

Proyecto y construcción del viaducto sobre el río Serpis en el acceso al Puerto de Gandía

Detail design and construction of the viaduct over Serpis River in Gandía Harbour

Miguel Ortega Cornejo^a, Juan Luis Mansilla Domínguez^b, M^o Reyes García Orduña^c, y Beatriz Ibáñez Delgado^d

^a Máster Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Director de Ingeniería. IDEAM, S.A.

^b Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de Proyectos. IDEAM, S.A.

^c Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de Proyectos. IDEAM, S.A.

^d Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IDEAM, S.A.

RESUMEN

El Viaducto sobre el río Serpis se ubica en la parte final del nuevo acceso por el sur al puerto de Gandía. El viaducto se resuelve con tablero mixto continuo de 4 vanos con una longitud total de 190 m y luces 36+59+59+36 m. Para la sección transversal del puente se ha optado por una sección multijácena (4 vigas metálicas) conectadas a la losa superior y con doble acción mixta en zonas de negativos. Esta solución presenta claras ventajas frente a las soluciones más convencionales en cajón mixto. En el artículo se describe la concepción y los detalles de la estructura metálica, en los que se ha prestado especial atención a la fatiga, así como el proceso constructivo seguido para su ejecución.

ABSTRACT

The viaduct over Serpis River is located at the end of the new south access to Gandia harbour. The viaduct is solved with a continuous composite deck, 4 spans of 36+59+59+36 m making a total length of 190 m. The transversal section was solved with 4 double steel twin girders, connected to the upper slab and with double composite action at the sagging area. This solution entails clear advantages against conventional solutions for composite bridges. The article exposes the conceptual design and the details design of the steel structure, special mention to fatigue along with the construction process followed.

PALABRAS CLAVE: Puente mixto, sección bjjácena, doble acción mixta, fatiga.

KEYWORDS: Composite bridge, twin girder, double composite action, fatigue.

1. Introducción

El Viaducto sobre el Río Serpis se enmarca dentro de una actuación más amplia para dar acceso por el sur al puerto de Gandía. Previamente a esta actuación, el acceso al puerto, cuyo entorno se encuentra urbanizado en su totalidad, se realizaba a través de carreteras urbanas y que, especialmente durante el periodo

estival, sufren un tráfico intenso. Esto daba lugar por una parte a una limitación de la operatividad del puerto, así como molestias a las urbanizaciones de la zona.

En este contexto se desarrolla el proyecto constructivo (Fig. 1) del nuevo acceso al puerto de Gandía en cuyo tramo final se ubica



Figura 1. Planta general de la actuación. El Viaducto está en el último tramo, situado a la derecha en la imagen

