

Viaducto del Pago de Enmedio, Acceso norte a Sevilla

Pago de Enmedio Viaduct, Seville North Access

José Romo Martín^a, Francisco Prieto Aguilera^b, Francisco Baena Ureña^c

y José Francisco López Corzo^d

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. CEO. jrm@fhecor.es

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Director Depart. Puentes. fpa@fhecor.es

^cIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. VS Ingenova. francisco.baena@vsingenova.com

^dIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. VS Ingenova. jf.lopezcorzo@vsingenova.com

RESUMEN

El Nuevo Viaducto del Pago de Enmedio forma parte de la Autovía de Acceso Norte a Sevilla y es el resultado de un proyecto redactado en 2017, tras una propuesta previa no construida por razones de coste. Debido a los condicionantes geométricos existentes se propuso una solución clásica de tablero en losa pretensada con grandes voladizos. Sin embargo, la conveniencia de que el viaducto se asemejase a un diseño previo de 2007, llevó a que la estructura seleccionada, proyectada y construida fuese un cajón de ancho variable con voladizos prefabricados.

ABSTRACT

The New Pago de Enmedio Viaduct is part of the North Access Highway to Seville. The structure is the result of a project drafted in 2017, following a previous proposal that was not built due to budget constraints. Following the road layout and consequent geometric constraints, a classic in situ prestressed concrete slab deck with wide overhanging slabs was proposed. However, in order to attain some resemblance with the previously discarded project, the option selected, designed and built consisted of a variable-width posttensioned concrete box girder with precast elements supporting the top slab overhangs.

PALABRAS CLAVE: cajón, hormigón postesado, prefabricación, jalcón.

KEYWORDS: box section, post-tensioned concrete, precast concrete, strut.

1. Introducción y antecedentes

Como antecedente clave del presente trabajo, se destaca el proyecto del "Viaducto de paso del nuevo Acceso Norte a Sevilla sobre el desarrollo del Pago de Enmedio en el municipio de La Rinconada: Viaducto de la Unión". Este proyecto fue redactado en 2007 pero no llegó a construirse debido a restricciones presupuestarias. Diez años después, en 2017, el Ayuntamiento de La Rinconada y la Dirección

General de Infraestructuras de la Junta de Andalucía decidieron retomar el proyecto, incorporando importantes modificaciones. Entre ellas, se incluyeron nuevos ramales de conexión desde el Acceso Norte hacia la red viaria del desarrollo urbano del Pago de Enmedio. Estas mejoras no solo aumentan la accesibilidad, sino que también fortalecen la conectividad entre este viario de alta capacidad y la zona de desarrollo urbano situada entre las

poblaciones de La Rinconada y San José de la Rinconada.

La solución consensuada entre ambas Administraciones aborda tanto las funciones de acceso metropolitano de gran capacidad hacia el norte de Sevilla, como las necesidades locales derivadas del desarrollo urbano continuo entre ambos núcleos. El nuevo proyecto mantiene el paso elevado del tronco principal de la Autovía del Acceso Norte sobre el Pago de Enmedio, con una longitud total de 850 metros. Este tramo de aproximadamente 770 metros incluye dos estructuras de 590 y 180 metros, respectivamente. El viaducto norte incluye además del tronco dos ramales de acceso.

2. Estudio de soluciones

Como se ha indicado anteriormente el principal problema del proyecto del 2007 fue su elevado coste. Por ello, en las primeras fases de este nuevo trabajo, se llevó a cabo un estudio exhaustivo de soluciones para optimizar los costos de la estructura, manteniendo al mismo tiempo la calidad formal deseada. Entre las opciones analizadas se incluyó una solución clásica con un dintel recto de canto constante. Esta alternativa ofrecía un diseño sobrio y funcional que cumplía con los requisitos técnicos, garantizando acabados de calidad dentro de un presupuesto ajustado.



Figura 1. Solución tipo losa.

