

## Viaducto de Archidona



**Francisco Millanes Mato**

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Catedrático de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente de Ideam



**Enrique Bordó Bujalance**

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos.

Director del departamento de Estructuras



**Jesús Martín Suárez**

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos.

Director del departamento de Asistencias Técnicas a Obras



**Juan Luis Mansilla Domínguez**

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos.

Jefe de Proyectos

**Resumen**

El Viaducto de Archidona, perteneciente a la Línea de Alta Velocidad Antequera-Granada, constituye un ejemplo reciente del alto grado de desarrollo alcanzado en España en infraestructuras ferroviarias de Alta Velocidad. Limitado por unos condicionantes de diseño estrictos, entre los que destacan su emplazamiento en una zona de actividad sísmica de entidad y la necesidad de evitar la colocación de aparatos de dilatación de vía en el tablero, ha permitido resolver con un uso eficaz de las soluciones mixtas un problema de diseño poco habitual. La solución construida consta de un dintel mixto continuo de 3.150 m de longitud con juntas únicamente en los estribos, colocando la obra entre las realizaciones más destacadas de las Líneas de Alta Velocidad españolas y europeas.

**Palabras clave**

Puentes mixtos, Línea de Alta Velocidad, protección medioambiental, sismo, junta de dilatación, control ejecución estructura metálica

**Abstract**

*The Archidona Viaduct, set on the Antequera-Granada High-Speed Train Line, serves as a recent example of the high level of development reached in Spain in terms of high-speed railway infrastructure. The project was subject to strict design conditions on account of its location in an area of considerable seismic activity and the need to avoid the placement of track slab expansion systems, these relatively uncommon design problems being resolved with the effective use of composite solutions. The built solution consists of a 3,150 m long continuous composite deck with joints set purely at the abutments, making this one of the most singular high-speed rail viaducts anywhere in Europe.*

**Keywords**

*Composite bridges, High-Speed Rail, environmental protection, earthquake, expansion joint, steel structure execution control*

**1. Introducción**

El Viaducto de Archidona (Figs. 1a y 1b) se sitúa en los Términos Municipales de Antequera y Archidona, en la provincia de Málaga, y pertenece a la Línea de Alta Velocidad Antequera-Granada, siendo el punto de unión de los tramos de L.A.V. Peña de los Enamorados-Archidona y Archidona-Arroyo de la Negra.

En cada una de las etapas del proyecto tanto el Ministerio de Fomento como ADIF han promovido el desarrollo respetuoso y sostenible del ferrocarril, atendiendo a las premisas de máxima protección e integración medioambiental, y de apoyo a la innovación tecnológica.



Figs. 1a y 1b. Concepción formal del Viaducto de Archidona

Como ejemplo, cabe destacar el compromiso de máximo respeto hacia los espacios naturales protegidos que obligó a elevar la rasante con el fin de salvar el acuífero que suministra agua a los municipios de Archidona y Villanueva de Tapia (Figs. 2a y 2b). La elevación de la rasante de la plataforma, de más de 30 metros, llevó a sustituir una solución en terraplén por la construcción de un viaducto de más de 3 km de longitud.

Estos condicionantes no muy frecuentes han brindado la oportunidad de diseñar y construir una obra de ingeniería donde se combina eficazmente y de forma estéticamente agradable el uso de acero y hormigón. Destaca como aspecto más importante la longitud de su tablero, continuo y de 3.150 m, que lo distingue como el puente mixto continuo de acero y hormigón para ferrocarril más largo de Europa.

