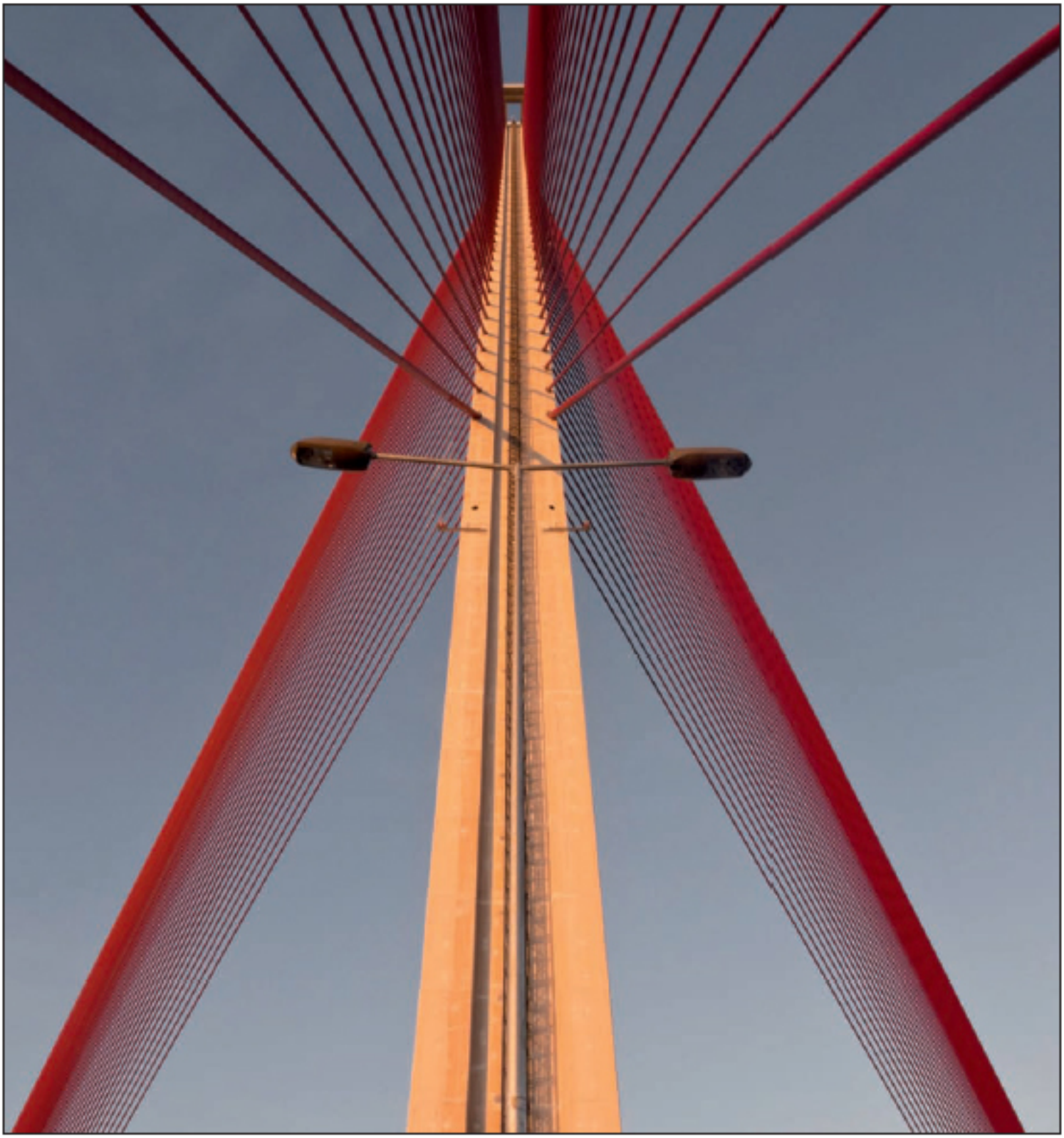
Revista del Ministerio de

# Fomento

Enero 2012 • Nº 613 • 3 €



## En servicio la LAV Ourense-Santiago-A Coruña

● Fase IV de la circunvalación de Las Palmas de Gran Canaria ● Nueva estación de Logroño ● Puente atirantado de Talavera de la Reina

EL NUEVO PUENTE ATIRANTADO DE TALAVERA DE LA REINA CONCENTRA VARIOS RÉCORDS, ENTRE OTROS EL DEL PILONO INCLINADO MÁS ALTO DE EUROPA

# El más esbelto

El nuevo puente de Castilla-La Mancha salva el río Tajo al sur de Talavera de la Reina (Toledo).

