

# Los puentes arco de la autovía Ruta de la Plata en Extremadura

(Tramos Cañaveral-Hinojal e Hinojal-Cáceres)

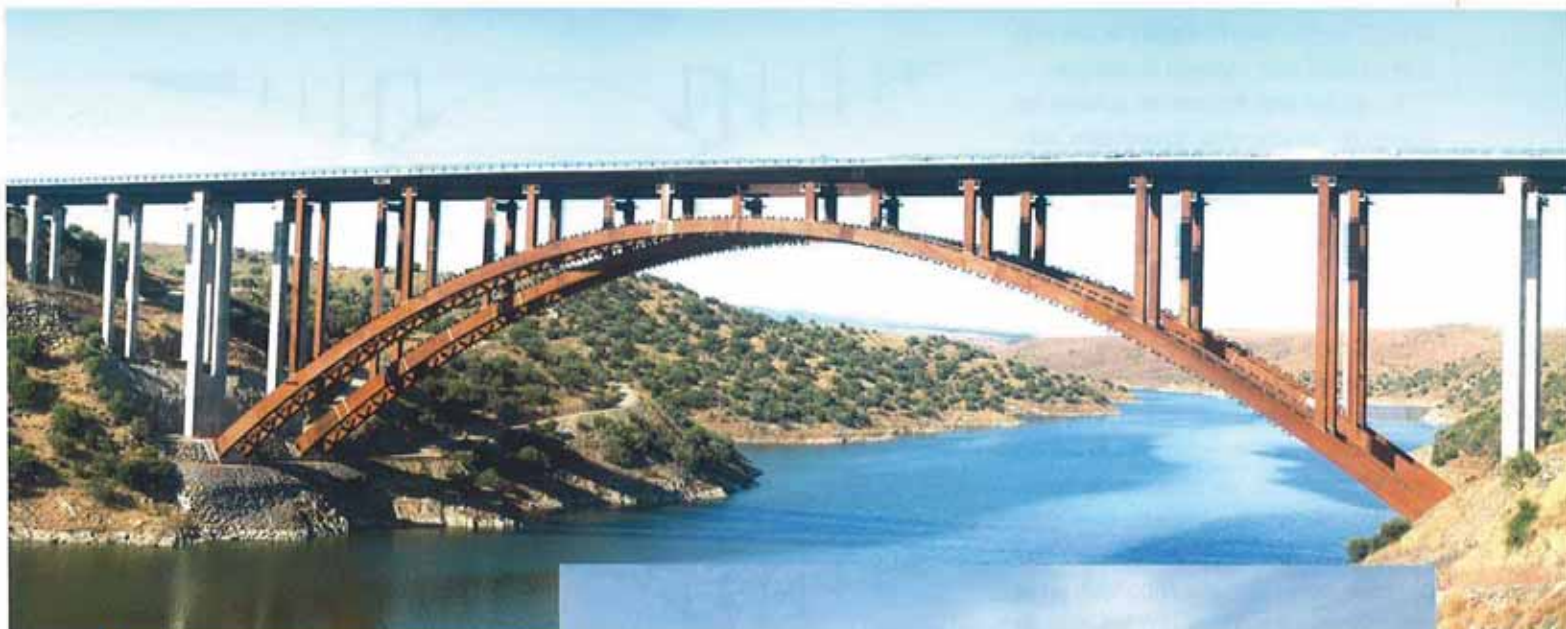


Foto superior: Arcos de Alconélar sobre el río Tajo. A la derecha: Arcos sobre el río Almonte.

Fernando Pedraza Majarrez, ICCP y  
Director de las Obras.

**E**l pasado 27 de julio el Ministerio de Fomento puso en servicio los dos tramos de la Autovía Ruta de la Plata (A-66) que unen las poblaciones de Cañaveral con Cáceres. Estas dos obras tienen especial repercusión en la región puesto que constituyen una variante del difícil trazado de la carretera N-630 a su paso por el entorno del embalse de Alcántara (conocido como "curvas del Tajo"). Al margen de representar una importante mejora en las condiciones de seguridad vial, la puesta en servicio de estos 35,8 km, ha permitido reducir el tiempo de recorrido de los itinerarios entre Cáceres y Plasencia en una media de 20 minutos, e incluso el itinerario entre Cáceres y Madrid en 15 minutos.

El tramo Cañaveral-Enlace de Hi-



nojal, con una longitud de 14,4 km, tiene su origen entre la carretera N-630 y el embalse de Cañaveral, en la ladera sur del Puerto de los Castaños. Desde este punto la autovía discurre paralela a la actual carretera a unos 2,5 - 3 km hacia el este, con una orientación prácticamente norte-sur. Superado el enlace de conexión con la población de Cañaveral, surge la necesidad de cruzar la línea ferroviaria Madrid-Lisboa y más al sur el río Tajo. Para salvar este último accidente se requiere construir una estructu-

ra singular formada por dos puentes gemelos, que posteriormente comentaremos. El final de la obra está establecido junto al enlace de conexión con la carretera autonómica EX-373, que une la propia carretera N-630 con las poblaciones de Hinojal y Talaván.

