



Ampliación de la plataforma de puentes de carreteras del Siglo XIX mediante ripado del tablero en el Desfiladero de la Hermida- Norte de España

Enlargement of 19th century road bridge platforms by horizontal displacement in Hermida Gorge, North of Spain

Felipe Collazos Ariasa, Fátima Otero Viéitezb y Jorge Caride Coello

^a Prof. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Dirección General de Carreteras – MFOM, Profesor Asociado Unican-Giteco, Spain

- ^b Directora General de Grandes Proyectos y Servicios Técnicos Grupo Puentes
- ^c Director de Sistemas en Estructuras y Montaje de Prefabricados, Grupo Puentes

RESUMEN

El objeto de este artículo es desarrollar, la historia, así como las últimas actuaciones ejecutadas en la carretera N-621, a su paso por el Desfiladero de la Hermida, en España, y concretamente en cuatro puentes que datan del siglo XIX, para dotar a estos de unas condiciones de circulación dentro de unos márgenes aceptables de seguridad vial, y a la vez definiendo una actuación compatible con la riqueza medioambiental existente en todo el área, mejorando sustancialmente las actuales condiciones, y con un coste ampliamente compensado por la funcionalidad que se ha de conseguir.

ABSTRACT

The purpose of this article is to develop, the history, as well as the latest actions carried out on road N-621, as it passes through the Hermida Gorge, in Spain, and specifically in four bridges dating back to the 19th century, to provide to these of traffic conditions within acceptable margins of road safety, and at the same time defining an action compatible with the existing environmental wealth in the whole area, substantially improving the current conditions, and with a cost widely offset by the functionality.

PALABRAS CLAVE: ampliación de plataforma, ripado, postensado, tráfico, vigas, **KEYWORDS:** deck extension, lateral shifting, post-tensioning, traffic, environment

1. Introducción

Destacaremos en su historia dos puentes de los cuatro en los que se ha llevado a cabo la ampliación de la plataforma. El primero de ellos, el proyecto del puente de Estragueña (ver Fig.1) fue realizado por Cayetano González de la Vega en 1858 y construido durante la ejecución de la carretera del Desfiladero de La Hermida, a lo largo de la siguiente década. Fue inaugurado en 1873.

El puente de fábrica es de sillería y sillarejo, de planta y rasante recta, dispuesto oblicuo al curso de agua y formado por una bóveda escarzana apoyada sobre estribos del mismo material que salva una luz de 16 m. La cimentación de los estribos se realizó directamente sobre la roca, que fue acondicionada con un zócalo de piedra solo



Figura 1. Puente de Estragueña



Figura 2. Puente de la Barca.

el estribo izquierdo. Los paramentos exteriores de los estribos son de sillería mientras que en el interior dispone de material de relleno. La bóveda es de sillería y sillarejo en el intradós y tímpanos y material menudo para relleno. La embocadura está realizada con dovelas acodadas de aproximadamente 1m de longitud; la imposta, también de sillería sobresaliente del paramento, es tangente a la bóveda. La sección transversal, sobre el extradós de la bóveda, está formada por material granular de relleno y aglomerado para la rodadura, este añadido posteriormente. Dispone de un pretil a base de muretes formados inicialmente por ortostatos. Los que se han por perdido han sido sustituidos conglomerado de piedra y mortero de similar forma a los antiguos, y con barrera de protección en los accesos al puente. Una placa de piedra adherida a uno de los bloques antiguos informa de la fecha de su construcción.

El puente forma parte del trazado de la entonces llamada Carretera de Primer Orden de Palencia a Tinamayor, en su Sección de Puente Ojedo a Unquera. Al iniciarse la década de 1860 la carretera salvaba el río Deva mediante un puente de madera, y se estaba a la espera de disponer de los recursos suficientes para levantar un puente definitivo.

Inicialmente se había elegido otro emplazamiento, pero se decidió variar para poder fundar sus dos estribos en roca sin necesidad de agotamiento. El desconocimiento que,

manifestaba el ingeniero, existía sobre la cantidad de agua evacuada en esta zona ("...sitios que hasta ahora han permanecido inciertos o casi desiertos durante las grandes avenidas...") le hizo dudar sobre la luz necesaria para el arco, y finalmente optó por la mayor posible. Para su cálculo y espesor del arco en clave utilizó las fórmulas empíricas de Perronet pero como el resultado era "...algo exagerado..." decidió disminuirla, lo que concilió con "...la decoración debida al aparejo...", un ejemplo más del criterio funcional y estético que guiaba el trabajo de los españoles decimonónicos. ingenieros justificaba su decisión: "... las condiciones de belleza arquitectónica son algo difíciles de conciliar en este puente con los más atendibles principios de economía y utilidad, pero he tratado de sacar todo el partido posible de los diferentes elementos... creo haber encontrado una solución aceptable en la forma que doy a los estribos..." tratando de explicar que tuvo que sacrificar cierta esbeltez del arco por elegir un mejor emplazamiento para su cimentación.

Entre 1861 y 1863 se elaboró el proyecto definitivo y se construyó el puente, y esa es la fecha que aparece grabada en un ortostato del pretil. Se considera que tiene un alto valor histórico y estético, un muy alto valor funcional y un valor simbólico y científico.