En su concepción estructural, además de su elevada longitud, se han tenido en cuenta unos condicionantes técnicos restrictivos, entre los que destacan:

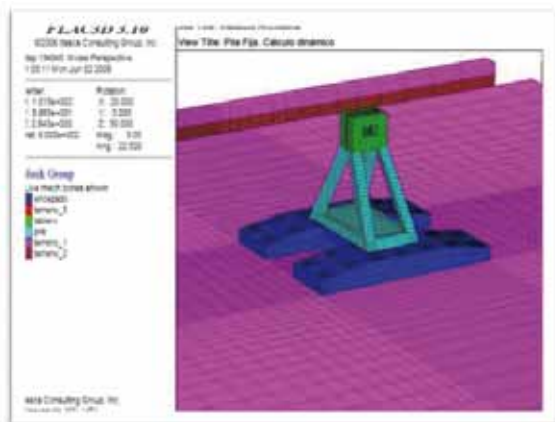
- El viaducto está situado en una zona de elevada sismicidad.
- Se debía evitar en lo posible la ubicación de aparatos de dilatación de vía en la estructura, permitiéndose únicamente en estribos, y se deberían respetar movimientos máximos en las juntas de vía de 1.200 mm, de acuerdo con los criterios establecidos por ADIF.
- Altura media de pilas en el entorno de los 25 m.

En general, una forma sencilla de resolver tableros de gran longitud consiste en disponer una larga serie de vanos isostáticos, solución que resulta adecuada para viaductos largos y de pilas bajas. En nuestro caso, se descartó esta alternativa por la excesiva deformabilidad del conjunto de pilas más cimentación, lo que llevó a optar por la solución de dintel continuo.

Dado que una de las condiciones del diseño era no disponer aparatos de dilatación de vía en el interior del tablero, el pun-



Figs. 2a y 2b. Ajuste de la rasante de la línea por afección al acuífero. Túnel y Viaducto de Archidona



Figs. 3a y 3b. Punto fijo del tablero en la Pila Central

to fijo se ubicó aproximadamente en el centro de los 3.150 m de longitud total del viaducto, obteniéndose unas longitudes máximas dilatables en ambos estribos en el entorno de los 1.600 m. Para reducir los movimientos longitudinales resultantes de las acciones térmico-reológicas se eligió una solución en dintel mixto, con menores deformaciones que uno de hormigón. La mayor flexibilidad longitudinal y la menor masa de los tableros mixtos con respecto a los de hormigón, permitieron asimismo limitar a valores asumibles las reacciones debidas a los efectos sísmicos de la masa total de tablero, soportados en longitudinal por un único punto fijo central (Figs. 3a y 3b). En ambos casos se aprovecharon las ventajas que pueden ofrecer los sistemas mixtos para resolver con un diseño sencillo, y hasta cierto punto convencional, unos condicionantes singulares e inéditos hasta el momento en el ámbito de los puentes de alta velocidad.

El acero estructural utilizado en las vigas principales de la sección transversal del tablero ha sido S 355 J2 W "tipo CORTEN", apropiado para las condiciones atmosféricas de la zona donde se localiza el viaducto, asegurando al mismo tiempo una importante reducción de los costes de mantenimiento respecto al acero con protección anticorrosiva mediante pintura, buscando una solución medioambientalmente más sostenible. Se decidió permitir el paso por el interior del tablero dejando un paso de hombre a través de la cabeza de pila central, consiguiendo que el Viaducto sea inspeccionable desde un extremo a otro del tablero, pensando en facilitar su mantenimiento.

La luz del vano tipo, de 50 m, se decidió en función de la altura de las pilas y las dimensiones y pesos que resultan

aceptables para un montaje con grúa, buscando una solución constructiva que permitiera una sistematización y repetitividad del proceso de ejecución, aspecto importante a la hora de obtener una estructura más sencilla de construir.

Durante la fase de proyecto, se cuidaron al máximo las diferentes facetas del diseño, tanto desde el punto de vista meramente estructural y constructivo, como funcional y estético, buscando acabados sencillos pero cuidados en pilas y tablero.