Por su parte, el tramo Enlace de Hinojal-Cáceres tiene una longitud de 21,4 km, y también se orienta sensiblemente en la dirección norte-sur. El inicio está establecido en el enlace con la carretera autonómica EX-373; y, a partir de este punto, la traza de la au-

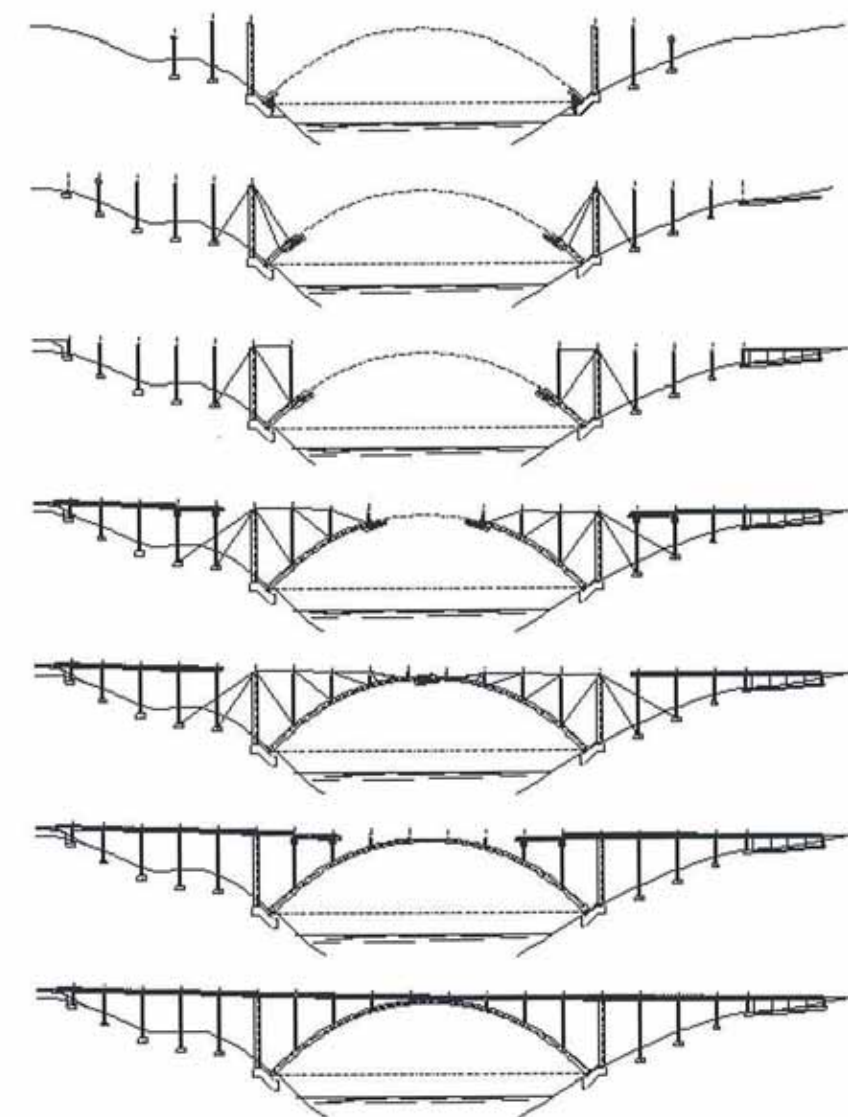
avía discurre al este de la carretera N-630, encontrándose con la necesidad de cruzar el río Almonte, que también se resuelve mediante la construcción de una estructura singular. Posteriormente, el trazado se acerca a la carretera N-630 dejando la población de Casar de Cáceres al oeste. La obra finaliza en un enlace al norte de Cáceres desde donde se accede a la ciudad con calzada duplicada.

En sí, los dos tramos de autovía no disponen de grandes novedades, salvo las dos estructuras reseñadas. Sus trazados de AV-120 responden a los criterios de diseño de una autovía de 3ª generación e incorporan todos los elementos que las hacen indiferenciables de una infraestructura de la máxima calidad en movilidad, como puede ser una autopista.

Por ello, este artículo se centra en la descripción de los trabajos de construcción de las estructuras, que conjuntamente representan un buen exponente de la técnica española en la construcción de arcos. En las dos situaciones se trata de laderas en "V", generadas por el encajonamiento de los cauces de agua en el macizo rocoso de naturaleza pizarrosa. El nivel de agua, que condiciona las luces centrales, no proviene realmente de los ríos; sino que la zona de implantación de las estructuras está influenciada por la cota del embalse de Alcántara.

En estas condiciones, y desde los primeros estudios, se hizo patente la conveniencia de resolver la luz central mediante arcos. Las luces resultantes, aun con un planteamiento estricto respecto a la cota de embalse condicionante, son apreciables; por lo que los procesos constructivos de las estructuras pasan a ser determinantes para las obras.

Los dos arcos se convierten en técnicamente complementarios, si tenemos presente que uno es resuelto en hormigón y el otro en acero; y, de forma casi consecuente, se adopta para el primero un proceso constructivo relativamente conocido, aunque no exento de las dificultades propias de la magnitud de la obra; y para el se-



Proceso constructivo de los arcos sobre el río Almonte.

gundo un proceso realmente novedoso, con dificultades proporcionales a este hecho.