Esta propuesta era especialmente adecuada para las zonas de ancho variable del viaducto. Su flexibilidad permitía resolver estas áreas incrementando el núcleo de la sección o ajustando la longitud de los voladizos laterales según fuera necesario.



Figura 2. Solución tipo losa en zona de ancho variable

A pesar de la viabilidad técnica y económica de la solución tipo losa, el promotor expresó la intención de desarrollar una estructura más singular que conservase la esencia visual del diseño del 2007. Por ello, inspirándose en la imagen del "Viaducto de la Unión", se planteó un tablero con un sistema de costillas transversales que evocara el proyecto previo. Para reducir costos, se consideró la posibilidad de prefabricar el tablero, al menos parcialmente.



Figura 3. Vista general de la actuación

Tras analizar diversas opciones, incluyendo los diseños clásicos con puntales o costillas, se optó finalmente por una solución prefabricada con “costillas alveolares”. De esta forma se conseguía una apariencia más cercana al concepto original de 2007.



Figura 4. Solución con costilla alveolares

3. Descripción de la solución

Se trata de cuatro viaductos, dos de ellos de 590 m de longitud y otros dos de 178 m, simétricos entre sí. Los viaductos del lado sur, de 590 m, están divididos en quince vanos de 44 m de luz máxima, con una luz tipo de 40.00 m. La decisión de diseñar vanos de 44 m surge de la necesidad de salvar los viales existentes y futuros bajo la estructura. Los viaductos del lado norte, de 178 m, están formados por vanos tipo de 40.00 m. En ambos casos, los vanos laterales tienen una luz de 29.00 m. La distribución de luces en cada uno de los viaductos es la siguiente:

Viaducto sur: $29 + 2 \times 40 + 44 + 3 \times 40 + 44 + 5 \times 40 + 44 + 29$

Viaducto norte: $29 + 3 \times 40 + 29$

La tipología elegida es un tablero de hormigón postesado, formado por una sección cajón central, a la que se conectarán sendos voladizos prefabricados. La parte central de la sección se ejecutará in situ y se amoldará al ancho variable de la sección. Los elementos laterales prefabricados permitirán reducir el empleo de cimbras y reducir el plazo de ejecución de las obras.



Figura 5. Alzado del viaducto sur

Las estructuras del viaducto norte tienen un ancho constante, de 12.40 m. Sin embargo, el ancho de las estructuras del viaducto sur es variable, para alojar los dos carriles de circulación del tronco y los carriles de incorporación y salida de los ramales de acceso a La Rinconada o de incorporación al acceso norte a Sevilla. En la zona correspondiente a dos carriles de circulación el ancho es de 12.40 m como en el viaducto norte.

En la siguiente imagen se muestra la sección tipo de ancho 12.40 m, que alberga dos

carriles de 3.50 m, un arcén exterior de 2.50 m, un arcén interior de 1.00 m, dos pretiles dispuestos sobre zócalos de 0,80 m, y una pantalla acústica en el lado exterior de 0.30 m de ancho.

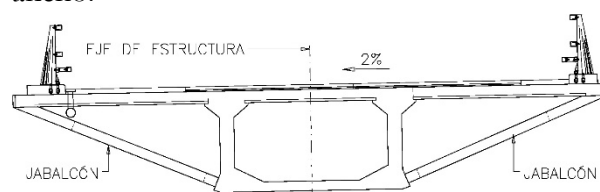


Figura 6. Sección tipo

El ancho del cajón en la sección tipo es de sólo 3.80 m, alcanzando un máximo de 17.00 m en la zona de entronque de los ramales de salida y entrada al tronco, en una zona en la que el cajón de la sección tipo del tronco y la del cajón del ramal se maclan en una sección con 4 almas.

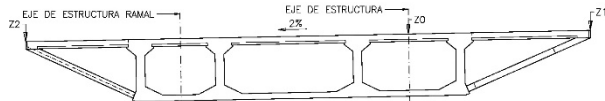


Figura 7. Sección transversal ancho máximo

La longitud del voladizo de la losa superior es de 4.30 m, y se apoya sobre los jabalones alveolares prefabricados.



