

## VIADUCTO DE RULES. AUTOVÍA DE GRANADA

**Florencio J. del POZO VINDEL**

Dr. Ingeniero de Caminos

PROES Consultores S.A.

Director General

fpozo@proes.es

**José M. ARRIETA TORREALBA**

Dr. Ingeniero de Caminos, I. Industrial

PROES Consultores S.A.

Director de Desarrollo Técnico

jmarrieta@proes.es

**Antonio J. MADRID RAMOS**

Ingeniero de Caminos

PROES Consultores S.A.

Director del Área de Puentes

amadrid@proes.es

**Alberto CEREZO MACÍAS**

Ingeniero de Caminos

PROES Consultores S.A.

Director Área Asistencias Técnicas

acerezo@proes.es

**Amaya HERNANDO MARTÍN**

Ingeniera de Caminos

PROES Consultores S.A.

Área de Puentes

ahernando@proes.es

**Miguel Ángel HIGUERA ANTÓN**

Ingeniero de Caminos

PROES Consultores S.A.

Área de Puentes

mhiguera@proes.es

### Resumen

El Viaducto de Rules se sitúa en el tramo Izbor-Vélez de Benaudalla de la Autovía de Granada (N-323 de Bailén a Motril). En el emplazamiento concurren dos circunstancias que han condicionado el diseño final de la estructura. Por una parte, los problemas de estabilidad de una ladera han condicionado una luz principal de 140.00 m. Por otra, el emplazamiento en una zona de alta sismicidad ha hecho necesario disponer un conjunto de disipadores sísmicos para resistir esta sollicitación. El viaducto se ha proyectado con un tablero único para las dos calzadas, con un ancho total de 23.80 m. La longitud total de la estructura es 924.63 m y la altura media de las pilas es superior a los 60.00 m.

**Palabras Clave:** Viaducto, hormigón pretensado, autocimbra, jabalcón, voladizos sucesivos, disipadores sísmicos, estructura evolutiva.



*Fig. 1 Vista general del viaducto desde el estribo 1*

## 1. Resumen de características

Esquema estático: Tablero en viga continua, de 924.63 m de longitud total. Se dispone un tramo de 270.00 m de canto variable y otro de 654.63 m de canto constante.

Luces:  $65.00 + 140.00 + 65.00 + 11 \times 55.00 + 49.63$  m.

Altura máxima de la rasante: 70.0 m.

Composición de la plataforma, de 23.80 m de ancho total:

Barrera + arcén + calzada + arcén + barrera + arcén + calzada + arcén + barrera  
0.40 m 2.50 m 7.00 m 1.00 m 1.00 m 1.00 m 7.00 m 2.50 m 0.40 m

## 2. Descripción

### 2.1 Superestructura

La sección transversal del tablero está constituida por un cajón monocelular de hormigón pretensado, con almas inclinadas, de 8.56 m de ancho en su parte superior. El ancho total de 23.80 m se consigue disponiendo jabalcones transversales por ambos lados del cajón, con una separación de 4.00 m, sobre los que se hormigonan dos losas de 7.62 m, con lo que se completa el ancho total de la sección. Los jabalcones mantienen sus dimensiones, tanto en la zona de canto constante como en la de canto variable.

En el tramo de canto constante, éste tiene un valor de 3.20 m. En esta zona el núcleo del cajón está formado por dos almas de 0.55 m de espesor y dos losas de canto variable, con un valor mínimo de 0.25 m. El canto de la losa inferior varía longitudinalmente en las proximidades de los apoyos entre su valor mínimo y 0.55 m sobre apoyos. El esquema de pretensado es el correspondiente a puentes continuos construidos por el método de vanos sucesivos, interrumpiéndose en cada frente de fase. En la zona del frente de cada fase se produce el cruce de los tendones de dicha fase, que se anclan en el propio frente, con los de la fase consecutiva, que se anclan en una cuña situada en la cara interior del alma.