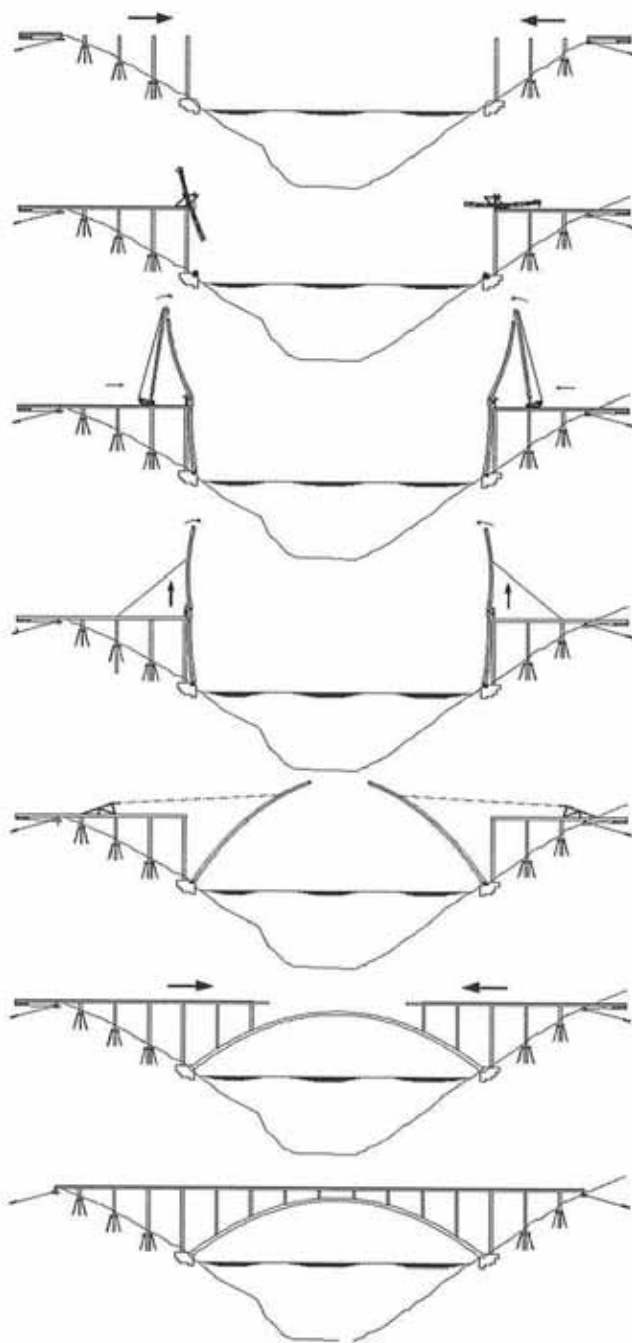
### Arcos sobre el río Almonte

Las obras del tramo Hinojal-Cáceres incluyen la construcción de dos estructuras gemelas para el cruce del río Almonte, una por calzada de autovía.

Las estructuras son tipológicamente gemelas, aunque tienen una longitud entre estribos diferente, de 388 m divididos en 18 vanos para la calzada izquierda ( $16 \times 22 \text{ m} + 2 \times 18 \text{ m}$ ), y de 432 m con 20 vanos en la calzada derecha ( $18 \times 22 \text{ m} + 2 \times 18 \text{ m}$ ). A su vez, ambas están constituidas

por dos viaductos de acompañamiento, para salvar las laderas, y un arco que configura el vano central.

Los dos arcos son de hormigón armado HA-40, de tablero superior, con una luz de 184 m y una flecha en clave de 42 m, que le proporcionan una relación flecha/luz óptima de cara a su funcionamiento estructural. La sección transversal de los arcos está formada por un cajón rectangular de hormigón armado, con un canto variable entre 3,00 m en la sección de arranque y 1,80 m en la sección de clave. La anchura del cajón es de 6,00 m, constante en todo su desarrollo, que con las cartelas exteriores dispuestas se van a 6,60 m. El espesor de los paramentos es de 35 cm, con acartelamientos interiores en las aristas.



Proceso constructivo de los arcos de Alconétar sobre el río Tajo. Abajo: Hormigonado de la zapata de arranque de aproximadamente 1500 m<sup>3</sup>.

El tablero permite una plataforma de circulación de 13,50 m y se empla dentro de un acuerdo parabólico de tipo cóncavo. Su estructura se resuelve mediante una losa aligerada continua de hormigón postesado HP-40, que se maciza en secciones sobre pilas y estribos.

Para la sección transversal de las pilas de HA-30 se adopta la forma rectangular hueca, llegando a convertirse en macizas al disminuir sus di-



mensiones en las zonas cercanas a la clave del arco. Transversalmente tienen 5 m de anchura, y longitudinalmente tienen cantos variables, siendo de 2,5 m las que descansan sobre el arranque de los arcos, 1,5 m las de los viaductos de acompañamiento y 1,5 m, 1,2 m y 0,8 m las que descansan sobre los arcos. Los espesores de los paramentos son de 25 cm.

Las cimentaciones de HA-25 se realizan todas en roca y generan taludes de cierta envergadura, especialmente en el caso de las zapatas de arranque de los arcos. Un aspecto reseñable que se da en esta cerrada, al igual que en el caso del río Tajo, es que la inclinación de los estratos pizarrosos es casi vertical, de forma que la ejecución de las excavaciones provoca vuelcos que pueden llegar a movilizar grandes masas de las laderas. Este efecto es particularmente reseñable en el caso de la ladera norte, que tuvo que ser objeto de trabajos geotécnicos previos de consolidación. También son reseñables los trabajos de anclaje de las zapatas, a las que se transmiten las retenidas del arco, al ser insuficiente el peso propio de las pilas para estabilizarlas.