R. F. Fotos: AIA

Su esbelta silueta se perfila majestuosa contra las cumbres de Gredos señalando el nuevo acceso a la ciudad del Tajo por su Ronda Sur. Pero más allá de su estilizada apariencia, el nuevo puente atirantado de Talavera de la Reina es un prodigio de la ingeniería que atesora varios récords y cuya construcción ha exigido una meticulosa planificación y un más exigente control de obra.

El pasado 17 de octubre entró en servicio el puente de Castilla-La Mancha, de acceso a la ciudad de Talavera de la Reina por su nueva Ronda Sur. El nuevo puente se suma a los otros tres que salvan el río Tajo, el más antiguo de los cuales es el llamado puente de Santa Catalina, más conocido también como puente Viejo, cuya fábrica actual data del siglo XV aunque sus orígenes se remontan a la época de dominación romana en la Península.

El singular diseño del nuevo puente de Castilla-La Mancha obedece a los requerimientos inicialmente exigidos de salvar el Tajo mediante un único vano sin pilas intermedias en el brazo más ancho del río, a fin de evitar cualquier posible afección medioambiental, y de constituirse en nuevo referente urbano y nexo de unión entre el casco antiguo y los desarrollos futuros de la ciudad. Todo ello ha contribuido a que el puente ostente también diversos récords y a que durante todo el proceso constructivo, así como en las fases previas y pos-

teriores, se hayan efectuado unos meticulosos estudios del comportamiento de todas y cada una de sus estructuras y materiales –principalmente hormigón y acero–. El elemento más singular del puente y el que le dota también de su imagen más poderosa es su único pilono, que, con 192 metros de altura y un ángulo de inclinación de 22º, es el más alto de España. En él se sustenta el tablero, con una longitud de 320 metros y una anchura de 36 metros, lo que le hace también el más ancho de los atirantados de un solo vano construidos hasta ahora en nuestro país.

El tablero tiene continuidad en un viaducto de acceso de 408 metros de longitud conformado por 9 vanos y dos únicos cajones de hormigón blanco gemelos.

La distribución de espacios en el tablero permite acoger dos carriles por sentido para circulación de vehículos, con posibilidad de ampliación para un tercero, además de sendas aceras peatonales y un carril bici. El canto del tablero es de solo 2,75 metros, lo que confiere aún más sensación de liviandad y esbeltez a todo el puente. En su construcción se utilizó hormigón blanco con distintos rangos de alta resistencia, desde los 80 MPa (megapascales) en los puntos más exigidos, como el empotramiento del estribo, hasta los 45 MPa en los tramos con flexiones menos elevadas. Debido precisamente a las mayores exigencias de flexión en el último tercio de tablero (135 metros) que concentra los tirantes de mayor longitud e inclinación, la zona se reforzó con un pretensado interno adherente, construyéndose el resto solo en armado.

## Poderoso anclaje

Para sustentar el tablero, el equipo de ingenieros responsable del proyecto, Ramón Sánchez de León y Christian Bernal Pérez, diseñaron un sistema de atirantamiento integrado finalmente por 38 pares de cables de anclaje al pilono, con una separación transversal de 28 metros y longitudinal de 7 metros sobre tablero. Del pilono arrancan a su vez otros 38 pares de tirantes de retenida, fijados a dos muertos de anclaje de hormigón postesado que actúan como contrapeso de 40.000 tn y aseguran la estabilidad del puente. A fin de equilibrar las fuerzas horizontales, los muertos de anclaje se han conectado al pilono mediante puntales de hormigón. Al estar enterrados y cercanos al río, sendos contrapesos fueron especialmente diseñados para garantizar la estabilidad de la estructura incluso completamente sumergidos. Los anclajes de los tirantes de retenida se pueden admirar sobre el techo de una galería subterránea abierta al efecto.

Los cables de los tirantes constan de un número variable de cordones de acero que oscila desde un mínimo de 11 hasta un máximo de 97, con una tensión de rotura de 1860 MPa y 0.62 pulgadas de diámetro. Todos los cables incorporan un sistema de triple protección consistente en el propio galvanizado de los cordones, una vaina de polietileno de alta densidad individual y grasa entre la vaina y el propio cordón. Cada tirante está recubierto además de una vaina exterior de color rojo y relieve helicoidal, diseñada especialmente para prevenir posibles incidencias derivadas de fenómenos meteorológicos ad-

*Prueba de carga estática del puente, poco antes de su entrada en servicio.*

## Ficha técnica

- Autores: Ramón Sánchez de León y Christian Bernal Pérez (Estudio AIA, S.A.)
- Volumen de hormigón: 72.108 $m^3$
- Acero pasivo B-500 S: 7.800 tn
- Acero en tirantes: 1.785 tn
- Acero estructural S-355: 753 tn

*Cables de atirantamiento, imagen general del puente (página opuersta) y parte inferior del tablero.*

versos como la coincidencia de viento y lluvia. Todos los cables se dotaron además de amortiguadores a fin de evitar las posibles vibraciones a causa de esos mismos agentes. En total, el sistema de atirantamiento requirió 1.785 toneladas de cable de acero.