Si se resumen las principales características innovadoras del diseño del Viaducto de Archidona, destacan:

- Su gran longitud sin juntas de dilatación: Una longitud total entre juntas de dilatación, ubicadas en estribos, de 3.150m, con una distribución de vanos en este caso de 35+30x50+2x65+29x50+35 m. Una ventaja de los tableros mixtos frente a los de hormigón consiste en los desplazamientos reológicos y térmicos, del orden del 60 %-70 % de las soluciones de tableros de hormigón. Esto permite a los puentes mixtos obtener longitudes para la dilatación del orden de 1.600-1.700 m, donde en soluciones de hormigón se limita a 900-1.000 m.
- La gran masa del viaducto localizado en zona de alta sismicidad (aceleración sísmica: 0,18 g): una masa de 120.000 t se resiste en sentido longitudinal por una única pila central en forma de delta. El menor peso del tablero mixto respecto al de hormigón y su mayor flexibilidad a axil fue crucial para limitar la fuerza sísmica, acotada en un valor admisible de 100.000 kN.

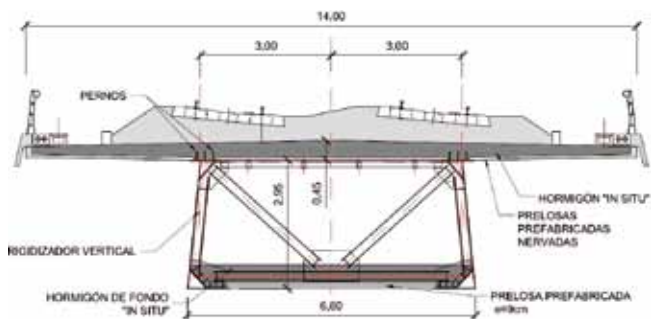


Fig. 4. Sección por zona de momentos negativos

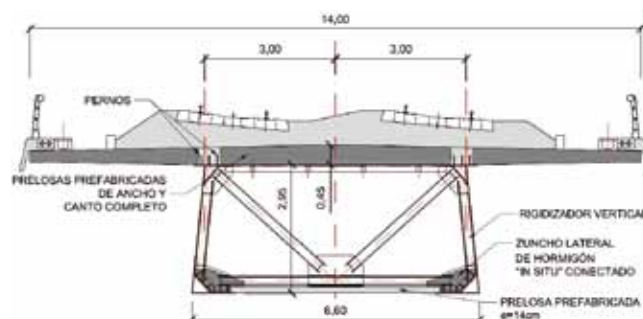


Fig. 5. Sección por zona de centro de vano

- Uso óptimo de las ventajas del hormigón junto con el acero a nivel estructural: la parte metálica del tablero está formada por dos vigas en 'doble T' (solución 'bijácena') de canto constante y almas inclinadas, unidas por diafragmas transversales y reforzados en las zonas de apoyo por mamparos. Se emplea una losa de hormigón en la tabla de fondo a modo de doble acción mixta, como cabeza de compresión en las zonas de negativos (Fig. 4) y como cierre del circuito de torsión en las zonas de positivos (Fig. 5). La losa superior está formada por losas de canto completo prefabricadas en las secciones de positivos, con la ventaja de que, al hormigonarlas previamente, se mejora el efecto de la retracción.

- Montaje óptimo mediante la división en tramos para agilizar el ensamblaje: a pesar de la singularidad del viaducto, se consiguió industrializar su ejecución notablemente. Para ello, se elaboraron en taller dovelas de hasta 50 m (un vano tipo completo) con una producción de 3 dovelas a la semana, unas 540 t en total. Después del transporte especial (50 m y 180 t), y la descarga en obra, donde se completaba el hormigón de fondo, se llegaron a izar 3-4 dovelas a la semana, arrojando unos valores de casi 150 m de tablero por semana.

- Control de la secuencia de montaje: se realizaron estudios específicos de medición de la temperatura y control de la geometría de dovelas ya izadas para contrastar con los valores teóricos y mejorar las operaciones de uniones en obra, optimizando la fabricación en taller y monitorizando los procesos de cierre en la secuencia de montaje de los vanos, fundamental para asegurar la correcta geometría en una estructura tan larga.