Los arcos se ejecutaron por avance por voladizos sucesivos. La primera dovela podía ser cimbrada en tierra y tenía una longitud de 7,9 m. Para las posteriores se utilizaba un carro de encofrado que materializaba dovelas de 5,5 m. Este carro dispone de dos encofrados, uno exterior para la losa inferior y otro interior para los hastiales. El avance del exterior era posible gracias a un sistema de cremallera y el exterior era anclado a través de barras pasantes por los hastiales hasta la dovela previamente hormigonada.

La estructura evolutiva que se generaba estaba constituida por ménsulas con cuatro cuadrantes triangulados, que construidas de forma simultánea desde cada ladera, en estado final, permiten configurar el arco. Buscando el trabajo óptimo de los materiales, los elementos sometidos fundamentalmente a compresión son asignados al propio arco y a las pilas de hormigón, y las trac-

ciones se transmiten por una estructura metálica auxiliar.

El carro trabajaba en tres fases, en la primera se hormigonaba la losa inferior de la sección, en la segunda los hastiales y finalmente se completaba la sección con el hormigonado de la losa superior mediante una mesa de encofrado que se arrastraba por el interior del arco. Dada la densidad de armadura en los hastiales, no les hubieran venido mal 5 cm más de espesor.

Antes de alcanzar los nudos de arranque de las pilas era necesario disponer de tirantes provisionales que posteriormente se eliminaban finalizada su función estructural. El sistema constructivo fue mejorado para que cuando se llegara a un nudo, el carro no parara a esperar la trepa de pila, sino que pudiera seguir avanzado en la realización de una dovela y parte de otra.

En el caso particular de este arco, como variante del proceso convencional, las diagonales que triangulan cada cuadrante de la ménsula son perfiles metálicos, salvo en el caso del último cuadrante, donde el espacio físico disponible obliga a seguir utilizando cables, de menor rigidez. La empresa constructora diseñó un práctico sistema que permitía la puesta en carga de estas diagonales, conforme lo iban exigiendo las fases de cálculo.

Desgraciadamente la elevada lon-

gitud de los viaductos de acompañamiento penalizaba en coste y plazo la adopción de un tablero mixto que hubiera permitido aprovechar el cajón de acero como tirante superior. Por ello, fue necesario disponer de un tirante superior como elemento fundamental

de la estructura metálica auxiliar, que permitiera conducir las tracciones de la ménsula a la cabeza de la pila que descansa sobre la zapata de arranque del arco y de allí al terreno.

El sistema completo se hacía finalmente estable, transmitiendo la tracción de la ménsula al terreno desde la cabeza de la pila, utilizando un máximo de 8 tirantes de retenida, anclados en las zapatas de las dos pilas colindantes del viaducto de acompañamiento. Estas zapatas también requirieron de su anclaje provisional al terreno.

El tablero se ejecutó mediante cimbra autoportante de forma simultánea desde cada ladera. En una primera fase se cubren los viaductos de acompañamiento, salvo el vano más próximo al arco. Posteriormente, con el arco cerrado, se avanza hasta el cierre completo del tablero, cimbrando sobre el propio arco los últimos vanos. La cimbra se apoyaba en unas



Detalle de trepa de pila sobre el arco.



Traslado al terreno de la tracción generada por la ménsula triangulada.



Fases de trabajo del carro de encofrado.



Autocimbra trabajando en los viaductos de acompañamiento.



Detalle de una grúa trabajando cerca de su límite de utilidad.



Los arcos en situación próxima a su cierre.



Situación planteada por la subida del embalse.

ménsulas cortas, que pasaban por ventanas abiertas al efecto en las pilas. La estructura de soporte eran módulos de celosías triangulares que requerían de su ripado transversal cuando se retiraban.

Las pilas se ejecutaban mediante un trepado convencional; y, a la vista de la necesidad de compatibilizar la propia armadura de las mismas con los refuerzos generados por las vantas de apoyo de las cimbras, no hubiera estado de más que en lugar de 25 cm de espesor hubieran tenido 30 cm. Los encuentros de las pilas con el arco están macizados, salvo un paso de hombre de 0,8 m de diámetro.

Como medio auxiliar de ejecución, es destacable la implantación de dos grandes grúas, una por ladera, que, dada la reducida cantidad de hormi-

gón necesaria en cada fase, realizaron su labor con eficacia, salvo en la dovela de clave, donde fueron necesarios canaletas del apoyo en el hormigonado.

Con la obra en rodaje, la armadura de las dovelas de arco y la de cada trepado de pila se prefabricaban en tierra, con gran mejora de los rendimientos.

En la fase final del proceso constructivo fue necesario poner en carga los arcos mediante dos gatos alojados en la dovela de clave de 1,9 m de longitud, que necesitaban introducir 600 t.

