres y los ramales de conexión en



► Proceso de construcción del arco mediante sistema provisional de atirantamiento.





► Vista frontal antes del cierre del arco.



► Perspectiva desde el lado norte del viaducto.

Plasencia –lo que hará posible la entrada del servicio ferroviario de altas prestaciones en 2020–, y se asegura que los trenes puedan llegar a Mérida y Badajoz.

Proyectado para el Ministerio de Fomento en el estudio de Carlos Fernández Casado, y dirigido por Antonio Martínez Cutillas y Javier Manterola (el mismo equipo que proyectó el embalse de



►Detalle de las torres metálicas de atirantamiento y hormigonado de las dos dovelas finales.

Contreras), la elección de la tipología en arco es la solución óptima para el entorno donde se levanta le estructura: un profundo valle con laderas de roca con suficiente capacidad portante para soportar los empujes del arco.

El trazado del viaducto se ha dibujado con dos grandes trazos: un primer tramo con una suave curva de gran amplitud - 7.250 m - y un segundo tramo que discurre en línea recta. La distribución de sus luces se organiza en 26 vanos: los situados en los accesos son de 60 m y se intercalan entre ellos dos vanos de transición de 57 m a cada lado del arranque el arco. Éste está formado por una sección rectangular achaplanada hueca tipo cajón de canto variable. En su arranque tiene un canto de 4 m y anchura 12 m, mientras que, en la clave, la sección se reduce hasta un canto de 3,5 m y 6 de anchura.

En cuanto al tablero, cuenta con una sección cajón de hormigón pretensado con canto de 4 m. La anchura inferior de éste es de 5 m - 6,5 m en su parte superior - con sendos voladizos laterales que completan la anchura total de la plataforma hasta los 14 m. Respecto a las pilas, presentan una altura variable que se adapta al perfil del terreno y que, como se ha dicho, supera los 70 m de altura en la zona más cercana al cruce del río. Todas las pilas constan de un único fuste de sección cajón hueca excepto en el cabecero, donde la sección se maciza para recibir las cargas transmitidas por el tablero.

Esta compleja estructura se ha levantado respetando al máximo el medio ambiente. Estamos ante un entorno natural donde abundan los pinos, encinas y matorrales: un suave paisaje alomado formado por sustratos pizarrosos a los que las aguas del Tajo han erosionado provocando fuertes encajamientos con altitudes que oscilan entre los 200 y 500 m en las riberas del embalse de Alcántara. Respetando estas condiciones medioambientales, para la construcción del viaducto se ha evitado poner pilas sobre el agua, de modo que todos sus apoyos se encuentran fuera del embalse. Además, se ha previsto una pantalla de protección de aves, formada por una barrera compuesta por perfiles tubulares verticales de acero, dado que, en ese enclave, no muy lejano del parque Natural del Tajo Internacional, pueden verse águilas imperiales, buitres leonados, cigüeñas negras y alimoches. Además, este tipo de pantallas reduce, en relación a otros sistemas, la carga de viento sobre la estructura y tiene un menor impacto visual en el entorno.

## Proceso constructivo

La ejecución de los trabajos comenzó con la construcción de las cimentaciones, realizadas a base de grandes zapatas ancladas directamente sobre el recio sustrato rocoso del enclave. Y aunque el terreno presentaba una notable solidez, en las zonas afectadas por el arco, los plintos de arranque del

arco y las zapatas de retenida de las pilas adyacentes al terreno, éste se reforzó para asegurar la solidez de la estructura, mediante inyecciones a presión de un total de 300.000 l de lechada de cemento en los más de 7.000 m de perforación realizados en el macizo rocoso, para rellenar las posibles fisuras en las rocas.

Tras esta primera fase de los trabajos, se acometió el alzado de pilas en los vanos de aproximación en ambas márgenes del río. Para ello, se realizaron encofrados trepantes en tramos de 6 m de altura. En el apoyo sur se hizo necesario realizar excavaciones de más de 35 m de altura y aplicar soportes en los taludes en roca para evitar descalces en las pendientes.

La construcción del tablero se ha ejecutado vano a vano mediante una cimbra autolanzable, una estructura con una longitud total de 115 m y un peso de 800 t, capaz de realizar vanos de hasta 60 m de luz trasladándose a lo largo del puente por sus propios medios, lo que mejora la relación con el medio ambiente, porque no afecta a las aguas del río, y permite salvar obstáculos y alturas importantes con una notable rapidez (hasta un vano a la semana). Con este ritmo se construyeron, en

una primera fase, los 11 vanos de aproximación de lado norte. En una segunda fase, y una vez trasladada la autocimbra hasta el estribo 2, se ejecutaron los 9 vanos de aproximación al arco del lado sur.

Para sustentar cada semiarco se dispusieron 15 parejas de tirantes (un par de tirantes cada tres dovelas) y el proceso se realizó en dos fases: en la primera se construyeron las 20 primeras dovelas soportadas por 6 parejas de tirantes de acero, ancladas al fuste de la pila situada en el arranque del arco. En segunda fase se ejecutaron las dovelas restantes de cada semiarco (desde la 21 hasta la 46), sustentadas mediante 9 parejas de tirantes desde una torre metálica provisional de 53 m de altura construida sobre el tablero del puente.

