



Jornada técnica sobre

## Cimentaciones singulares de puentes

Mesa que presidió el acto de inauguración. De izquierda a derecha: D. Carlos Oteo, D. Álvaro Navareño, D. José A. Gómez, D. José A. Carrascosa y D. Francisco Caffarena.

*Carlos Oteo Mazo, Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC, y Álvaro Navareño Rojo, Presidente del Comité de Puentes de la ATC.*

**E**l 23 de marzo de 2010, y en el salón de actos de la Confederación de Empresarios de Andalucía (Sevilla), tuvo lugar esta jornada, promovida por el Ministerio de Fomento, la Junta de Andalucía, la Asociación de Ingenieros Consultores de Andalucía y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, con el patrocinio de las empresas Aepo, Ayesa, Cemosa, Euroestudios, Inserco, Vorsevi, TT&U y VS Ingeniería y Urbanismo.

La jornada estuvo organizada por los Comités Técnicos de Geotecnia Vial y Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras.

El acto de inauguración fue presi-

dido por **D. José A. Gómez**, de Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA); acompañado por **D. José A. Carrascosa**, Decano del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Andalucía; **D. Francisco Caffarena**, Director de la Asociación Técnica de Carreteras; y los Coordinadores de la jornada y Presidentes de los Comités de Geotecnia Vial y de Puentes de la ATC, **D. Carlos Oteo** y **D. Álvaro Navareño**, respectivamente.

### Jornada de mañana

El turno de intervenciones de esta interesante jornada comenzó con la conferencia de **D. Carlos Oteo Mazo**, Catedrático de Ingeniería del Terreno de la Univ. Da Coruña y Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC, y versó sobre **“Los pro-**

**blemas geotécnicos singulares en cimentaciones de puentes”**, los cuales pueden aparecer tanto en la cimentación (bien sea en la parte estructural del puente o en el propio cimiento) como en el terreno en sí, profundizando en el reconocimiento de este último. Por un lado, en la geología superficial, y, finalmente, en la geotecnia de profundidad, donde se especificaron los distintos tipos de ensayos más comunes, así como en la testificación especial. En esta ponencia se prestó atención a varios temas, como el de estribos de puente sobre suelos blandos, cimentaciones profundas en rocas alteradas (aportando criterios para definir la resistencia de punta y de fuste, en función del grado de alteración del macizo rocoso, problema muy presente en las cimentaciones de la mitad Norte de España) y en diferentes

aspectos constructivos, presentándose más recomendaciones para elegir el tipo de cimentación profunda (pilote hincado, entubado, con lodos, etc.) y para determinar las resistencias últimas de pilotes según la consistencia del material afectado.

La segunda ponencia **“Reconocimientos especiales del estado de las cimentaciones en puentes”** estuvo a cargo de **D. Álvaro Navareño**, de la *D.G. Carreteras del Ministerio de Fomento*, en la que detalló la problemática de los reconocimientos especiales, tanto del terreno –que trató someramente–, como de la estructura de cimiento –con más profusión–, mediante las inspecciones visuales de distinta intensidad, desde las de nivel básico, que realizan el personal encargado de la conservación integral, pasando por las principales, a cargo de empresas especializadas en este tipo de inspecciones, con especial énfasis en las zonas de interacción con los cauces y en las que es preciso rellenar una ficha de inspección específica de esta zona para determinar la vulnerabilidad cauce-puente. La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento realiza también inspecciones especiales (con la caracterización completa del cimiento, si es preciso) e inspecciones subacuáticas, realizadas con equipos de buzos, para la determinación del estado del cimiento y del sustrato de fondo y detectar problemas como el de la socavación. Por otra parte, presentó como colofón a la ponencia una serie de daños producidos en las zonas de cimentación, tales como hundimientos de terraplenes en trasdoses de estribos, colapsos de estructuras sobre cauces y desprendimientos de escamas de muros de tierras reforzada. Como conclusiones fundamentales, destacó que hoy en día importa la “calidad de la infraestructura” y la consecución de un “adecuado nivel de servicio al usuario de la vía”, que ha de garantizar la conservación; y que los reconocimientos de las cimentaciones comprenden tanto el del terreno, a través de ensayos, como el



Vista panorámica de la mesa que presidió la inauguración de la jornada.

de la estructura a través de reconocimientos visuales por personal especializado y equipado.