- Gestión documental *online* para el control de calidad: para almacenar y transmitir los registros del control de calidad de la estructura metálica, se creó un gestor documental online,

pionero en este tipo de obras, que permitió establecer un entorno común para los diferentes agentes intervinientes en el proceso constructivo y su control, ofreciendo entre otras ventajas: acceso a la documentación en tiempo real, conocimiento actualizado del grado de avance de fabricación de cada taller, revisión del historial y de los registros de control de las piezas antes de su llegada a obra, obtención de una copia digital completa de la Documentación Final de Calidad, etc., satisfaciendo así uno de los requisitos exigidos para el Programa de Control de la EAE.

- Instrumentación del Viaducto: Durante la fase de construcción del viaducto se instaló un sistema de instrumentación y monitorización en tiempo real muy preciso, realizándose una toma de datos de forma continua de los parámetros más significativos: movimientos horizontales longitudinales del tablero, movimientos en cabeza de pilas, separación entre cabeza de pila y topes sísmicos, giros longitudinales y transversales de las pilas, temperatura ambiente y su correlación la de la estructura, y tensiones (especialmente en la pila central). Los resultados obtenidos fueron tratados informáticamente y dispuestos en un soporte web, pudiendo consultarse de forma inmediata por las distintas partes implicadas en la obra. Del mismo modo, se tiene pensado seguir con el control previsto tras la puesta en servicio.

## 2. Descripción del proceso constructivo

La magnitud de la obra a ejecutar (con un gran volumen de estructura metálica, aparatos de apoyo, pilas, etc.), junto con los estrictos requisitos a cumplir (control geométrico, necesidad de asegurar el paralelismo en el montaje de apoyos, control de movimientos totales en las juntas, controles de la temperatura de montaje, detalles de soldadura frente a fatiga, etc.), obligó a realizar un estudio pormenorizado del método constructivo del viaducto (Fig. 6). Se





Fig. 6. Vista general durante la ejecución del tablero del Viaducto de Archidona



Figs. 7a y 7b. Prefabricación y montaje de tramos de ferralla en pilotes



**Figs. 8a y 8b. Montaje de la ferralla de los encepados de las pilas tipo**

buscó aprovechar las ventajas que ofrece la prefabricación y sistematización de elementos repetitivos (ferralla, pilas, vigas metálicas, prelasas, losas), junto con las que ofrece el propio terreno, al ser el tablero accesible en toda su traza, sin presentar alturas excesivas, lo que permitió un montaje eficiente mediante grúa.

A continuación se describen de forma general las principales fases del proceso constructivo del Viaducto de Archidona.

### 2.1. Cimentaciones

Las obras comenzaron con la ejecución de los pilotes de las pilas y estribos mediante camisa recuperable, no detectándose excesivos problemas de sostenimiento del terreno durante la perforación.

El gran número de pilotes a ejecutar (Figs. 7a y 7b) para las 61 pilas tipo (4 pilotes por pila de 2 m de diámetro), la pila central (28 pilotes de 2 m de diámetro) y los estribos (14 pilotes de 1,5 m de diámetro), con longitudes de perforación que variaban entre los 25 y 50 m, exigieron la necesidad de estudiar un procedimiento de prefabricación en obra de la ferralla y un dimensionamiento de los equipos de perforación que permitieron llevar un ritmo del orden de 3-4 pilotes al día.

Dada la longitud de la obra, se dividió ésta en tres tramos, del estribo 1 en sentido ascendente, desde la pila 31 en sentido descendente y desde la pila 33 hasta el final, quedando la ejecución de los pilotes de la pila central, pila 32, para el final, cuando ya se estaban ejecutando los encepados del resto de pilas.

Una vez ejecutados los pilotes se realizó la excavación de los encepados, y el descabezado del hormigón de la parte superior de los mismos, para realizar el montaje de la ferralla de los encepados (Figs. 8a y 8b) y su posterior hormigonado, dejando en espera la armadura principal de cada uno de los fustes que formaban las pilas tipo.

El proceso de cimentación no causó excesivos problemas, más allá de ejecutar las obras en un invierno de condiciones climatológicas inusualmente duras para la zona. Caso diferente es el encepado de la pila central (Figs. 9a y 9b), cuya particularidad geométrica y sus grandes dimensiones ocasionaron numerosas dificultades, debido entre otras causas al escaso espacio disponible para su ejecución.