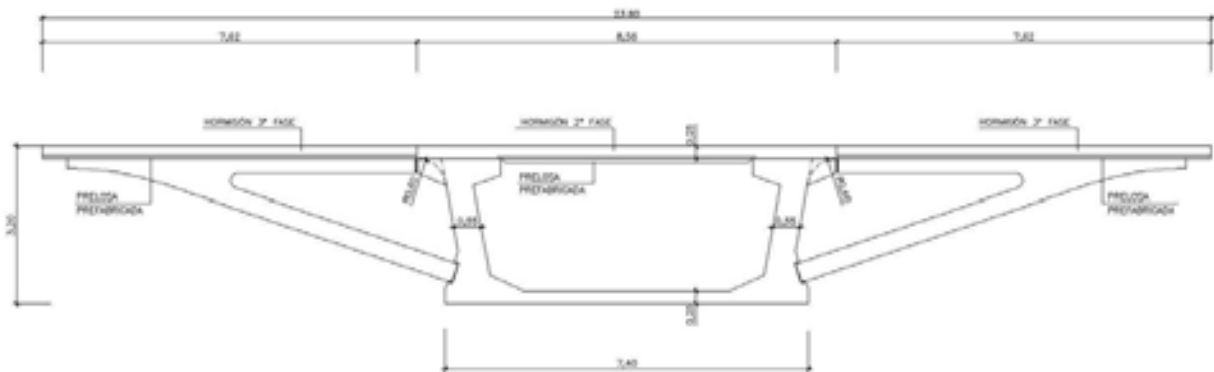


Fig. 2 Sección tipo en tramo de canto constante

En el tramo de canto variable, éste varía desde 3.20 m en los centros de vano a 8.00 m en las secciones de apoyos. La variación de canto se produce en los 55.00 m contiguos a la pila, manteniéndose el canto mínimo en el resto del vano. En esta zona el núcleo del cajón está formado por dos almas de 0.50 m de espesor mínimo, que se incrementa hasta 1.25 m en las proximidades de las pilas. Las losas superior e inferior son de canto variable, con un valor mínimo de 0.30 m. El canto de la losa inferior varía longitudinalmente en las proximidades de las pilas entre este valor mínimo y 0.90 m. El esquema de pretensado es el correspondiente a puentes continuos construidos por el método de voladizos sucesivos, con cables superiores que se van anclando en los frentes de dovela y cables de continuidad que se tesan una vez concluido el tablero.

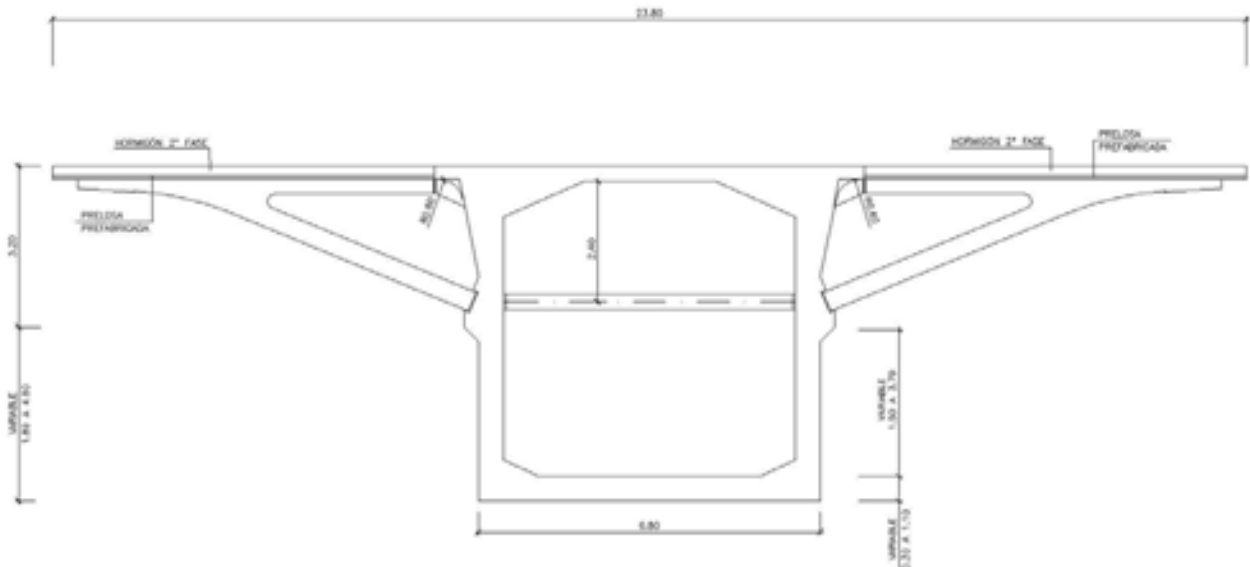


Fig. 3 Sección tipo en tramo de canto variable

## 2.2 Subestructura

Las pilas están constituidas por fustes de hormigón armado, con sección transversal en cajón monocelular, disponiéndose uno por línea de apoyos. El contorno exterior de la sección transversal es octogonal y sus dimensiones son variables tanto en sentido longitudinal como transversal, con ataluzamientos 1/75 y 1/50, respectivamente.