A continuación, se presentó la ponencia **“Nuevo puente sobre la ría del Odiel en Punta Umbria. Condiciones especiales en el proyecto de la cimentación”**, de **D. José Luis Sánchez Jiménez** y **D. Pedro Ramírez Rodríguez**, de *TYPESA*, quienes, entre otras cosas, subrayaron el ámbito de máxima protección medioambiental de la ubicación del puente: estructura singular con grandes luces y cargas de gran magnitud concentradas en apoyos puntuales. Así mismo destacaron la alta deformabilidad y baja resistencia al corte de los suelos de la marisma y niveles cuaternarios más superficiales, así como la ausencia de una capa de terreno de alta resistencia y baja deformabilidad a escasa profundidad. Además, se comprobó la necesidad de limitar asientos totales y diferenciales, en especial los diferidos. Todo ello teniendo en cuenta la agresividad del medio ( $\text{pH} < 6$ ) y un cierto riesgo de lixiviación potencial de niveles arenosos (o limosos) en los primeros 10-15 m para hipótesis sísmica  $\text{ac} > 0,21 \text{ g}$ .

Los ponentes también explicaron cada uno de los cinco subtramos agrupados por la presentación de problemáticas similares de la obra y destacaron los adecuados sistemas

de ensayo in situ –piezocono y presiómetros– que, unidos a nuevos sistemas de control de obra, permiten ajustar los parámetros de resistencia en los pilotes (excavados-hincados). También subrayaron la utilización adecuada de los distintos tipos de pilotes a las condiciones del terreno, magnitud, acciones y esfuerzos.

Más adelante, se procedió a la presentación de las comunicaciones libres que comenzó con la exposición de **“El viaducto sobre el río Ulla. Cimentaciones”**, presentada por **D. Antonio Carreras Gatell**, de *Euroestudios*. El ponente llegó a una serie de conclusiones que subrayaron el esfuerzo realizado para la conservación del medio ambiente, destacando que se trata de un viaducto que es récord del mundo con vanos de 240 m, altura máxima de pilas de 30 m y un presupuesto de 136 millones de euros. También subrayó la total entrega y dedicación del equipo proyectista, la buena coordinación y funcionamiento de todo el equipo y la excelencia del proyecto. Para ello, comenzó presentando las características del viaducto y la descripción geotécnica del terreno donde se asienta, presentando los diferentes tipos de cimentaciones (superficiales y profundas), así como el proceso constructivo.

**“Ejecución de las cimentaciones del nuevo puente sobre la Bahía de**



**Cádiz**” de **D. Marcos Martín**, del *Ministerio de Fomento*; **D. Julio Cayetano**, de la *UTE Puente Bahía*; **D. Víctor M. Jiménez**, de la *UTE Puente de Cádiz*; y **D. Germán Burbano** y **D. Manuel Pita**, ambos de *Dragados*, informó que, debido a la escasa capacidad de los terrenos existentes superficialmente, todas las cimentaciones de este puente se proyectaron con cimentación profunda mediante pilotes de gran diámetro, unidos en cabeza con el correspondiente encepado y empotrados en el sustrato ploceno. El sostenimiento durante la ejecución de los pilotes se realizó con lodos poliméricos y la perforación mediante bucket o máquinas rotativas con barrena helicoidal. Los pilotes disponen de camisas metálicas perdidas, y, para la ejecución de los encepados de las pilas situadas en tierra, se recurrió a la contención de las tierras mediante tablestacas hincadas; para las pilas 3 a 12 (en el mar) se realizaron recintos estancos metálicos.

**“Puente de Santa Lucía (Isla de Madeira) con Jet Grouting”** fue la comunicación presentada por **D. Joao Falcao** y **D. Héctor Martín**, de *Tecnasol*. La presentación describió la solución dada para realizar la cimentación mediante columnas de jet



D. Carlos Oteo, D. Álvaro Navareño y D. Germán Burbano.

potencia variable de entre 12 y 24 m. Las formaciones se sitúan sobre sustrato rocoso de naturaleza basáltica y presentan una superficie matriz areno-limosa. Además contienen bolos de roca basáltica de grandes dimensiones.

El refuerzo de las cimentaciones de cada una de las pilas centrales consistió en la ejecución de 37 columnas de jet grouting tipo I, de 500 mm de diámetro, con una longitud media de 9 m. Cada columna absorbe una carga axial de servicio de 400 kN, correspondiente a una tensión

el comportamiento prácticamente elástico de las columnas en condiciones de servicio, así como la movilización predominante del rozamiento lateral.

Para los ponentes quedó demostrada la versatilidad, fiabilidad, durabilidad y ahorro de costes del *jet grouting*.