## Esbeltez de vértigo

La esbeltez y aerodinamismo del tablero se corresponden con las del pilono inclinado que lo soporta que, con 192 metros de altura y 185 metros de proyección vertical sobre el terreno, ostenta el récord en nuestro país. Su anchura constante de tan solo 4 metros refuerza aún más la rotunda esbeltez de toda la estructura. Está construido en hormigón blanco autocompactante de 70MPa y para fijar los anclajes de los tirantes incorpora una célula interior de acero S-355 cortén de 3x3 metros y 750 toneladas. Esta célula se aprovechó como encofrado perdido, sirviendo de apoyo para levantar los encofrados trepantes distribuidos en tramos de 3 metros de altura. Sus paneles laterales son de mayor grosor (40 mm) que los frontales (30 mm) para reducir las tensiones de trabajo del acero por equilibrio de cargas de los tirantes del tablero y retenida, evitando posibles riesgos de deformación en el metal y que, a su vez, puedan afectar al hormigón.

El interior de la célula metálica aloja las placas de anclaje de los tirantes, diseñadas, tras largos estudios de modelización, para transmitir las cargas de la manera más adecuada a sus paneles superiores e inferiores correspondientes y desde allí a las paredes de la célula, donde se compensan con los tirantes contrarios y el recubrimiento de hormigón.

El pilono se asienta sobre un encepado acorde a su singularidad, construido en hormigón gris y con una superficie de 36x32 metros en planta y canto de 6 metros. El encepado se fijó sobre 56 pilotes de 29 metros de profundidad y 2,5 metros de diámetro. La carga máxima en cabeza de pilotes se calculó en torno 1.000.000 kN en estado límite de servicio y, a fin de obtener la distribución más idónea de cargas a todos los pilotes, se dispusieron varias piezas adaptadas como pre-encepado en las uniones con pilono y tablero. ■

## Puente de récords

- Pila inclinada más alta de Europa (192 metros).
- Pila más esbelta, con una anchura de 4 metros para los 192 de altura.
- Tirantes más largos de España, con una longitud de 405 metros entre anclajes.
- Puente atirantado con tablero más ancho (36 metros).
- Puente atirantado de un solo pilono con más luz de España (vano de 318 metros).
- Puente atirantado de un solo pilono y tablero de hormigón con mayor luz del mundo.

## El tesado, la clave

La gran elasticidad del puente exigió un exhaustivo cálculo y modelización previos para definir el proceso de tesado de los 152 cables, algunos de más de 400 metros de largo, de que consta su sistema de atirantamiento y, con posterioridad, un no menos riguroso control de cargas en cada momento de obra. El resultado fue un modelo evolutivo que permitió analizar todas las situaciones de la estructura, garantizando su integridad en todas y cada una de las fases de ejecución de obra. Se obtuvo así un procedimiento de tesado que sirvió como protocolo básico a desarrollar durante todo el proceso:

1.- Ejecución de cimentaciones y muertos de anclaje.

2.-Ejecución del tablero sobre pilas provisionales.

3.-Ejecución del pilono hasta la cota del primer cable.

4. Avance en altura del pilono conforme a la instalación de cables principales y de retenida, tesados en torno al 85% de la carga final.

5.-Desapeo del tablero a medida que se tesan cables.

6. Disposición de carga muerta.

7. Pesaje de cables y retesado hasta el 100% de carga definitiva.

A fin de controlar todo el proceso se dispuso de un sistema de instrumentación del puente compuesto por células de carga en cables, bandas extensométricas en tablero y pilono, clinómetros y termómetros en hormigón y acero de tirantes. Se practicaron asimismo seguimientos de las cargas en tirantes mediante pesajes, seguimientos topográficos en diversos puntos de control de tablero y pilono, además de un estricto control térmico en todas las fases del tesado para adaptar las cargas en cada momento a los requerimientos de obra. Para la instalación de cables se aplicó el sistema de monotensión, procediéndose al tesado uno a uno de los cordones de cada tirante mediante gato monocordón, aplicando al principio cargas diferentes a cada cordón para distribuir al final idéntica carga entre todos.