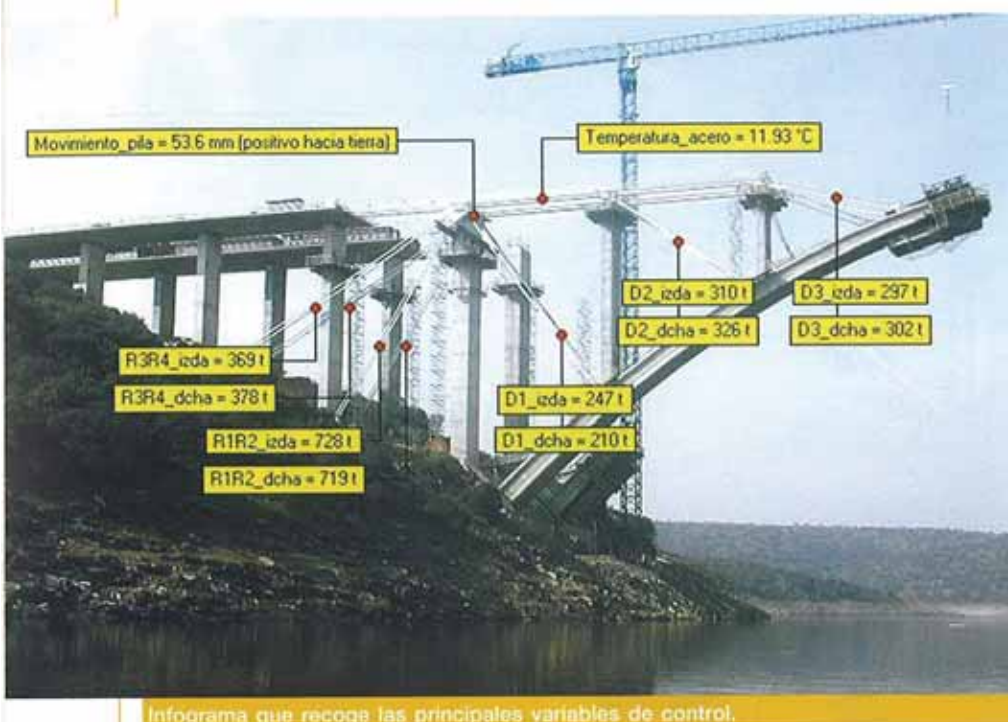
Las principales dificultades a que se enfrentaron los trabajos, a juicio de la Dirección de Obra, se pueden resumir en dos:

- Las dificultades logísticas que

planteaba el suministro del hormigón. Este hecho se agravaba para el acceso a la ladera norte y con la época estival, siendo finalmente necesario implantar otra planta junto al estribo norte.

- La sorprendente subida de la cota del embalse justo en el momento de acometer las zapatas de arranque del arco. Con los datos históricos disponibles se estimaba que la cota elegida de cimentación de los arcos tenía una probabilidad de ser alcanzada del 3 %. Justo en los momentos de inicio de estas cimentaciones, el agua la alcanzó. Resolver este problema y salvaguardar los plazos obligó a hormigonados submarinos, a la construcción de muros de defensa e incluso a plantear el hormigonado de las zapatas en fases descendentes, es decir, de arriba hacia abajo, con la ayuda de anclajes al terreno de las fases superiores.

Con respecto a las propias dificultades técnicas, que necesariamente se plantearon, hay que comentar que la inclusión, desde el inicio de la obra, de un sistema de instrumentación de la estructura, mitigaron y acotaron los problemas a que se iba enfrentando durante el proceso constructivo. Los objetivos fundamentales eran salvaguardar las secciones críticas de la estructura de una fisuración prematura que mermara su rigidez, a la vez



que respetar las geometrías de posicionamiento durante las diversas fases, de forma que se alcanzara un resultado final dentro de las tolerancias prefijadas. Clásicamente estos objetivos se pueden conseguir mediante control topográfico; pero en este caso, además, se diseñó un sistema de auscultación que proporcionaba casi en tiempo real el estado de cargas del sistema y los movimientos críticos. A esta información se tenía acceso, por parte de todos los implicados en la obra, vía Internet.

Por otro lado, la propia empresa constructora desarrolló un proyecto de investigación mediante el cual se instaló una cámara con funcionamiento vía satélite, que permitía en todo momento comprobar el estado de avance de los trabajos.

Resulta evidente que el hecho de que una calzada fuera por delante de la otra, permitió que se fuera mejorando el proceso de construcción de la siguiente; y, consecuentemente, se redujera el plazo del segundo viaducto en dos meses respecto al primero, pese a los grandes desfases que provocó el elevado nivel del embalse. Se puede estimar que, desde que se iniciaron las cimentaciones, la construcción del primer viaducto supuso 26 meses de trabajo, no contabilizándose

se el tiempo consumido por la ingeniería previa de proyecto.

Para la conservación y mantenimiento de la obra, los arcos se han dotado de accesibilidad interior. Además, el sistema de instrumentación se ha completado para que siga aportando datos durante la fase de explotación, aunque se ha orientado más al seguimiento del comportamiento térmico de la estructura.

## Arcos de Alconétar

La autovía cruza el río Tajo en zona de influencia del embalse de Alcántara, necesiéndose también construir dos importantes puentes sobre el curso permanente de agua. La solución finalmente adoptada para el proceso constructivo tenía como objetivo alcanzar una importante reducción de plazo, hecho de gran interés para la Administración promotora de la obra.

Las estructuras dispuestas tienen cada una 400,7 m de longitud total entre estribos, siendo el vano central resuelto por sendos arcos con tablero superior de 220 m de luz y 42,5 m de flecha. La separación elegida entre pilas genera 14 vanos de 26 m y dos vanos extremos de 17,6 m.