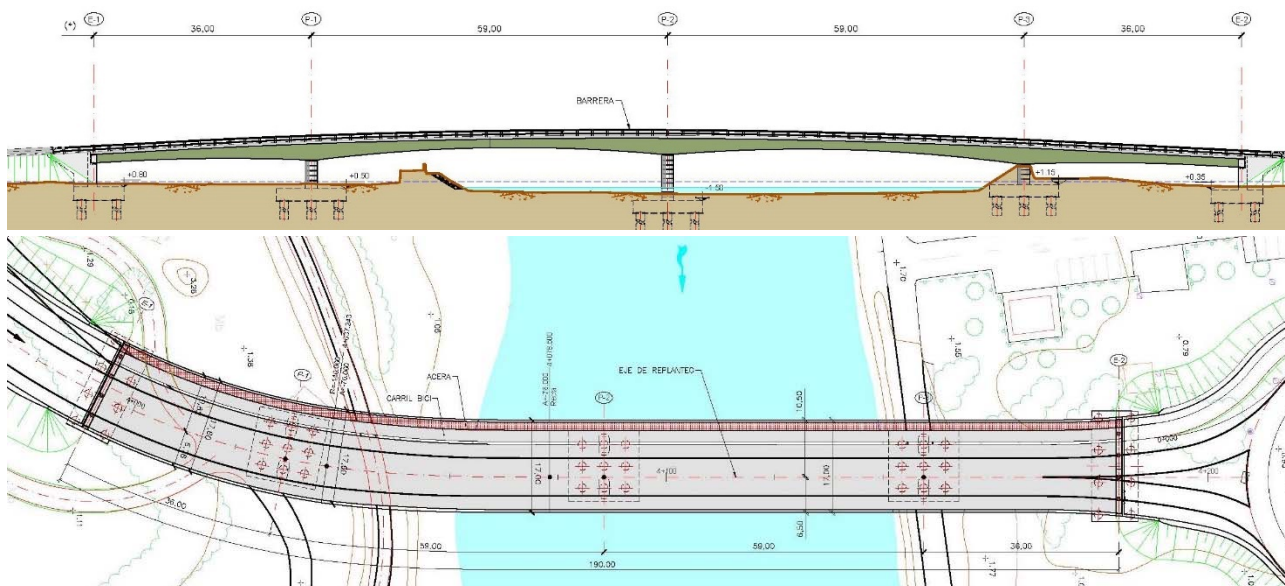


Figura 2. Alzado y planta del viaducto

el viaducto sobre el río Serpis, objeto de este artículo. El viaducto salva el río Serpis en su desembocadura, zona en la que alcanza un ancho de cauce de hasta 90 m (Fig. 2).

2. Descripción del viaducto

El Viaducto sobre el río Serpis tiene 4 vanos de luces $36 + 59 + 59 + 36$ m. En planta, el trazado presenta una curva circular y de transición que afecta a los dos primeros vanos y es recto en los dos últimos.

La plataforma, que tiene un ancho variable entre 17 y 18'29 m en la zona próxima a la glorieta, aloja 2 carriles de entre 3'5 y 3'8 m cada uno, 2 arcenes de 2'5 m, separado por un pretil en una zona lateral con zona de peatonas de 1'5 m y un carril bici de 2'10 m (Fig. 3)

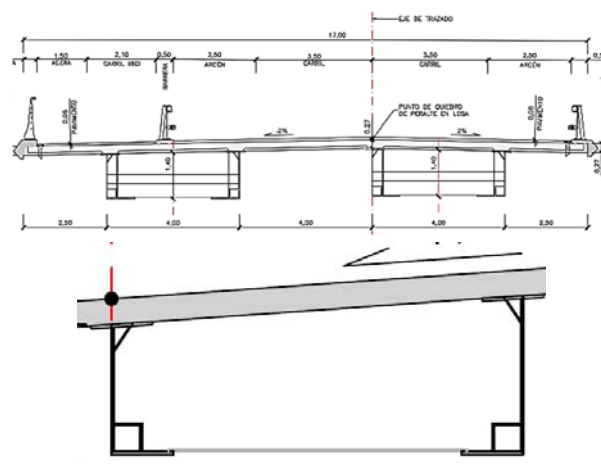


Figura 3. Sección transversal del viaducto y detalle en zona curva

El peralte transversal varía entre un 7% y el 2% en la zona curva junto al E-1, y tiene bombeo de 2% a dos aguas en el tramo recto. La sección transversal del tablero se materializa mediante 4 vigas de canto variable parabólico,



Figura 4. Vista general del Viaducto sobre el río Serpis.

arriostrados dos a dos, conetados a la losa superior materializando una sección multijácena con simple acción mixta en zonas de momento positivos en centro de vano, y con doble acción mixta en las zonas de negativos sobre pilas (Fig. 4 y 5)

La losa superior tiene 27 m de espesor constante y las vigas metálicas varían de canto entre 1'40 m en centros de vano y 2,70 m sobre pilas. Las esbelteces de metal son 1/42 en canto de vano y 1/22 en pilas y la esbeltez total de 1/35 y 1/20 considerando el espesor de la losa.

Si bien el peralte transversal de la plataforma es notable en algunas zonas, la cota de las platabandas inferiores de cada par de vigas es la misma en cada sección, potenciando el efecto estético del alzado del puente, además de configurar una plataforma horizontal que facilita las labores de inspección y mantenimiento del interior de la estructura.

Por otra parte, esta configuración de la sección transversal da lugar a diferencias en el

canto de cada par de vigas contiguas, con la consiguiente diferencia de rigideces; lo que se añade al trazado parabólico que se ajusta para la altura promedio de cada par de vigas.

