

PUENTE SOBRE EL RÍO PORCÍA. (A-8 ASTURIAS).

José A. del VALLE PÉREZ

Ingeniero de Caminos C. y P.
TORROJA INGENIERÍA, S.L.

javalle@torroja.es

Javier GAMINO PALOMO

Ingeniero de Caminos C. y P.
TORROJA INGENIERÍA, S.L.

jgamino@torroja.es

Ramón M^a MERINO MARTÍNEZ

Ingeniero de Caminos C. y P.
TORROJA INGENIERÍA, S.L.

rmerino@torroja.org

Juan J. ÁLVAREZ ANDRÉS

Ingeniero de Caminos C. y P.
DRAGADOS, S.A.

jjalvareza@dragados.com

RESUMEN

El puente del Porcía se ubica en la autovía A-8 del Cantábrico, N-634 San Sebastián a Santiago de Compostela, en el tramo Navia-Tapia de Casariego. Se ha proyectado un puente de 236,00 m de longitud total, dividida en 4 vanos de 48+60+80+48 m. El puente consta de un único tablero de 26 m de ancho, que alberga el tronco de la autovía. El tablero metálico ha sido construido detrás del estribo E-1 y lanzado en pendiente con ayuda de una nariz de 28 m de longitud. Su construcción ha sido llevada a cabo entre los años 2009 y 2010.

PALABRAS CLAVE: Lanzamiento, Empuje, Puente Mixto, Pescante, Nariz, Proceso Constructivo, A-8, Torroja.

1. Emplazamiento y encaje.

El puente del Porcía se ubica en la autovía A-8 del Cantábrico, N-634 San Sebastián a Santiago de Compostela, en el tramo Navia-Tapia de Casariego, en las proximidades de la localidad de El Franco.

El puente salva el río Porcía y su llanura de inundación, además del antiguo canal de Los Moros, en la margen izquierda del río. Se trata de un canal de riego con valor histórico, descubierto durante la fase de explanaciones.

Se ha proyectado un puente de 236,00 m de longitud total, dividida en 4 vanos de 48+60+80+48 m.

El canal histórico pasa bajo el vano 1 y el río Porcía bajo el vano principal. El río Porcía, en aguas bajas, fluye por las proximidades de la pila 2.

El puente se emplaza próximo a la desembocadura del río, en un entorno natural y salvaje de gran valor. El vano de 80m se justifica por la existencia del condicionante inicial de no alterar el cauce del río ni su vegetación de ribera (motivos ambientales y paisajísticos).

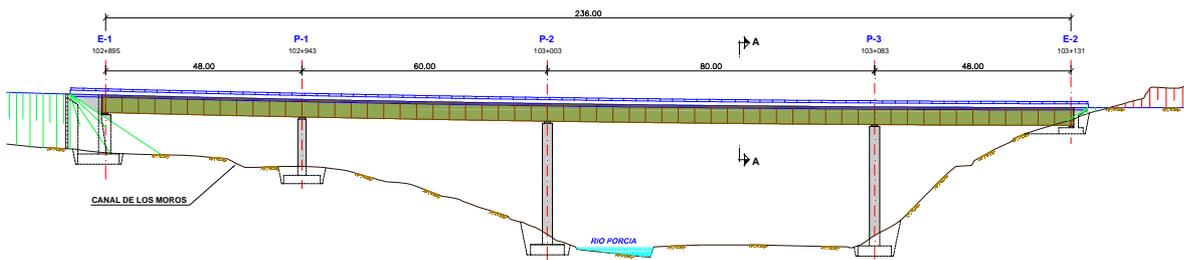


Figura 1. Alzado del puente.

2. Datos de trazado.

El trazado en planta de la autovía a su paso por el puente es recto. En alzado, el puente se ubica sobre un acuerdo vertical cóncavo de $k_v = 10.000$. La ley de peraltes es constante, bombeo del 2% en el tramo de trazado donde se ubica el puente.

3. Tipología y sección tipo del tablero.

El tablero es de tipología mixta (estructura de acero coronada por una losa de hormigón armado que soporta las plataformas de circulación). Tiene un canto total de 4,350 m en el eje (4,085 m de estructura metálica, y 0,265 m de losa forjada). El ancho del tablero es de 26,00 m y alberga ambos sentidos de circulación, como se representa en el esquema adjunto.