**D. Manuel Reguera Delgado** y **D. Antonio Peñalver**, de *Tecnasol*, presentaron **“Refuerzo de la cimentación en el Puente sifón de Santa Eulalia, Huelva”**, ubicado en una zona gravemente contaminada por las pirritas que, al contacto con el agua y el aire, forman ácidos muy agresivos para el hormigón, lo que provocó un deterioro muy grande de la cimentación del citado puente, construido entre los años 1967 y 1968, y que ya había tenido tres intervenciones importantes de reparación.

La ejecución de los trabajos ha consistido en la ejecución de nuevos micropilotes y encepados de las pilas y en la reparación de las restantes. Cada pila se compone de 24 micropilotes o “pilotes Gewi”, de 21 m de profundidad.

Dadas las características del terreno, se precisaron 21 m de profundidad para desarrollar la capacidad de soporte con un coeficiente de seguridad adecuado.

Los micropilotes están inyectados con una lechada de cemento con una



Los asistentes siguieron con mucha atención las presentaciones.

grouting de cuatro pilas del citado puente, que se encuentra cimentado sobre formaciones aluviales, con una

tangencial media movilizada en condiciones de servicio de 40 kPa.

Los ensayos de carga confirmaron

relación de agua/cemento de 1/2,5, substituyéndose la citada lechada en los 2,5 m superiores por un mortero de gran resistencia al ataque de sulfatos. La otra protección aplicada ha sido la del recubrimiento mediante pvc termotractil.

Tras exponer las distintas fases de ejecución, se subrayó que, previamente y a petición de la dirección facultativa, se realizó una prueba de carga en uno de los micropilotes, utilizando dos adyacentes de reacción, que sirvió para confirmar la idoneidad de las bases de cálculo adoptadas.

**“Cimentación del viaducto sobre el río Guadalete”** fue el tema propuesto por **D. Francisco J. Encinas, D. Julio C. Valdivieso Roldán y D. Jesús Santamaría Arias**, de *Corsan Corviam Construcción, S.A.*, en la que describieron el proyecto adjudicado y construido que consistía en un aumento de capacidad, puesto que se duplicaba la vía, y en la modernización de la línea existente del ferrocarril Sevilla - Cádiz, en concreto, de un viaducto singular de más de 3 km de longitud que tenía dos condicionantes importantes: su gran longitud y las condiciones de cimentación sobre un estrato blando de más de 25 m de espesor, especialmente inadecuado para resistir los esfuerzos horizontales provenientes de la fuerza de arranque y frenado de las composiciones ferroviarias.

Entre otras cosas, se presentaron algunas de las incidencias y medidas adoptadas para su resolución, destacándose que los materiales atravesados por pilotes *in situ* eran de una extraordinaria plasticidad: las arcillas grisáceas fangosas y arcillas grises que se localizaban sobre el techo de las gravas.

La solución adoptada consistió en descomprimir el terreno situado al nivel de la cota inferior de la camisa mediante la hélice de perforación, pero sin extraer el material, en avances sucesivos de metro en metro y alternando la descompresión con la rehinca de la camisa, proceso que resultaba muy laborioso y lento por la



D. José Luis Sánchez, D. Pedro Ramírez y D. Álvaro Navareño.

cantidad de tiempo que se invierte en la bajada y extracción del útil de perforación, así como en la colocación del vibrador que hinca la camisa.

Las margas en las que quedaban empotrados los pilotes contenían abundante mineralización yesífera e intercalaciones de demargocalizas muy duras, que provocó numerosas incidencias en la perforación final debido a la necesidad de utilizar herramientas de widia en tramos de 20 m, a 66 m de profundidad.

**“Monitorización de una prueba de carga sobre un pilote de gran diámetro con cuerdas ópticas”**, de **D. Fernando Sánchez Domínguez y D. Ignacio Poy López**, describió los trabajos realizados para esa monitorización en la cimentación de un puente singular en Sudamérica, mostrando la utilización de cuerdas ópticas para las medidas de las tensiones y deformaciones en las armaduras, así como el empleo de un radar interferométrico para medir los asentamientos absolutos en la cabeza del pilote.

Para los autores, las cuerdas ópticas permitieron el seguimiento de la movilización de la resistencia por fuste en profundidad en varios ciclos de carga. Además, al estar instaladas con anterioridad al hormigonado del pilote, permitieron medir el efecto de la retracción plástica en las primeras

24 horas tras el hormigonado. Las cuerdas también podrían utilizarse durante la explotación del puente al ser un sensor que no pierde el cero inicial en deformación desde el origen. Finalmente, en cuanto a la medida de los asentamientos en el pilote de prueba de carga, el radar se mostró como un equipo fiable para medidas absolutas en grandes distancias.