Por todo lo anterior, en fase de proyecto se ha prestado especial atención al comportamiento transversal de la sección, especialmente en las zonas curvas, para las que se dan las mayores diferencias de cota entre las vigas.

La zona de hormigón de fondo (Fig. 5) se extiende en 13,60 m a ambos lados de cada pila, con un espesor linealmente variable entre 0,25 y 0,50 m, a excepción del primer vano, en el que el hormigón de fondo alcanza una longitud de 15,70 m para mejorar el comportamiento estructural en la zona de mayor curvatura.

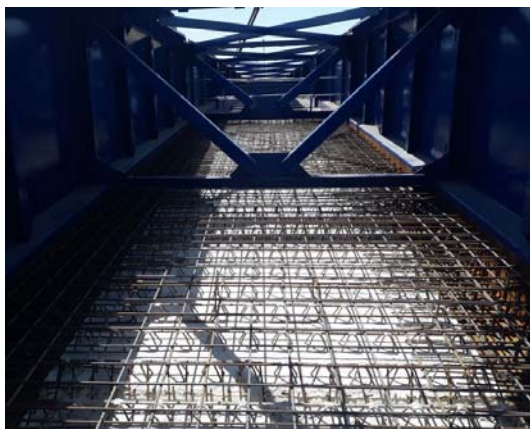


Figura 5. Detalle de celosías en zona de hormigón de fondo durante la construcción.

Por su parte, en la zona de positivos la configuración es de sección bijácena abierta distorsionalmente. En el fondo de la sección se ha dispuesto un trámex con objeto de hacer la sección interiormente visitable para labores de inspección y mantenimiento, que se apoya mediante una estructura auxiliar en la platabanda inferior, diseñada para no penalizar el detalle de fatiga de chapas, realizados acorde al Eurocódigo [2].

Las vigas se vinculan dos a dos mediante elementos transversales de rigidez, estando conectadas cada par únicamente a través de la losa de hormigón.

Para cada par de vigas se han dispuesto en las zonas de centros de vano montantes transversales metálicos en H (Fig. 7) situados en un plano vertical ortogonal al eje de la estructura. Se configura en estas zonas un comportamiento de sección bijácena abierta distorsionable, empleada por los autores del artículo en otras realizaciones similares con excelente resultado.

En la zona de negativos con hormigón de fondo se disponen celosías transversales rígidas (Fig. 8) que permiten cerrar el circuito de torsión y que evitan, en esa zona, la distorsión de las vigas generando un comportamiento similar al de un cajón mixto convencional. Para dar lugar a este comportamiento, la primera celosía que se dispone al inicio de la zona de hormigón de fondo ha sido diseñada para inyectar el desequilibrio de carga entre las dos vigas proveniente de la zona central (Figs. 6 y 7). Esto

motiva que está primera celosía sea más potente que las siguiente, además de disponerse unos pernos en el perfil inferior para lograr una correcta transmisión del mecanismo de fuerzas a través del hormigón de fondo, cerrando el circuito de torsión.



Figura 6. Vista inferior durante la construcción.



Figura 7. Imagen de arriostramiento en H en zona cambio de vano.



Figura 8. Vista de una celosía de la zona de negativos en taller.

Este doble esquema de elementos transversales de rigidez (montantes transversales en H y celosías) ha permitido lograr el óptimo entre las cuantías de metal del puente y su sencillez constructiva, al tiempo que no se penaliza la respuesta deformacional, especialmente en la zona curva.

Entre elementos de arriostramiento transversales se disponen entre uno y tres rigidizadores de alma según las zonas. Asimismo, las platabandas superiores están vinculadas dos a dos por celosías horizontales para dar estabilidad en fase constructiva frente a acciones de viento.

La transmisión de las reacciones a los apoyos se realiza mediante mamparos de alma llena con paso de hombre en el centro, para permitir el tránsito interior de la sección, para labores de mantenimiento.

En todos los mamparos está prevista la rigidización necesaria para la sustitución de apoyos.