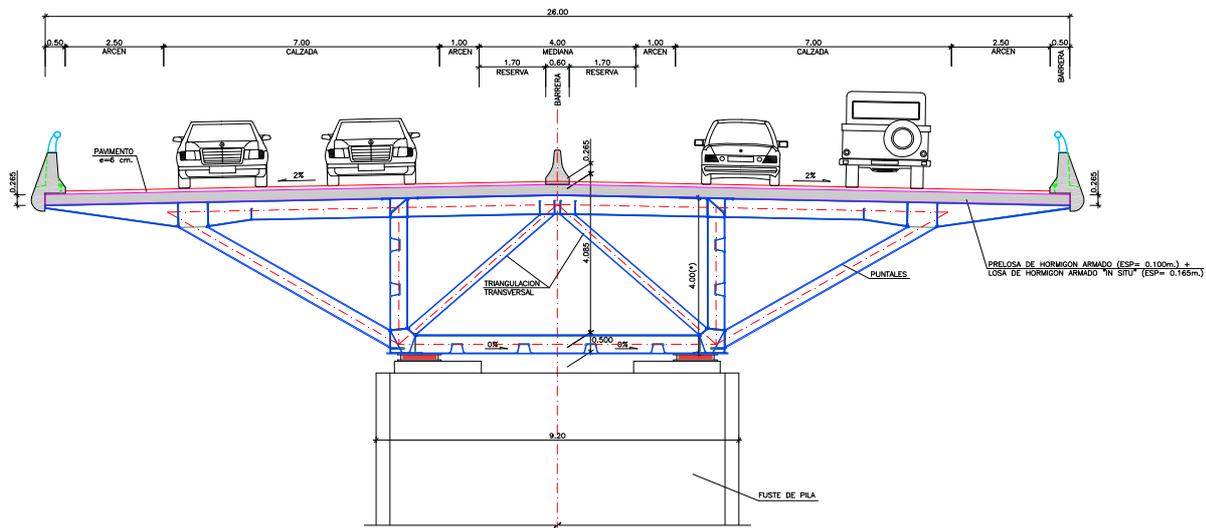


Figura 2. Sección tipo del puente.

El tablero tiene sección tipo cajón (8,50 m de ancho y 4,00 m de altura de almas) con un sistema transversal de puntal + voladizo a cada lado del cajón, de 8,75 m de longitud, que completan los 26,00 m de ancho total del tablero. Se dispone un marco transversal de rigidización cada 4,00 m,

coincidiendo con el sistema de puntales+voladizos. Los marcos transversales tienen rigidización en K.

En la zona sobre pilas se dispone una losa de hormigón de fondo sobre el forjado inferior del cajón de 0.50 m de espesor.



Figura 3. Aspecto del puente visto desde la ribera del río

4. Cuantías del tablero.

Las características generales del tablero son:

- Acero estructural S355 J2G3:	13.870 kN
	225 kg/m ²
- Hormigón armado:	0,265 m ³ /m ²
	663 kg/m ²
- Pavimento: 0,06 m	138 kg/m ²

5. Pilas

Las pilas tienen sección cajón de canto y ancho constante y 0,30 m de espesor de pared. La pila 1 tiene 14,00 m de altura y dimensiones 2,00 x 9,20 m². Las pilas 2 y 3 tienen 30,00 y 29,00 m de altura y dimensiones 2,50 x 9,20 m². El ancho de las pilas viene condicionado por el proceso constructivo del tablero. Los aparatos de apoyo provisionales de empuje han de instalarse bajo las

almas, con una excentricidad mayor que los aparatos de apoyo definitivos, con lo que el ancho de la cabeza de pila se ensancha hasta los 9.20 m.

La pila P-1 se cimenta superficialmente mediante una zapata de 9,00 x 14,00 m² y 1,50 m de canto. La tensión admisible media en cimentación es de 0,4 MPa.

La pila P-2 se cimenta superficialmente mediante una zapata de 8,00 x 13,50 m² y 2,00 m de canto. La tensión admisible media en cimentación es de 0,8 MPa.

La pila P-3 se cimenta superficialmente mediante una zapata de 6,50 x 12,50 m² y 2,00 m de canto. La tensión admisible media en cimentación es de 0,8 MPa.

Los alzados de pilas se construyen con hormigón HA - 30.

Las cimentaciones se construyen con hormigón HA - 25.

En todos los casos se emplea acero pasivo B 500 S.