El sistema es complejo y delicado: es preciso equilibrar el sistema de atirantamiento ejecutando para cada pareja de tirantes, la correspondiente pareja de tirantes de retenida anclada a la zapata de la pila adyacente. Un proceso que termina tras colocar los últimos tirantes y hormigonar las dos dovelas finales. Es entonces cuando se retira uno de los carros y se hormigona con el otro la clave, y el arco queda cerrado.

► El arco se construyó mediante voladizos sucesivos atirantados y carros de avance



## Hitos de la ingeniería

El viaducto ferroviario sobre el Tajo ya ha entrado en el "salón de la fama", al ostentar el segundo lugar en el récord mundial de arcos en su tipología. Junto a él, marcan hitos de la ingeniería civil otras estructuras que bien merecen una reseña. Uno de ellos pertenece a la misma LAV Madrid - Extremadura y no está muy lejos del primero: es el viaducto construido en 2016 sobre el río Almonte, situado en el subtramo embalse de Alcántara-Garro villas. Su mayor singularidad reside en su vano central: un arco con 384 metros que, con una altura sobre el nivel medio del embalse de Alcántara de 100 m, se ha convertido en el de mayor luz del mundo en su tipología de puente arco para uso ferroviario.

Este singular viaducto ha obtenido la Medalla Gustav Lindenthal, galardón que otorga anualmente International Bridge Conference (IBC) para reconocer la excelencia en materia de ingeniería de puentes y que, en esta ocasión, ha resaltado la innovación técnica y material, el resultado estético y la armonía del viaducto con el entorno natural. También ha sido galardonado con el primer premio a la Excelencia en la Construcción con hormigón del Instituto Americano del Hormigón (American Concrete Institute, ACI), que cada año se entrega a un proyecto que destaque por su excelencia en cuanto a innovación y tecnología del hormigón.

Hasta la construcción de ese viaducto, el récord mundial de luz de arco de hormigón ferroviario lo ostentaba el de Froschgrundsee, en Alemania, con 798 m de longitud y 270 metros de luz, que cruza el lago que le da nombre a una altura de unos 65 metros.

En España, además del ya mencionado del embalse de Contreras, en la línea de AVE Madrid-Valencia, récord en su día con sus 261 metros de longitud, es legendario el arco de hormigón del viaducto Martín Gil, sobre el que discurre la línea ferroviaria Zamora-Orense, de 210 metros de luz y que salva el río Esla, entre Zamora y Puebla de Sanabria. Ostentó el récord del mundo de su tipología en el momento de su construcción en 1942 por ostentar una luz libre de 192,4 m y una altura de 63 m. Fue llamado "viaducto del Esla" al principio de su construcción y también "Viaducto de los Cabriles" por la aceña que se encontraba cerca del lugar. Sin embargo, fue el recuerdo al ingeniero que lo proyectó el que finalmente dio al viaducto su nombre definitivo.







► Interior de la autocimbra.

Tras las fases más críticas, el proceso finalizó desmontando los tirantes provisionales y las torres metálicas de atirantamiento. Con el arco completado se construyeron las 5 pilas situadas sobre el mismo para, a continuación, finalizar la ejecución del tablero mediante dos autocimbras similares a las empleadas en los vanos de acceso. Los dos vanos centrales se construyen mediante cimbra apoyada directamente sobre el arco. El hormigonado del tablero ha sido simétrico con el fin de no crear es-

fuerzos excesivos (sólo se ha permitido un desfase máximo de un solo vano).

Todas las fases de la obra se han monitorizado mediante un sistema de captación, tratamiento y transmisión de datos ubicados a cada lado del arco con 113 sensores, con el que en cada momento se ha controlado la marcha de la construcción, verificando en cada momento el comportamiento de la estructura.

► Última fase de la construcción del tablero mediante cimbra apoyada directamente sobre éste.





► Interior de la autocimbra.

## Línea AVE

Con la ejecución de esta obra se avanza en la construcción de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Extremadura de 437 Km de longitud, actualmente en construcción.

La obra está financiada, en parte, por la Comisión Europea y el Banco Europeo de Inversión. En el periodo 2007-2013 el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del Programa Operativo (P.O) Cohesión-FEDER y del P.O. de Extremadura, cofinanció parte de las obras de plataforma, vía e

instalaciones del tramo Talayuela-Cáceres-Mérida. Las Ayudas a las Redes Transeuropeas de Transporte (RTE-T) se otorgaron a los estudios y proyectos del tramo Talayuela-Frontera Portuguesa, así como a las obras de plataforma, vía e instalaciones del tramo Mérida-Badajoz-Frontera Portuguesa. Y en el periodo 2014-2020, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) cofinancia, a través del P.O. Plurirregional de España, Objetivo Temático 7: Transporte Sostenible, las inversiones en la red ferroviaria de Extremadura.

Julia Sola Landero / Fotos: Carlos Fernández Casado, S.L.