En la zona de canto variable (pilas 1 y 2) el espesor de los tabiques es 0.35 m y en la de canto constante (pilas 3 a 14) 0.30 m. En sentido transversal, ambas familias de pilas tienen las mismas dimensiones. En sentido longitudinal, las pilas 1 y 2 parten de unas dimensiones superiores por las necesidades del proceso constructivo por voladizos. Las alturas de las pilas 1 y 2 son de 22.25 m y 47.48 m, respectivamente. Las de las pilas 3 a 14 oscilan entre 34.25 m y 70.46 m.



Fig. 4 Vista de las pilas 12 a 14, con la autocimbra montada entre el estribo 2 y la pila 14

El estribo 1 es cerrado, con muros en vuelta y aletas. El estribo 2 es un cargadero pilotado.

En la parte superior de pilas y estribos se dispone el sistema de disipación de la acción sísmica. En los estribos se disponen amortiguadores formando un ángulo de 40° con el eje del tablero, de manera que actúen tanto en sentido longitudinal como transversal. En el resto de líneas de apoyo únicamente interesa disipar la acción sísmica transversal, disponiéndose un conjunto de amortiguadores normales y precomprimidos en un cierto número de pilas.

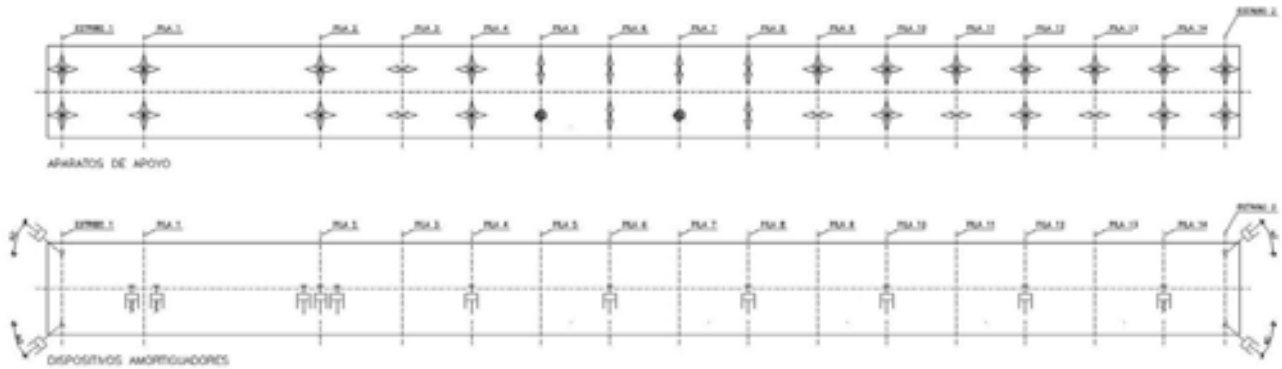


Fig. 5 Esquema de aparatos de apoyo y disipadores sísmicos



Fig. 6 Disipadores sísmicos en estribo 1 (izquierda) y en pilas 2 y 4 (derecha)

### 2.3 Infraestructura

La cimentación de la pila 1 es directa, con una tensión admisible de 0.50 MPa. El resto de cimentaciones de pilas son profundas, empleándose pilotes de 2.00 m de diámetro. En la pila 2 se disponen 12 pilotes y en las restantes, 6 pilotes. Los cantos de los encepados oscilan entre 4.60 m y 2.25 m, disponiéndose un ataluzamiento en su parte superior.

En el caso de los estribos, la cimentación del estribo 1 es directa, con una tensión admisible de 0.35 MPa y la del estribo 2, profunda, disponiéndose dos pilotes de 2.0 m de diámetro.

## 3. Procedimiento constructivo

El proceso constructivo de este viaducto comienza con la realización de la infraestructura (cimentaciones) y la subestructura (pilas y estribos). Las pilas, dada su altura, se han construido con encofrados trepadores.

En el tramo de canto constante, el tablero se ejecuta mediante el método de vanos sucesivos con autocimbra. Por este procedimiento se ejecuta la célula correspondiente al núcleo del cajón.

La realización de cada fase consta de las siguientes operaciones: colocación de la autocimbra y encofrados, disposición de las armaduras pasivas, vainas, anclajes y accesorios de pretensado, hormigonado de losa inferior y almas, colocación de prelosas entre almas, hormigonado de losa superior, enfilado de los tendones de pretensado y tesado de los mismos, desencofrado y avance de la autocimbra. La construcción comienza en el estribo 2. En la primera fase se construye el primer vano y un quinto del siguiente. A continuación se avanza la autocimbra, apoyándose en la estructura ya construida y en unos anillos metálicos colocados en las cabezas de los fustes. En las fases sucesivas se ejecutan cuatro quintos de un vano y un quinto del siguiente. La construcción finaliza sobre la pila 3, ejecutando la fase que se unirá al tramo ejecutado por voladizos.