La comunicación **“Aplicación del pilote prefabricado a las cimentaciones de puentes”**, de **D. Rafael Gil Lablanca**, de *Rodío Kronsa*, se desarrolló por medio de la descripción de las ventajas técnicas, las fórmulas de hinca y de su analizador, finalizando con algunos ejemplos de diseño y ejecución de cimentaciones de puentes. El ponente destacó que se trata de una solución en auge en las cimentaciones y sus variaciones en relación al proyecto, aunque su utilización sigue siendo minoritaria. Sin embargo es competitiva, ya que supone un uso eficaz de los materiales, se adapta al perfil resistente del terreno, dispone de un amplio rango de terrenos adecuados, permite un control de ejecución rápido y fiable, así como un gran respeto medioambiental. Más adelante, y tras exponer sus características y ventajas, subrayó que es muy útil en las vegas de los ríos con estrato resistente a gran profundidad. Además facilita la

posibilidad de inclinar los pilotes ante esfuerzos horizontales significativos, la realización de preforros con maquinaria de pilotes o micropilotes en presencia de obstáculos, deteniéndose en el tema del azuche "Oslo" en rocas con buzamiento. También presentó algunas fórmulas de hincas de pilotes, el analizador electrónico y el análisis *Capwap*: ajuste de los parámetros de un modelo matemático pilote-suelo por comparación con los valores registrados por los sensores.

**"Un pilote ideal",** de **D. Juan José Muñoz Armagnac**, de *Terra-Bauer*, hizo hincapié en el estado actual del mercado de las cimentaciones especiales en España, al que calificó de hipermaduro, con más oferta que demanda, y subrayando una carencia de profesionalidad de los organismos de control que permiten la presencia en el mercado de empresas de muy baja cualificación técnica, muchas de ellas procedentes del exterior. También destacó que muchas contrataciones se realizan por "precio" y el "exceso" que existe en la defensa del presupuesto de adjudicación por encima de otras necesidades, al tiempo que reclamó una mayor rapidez en el pago por parte de las Administraciones, más aún cuando se ha producido un aumento de los costes fijos de las empresas tanto por la exigencia de la calidad como de la seguridad, aumento que no se ha trasladado a los precios unitarios. En definitiva, y entre otras cosas, reclamó un mayor apoyo económico y moral por parte de las Administraciones públicas para las asociaciones técnicas formadas por especialistas, que son las únicas posibles para encargarse del I+D+i que, cada día, se hace más necesaria.

**"La cimentación mediante pilotaje prefabricado del viaducto sobre el Arroyo de Espartales, Autovía SE-40 Setor Este, tramo Rinconada-Alcalá de Guadaira (Sevilla)"** fue presentada por **D. Eduardo Manzano**, de *Terratest Cimentaciones*, S.L. En ella, tras exponer su



En las fotos superiores, D. Francisco Vallés (izquierda) y D. Eduardo Manzano (derecha).

En la foto inferior, D. Juan José Muñoz Armagnac.

ubicación y características, informó que se llegó a la propuesta de cimentación de estas estructuras mediante un total de 256 pilotes Terra T-400: la mitad de ellos en el intradós, inclinados  $10^\circ$  y  $15^\circ$  para absorber las acciones horizontales. Su distribución, la cual expuso, llevó a los pilotes a una carga máxima de compresión en la hipótesis pésima de 190 t (pilotes frontales, con un mínimo de 100 t), resultando en todo caso también comprimidos los pilotes del trasdós, con al menos 30 t, y no más de 110 t, dejando mucho margen hasta su tope estructural de 221 t, sobre todo en los pilotes traseros más expuestos a la carga de rozamiento negativo que podía generar la posterior construcción del terraplén. Para el ponente, esta obra es un buen

ejemplo de la idoneidad técnica y económica de una cimentación de estribos de puentes mediante pilotes prefabricados hincados, lo cual, entre otras cosas, ha favorecido el control individual de cada pilote durante la hincas, la realización de pruebas dinámicas de carga no destructivas, una limpieza de obra y un respeto medioambiental, así como una autonomía y elevados rendimientos de los equipos. Así mismo, la alta calidad del material permite aprovechar la resistencia a compresión del hormigón: tope estructural elevado (135 kg/cm<sup>2</sup> para un hormigón HA-45), etc.