La ejecución de este elemento se dividió en cuatro fases por motivos de seguridad y técnicos, estudiando una secuencia de hormigonado con volúmenes admisibles para las plantas suministradoras y para además evitar grandes masas de hormigón que pudieran producir problemas con el alto calor de hidratación.

### 2.2. Alzados de Pilas

En la construcción de los alzados de las pilas tipo se distinguen tres fases según los tres elementos que las constituyen: dos fustes rectangulares de hormigón armado inclinados en transversal; un plinto rectangular que une en la base de los dos fustes; y en la cabeza un dintel, asimismo rectangular, de ancho constante.

La ejecución de estos fustes (Fig. 10a) se efectuó por el método de trepas sucesivas de 5 m de longitud, una vez terminado





**Figs. 9a y 9b. Ejecución por fases del encofrado de la Pila Central del viaducto**

el plinto. Al tener gran cantidad de ferralla fue necesaria la prefabricación de la misma para las trepas mediante la utilización de una plantilla, para evitar en lo posible las divergencias geométricas entre tramos prefabricados a la hora de engazarlos con la ayuda de una grúa. Los solapes de las diferentes barras verticales se efectuaron mediante abotellamiento de la barra de espera, separando las barras a solapar entre sí un diámetro al menos. En el proceso constructivo, las tolerancias en la elaboración y montaje de ferralla fueron muy estrictas.

Para la ejecución del dintel (Fig. 10b) se utilizó una plataforma de encofrado específica anclada a la última trepa de los fustes que permitía el montaje del módulo prefabricado de ferralla y el hormigonado en una sola fase de todo el dintel. Dicho dintel se ejecutó prefabricando el 80 % del ferrallado



**Figs. 10a y 10b. Ejecución de los alzados de las pilas mediante encofrado trepante y montaje de la ferralla prefabricada del dintel**

en taller y una vez colocado en su posición, incorporando el acero restante.

Se empleó en los dinteles hormigón autocompactante, lo que ha permitido tener la seguridad, dada la elevada cuantía de acero en estos elementos, de conseguir un acabado perfecto. En la coronación de las pilas (Figs. 11a y 11b) se dejaron embebidas una serie de vainas que posteriormente albergarían los vástagos de anclaje de los aparatos de apoyo.

Para materializar los topes transversales en cabeza de pila se utilizaron paneles de encofrado fenólico para así ajustar la dimensión específica de estos elementos en cada una de las pilas. Dichos topes transversales (cuatro por cada pila) estaban formados por una ménsula corta de hormigón en



**Figs. 11a y 11b. Vistas generales de las pilas tipo**

la que se dispusieron placas metálicas con neopreno-teflón para garantizar la transmisión de esfuerzos transversales del sismo máximo y permitir los movimientos longitudinales del tablero. Durante el hormigonado de las ménsulas de hormigón, de manera similar a los aparatos de apoyo, se dejaron embebidas las vainas dónde se alojan los pernos de anclaje de las chapas con neoprenos, que posteriormente y tras el ajuste y alineación con el tope transversal del tablero una vez este fue colocado, se inyectaban para fijarlos.

La pila central fue más compleja en su ejecución debido en gran medida a su geometría y su condición de punto fijo del viaducto.

Se comenzó ejecutando el plinto, cuya función es la de vincular los cuatro fustes de los que consta el alzado. Para la

ejecución de los fustes se utilizó un sistema de encofrado trepante similar al del resto de las pilas, aunque debido a la gran inclinación de los fustes en sentido longitudinal, los procesos de ferrallado y hormigonado requerían un tratamiento especial en las fases de trepado y la utilización de un hormigón autocompactante. Además fue necesario disponer una serie de puntales metálicos verticales para el sostenimiento de los fustes en ménsula a partir de un cierto vuelo y un arriostramiento superior en cabeza para garantizar la estabilidad del conjunto durante su ejecución.