Figura 8. Jabalcón

El canto del tablero es de 2.10 m, de modo que la relación canto/luz para el vano tipo de 40 m es de 1/19, y de 1/21 para los vanos de mayor luz, 44 m. La losa superior y los voladizos tienen un espesor de 0.25 m, mientras que la losa inferior tiene un espesor de 0.20 m. Las almas tienen un ancho típico de 0.38 m, regresándose en las zonas de ubicación de los anclajes del pretensado.

El pretensado del cajón va alojado en las almas, con 3 tendones en cada alma, desplazándose transversalmente en las secciones sobre pila y de centro de vano para poder disponerlo con la máxima excentricidad posible. Entre estas zonas, los vainas se desplazan verticalmente a través del alma en una sola fila. El número de cordones por cable es variable entre 19 y 31 en función de la zona, el ancho y las luces máximas a salvar.

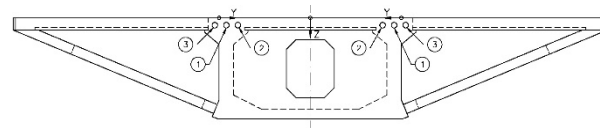


Figura 9. Posición superior del pretensado

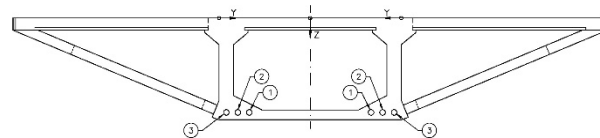


Figura 10. Posición inferior del pretensado

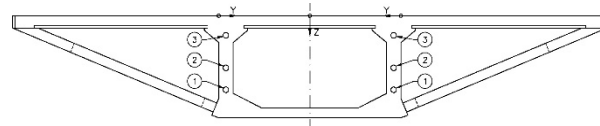


Figura 11. Posición intermedia del pretensado

Las pilas están constituidas por dos fustes de sección trapezoidal, cuya separación varía en función del ancho del tablero. La altura de las pilas de los viaductos norte es de unos 7 m, mientras que en el viaducto sur las pilas del tronco también son de altura constante, de unos 9 m.

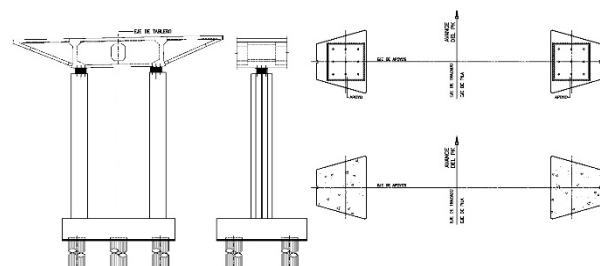


Figura 12. Alzado y secciones de pilas del tronco

Las pilas de los ramales cuentan con un solo fuste de sección hexagonal, y tienen una altura de unos 7.00 m.

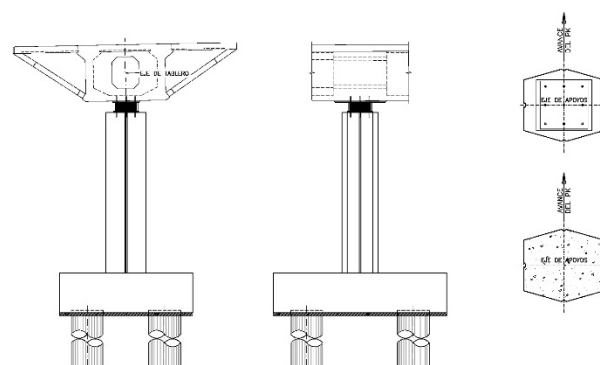


Figura 13. Alzado y secciones de pilas del ramal

La cimentación se ha resuelto mediante pilotes de 1.20 m de diámetro empotrados en el

sustrato de margas en una longitud de 6□□ es decir 7.20 m. Se han dispuesto 4 pilotes por pila, a excepción de las pilas 11 y 12 del viaducto sur en las que se han dispuesto 6 pilotes, en dos filas en la dirección transversal y 3 filas en la dirección longitudinal.