6. Estribos

El estribo 1 es cerrado, de 14,50 m de altura y 26 m de anchura total. El muro de frente tiene un espesor de 2,75 m y un ancho de 9,20 m. A ambos lados del muro de frente, en prolongación del mismo, se disponen sendas aletas empotradas de canto variable en el intradós, entre 2,00 m en la base y 0,75 m en coronación, hasta completar el ancho total de 26,00 m. Se dispone, a cada lado del estribo una aleta en vuelta de 5 m de longitud de canto variable (0,75 m en coronación y pendiente 1/12 en el trasdós) cuyo extremo se remata con aletas belgas de 2,50 m de longitud. Por detrás del estribo E-1, el tronco de la autovía discurre sobre terraplén. El estribo se cimenta superficialmente sobre una zapata de 9,75 x 27,00 x 2,50 m³ que transmite al terreno una tensión media inferior a 0,4 MPa.

El estribo 2 es un simple cargadero de hormigón armado cimentado sobre el desmante de excavación de la margen derecha del río Porcía. Por detrás del estribo E-2, el tronco de la autovía discurre en desmante, excavado en roca con distintos grados de meteorización. El estribo se diseña para transmitir al terreno una tensión máxima de 0,4 MPa.

Los alzados se construyen con hormigón HA – 30 y las cimentaciones se construyen con hormigón HA - 25. En todos los casos se emplea acero pasivo B 500 S.

7. Proceso constructivo del tablero.

El alto valor natural y paisajístico del entorno ha aconsejado independizar en lo posible la construcción del puente del lugar de implantación. Esto, unido a la existencia del vano principal de 80 m, ha llevado a construir el tablero metálico en taller, montarlo tras el estribo E-1 y desplazarlo hasta su ubicación definitiva mediante un procedimiento de empuje.

Las márgenes del río son fuertemente asimétricas. La izquierda (E-1) presenta una pendiente suave y constante mientras que la derecha está bruscamente marcada por la presencia de un macizo rocoso de paredes inaccesibles. Se ha optado por disponer el parque de empuje en la ladera izquierda, sobre el terraplén de la autopista tras el estribo E-1, de unos 150 m de longitud.



Figura 4. Vista aérea durante la construcción de la subestructura. Parque de fabricación tras E-1.

Esto ha obligado a lanzar el puente con una pendiente del -3%, y a disponer un sistema de retenida del tablero durante el lanzamiento, pero la idea de excavar el parque tras el estribo E-2, en roca, era antieconómica. Se ha definido un parque de 150m de longitud, que ha permitido construir y lanzar el tablero en dos fases. Ampliar la longitud del parque exigía excavaciones costosas e innecesarias en el sustrato rocoso.

Se ha empujado la estructura metálica con las prelosas de hormigón armado sobre el cajón central (8 m de ancho) en toda la longitud del tablero excepto en sus 80 m finales, en que no se han dispuesto para reducir peso en el voladizo generado durante el lanzamiento.

Analizado el estado del arte de las técnicas de desplazamiento de grandes cargas, se consideraron distintas posibilidades para la subestructura provisional de empuje. En parque, se optó por disponer dos carriles de lanzamiento sobre los que deslizaban los apoyos, unidos al puente en traviesas de pila o estribo. Frente a la posibilidad de disponer apoyos en posición fija sobre los que deslizase la estructura, este sistema tenía la ventaja de no requerir refuerzos en la estructura derivados de su deslizamiento en parque.

Por simplicidad de operación, los apoyos provisionales en pilas y E-2 se decidieron poner a cota fija. En parque y E-1 se decidió disponer apoyos regulables en altura, pues se disminuía considerablemente la necesidad de refuerzos debidos al proceso constructivo.

Se decidió lanzar con la ayuda de un pescante de 28m de longitud y 390 kN de peso, diseñado específicamente junto con el proceso del lanzamiento por Torroja Ingeniería. Dicho pescante limitaba la necesidad de refuerzo del tablero para poder desarrollar el voladizo de 80m.

En relación al proceso constructivo del puente existen dos ponencias adicionales en que se profundiza en la explicación de la elección del proceso y se describe en detalle la maniobra finalmente efectuada.

8. Proceso constructivo de la losa-forjado.



Figura 5. Proceso constructivo de las partes de hormigón del tablero.

Una vez el tablero metálico situado en su ubicación final, sobre los aparatos de apoyo definitivos, se procede a la ejecución de las partes de hormigón armado del tablero, que son el hormigón de fondo sobre las pilas y la losa forjado sobre el tablero.

El peso de las partes de hormigón del tablero es muy superior al peso de las partes de acero estructural. El peso del acero estructural sobre el tablero supone $2,250 \text{ kN} / \text{m}^2$, mientras que solo la losa forjado supone $6,625 \text{ kN} / \text{m}^2$ de peso propio sobre el tablero, es decir, casi tres veces más.