Por todo ello se realizó un estudio por parte de la empresa de encofrados que concluyó con un proyecto específico de trepas de 3,10 m hasta la cota de cabecero (Fig. 12a), donde al igual que en la pila tipo, hubo que modificar el proceso de construcción de la pila.





**Figs. 12a y 12b. Ejecución de los cuatro fustes y de la cabeza de la Pila Central del viaducto**

**Figs. 13a y 13b. Detalle de la conexión del tablero metálico con la cabeza de la Pila Central**

En este caso, se diseñó una plataforma de encofrado (Fig. 12b) para la ejecución del cabecero de la pila, anclada a su última trepa. Esta plataforma permitió materializar la geometría de la zona abovedada del fondo de la cabeza de pila, y disponer una superficie de trabajo en el perímetro exterior de la cabeza de la pila central.

La ejecución del cabecero y dovela 0 de la pila central (Fig. 13a) es otro punto de interés de la obra, en el cual se materializaba la conexión del tablero metálico a la pila de hormigón mediante armadura, conexión con tacos y pernos conectores, y barras pretensadas.

La ejecución del cabecero comenzó con el ferrallado y hormigonado de la zona curva inferior llegando justo hasta la cota de apoyo de las dovelas metálicas del tablero (Fig. 13b).

Posteriormente, se colocaron con grúa ambas dovelas (hacia pk- y pk+) del tablero, apoyándolas en la primera fase de hormigonado de la cabeza de pila y en unos apeos provisionales. Tras materializar la continuidad estructural entre las platabandas superiores y parte del alma de las dovelas metálicas, se inició el ferrallado y hormigonado por fases del nudo de la cabeza de pila hasta la cota situada justo debajo de la losa superior. Al igual que en los fustes el hormigón utilizado fue autocompactante. Tras la última fase de hormigonado se pusieron en carga las barras pretensadas de conexión colocadas en la parte superior del nudo.

### 2.3. Tablero

La parte metálica del tablero se prefabricó en taller, dividiendo cada vano en dovelas según planos de taller previamente aprobados. Además se estableció un programa de control



**Figs. 14a y 14b. Fabricación en taller y transporte a obra de dovelas metálicas del tablero**

de calidad exhaustivo, con un gestor documental online que favoreció el acceso a la documentación para todos los agentes involucrados en el proceso de fabricación, montaje en obra y control de calidad.

Cada una de las dos vigas doble T que conforman la sección transversal se armaban de forma independiente uniendo las platabandas y células superior e inferior con las almas. En paralelo al armado de las vigas, se fabricaron los mamparos de apoyo en pilas y estribo, y los diferentes elementos de arriostamiento y cartelas del tablero.

El armado final de las dovelas se realizaba en una bancada de montaje ajustada topográficamente a la contraflecha del tablero.

Previamente a su traslado en obra, con las dovelas armadas en taller, se realizó un montaje en blanco entre dovelas consecutivas (Fig. 14a) para comprobar la bondad de su geometría y que las chapas de las mismas ajustan perfectamente para cumplir con las estrictas tolerancias de montaje establecidas.

De esta forma se fabricaron dovelas de 25 m de longitud (medio vano), que fueron transportadas por carretera hasta la obra (Fig. 14b). En fases más avanzadas de la obra se llegaron a construir dovelas de 50 m de longitud, correspondientes a un vano completo, y que se llevaron a obra mediante transporte especial. Los vanos adyacentes a la pila central, al ser de mayor luz (65 m), se dividieron en tramos más pequeños.

Una vez en obra, se descargaban a lo largo de la traza del viaducto sobre apeos provisionales (Fig. 15a) a pie de pila del vano correspondiente. Una vez que el vano completo quedaba apoyado únicamente en sus extremos, se realizaba el hormigonado de parte de la losa inferior in situ (Fig. 15b). Con este esquema se alcanzó un ritmo de producción de hasta tres vanos a la semana.

A continuación, se realizaba el izado del vano así conformado (estructura metálica más parte de la losa inferior), mediante dos grúas de gran capacidad que izaban con gran precisión cada vano de 250 t (Figs. 16a y 16b).