La separación longitudinal entre pilotes es constante, e igual a 4 m, mientras que la separación transversal es variable en función de la separación entre fustes de pilas.

Los encepados son rectangulares a excepción de los de las pilas 8, 9 y 10 del viaducto sur en los que debido a la mayor separación entre pilotes se han diseñado encepados con planta en H uniendo las zonas entre fustes por una viga riostra. El canto de los encepados es de 1.50 m.

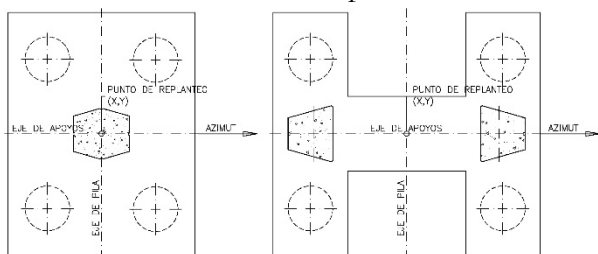


Figura 14. Encepado tipo (izquierda) y encepado de pilas 8, 9 y 10 (derecha)

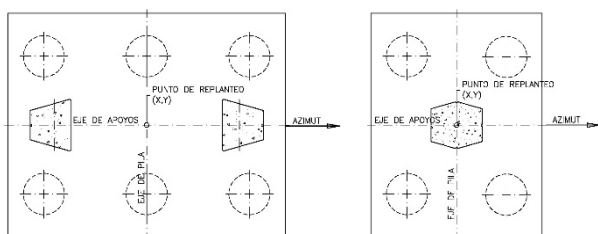


Figura 15. Encepado de pilas 11 y 12 (izquierda) y encepado de pilas del ramal (derecha)

Los estribos 1 del viaducto sur y los estribos 2 del viaducto norte son cargaderos pilotados sobre 3 pilotes de 1.20 m de diámetro. en los estribos del tronco, y sobre 2 pilotes del mismo diámetro en los estribos de los ramales. La longitud de los pilotes de estribos varía entre 30.0 m y 33.5 m.

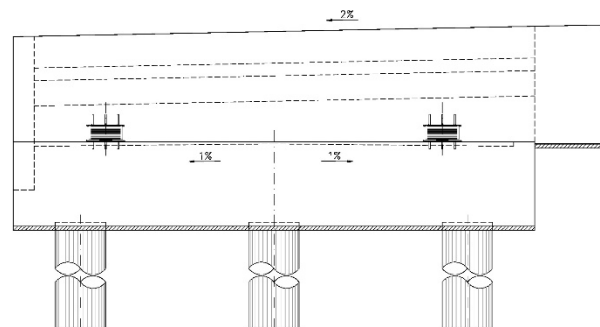


Figura 16. Alzado y secciones de pilas del ramal

Los estribos 2 del viaducto sur y los estribos 1 del viaducto norte son estribos abiertos con cimentación profunda formados por dos fustes de canto variable y encepados con seis pilotes de 1.20 m de diámetro. La longitud de los pilotes varía entre 23 m y 24 m.

La configuración de estos estribos, originalmente similares a los descritos previamente, se modificó durante las obras para flexibilizar los plazos de ejecución del terraplén intermedio, es decir para independizar la ejecución de estos estribos de la ejecución de los rellenos.

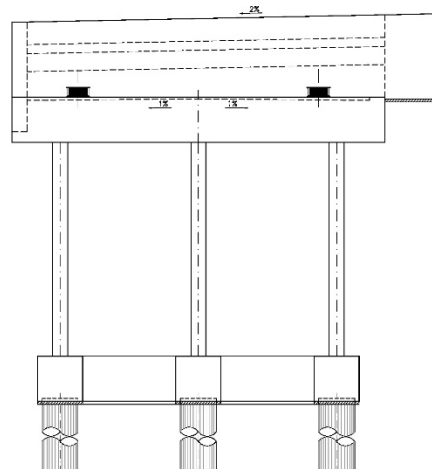


Figura 17. Alzado y secciones de pilas del ramal

Dado que la separación que existe entre las dos calzadas es demasiado grande para tener un cargadero o estribo abierto común a las dos estructuras, se han diseñado dos cargaderos o dos estribos abiertos independientes con un muro entre ellos como elemento de contención de tierras.