Las partes de hormigón se construyen sobre la estructura metálica apoyada sobre pilas y estribos. Esto quiere decir que las partes de hormigón del tablero recién hormigonadas son una carga muerta importante sobre la estructura previamente construida, y solo son capaces de resistir las cargas permanentes introducidas sobre la estructura con posterioridad a su fraguado (nuevos tramos de losa, pavimento, pretilas...).

La elección de un adecuado proceso constructivo de las partes de hormigón es fundamental para:

- El dimensionamiento de las chapas de la estructura metálica, fuertemente solicitadas por el hormigón fresco sobre ellas, en las fases en que solo es resistente la estructura metálica,

- El cálculo de las flechas del tablero debidas a las cargas permanentes, que servirá para la definición de las contraflechas de ejecución de la estructura metálica,
- La correcta ejecución de las distintas zonas de la losa forjado. Por ejemplo, si se hormigona la losa forjado sobre pila y con posterioridad sobre centros de vano, habrá que controlar la fisuración de la losa sobre las pilas....

Las partes de hormigón se ejecutan al final del proceso constructivo del puente, con lo que es frecuente encontrarse en situaciones de apremio en Obra, derivadas de distintos retrasos acumulados, que convierten la ejecución del hormigón del tablero en actividad crítica para la finalización de los trabajos.

El proceso constructivo ideal desde el punto de vista estructural entra frecuentemente en conflicto con las preferencias de Obra. Por ejemplo, desde el punto de vista estructural, hormigonar primero la losa sobre centros de vano y después sobre pilas sería ideal para el control de la fisuración. Sin embargo, no tener acceso desde el tablero complica, a veces sobremanera, la ejecución del hormigón sobre los centros de vano.

Por lo expuesto, es fundamental ejecutar de manera primorosa la impermeabilización del tablero en las zonas sobre pilas, al encontrarse el hormigón de la losa en zona traccionada.

En este puente se ha definido un proceso de hormigonado intentando conciliar los intereses de Proyecto (comportamiento estructural) y de Construcción (sencillez y rapidez de ejecución).

El proceso constructivo de Proyecto para las partes de hormigón ha sido el siguiente:

- Hormigonado del fondo del cajón por tongadas sobre todas las pilas del tablero.
- Hormigonado de una primera fase de la losa forjado en los 10 m centrales de tablero en los vanos V1 y V4, en avance desde los estribos hacia las pilas 1 y 3 respectivamente.
- Hormigonado de una primera fase de la losa forjado en los 10 m centrales de tablero en el vano V2, en avance desde la pila P-1 hacia la pila P-2.
- Hormigonado de una primera fase de la losa forjado en los 10 m centrales de tablero en el vano V3 (principal), en avance desde las pilas P-1 y P-2 hacia el centro de vano.
- El hormigonado de la segunda fase de la losa forjado (8 m a cada lado del tablero) se realiza en avance desde ambos estribos. Solo se puede ejecutar la segunda fase de la losa en aquellos vanos en que la primera fase de la losa ha fraguado y no existe frente de primera fase. Es decir, endurecida la primera fase de losa en los vanos V1 y V2 se puede proceder a ejecutar la segunda fase sobre el vano V1, pero no se podrá continuar sobre el vano V2 hasta que no se haya construido la primera fase de losa sobre el vano V3.

Con este proceso constructivo se han dimensionado las chapas de la estructura metálica y se han calculado las contraflechas para la construcción del tablero.



Figura 6. Vista aérea del puente con el tablero terminado.

9. Ficha técnica

Fecha de ejecución:	2009 - 2010
Propiedad:	MINISTERIO DE FOMENTO. Demarcación de Carreteras en Asturias.
Dirección de Obra:	Jesús Villameriel.
Empresa constructora:	DRAGADOS, S.A.
Jefe de Obra:	Vicente Pérez Pérez
Jefe de Producción:	Carlos Hipólito Fernández Brin.
Servicios Centrales:	Juan Jesús Álvarez Andrés. Luis Sopeña Corvinos.
Taller metálico:	AUGESCÓN.
Medios de lanzamiento:	VSL Heavy Lifting. José M ^a Martínez Gutiérrez Pedro García Rivero.
Proyecto y Asistencia Técnica a Obra:	TORROJA INGENIERÍA, S.L. J. Andrés del Valle Pérez. Ramón M ^a Merino Martínez.
Asistencia Técnica a la D. O.:	APIA XXI