

**III CONGRESO DE ACHE DE  
PUENTES Y ESTRUCTURAS**

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI  
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



**Realizaciones**



**PUENTE SOBRE EL RÍO ÉSERA  
N-260. TRAMO: CAMPO – AINSA (HUESCA)**

Francisco **MILLANES MATO**<sup>1</sup>, Luis **MATUTE RUBIO**<sup>2</sup>  
Antonio **CARNERERO RUIZ**<sup>3</sup>, Enrique **BORDÓ BUJALANCE**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dr. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. IDEAM S.A.

<sup>2</sup> Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. IDEAM S.A.

<sup>3</sup> Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. IDEAM S.A.

<sup>4</sup> Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. IDEAM S.A.

## RESUMEN

El artículo describe las características del Puente sobre el Río Ésera, pórtico de una única célula triangular con dintel mixto y pilas de hormigón armado. Destaca el proceso de montaje, con prefabricación a pie de obra de los fustes de la pila en posición horizontal y posterior izado a su posición definitiva. Se reseñan las particularidades estructurales de este tipo de pórticos, incidiendo en la traslacionalidad y en precauciones a tomar durante la ejecución (izado y manipulación de fustes, hormigonado de tablero).

## PALABRAS CLAVE

Tablero Mixto, Izado de Pilas, Pórtico, Estructura Traslacional.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Puente sobre el río Ésera es la estructura principal ejecutada dentro de las obras de mejora de la plataforma y refuerzo del firme de la carretera N-260, en el tramo Campo-Ainsa, provincia de Huesca. Debido a la modificación del trazado es preciso salvar el paso sobre el citado río, para lo cual se ha buscado una solución de simplicidad geométrica basada en el empleo de líneas rectas y superficies sencillas, tanto en pila como en tablero, al que se ha dotado de continuidad formal en el dintel, intentando conseguir una mínima intrusión en el entorno, de gran belleza natural. A estos condicionantes se unen los hidrológicos, proporcionados por el curso de agua, de caudal elevado incluso en periodos de estiaje, que hacían necesario un periodo de permanencia mínimo en la llanura de inundación durante la ejecución de las pilas, así como en el montaje del tablero, para hacernos optar por una solución de tablero mixto.

Ésta consiste en un cajón de acero corten y losa superior de hormigón, apoyado en una pila en V de hormigón armado, construida en un breve periodo de tiempo en posición horizontal e izada a su ubicación definitiva con posterioridad, como se explica más adelante. De esta forma se conjugan los aspectos antes enunciados de brevedad en plazo constructivo y las anteriores características formales, al coste eso sí, de aumentar la complejidad estructural



de su comportamiento, y de adoptar determinadas precauciones durante la construcción, debido a que el proceso de montaje no es convencional. El cálculo y diseño de la estructura, así como el apoyo a obra ha sido realizado por IDEAM, S.A., habiendo sido ésta ejecutada por COPISA.

El puente presenta una relación de luces de 30,0+40,0+30,0 m, con un tablero de 17,0 m de ancho y radio en planta de 350 m. La esbeltez máxima es 1/23,50, y la cuantía de acero estructural de 160 kg/m<sup>2</sup>.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura, como se ha dicho, se ha resuelto por medio del empleo de un cajón mixto en el tablero, y una pila de hormigón armado en forma de V sobre la que apoya el dintel. Las cimentaciones son pilotadas en pila y en el estribo 1, y directa en el estribo 2, siendo ambos estribos cerrados (ver figuras 2 y 3). Algunas características de la estructura son:

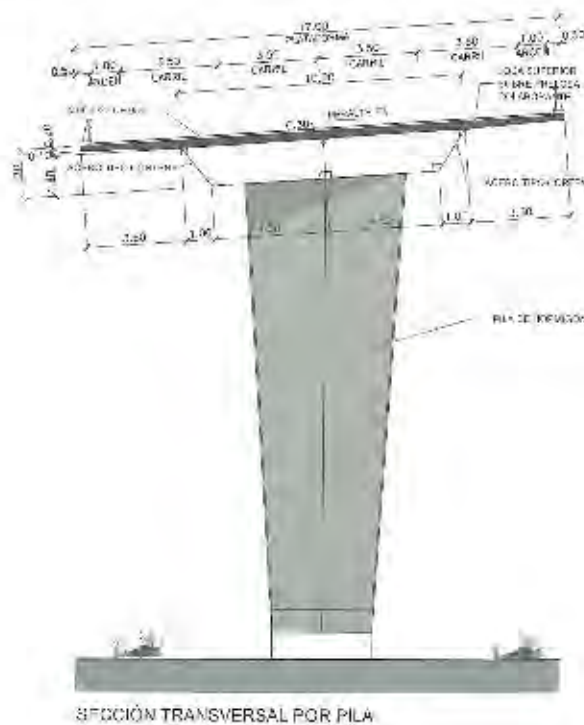


Figura 1. Sección transversal

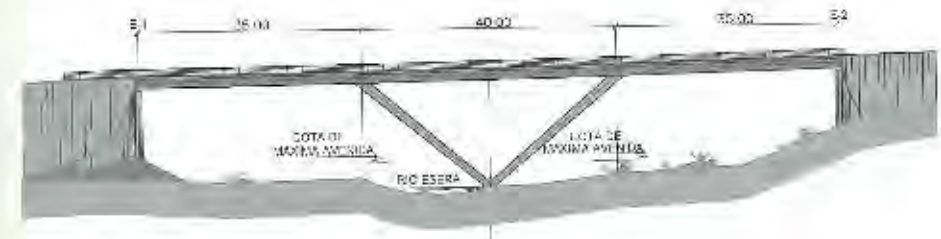


Figura 2. Alzado

### Tablero:

El puente presenta una distribución de luces de 35,0 + 40,0 + 35,0 m, entre apoyos de estribo y pila (ver figura 2); en planta se encuentra inscrito dentro de una curva circular de radio 350 m. Presenta un ancho superior de losa de 17,00 m, con voladizos de 3,50 m sobre un cajón metálico de 10,00 m de ancho superior, y 8,00 m inferior. Debido a estos condicionantes se ha escogido como tipología para la sección un cajón bicelular con tres almas, de canto 1,40 m, (canto total de 1,70 m), visualmente esbelto debido a la configuración de los apoyos en pila y la continuidad del tablero. El cajón se encuentra vinculado a la pila por medio de un nudo de hormigón armado, resuelto por medio de una ventana en su fondo, que permite el hormigonado y paso de armaduras de espera de la pila.

### Pila:

La pila se compone de dos fustes de sección rectangular de 1,00x3,50 m x m en arranque y 1,50x6,00 m x m en el punto de unión con el tablero, estableciéndose entre ambos puntos una superficie reglada formada por planos apoyados sobre las aristas de dichos rectángulos, buscando facilidad de ejecución, construyéndose en posición horizontal en el suelo, y sencillez en las formas; la sección de la pila es en su mayoría aligerada, presentando un espesor de 30 cm para las tablas, y con las esquinas acarteladas. Los fustes se encuentran empotrados en el nudo inferior de pila (por la continuidad existente entre los dos brazos), ejecutado in situ en su posición definitiva tras la colocación de las pilas, siendo macizo, ya que los aligeramientos en esos primeros metros se suprimen para mayor facilidad constructiva en la ejecución de la unión entre las piezas. La base de la pila, el vértice de la V, descansa



#### 4. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

Frente a cargas simétricas (es decir, para las cargas permanentes y las sobrecargas de uso en las hipótesis con esa condición) el comportamiento del puente responde al de una viga continua de tres vanos con un empotramiento elástico en pila, en cuanto a flexión, dejando al vano central sometido a tracción por el efecto pórtico (siendo de una célula). Por el contrario, para cargas no simétricas, la estructura presenta una gran traslacionalidad, debido a que el desequilibrio tiende a hacer girar a la célula que forman los brazos de la pila y el vano central del tablero. Si el estribo fuera un punto fijo, su reacción horizontal tendería a centrar la célula, eliminando el desplazamiento horizontal del tablero (si se desprecia el acortamiento por axil de los vanos laterales); si por el contrario se dispone un simple apoyo, es la rigidez a flexión del vano lateral la que se opone al giro de la pila. Estos movimientos, para fases en las cuales la rigidez del tablero es baja (en sección metálica abierta sin losa), y si se dan las cargas sensiblemente no simétricas, pueden ser del orden de varios centímetros (citamos como ejemplo los máximos desplazamientos para sobrecargas de uso, de casi 5 cm), acompañados de levantamientos del mismo orden en la intersección de la pila con el tablero (en su mayor parte debido al giro de sólido rígido de la célula). En este sentido citamos como dato ilustrativo las flechas obtenidas para la prueba de carga, de descensos/levantamientos en las secciones de pila de 65 mm, con desplazamiento horizontal en el estribo de 49 mm.

Esta gran deformabilidad se alenua por las coacciones introducidas por los aparatos de apoyo de neopreno zunchado, que actúan como muelles frente acciones horizontales, quedándonos así a medio camino de los extremos citados (apoyo libre y punto fijo); adicionalmente se ha dotado de topes a los estribos, diseñados para actuar exclusivamente en la combinación de acciones infrecuente en servicio, debido a que si no los elevados movimientos penalizarían en exceso los neoprenos. No se disponen apoyos fijos ahí para permitir los movimientos debidos a efectos reológicos y térmicos en el dintel, que de quedar coaccionados provocarían tensiones excesivas en la sección metálica.

El esquema estructural simplificado se puede resumir en la figura 6, donde se muestra una deformada frente a carga vertical no simétrica con el citado

movimiento horizontal, y las coacciones consideradas en el cálculo. Aunque se empleó un modelo curvo espacial, un modelo plano de barras proporciona una aproximación a la flexión más que suficiente en la práctica.