A continuación se presentó la **"Cimentación del viaducto del Cigüela mediante pilotes empotrados en yesos karstificados"**, de **D. Raúl Correias**, de *ADIF*; **D. Fernando**



Román, de la U.P. de Madrid; D. Miguel Cuesta, ATSG; y D. Jordi Vinyals, de Intecsa Inarsa. El Viaducto del Cigüela se encuentra en la Línea de Alta Velocidad de Levante, Madrid–Castilla La Mancha–Comunidad Valenciana–Región de Murcia. Tras explicar sus características técnicas, se describió el terreno de cimentación compuesto de materiales cuaternarios. Espesor máximo de 30 m, con un valor medio de 14 m. SPT entre 2 y 28 con valores medios de 8; yeso masivo con intercalaciones de arcilla margosa y yesos con niveles de caliza asociadas, RCS y RQD variables e intercalaciones de cavidades vacías o rellenas de fango y arcillas, gravas, arcillas margosas y margas limolíticas. Dados los condicionantes del terreno, se adoptaron soluciones como la ampliación del diámetro de los pilotes de 1,25 m a 1,50, se varió el número de pilotes encepados, la resistencia por punta se amplió de 0 a 2,50 MPa y la resistencia por fuste variable en función de la zona y seguimiento de la perforación.

Se hizo un seguimiento a pie de obra de la perforación de cada pilote, con la ejecución de perfiles geológicos para cada encepado, y se realizó un relleno de cavidades con mortero durante la perforación, detectándolas mediante el descenso de lodos, realizándose ensayos de integridad en cada uno de los pilotes y perforaciones en punta de pilotes, a destroza y con recuperación de testigo, y posterior tratamiento mediante diferentes sistemas de inyección.

Los ponentes quisieron subrayar que, en la etapa de proyecto, se estableció un diseño de la cimentación que venía inexorablemente acompañada de una detallada descripción de lo que había que hacer en la fase de obra. En segundo lugar, ya en la fase de obra, se mantuvieron los criterios del proyecto, ajustando el procedimiento de ejecución de la cimentación a la luz de los reconocimientos complementarios y que los resultados de la aplicación de los pro-



D. Fernando Román en su intervención sobre la tipología de cimentación de viaductos en sustrato yesífero kárstico.

cedimientos a las perforaciones en ejecución motivaron una continua puesta a punto de los mismos y exigió un permanente control y presente llevaron a cabo los tratamientos requeridos para garantizar la resistencia por el fuste y la punta en los casos necesarios.

**“Reflexiones sobre la tipología de cimentación de viaductos en sustrato yesífero kárstico”, de D. Fernando Román, de la U.P. de Madrid e Intecsa-Inarsa en la fecha de terminación del proyecto,** informó que en la línea de alta velocidad del Nuevo Acceso Ferroviario a Levante, el tramo Campos del Paraíso a Horcajada de la Torre (provincia de Cuenca) transcurre en una parte de su recorrido por materiales miocenos (inferior y medio), constituidos por yesos que presentaban fenómenos de disolución en forma de juntas verticales abiertas o de oquedades subhorizontales.

El trazado atraviesa una serie de valles en los que el sustrato yesífero está recubierto por depósitos cuaternarios aluviales de baja capacidad portante y con potencias de entre 6 y más de 10 m. Concretamente, se produce en cuatro de los cauces atravesados: río de la Vega, río Valparaíso, arroyo de la Moraleja y río Cigüela.

En el proyecto de la cimentación de estos cuatro viaductos, la presencia del yeso y su “karstificación” las cargas de cimentación debían transmitirse a dicho yeso. En esta comunicación se describieron las reflexiones conceptuales que se manejaron en el proyecto de estas cimentaciones.

En la presentación de la **“Influencia de la cimentación en el estudio de la vulnerabilidad de un puente frente a la acción del cauce”, de G. Arias Hofman, de Ines Ingenieros; y D. F. J. Vallés Morán, de la Universidad Politécnica de Valencia,** se afirmó que, considerando la interacción cauce-puente en situación de avenidas, la U.P. de Valencia ha desarrollado en los últimos años, con la colaboración de Ines Ingenieros, una metodología, que no requiere la realización de simulaciones hidrológico-hidráulicas ni estructurales que permite cuantificar la situación de cada uno de los puentes, de forma que se pueden priorizar las actuaciones en función del riesgo, entre los que puede encontrarse la cimentación de un puente.