Los arcos son metálicos y están empotrados en las zapatas de arran-

que. Cada uno está formado por dos piezas con sección rectangular, arriostadas entre sí mediante una cruz de San Andrés. Los cajones tienen un canto que varía entre 3,20 m en el arranque y 2,20 m en la clave.

Las pilas situadas sobre el arco son metálicas y las de los viaductos de acompañamiento de hormigón HA-30.

El tablero es continuo con sección mixta bijnacena. La parte metálica está formada por dos vigas de sección cajón, conectadas a la losa superior de hormigón de 25 cm de espesor. La calidad del hormigón de la losa del tablero corresponde con un HA-35; pero, ante la posibilidad de obtener una mejora en los rendimientos de ejecución, se fabricó con HA-40.

El acero S355 que constituye la parte metálica de los viaductos es de tipo CORTEN, que proporciona una resistencia a la corrosión atmosférica sin auxilio de pintura, aspecto que mejora las condiciones de mantenimiento.

El proceso constructivo se inicia con la construcción de las cimentaciones de las pilas del viaducto de acompañamiento, seguidas de su trepado con medios convencionales. Todas estas cimentaciones son de HA-30, salvo las zapatas de arranque del arco que eran HA-35, y que al igual que la losa del tablero, se construyeron en HA-40.

De forma simultánea, se preparó en cada ladera un parque de empuje. Se dispusieron apoyos para los cajones metálicos cada 14 m y un encofrado deslizante que permitía hormigonar losas en módulos coincidentes con la longitud de los vanos. Con la obra a pleno rendimiento se conseguía un vano a la semana.

También en paralelo, se fabricaba en taller el arco y las pilas metálicas, en modulaciones variables. Para pilas y cajones de arco, se buscó la máxima longitud que permitían los medios de transporte.

En comparación con la cerrada del río Almonte, la del Tajo tiene laderas de mayor pendiente, siendo más acuciantes los problemas de estabilidad de las pizarras. De hecho fue necesi-



Panorámica del parque de empuje.

ladas para completar su excavación, ya que el viaducto de acompañamiento se encontraba ya ejecutado en cabeza.

Por otro lado, la imposibilidad de alcanzar un sustrato completamente sano en la ejecución de las cimentaciones de los viaductos de acompañamiento obligó que se proyectaran como encepados de micropilotes, que realizaban una transmisión de cargas en profundidad, a la vez que realizaban el cosido de los estratos pizarrosos subverticales.

En una primera fase de empuje, el tablero se trasladó desde los estribos hasta la pila situada sobre la zapata de arranque del arco, cubriéndose los aproximadamente 100 m de los viaductos de acompañamiento. Como nariz de empuje se aprovechan los 11,6

m extremos de los cajones metálicos del tablero, con la losa sin hormigonar. Estas narices iban atornilladas para facilitar su posterior desmontaje en fases siguientes. El tramo de losa que se deja sin hormigonar se resuelve mediante módulos prefabricados en obra, que se conectarán a los cajones en el último momento.

A su vez, medio arco subdividido en dos tramos se monta sobre el tablero de cada ladera, soldando los módulos de

Secuencias del basculamiento y descenso del primer cuarto de arco.

rio un importante esfuerzo de consolidación de la excavación de la zapata de arranque del arco en la ladera sur, dándose la paradoja de que, alcanzada la roca sana, se tuvieron que emplear voladuras contro-

los cajones y las cruces de San Andrés. Apoyado en cuatro gatos, el primer cuarto de arco fue deslizado por un sistema de correderas hasta el extremo del tablero cercano al cauce. En este punto la carga se transfería a un pórtico metálico, donde también cuatro gatos verticales procedían al

basculamiento de la pieza hasta su posición vertical. En ese momento se iniciaba su descenso hasta conseguir conectar con el primer módulo del arco, que previamente había sido articulado a la zapata de arranque del arco.

El segundo cuarto de arco fue deslizado de forma semejante hasta engranar con el primer cuarto de arco ya dispuesto en posición vertical. Previamente, al cuarto vertical se le había soldado la pieza que incorporaba la rótula de giro y un módulo de espera del segundo cuarto de arco. Tanto para el giro en el arranque como para el giro de los cuartos de arcos, en lugar de bulones, se han utilizado rótulas esféricas, que han permitido controlar el posicionamiento de las piezas con elevada precisión.

Finalizada esta fase, una grúa de gran tonelaje procede al izado del cuarto de arco que descansaba sobre el tablero, materializando así medio arco en posición vertical. En esta situación se transmite a un vano del tablero cerca de 390 t. No obstante, esta operación debe ser completada con la intervención de unos gatos ver-



Fases de abatimiento.

tales dispuestos en los extremos del tablero. Alineados los dos cuartos de arco, se procede a inutilizar la rótula de giro, que queda perdida en la sección, eliminando también todas las piezas auxiliares y orejetas soldadas para el desarrollo de las maniobras anteriores.

En la ladera opuesta se construye el otro medio arco de forma semejante y simultánea.

Llegados a este punto, desde las dos laderas se procede al abatimiento de los medios arcos, utilizando en esta operación cables de retenida anclados a los estribos. Para iniciar la maniobra y sacar de tierra el centro de gravedad de la pieza, es necesario el concurso de un gato telescópico horizontal. Es reseñable que el apoyo de los arranques del arco permite deslizamientos longitudinales controlados mediante dos gatos horizontales. También es posible proporcionar pequeños giros con la actuación diferencial de los gatos. La presentación de las secciones extremas se facilita mediante dos piezas machihembradas de guía y una pieza de contacto final constituida por una rótula esférica. Con estas condiciones, se consigue el cierre de los arcos con diferencias respecto a la posición teórica que no su-



peran los pocos milímetros.