Figura 18. Muro dispuesto entre cargaderos pilotados

Además, con el fin de integrar la zona de los viaductos en la futura urbanización, en los estribos del viaducto sur se ha previsto la ejecución de una serie de espacios aterrizados en los terraplenes.

4. Construcción del puente

Las obras del nuevo puente fueron adjudicadas a la UTE formada por OHL y UC10 Infraestructuras.

4.1 Cimentación, pilas y estribos

Las obras comenzaron, una vez desbrozado el terreno, con la ejecución de los pilotes de los estribos y de las pilas.

Como se ha apuntado, los pilotes de diámetro 1.20 m fueron ejecutados in situ. Se empleó una camisa recuperable dispuesta hasta la cota superior del estrato de margas.

Una vez ejecutados los pilotes se procedió al encofrado, disposición de la ferralla, hormigonado de los encepados y los alzados de las pilas.



Figura 19. Ejecución de pilotes



Figura 20. Descabezado de pilotes



Figura 21. Vista de encepado ejecutado con armaduras en espera



Figura 22. Vista de fuste ejecutado y ferralla del fuste paralelo

4.2 Tablero

El proyecto del tablero se ajustó durante la construcción a algunos condicionantes impuestos por los plazos asociados a la reposición de los Servicios Afectados, que obligaron a modificar el sentido de avance previsto en el viaducto sur. En el proyecto se había previsto arrancar las obras en el estribo 2 avanzando hacia el norte, pero hubo de redefinirse la secuencia constructiva, lo que obligó a ajustar el pretensado en zonas locales de los tramos de conexión entre tronco y ramales.

En el viaducto norte se mantuvo el sentido de ejecución definido en el proyecto desde el estribo 1 hacia el estribo 2.

La ejecución del tablero se realizó empleando una cimbra cuajada, excepto en zonas puntuales de cruce sobre viales, en los que se emplearon cimbras porticadas.



Figura 23. Vista de ejecución de cimbra porticada

La losa inferior del cajón y las almas que forman la “U” del núcleo central del cajón se hormigonaron en dos fases. En una primera se hormigonó la losa de fondo y en una segunda las almas.



Figura 24. Ferrallado de la sección en “U”



Figura 25. Hormigonado losa de fondo



Figura 26. Disposición de pretesado en almas

Una vez hormigonada la “U” del cajón se retiró el encofrado y se cerró el cajón hormigonando la losa superior sobre prelasas colaborantes apoyadas en el borde interior de las almas.

Con el cajón ya cerrado se aplicó el pretensado en cada fase, quedando la sección central despegada de la cimbra.



Figura 27. Imagen del proceso de tesado del pretensado

Las fases ejecutadas fueron las siguiente:

Viaducto norte:

- Vano 1 + Vano 2 + 1/5 Vano 3
- Resto Vano 3 + 1/5 Vano 4
- Resto Vano 4 + 1/5 Vano 5
- Resto Vano 5

Viaducto sur:

- Vano 1 + Vano 2 + 1/5 Vano 3
- Resto de Vano 3 + 1/5 Vano 4

- Resto de Vanos 4 a 11 hasta sección de L5 en Vanos 5 a 12 (8 fases)
- Resto de vano 12 + Vano 13 + 1/5 de Vano 14
- Resto de Vano 14 + Vano 15

En las juntas entre fases, de forma general, se dio continuidad a los cables de pretensado mediante el empleo de acopladores alojados en zonas regreasadas de las almas.