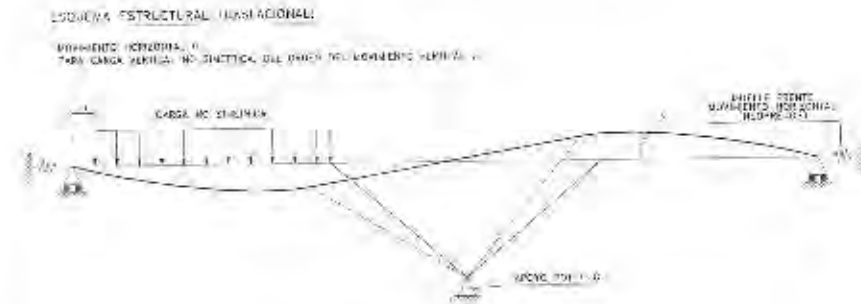


Figura 6: Esquema estructural (carga no simétrica)

Es este comportamiento frente cargas no simétricas el que lleva a adoptar precauciones durante el proceso constructivo consistentes en realizar la entrada de cargas de forma simétrica, en concreto la del peso propio de la losa (por el porcentaje importante de peso y la baja rigidez del tablero). Si el hormigonado se realiza de forma desequilibrada los movimientos elevados en los neoprenos, teniendo en cuenta además que en el vano no hormigonado el apoyo no tiene reacción vertical suficiente (es decir, tiene una baja tensión normal), pueden dar lugar a problemas de reptación de neoprenos. Por último, se dispuso una operación final de sustitución de aparatos de apoyos de los provisionales empleados durante la construcción, sujetos a grandes desplazamientos horizontales, como se ha descrito, y a la mayor parte de los giros (los principales, además de las sobrecargas, son los que se producen por el hormigonado de losa en sección metálica), por los definitivos para el resto de la vida útil de la obra, que absorben los giros de sobrecarga únicamente, como es relativamente habitual en la construcción de este tipo de estructuras.

Además de este rasgo se da en el vano central la tracción asociada a los pórticos de una célula, como se ha dicho. A efectos de comportamiento de la sección, a positivos no supone una disminución significativa de la capacidad resistente, ni a negativos ha influido en gran manera en el dimensionamiento, salvo por una cuantía algo mayor de armadura pasiva para controlar la fisuración, debido al efecto combinado de flexión negativa y tracción. Por otra

parte, esto no provoca ningún cambio en los criterios habituales de diseño del tablero, por lo que se realizó convencionalmente en hormigón armado. La transmisión del axil en el nudo se llevó a cabo principalmente por conectadores rígidos dispuestos en las almas y por parte de las armaduras de la losa, que penetraban y solapaban en la pila. La tracción fruto de diferencia de axiles de las almas exteriores, para ser introducida en el brazo de la pila, debe desviarse transversalmente por medio de armadura, en un esquema típico de bielas y tirantes. El resto de elementos de la sección no presenta un desequilibrio de axiles entre ambos extremos de sección a un lado y otro de la pila en el tablero porque tanto alas como chapa y hormigón de fondo se encuentran en E.L.U. trabajando a su límite elástico.

El apoyo y transmisión de cargas verticales se realiza por medio de un mamparo de alma llena sobre el brazo de pila, para lo cual se barajaron dos opciones. Apoyar sobre dos puntos, prescindiendo de que el mamparo se encuentra embebido en hormigón, o realizar la transmisión de forma continua a través de conectadores soldados en ambas caras del mamparo, con lo que la transmisión se produce de forma más gradual en el macizo. En ambos casos, el peso de acero es equivalente.

## 5. PROCESO CONSTRUCTIVO

En las fotografías que se incluyen se recogen las diferentes etapas del proceso constructivo.

- Ejecución de cimentaciones y alzados de estribos.
- Ejecución de cimentación de pila.
- Ejecución de los fustes de pila.
- Ejecución de tramos metálicos en taller (simultáneamente a la ejecución de subestructura).
- Izado de pila hasta su posición definitiva sobre apeos provisionales (figuras 7 y 8).



Figura 7. Pila colocada en posición definitiva



Figura 8. Pilas y Estribos

- Montaje de tramos metálicos sobre pila apeada (figura 9), y vinculación de tramos isostáticos mediante soldadura de continuidad.
- Ejecución de hormigón de fondo y de nudo de unión sobre pila (figura 10).



Figura 9. Montaje tramo central



Figura 10: Realización de nudo de unión pila-tablero

- Colocación de prelas prefabricadas sobre cajón metálico, ferrallado y ejecución de losa (figura 11).



Figura 11. Ejecución de losa

- Disposición de acabados (pavimento, barandilla e imposta). Prueba de carga. Operación de cambio de aparatos de apoyo en estribo.



Figura 12: Estructura concluida