El viaducto se completa con empujes parciales del tablero vano a vano, desde cada ladera, hasta cubrir el arco. Simultáneamente se van colocando sobre el arco las pilas mediante grúas que trabajan desde los tableros. Presentadas las narices de empuje se colocan las piezas prefabricadas que completan la losa del tablero.

Dado que hasta este momento lo que realmente se tiene es un arco triarticulado, para alcanzar la tipología estructural definitiva es necesario proceder al empotramiento de las secciones de giro.

Las principales dificultades a que se enfrentaron los trabajos, a juicio de la Dirección de Obra, se pueden resumir en dos:

- Las dificultades propias del trabajo con grandes piezas de acero para su control geométrico, teniendo en cuenta el gran efecto de la temperatura y las insolaciones diferenciales. Aunque la tecnología actual permite trabajar con tolerancias milimétricas en los talleres, éstas se convierten en centimétricas a la llegada a las obras. La resolución de estos problemas es eminentemente constructiva.



Grúa procediendo al izado del segundo cuarto de arco.

- Las incertidumbres que plantean procedimientos de construcción con pocos o ningún antecedente, que permiten comprobar hasta qué punto la teoría predice el comportamiento real de estructuras de dimensiones singulares. El consecuente cambio de escala convierte estas obras en verdaderos prototipos.

Pero la mayor incidencia vivida durante la obra consiste en la entrada en resonancia del arco exento con el viento, una vez que se consiguió su cierre. Las condiciones morfológicas de la cerrada permiten el encajonamiento de vientos orientados este-oeste, que azotan la estructura casi transversalmente. Velocidades del viento relativamente reducidas del entorno de 24 km/h, excitan el segundo modo de vibración del arco, con el resultado de desplazamientos métricos. El origen del fenómeno se localiza en el desprendimiento de torbellinos en los vértices de la sección rectangular, que, acoplados longitudinalmente, inducen una vibración en el arco que coincide en frecuencia con la propia de la estructura. El modo excitado se trata de un modo antimétrico que castiga especialmente los riñones del arco, poniendo en compromiso su estabilidad. A velocidades mayores del viento, el efecto desaparece.

Lo aparatoso del problema contrasta con la simplicidad de la solución, que consiste en romper el acoplamiento de frecuencias mediante la modificación aerodinámica de los cajones que constituyen la sección del arco. Para ello se contrastó la solución propuesta en el túnel de viento del Laboratorio de Aerodinámica de la

Universidad Politécnica de Madrid, que consistía materialmente en la disposición de alerones que modificaban el paso del viento por la sección.

Este efecto es la primera vez que se documenta a nivel mundial con esta tipología estructural. De hecho, la normativa de cálculo vigente en España, e incluso la europea, no contemplan nada al respecto. Controlada la incidencia, se procedió a la revisión de todas las uniones soldadas de la estructura, a la toma de testigos y a la obtención de réplicas metalográficas en distintas secciones. Estos trabajos pusieron de manifiesto la existencia de algunas fisuras localizadas, que fueron reparadas.

Al igual que en el caso anterior, los arcos se han dotado de accesibilidad interior y exterior, incluyéndose escaleras hasta las cabezas de las pilas del arco. Se ha conectado a tierra la estructura metálica, para completar el sistema de defensa frente a la corrosión.

En esta obra también se ha dispuesto de un sistema de instrumentación durante la construcción, aunque los requerimientos en principio eran

menores, puesto que el manejo de las grandes cargas se realizaba mediante sistemas hidráulicos que informaban constantemente de sus valores. No obstante, ante la incidencia acaecida, se dispusieron acelerómetros que permitieron contrastar la eficacia de la solución aerodinámica. Igualmente, el sistema de instrumentación de obra se ha completado para que siga aportando datos durante la fase de explotación; aunque en este caso, y a la vista de los antecedentes, se ha planteado una orientación hacia el seguimiento del comportamiento dinámico.

Finalmente hay que indicar que, pese a las intenciones iniciales de conseguir una importante reducción de los plazos, se puede estimar que, desde que se iniciaron los movimientos de tierra en cimentaciones, la construcción de los dos viaductos supuso 33 meses de trabajo, que, no obstante, también incluyen los plazos consumidos durante los trabajos de in-



Modelo a escala de la sección del arco.



Deflectores colocados en las aristas de los cajones.



Fases finales de la construcción.

geniería de proyecto, por lo que objetivamente tampoco se está muy lejos del planteamiento inicial.

## Conclusiones y agradecimientos

Un aspecto común a las dos obras es la necesidad de realizar ajustes constructivos sobre la marcha sobre el proceso inicialmente diseñado; de hecho, esto es consustancial con la construcción de obras de cierta escala. La causas que generan estas necesidades suelen ser múltiples: interferencias entre distintos elementos constructivos, diferente rigidez de los medios auxiliares respecto a la teórica, imposibilidad de introducir pequeñas cargas en tirantes, diferencias en los coeficientes de rozamiento realmente obtenidos, cargas suplementarias producidas por los medios auxiliares, fallos técnicos y humanos, etc. Por otra parte, en operaciones que se repiten siempre se aprende, y surge la ocasión de introducir mejoras.