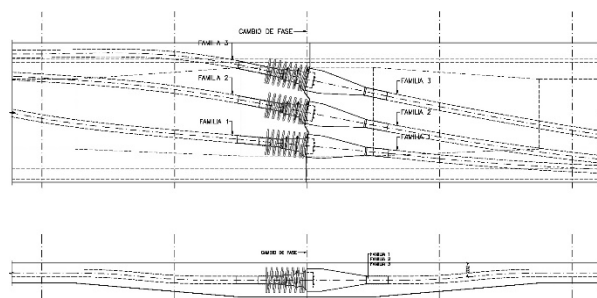


Figura 28. Continuidad del pretensado mediante el empleo de acopladores

Puntualmente se ha resuelto el cambio de fases mediante cruce de cables de pretensado mediante cuñas de anclajes de las almas, en las zonas en que se incrementaba la cuantía de pretensado en una fase dada respecto a la fase previa.

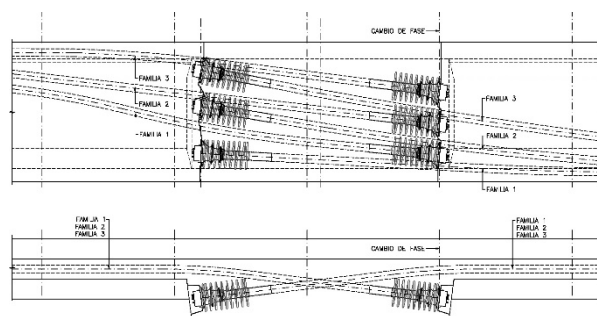


Figura 29. Continuidad del pretensado mediante cruce de cables

Una vez cerrado y tesado el cajón se colocaron los jabalcones prefabricados. Para la disposición de los jabalcones la UTE constructora empleó torres de cimbra a modo de apeo de los elementos prefabricados.



Figura 30. Proceso de colocación de jabalcones

Sobre los jabalcones y los bordes exteriores de las almas se colocaron unas prelasas prefabricadas que permitieron el hormigonado de los voladizos de la sección transversal.

Estas zonas en voladizo tienen ancho constante salvo en un vano de inicio de los ramales, en las que el ancho variable de los voladizos obligó a la fabricación de jabalcones alabeados.



Figura 31. Jabalcones alabeados en vano de transición

4.3 Pavimentación, instalación de pretilas, pantallas acústicas y acabados

Las últimas actuaciones, una vez ejecutado el tablero, consistieron en la impermeabilización del tablero, el extendido y compactación del aglomerado y la colocación de las juntas de dilatación.



Figura 32. Juntas de dilatación dispuestas

Además, se dispusieron los sistemas de contención y se instalaron la pantalla acústica y los báculos de iluminación.

Por último, con carácter de protección a la carbonatación del hormigón y con un carácter estético marcado por la propiedad, se aplicó una pintura blanca a todos los paramentos vistos de los elementos tanto prefabricados como ejecutados in situ.

4.4 Imágenes fin de obra



Figura 33. Vista del conjunto del viaducto terminado.



Figura 34. Vista de un estribo.



Figura 37. Vista del estribo del ramal de acceso



Figura 35. Vistas jabalcones alveolares



Figura 36. Paso del viaducto sobre glorieta existente

5. Epílogo

Este proyecto representa una rara excepción, ya que la construcción de una estructura singular ha precedido a los procesos de urbanización y edificación de la zona que atraviesa y a la que da servicio. Gracias a la visión del promotor, la Junta de Andalucía, ha sido posible levantar un viaducto especial, diseñado para ser contemplado desde abajo en un entorno que aún no ha alcanzado su desarrollo urbano.

Por ello, es fundamental que la urbanización avance rápidamente y ocupe los espacios planificados, permitiendo que esta obra, fruto de una inversión considerable, cumpla plenamente su propósito. Solo cuando los vecinos y visitantes puedan apreciarla en su contexto urbano, el esfuerzo colectivo realizado habrá alcanzado su verdadera justificación.