Para los ponentes, la aplicación de esta metodología, en una campaña general de inspección de puentes, permite estimar un valor numérico que expresa la vulnerabilidad del

puente frente a la acción global del cauce de una manera realista. También aclararon que el tipo de cimentación tiene una repercusión muy directa e importante en el resultado final que permite comparar unos puentes con otros, y, por tanto, priorizar las actuaciones. También subrayaron que la cimentación superficial de cualquiera de las unidades empeora de forma notable la condición del puente. Sin embargo, una ventaja clara es que, al poder identificar inmediatamente los puntos débiles de cada caso, si uno de ellos fuera bajo por falta de definición del tipo de cimentación, la solución al mismo paso es, en primera instancia, mejorar el estudio del tipo de cimentación, en lugar de abordar otro tipo de actuación más costoso.

### Jornada de tarde

Ya por la tarde, la sesión comenzó con la presentación de la ponencia **“Piloteaje de los puentes de la Expo’08 de Zaragoza”**, de **D. Germán Burbano** y **D. Francisco Juárez**, de la empresa *Dragados*, que informó sobre los pilotajes de dos puentes singulares ejecutados para la Exposición universal: el del Milenio y el Pabellón-Puente. El primero se cimentó simétricamente por medio de estribo pilotado, y se construyó mediante pilas provisionales pilotadas y pilas definitivas, también pilotadas. Todos los pilotes se empotraron en sustrato sano con una longitud máxima ejecutable de 50 m. La cimentación del segundo se resolvió básicamente por medio de pilotes que se ejecutaron con una máquina perforadora rotativa de gran potencia, dotada de un “kelly” especial. Se realizó mediante encamisado de 13 m con vibrado y empleo de lodos bentoníticos. Además, en este puente se realizó, por primera vez en España, una prueba de carga comercializada y controlada por Loadtest inc. mediante la célula de Osterberg y entre cuyas ventajas se destaca que no necesita elementos de reacción ni grandes volúmenes



De izquierda a derecha, D- Germán Burbano, Dña. Belén Monercillo, que moderó la sesión de tarde, y D. Antonio Molina.

para generar cargas, y que distintas pruebas permiten rediseñar la cimentación.

Para finalizar, se presentó la última de las ponencias **“Puente de Andalucía. Córdoba. Problemática en la ejecución de la cimentación”**, de **D. Antonio Molina Ortiz**, de Aysa. El Sr. Molina desarrolló la ejecución del denominado “Puente de Andalucía” de Córdoba, que constituye la estructura de cruce fluvial de la Ronda Oeste de la ciudad (carretera A-3050) sobre el Río Guadalquivir, con una longitud total de 444 m desarrollada en ocho vanos: un vano de aproximación de 39 m en la margen derecha, un vano de 33 m seguido de cuatro vanos de 42 m en la margen izquierda, y dos vanos centrales de 114 y 90 m, respectivamente, que corresponden al cauce principal del río, cuyas grandes luces se alcanzan mediante un atirantado central del tablero con la necesaria contribución al conjunto de una gran torre cimentada en el lecho del río entre ambos vanos principales.

Más adelante, comentó la problemática de la ejecución de la cimentación, y desarrolló la secuencia de construcción del tablero, con una primera fase de ejecución del cajón central, y, una segunda, que se rea-

lizó *in situ*, vano a vano. En los tramos de acceso fuera del cauce del río (llanura de inundación), se ejecutó el tablero con la ayuda de cimbra apoyada en el suelo.

El tramo correspondiente al cauce del río se ejecutó igualmente sobre cimbra, pero de dos formas distintas: el tramo situado junto a la torre de atirantamiento se realizó como el de los accesos; y, en los tramos atirantados, se optó por la construcción del tablero con la ayuda de vigas metálicas apoyadas en cinco pilas provisionales, cimentadas mediante pilotes en el cauce, para crear vanos temporales de 27 m.

Una vez realizado el núcleo central, la sección se completó con los vuelos laterales realizados con la ayuda de un carro especial para la sujeción de los moldes, que permitió desplazar los encofrados apoyándose sobre el núcleo construido. Concluida la ejecución de la sección transversal de los tramos atirantados, se colocaron los tirantes y se pusieron en carga de forma simétrica hasta conseguir las cargas teóricas. Posteriormente, se retiraron los apoyos provisionales y se demolieron las estructuras auxiliares.

Finalmente y con esta presentación, se dio por concluida esta jornada. ■