El montaje del tablero en obra se organizó en cuatro frentes de avance, partiendo desde los estribos y desde las pilas a ambos lados del punto fijo, correspondiente a la pila 32. Completándose con la ejecución de cuatro cierres, los primeros de ellos junto a las pilas P-16 y P-47, y por último otros dos cierres a ambos lados de la pila 32.

En los frentes de avance, sobre la pila anterior al vano que se iba a montar, se disponía provisionalmente un punto fijo longitudinal, que además de resistir el sismo de construcción, reducía la longitud de tablero susceptible de contraerse o dilatarse por efectos térmicos durante la ejecución de la unión con la nueva dovela, y por lo tanto la necesidad de reajustar las bandejas de los aparatos de apoyo por dichos movimientos térmicos (Fig. 17a).

Tras el montaje de una dovela, el punto fijo provisional se trasladaba a la siguiente pila antes de montar una nueva





**Figs. 15a y 15b. Acopio en obra de dovelas metálicas y ejecución de hormigón de fondo previamente al izado**



**Figs. 16a y 16b. Izado de dovelas metálicas mediante grúa**

**Figs. 17a y 17b. Detalle de punto fijo provisional durante el montaje y aparatos de apoyo en cabeza de pila**





**Figs. 18a y 18b. Vista durante el montaje de vanos y colocación de tramo de cierre**

dovela. Una vez que se llevaban más de 350 m de longitud de tablero montado se necesitaban dos puntos fijos en las dos pilas más próximas al frente de avance. Dada la longitud total del viaducto, se programaron los vanos de cierre a fin de la longitud de tablero unida al punto fijo provisional no excediera de 800 m.

Previamente al izado del vano completo se montaban, sobre la pila correspondiente en la que apoyaba el vano a izar, los aparatos de apoyo esféricos (Fig. 17b) y los neoprenos-teflón de los topes sísmicos, realizando un exhaustivo control topográfico de los mismos. Además se dejaban montados los elementos temporales auxiliares que materializaban el punto fijo provisional de montaje.

Una vez se efectuaba la elevación mediante grúas del vano, se realizaba una unión provisional con el vano anterior (que volaba 10,50 m respecto de su pila), comprobando la separación de las chapas a soldar, y el ajuste de los elementos del punto fijo provisional mediante el apoyo del vano sobre elementos provisionales, para una vez realizada la comprobación y realineación, si correspondía, de los aparatos de apoyo esféricos, ejecutar la soldadura de continuidad con el vano anterior y apoyar el vano en su situación definitiva. Simultáneamente se ejecutaba el anclaje de los aparatos de apoyo y su unión con el tablero, y el ajuste y fijación del tope sísmico que constituye el punto fijo provisional y desbloqueo, a continuación, del punto fijo del vano anterior.

Se tomaron todas las medidas necesarias para asegurar la correcta alineación y paralelismo entre las guías laterales de los aparatos de apoyo y el tope sísmico, puesto que la falta de alineación entre ellos, dado los elevados movimientos longitudinales que experimenta el tablero, podría producir cierto acodamiento del tablero en las pilas.

Una vez completado el montaje de dovelas en los cuatro frentes de avance se procedió al cierre controlado del tablero (Fig. 18a) en los vanos situados entre las pilas P-16 y P-17, y pilas P-47 y P-48, y por último el cierre de los vanos adyacentes (Fig. 18b) a la pila central.

Para todas estas maniobras de fabricación y montaje de vanos se estudiaron pormenorizadamente cada una de las actividades y se desarrollaron protocolos de control topográfico, de deformaciones, de izado y montaje del tablero donde se detallaban cada una de las fases de ejecución y los controles a realizar en cada una de ellas.

Una vez que se fue avanzando en el montaje de vanos, y manteniendo un decalaje de dos de ellos, se fueron completando los hormigones in situ de la losa inferior, hormigonado de zunchos longitudinales, y recrido del hormigón de la zona de pilas hasta llegar a un espesor de 0,55 m.