*Fig. 7 Vista de la autocimbra durante la construcción de la última fase*

En el tramo de canto variable, el tablero se ejecuta mediante avance por voladizos, construyéndose por este procedimiento la célula correspondiente al núcleo del cajón. Se aplica partiendo de las pilas 1 y 2.

En el proceso constructivo de este tramo se siguen las siguientes fases:

1. Construcción de una primera dovela sobre las pilas, de 16.0 m de longitud, sobre un encofrado dispuesto en cabeza de pila.
2. Empotramiento provisional entre esta dovela y el tablero.
3. Montaje de la pareja de carros de construcción de las dovelas in situ sobre la primera dovela.
4. Construcción simétrica de dovelas por ambos lados del tablero.

Una vez finalizada la construcción por avance en voladizos sobre las pilas 1 y 2, se realiza, en este orden, la unión del tramo de la pila 1 con el estribo 1, del tramo de la pila 2 con el tablero de canto constante construido por fases y de los dos tramos construidos por voladizos entre sí, disponiéndose los correspondientes pretensados de continuidad y efectuando su tesado. Tras esta operación, se eliminan los empotramientos provisionales del tablero en las pilas 1 y 2.



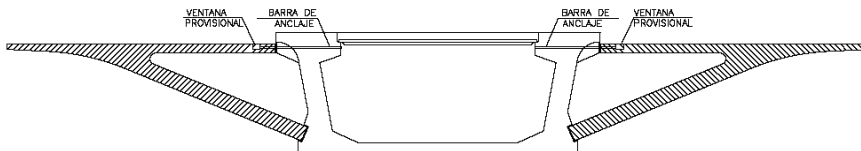


Fig. 8 Dovela inicial de 16.0 m sobre la pila 2 (izquierda) y fase final de la construcción por voladizos en la pila 1 (derecha)

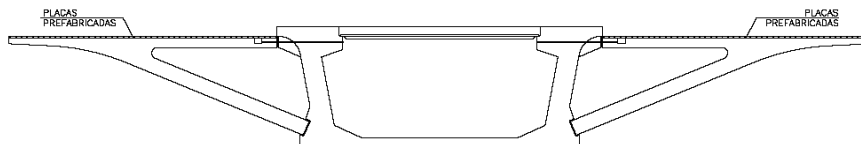
El proceso descrito se aplica únicamente al núcleo del cajón del tablero. La sección transversal se completa mediante dos operaciones posteriores:

1. Colocación de los jabalones prefabricados de hormigón. Esta operación se realiza con, al menos, una fase de decalaje con respecto a la última ejecutada del núcleo del cajón. Los jabalones se colocan con un anclaje provisional constituido por una barra de pretensado que se puede retirar una vez finalizada la ejecución de la totalidad de la sección transversal.
2. A continuación se colocan prelasas de hormigón prefabricadas entre los jabalones (cuyos ejes están separados 4.0 m), se disponen las armaduras de las dos losas laterales y se procede a su hormigonado, con lo que se completa la sección transversal.

COLOCACION DE JABALCONES PREFABRICADOS.



COLOCACION DE PLACAS PREFABRICADAS.



HORMIGONADO DE LOSA.

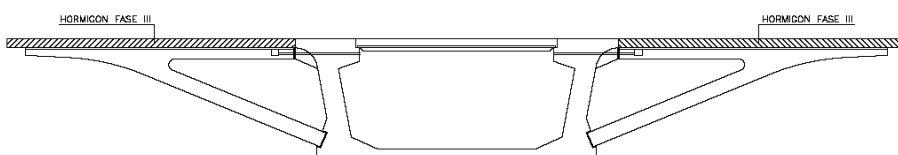


Fig. 9 Esquema del proceso constructivo a nivel transversal



*Fig. 10 Jabalcones y prelosas prefabricados*



*Fig. 11 Proceso de colocación de jabalcones, prelosas y ferralla de los voladizos laterales del tablero*

#### 4. Datos técnicos

Propiedad	Ministerio de Fomento
Construcción	Acciona
Subcontratista	Estructuras y Montajes de Prefabricados
Proyecto	PROES Consultores
Asist. T. a la Construcción	PROES Consultores

#### Cuantías de materiales:

Hormigón en tablero	0.64 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup>
Acero activo en tablero	21 kg / m <sup>2</sup>
Acero pasivo en tablero	91 kg / m <sup>2</sup>