El acceso al interior del tablero de las vigas 2 a 2, se realiza desde la zona adyacente a ambos estribos, por la zona con trámex en el fondo del tablero dejando sendos pasos de hombre.

Todos los aparatos de apoyo de la estructura son neoprenos zunchados con capacidad suficiente para absorber las fuerzas sísmicas. Para reducir en lo posible estas fuerzas se ha dotado a los aparatos de apoyo de una altura de goma elevada.

En las pilas se disponen aparatos de apoyo gofrados que evita la reptación del apoyo cuando esté trabajando con reacciones bajas. En los estribos se disponen aparatos anclados para evitar este problema. En cabeza de pilas y estribos está prevista la sustitución de apoyos mediante gateo con la previsión de las holguras y detalles de armados locales correspondientes.

Como ya se ha especificado, el puente se encuentra en la desembocadura del Río Serpis, por lo que todas las cimentaciones son pilotadas, con longitudes de pilote que alcanzan los 46 m.

Para una de las pilas, situada en el borde del cauce, se ha diseñado una estructura exterior

no resistente rellena de porexpan para dar continuidad a la protección del cauce (Fig. 9).



Figura 9. Mota de protección en pila P-3.

3. Proceso constructivo

3.1 Fabricación en taller

Tanto en fase de diseño como en la fabricación en taller, llevada a cabo por HortaCoslada, se ha insistido y cuidado especialmente de los detalles de fatiga. La amplia experiencia de los autores, incluida en las recomendaciones de concepción y diseño de detalles incluido en la Guía de Fatiga, recientemente publicada por el Ministerio de Fomento [2], se ha aplicado en todos los detalles principales que pueden condicionar a fatiga, acorde con el Eurocódigo UNE-EN 1993-1-9 [1].

Dada la cierta complejidad geométrica de la estructura, resulta especialmente relevante la exigencia de un montaje en blanco en taller, antes del envío de las piezas a obra, que garantice la ausencia de desalineaciones o faltas de ajuste que no puedan corregirse en obra.

Para ello se hicieron coincidir en taller los tramos adyacentes de la estructura completa para comprobar la continuidad de alineaciones verticales y en planta entre tramos, pendientes longitudinal y peraltes y que las tolerancias para las uniones a realizar posteriormente en obra eran las adecuadas (Fig. 10).

3.2 Transporte a obra

La separación de las zonas arriotradas es de 4m, lo que permitió su transporte a obra por tramos,

minimizando así las tareas de ensamblaje a pie de obra, donde el espacio de acopio era limitado (Fig. 11).

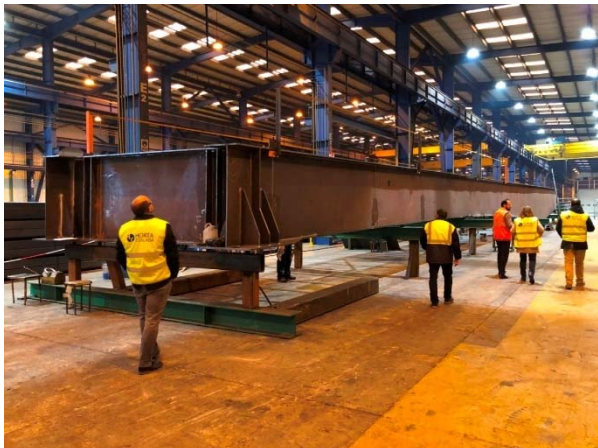


Figura 10. Vista de viga lateral posicionada en taller.



Figura 11. Transporte de piezas a obra

Se transportaron tramos de entre 20 y 30 m a obra con la estructura metálica completamente montada.

3.3 Puesta en obra

La construcción se realizó sin necesidad del empleo de apeos intermedios en el cauce, avanzando la ejecución desde E-2 hacia E-1.

Se izaron los tramos de vigas dos a dos, con los marcos y celosías previamente soldados. Cada tramo vuela sobre la pila en el entorno del 20-25% de vano siguiente (Fig. 12), donde en fase definitiva se sitúa aproximadamente el punto de inflexión de la ley de momentos flectores, asegurando así que bajo el peso propio del metal la ley de momentos flectores es muy similar a la de una viga continua.