Tras completar el hormigón inferior de los dos primeros vanos, se comenzó con la colocación de las losas superiores, prefabricadas a sección completa en los 25 m (Fig. 19a) centrales de cada vano, y las prelosas nervadas en zonas de apoyo en pila. La ejecución de la losa (y por tanto del ciclo de construcción del tablero) finalizaba con el



Figs. 19a y 19b. Losa prefabricada de ancho completo y vista general del montaje de prelosas



Figs. 20a y 20b. Vista de la ejecución de los acabados y prueba de carga estática del tablero

hormigonado in situ de las ventanas de conexión y juntas entre losas en zona de centro de vano, y completando el ferrallado y hormigonado in situ sobre las prelosas en zona de pilas (Fig. 19b).

El montaje simultáneo de las dovelas metálicas, del hormigonado de la losa inferior y del montaje de prelosas y losas de sección completa superiores permitió alcanzar unos rendimientos de ejecución decisivos para conseguir el cumplimiento de los estrictos plazos de obra.

Para finalizar la construcción del viaducto se realizaron los acabados (Fig. 20a) y la prueba de carga estática (Fig. 20b).

### 3. Ficha técnica de la obra

Viaducto de Archidona: proyecto de Construcción de la Línea de Alta Velocidad Antequera-Granada. Tramos: Peña de los Enamorados-Archidona y Archidona-Arroyo de la Negra

*Propiedad: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF)*

- Dirección de Línea: D. Alfonso González Gutiérrez
- Gerente de Línea: D. Eduardo Gantes Trelles
- Jefe de Infraestructuras: D. Julio Caballero

### *Dirección de Obra*

- Dña. Áurea Vilchez Pimentel. Tramo: Archidona-Arroyo de la Negra.
- D. Adelardo Martín de la Vega. Tramo: Peña de los Enamorados-Archidona.

### *Empresas Constructoras*

- UTE Túnel de Archidona (Dragados-Tecsa). Tramo: Archidona-Arroyo de la Negra.
- UTE Viaducto de Archidona (Azvi-Dragados-Tecsa). Tramo: Peña de los Enamorados-Archidona.

*Proyecto de la Estructura y Asesoría especializada en estructuras a la Dirección de Obra: Ideam S.A.*

- D. Francisco Millanes Mato
- D. Enrique Bordó Bujalance
- D. Jesús Martín Suárez
- D. Juan Luis Mansilla Domínguez

### *Presupuesto Adjudicación de la Obra*

- 110.236.262,85 €. Tramo: Peña de los Enamorados-Archidona.
- 41.711.177,05 €. Tramo: Archidona-Arroyo de la Negra.

### *Plazo de Ejecución de la Obra*

- 26 meses. Tramo: Peña de los Enamorados-Archidona.
- 38 meses. Tramo: Archidona-Arroyo de la Negra.

### *Principales características del viaducto*

- Tipología: tablero mixto de acero y hormigón.
- Longitud total: 3.150 m (35,00+30x50,00+2x65,00+29x50,00+35,00 m).
- Cimentación:
  - o Pila tipo: encepados de 4 x Ø 2,0 m pilotes.
  - o Pila Central: 2 encepados de 14 x Ø 2,0 m pilotes.
  - o Estribos: 14 Ø 1,5 m pilotes.
- Trazado:
  - o Planta: curva de radio 6.000 m.
  - o Alzado: pendiente constante 3 %.
  - o Altura media de pilas: 25 m.
- Tablero Metálico:
  - o Acero Laminado S-355 J2G2W: 11.080.356,82 kg.
  - o Acero Laminado S-275 JR: 791.103,76 kg.
- Mediciones representativas:
  - o Prelosas superiores: 44.100 m<sup>2</sup>.
  - o HA-35/B/15/IIb: 41.255,13 m<sup>3</sup>.
  - o Acero B 500 SD: 17.149.872,05 kg.
  - o Apoyos Esféricos: 126 ud.
  - o Pilotes DN-2000: 11.175 ml. **ROP**