Este tipo de incidencias resultan habituales y hasta conocidas; pero son las incidencias extraordinarias las que nos recuerdan que, cuando tratamos con estructuras de cierta dimensión, es la naturaleza quien verdaderamente proyecta y decide lo que finalmente debe perdurar.

De ello se deduce que la gestión que debe seguir el desarrollo de un estructura de escala fuera de lo habitual parte de un matrimonio bien avenido entre el proyecto y la construcción, teniendo muy presente los medios que finalmente se van a disponer en obra. Además resulta patente:

- La necesidad de revisión por segundas personas de todos los cálculos estructurales, incluidos los de todos los medios auxiliares que finalmente se empleen. Todos somos humanos y la aportación de otros especialistas nunca es despreciable.
- La fluidez de comunicación entre los proyectistas, supervisores, equipo de obra, subcontratistas principales y administración, para resolver de forma inmediata cualquier incidencia o necesidad de ajuste del proceso.

## Ficha Técnica

|                                                     |  | <b>Autovía de la Plata A-66</b>                                                                                                |                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     |  | <b>Cañaveral-Hinojal</b>                                                                                                       | <b>Hinojal-Cáceres</b>                                                                                                                          |
| <b>Tramo:</b>                                       |  | Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura                                                                            | Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura                                                                                             |
| <b>Titular:</b>                                     |  |                                                                                                                                |                                                                                                                                                 |
| <b>Dirección de las obras:</b>                      |  | D. Fernando Pedraza Majarrez, ICCP.<br>D. José P. Morán Martín, ITOP.                                                          | D. Fernando Pedraza Majarrez, ICCP<br>D. Javier Fernández de la Llave, ITOP                                                                     |
| <b>Proyecto de estructuras:</b>                     |  | EIPSA<br>D. José A. Llombart, ICCP                                                                                             | SIEGRIST Y MORENO, S.L.<br>D. Carlos y D. Guillermo Siegrist                                                                                    |
| <b>Empresa constructora:</b>                        |  | OHL, S.A.                                                                                                                      | ACCIONA, S.A.                                                                                                                                   |
| <b>Gerencia constructora:</b>                       |  | D. José Manuel Sanjurjo, ICCP.                                                                                                 | D. Antonio de la Serna, ICCP<br>D. Juan Mayordomo Pérez, ICCP                                                                                   |
| <b>Oficina técnica de la constructora:</b>          |  | D. Manuel Alpañés Ramos, ICCP<br>D. Juan Carlos Lancha, ICCP                                                                   | D. Ricardo Llago Acero, ICCP<br>D. Javier Ayala Luna, ICCP                                                                                      |
| <b>Jefatura de obras:</b>                           |  | D. José M. Pato Díaz, ICCP                                                                                                     | D. José L. Aldecoa Prellezo, ICCP<br>D. Alberto García Villaverde, ICCP<br>D. Óscar Fernández Torres, ICCP<br>Dña. Natividad García Mayor, ICCP |
| <b>Asistencia, control y vigilancia de puentes:</b> |  | IBERINSA, S.A./IDEAM<br>D. Luis Matute Rubio, ICCP<br>Dña. Patricia García Rodríguez, ICCP<br>D. Enrique Carrera Carrero, ICCP | GEOCISA, S.A./IDEAM<br>D. Luis Matute Rubio, ICCP<br>Dña. Patricia García Rodríguez, ICCP<br>D. Tomás Salve Sánchez, ICCP                       |
| <b>Instrumentación de estructuras:</b>              |  | Kinesia<br>D. Vicente Puchol de Celis, ICCP                                                                                    | Kinesia<br>D. Vicente Puchol de Celis, ICCP                                                                                                     |

- El establecimiento de sistemas de instrumentación que aporten información del comportamiento de las estructuras, que permitan calibrar los modelos de cálculo y la anticipación ante cualquier incidencia. En los tiempos actuales esto debería ser un requisito obligado para la construcción de estructuras de envergadura y venir incluido en sus proyectos expresamente.

- Tener suerte, que nunca está de más.

Al igual que en otras actividades de la vida, las obras singulares de ingeniería constituyen grandes empresas humanas, casi aventuras, en las que alcanzar satisfactoriamente el objetivo fijado requiere de la participación de un equipo de gran calidad técnica y humana, con una ilusión y dedicación que en ocasiones supera las relaciones contractuales. Tal es el caso de las personas que se recogen en la ficha adjunta.

No obstante, para el caso de los Arcos de Alconétar, sin posibilidad de incluir a todo el personal que ha contribuido con su esfuerzo, se debe señalar el estudio de las cimentaciones de D. Francisco López Puerta, el magnífico y valiente trabajo del personal de la empresa especialista en movimiento de grandes cargas ALE-LAS-TRA, y, en concreto, de D. José M<sup>a</sup> Martínez; la fundamental participación de D. Miguel Ángel Astiz como diseñador de la solución aerodinámica de los arcos, el trabajo de los talleres de HORTA-Coslada y TECADE, el control de la estructura metálica de la empresa SCI, la notable participación de la empresa Grúas y Transportes Sierra, y, por último, el esfuerzo que rayó el límite humano de D. Miguel Moreno, Jefe de Producción de los arcos, cuya ilusión, dedicación y buen hacer fueron fundamentales para todos en los duros momentos vividos. ■