Posteriormente se colocan las prelosas y se hormigona, por este orden, el hormigón de fondo y la losa superior con un vano de decalaje.



Figura 12. Izado mediante grúa de tramo metálico.

Las prelosas son de dos tipos, las que apoyan entre las 2 vigas más el voladizo exterior y la prelosa central entre las 2 vigas centrales. Las primeras se sujetan provisionalmente en el apoyo interior para evitar la tendencia al vuelco al volar de forma excéntrica (Fig. 18).

Las prelosas centrales son simplemente apoyadas entre las 2 vigas centrales. Todas ellas son de la tipología de prelosas en celosía (Fig. 19)

Se ha prestado especial cuidado en proyecto y durante la ejecución en la coordinación de la posición de las barras salientes de la celosía de las prelosas y los pernos conectadores de las vigas, de manera que se eviten posteriores problemas de difícil resolución en obra.

Para la losa superior se ha dividido el hormigonado en dos fases. En primer lugar se hormigona la zona central entre cada par de vigas (Fig. 13) y posteriormente las zonas restantes: zona central de la losa y voladizos. Esto permite que se no se



Figura 13. Losa hormigonada en primera fase.

penalice en exceso el dimensionamiento de la sección metálica, ya que parte del peso de la losa recae sobre una sección ya parcialmente mixta. Además, el hormigonado se realiza tanto en la zona central como en los laterales en retroceso desde el frente de tramo, evitando de esta manera prefisurar las secciones sobre pila y mejorando la durabilidad de la losa en esas secciones.

El curado de la losa superior y del hormigón de fondo se hizo mediante el riego, la colocación de arpilleras, manteniéndolas húmedas durante el proceso de curado, evitando así la eventual fisuración temprana por retracción. En la imagen de la Fig. 12 se aprecian acopiados los sacos de arpilleras tras su recogida.

Por último, se realizan los acabados finales tales con la ejecución de aceras y barreras, impermeabilización del tablero, pavimentación y colocación de juntas. Las prelosas de las figuras 14 y 15 muestran 2 fases aéreas de la ejecución. Colocación de vigas metálicas y prelosas.



Figura 14. Imagen aérea de las 4 vigas colocadas en obra.



Figura 15. Vista aérea del viaducto colocando prelosas.

3.4 Prueba de carga

Para la prueba de carga se definieron dos zonas diferenciadas de carga en la sección transversal, en relación a su uso: zona de carril ciclista y peatonal (Fig. 16); y zona de calzada para tráfico rodado (Fig. 17).

Para cada una de ellas se ha asignado una carga diferenciada: Para el carril bici se materializó una carga uniforme de 300 kg/m^2 mediante palés, el 60% de la sobrecarga de uso de esa zona.

En cuanto a la prueba de carga en la zona de tráfico rodado se hizo con camiones, que se posicionaron en un total de 7 configuraciones diferentes, probando las secciones críticas de momentos positivos y negativos de todos los vanos.

Los resultados de la prueba de carga fueron satisfactorios.



Figura 16. Prueba de carga en la zona peatonal y carril ciclista.



Figura 17. Prueba de carga en calzada



Figura 18. Vista general de la estructura durante las obras en una visita de parte del equipo de IDEAM

4. Principales participantes en el proyecto y obra

Propiedad: Ministerio de Fomento

Empresa Constructora: Copcisa

Jefe de obra: Vicente Capilla

Jefe de producción: Carlos Frigola

Taller metálico: Horta Coslada

Proyecto Constructivo Modificado:

IDEAM S.A. Miguel Ortega Cornejo, Juan Luis Mansilla Domínguez, M^a Reyes García Orduña, Helder Figueiredo, Beatriz Ibáñez Delgado

Asistencia Técnica especializada durante la ejecución de las obras: IDEAM S.A. Miguel Ortega, Juan Luis Mansilla y M^a Reyes García Orduña.

Referencias

- [1] UNE-EN 1993-1-9 Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 2: Fatiga. AENOR
- [2] Guía para el proyecto frente a puentes metálicos y mixtos de carretera. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. 2019