El puente de la barca (ver Fig.2), es un puente de fábrica de sillería y sillarejo, de rasante recta, formado por una bóveda escarzana apoyada sobre estribos del mismo material que salva una luz de 16 m.

Los estribos se asientan sobre un emparrillado de pilotes debido a la poca capacidad portante del terreno de cimentación. Los paramentos son de sillería mientras que en el interior se dispuso material de relleno. Los muros de acompañamiento están realizados con material de relleno y paramentados de sillarejo.

La bóveda es de sillería y sillarejo en el intradós y tímpanos, utilizándose el material menudo para relleno. La embocadura está realizada con dovelas acodadas de aproximadamente 1 m de longitud; la imposta, también de sillería sobresaliente del paramento, es tangente a la bóveda. La sección transversal, sobre el extradós de la bóveda, está formada por material de relleno, material granular y aglomerado para la rodadura, este último añadido posteriormente.

Originalmente se dispuso de dos muretes a modo de pretil formado por sillares de piedra de gran tamaño, algunos repuestos en la actualidad, al igual que se ha colocado barrera de seguridad en los accesos al puente. Una placa de piedra adherida al pretil informa de la fecha de su construcción.

El puente forma parte del trazado de la entonces llamada Carretera de Primer Orden de Palencia a Tinamayor, en su Sección de Puente Ojedo a Unquera. Al iniciarse la década de 1860 la carretera salvaba el río Deva mediante un puente de madera, y se estaba a la espera de disponer de los recursos suficientes para levantar un puente definitivo. No se ha podido determinar si la denominación de "Puente de La Barca" hace referencia a un paso de estas características, aunque parece improbable.

Su emplazamiento "...está señalado por la naturaleza y no puede ser otro que el indicado..." argumentaba el ingeniero, quien decidió emplear el mismo modelo que para el puente de Urdón. También la cimentación fue determinante para su posición definitiva y luz del arco: "...si antes de los tres metros de profundidad bajo el fondo del rio se descubriera

la roca firme se deberá fundar directamente sobre ella con mampostería ordinaria, pero si como es más probable no se encuentra conviene fundar como ya se ha explicado..."

Entre 1861 y 1863 se elaboró el proyecto definitivo y se construyó el puente, y esa es la fecha que aparece grabada en el pretil.

También se conoce como "Puente Naves" y "Puente Junco".

Se considera que tiene un alto valor histórico y estético, un muy alto valor funcional y un valor simbólico y científico [1].

2. Última actuación en la carretera N-621, años 2018/2019.

La última actuación afecta a un total de 2,8 km y desarrolla una adaptación del trazado, mejorando tanto la planta como la rasante, ajustándola lo máximo posible a la actual y respetando en todas las actuaciones la fauna y flora existente en la zona, así como el cauce del río Deva, que discurre paralelo a la carretera objeto de este estudio, y sin perseguir un aumento de la velocidad de circulación aunque si una notable mejora de las condiciones de circulación desde el punto de vista de la seguridad y comodidad.

Desde el punto de vista ambiental, la zona de las obras proyectadas se encuentra dentro de: el LIC (Lugar de Interés Comunitario) Liébana ES1300001 en Cantabria; el LIC (Lugar de Interés Comunitario) Río Deva ES1300008 en Cantabria; el LIC (Lugar de Interés Comunitario) Río Cares-Deva ES1200035 en Asturias y la ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) Desfiladero de la Hermida ES0000248 en Cantabria.

La afección a los espacios protegidos se ha resuelto mediante las medidas adoptadas para corregir los impactos sobre los elementos de interés ambiental que han ocasionado la declaración de estos espacios.

Es necesario destacar por su interés botánico las comunidades vegetales ligadas a fisuras rezumantes en rocas calizas. Este tipo de comunidades se desarrollan sobre tobas formadas al precipitarse el carbonato cálcico de las aguas rezumantes sobre el denso tapiz muscinal, lo que otorga un especial interés debido al alto grado de especialización de las mismas.

En cuanto a la avifauna, las aves rapaces rupícolas y forestales, en base a los resultados de la modelización del ruido generado durante la fase de ejecución del proyecto de mejora de la carretera N-621, se concluyó que se valora la ejecución del proyecto como compatible con respecto a la nidificación de las rapaces rupícolas en los nidos analizados. En relación con la ictiofauna, en cualquier caso, se ha superado el periodo crítico (diciembre-marzo) de freza y alevinaje del Salmón por lo que las obras pueden desarrollarse hasta estas fechas.

Respecto a la sección transversal de la carretera, destacaremos la ampliación de plataforma que pasa a ser de ocho metros, desde los cinco y medio aproximadamente que tiene en la actualidad. Este artículo se centra en los voladizos y ampliación de cuatro puentes.

2.1 Características generales del proyecto de Rectificación de curvas de escasa anchura. Carretera: N-621. pp.kk. 155+700 al 171+200. Tramo: Desfiladero de la Hermida. Provincia: Cantabria.

La solución prevista es la ejecución de un puente de un solo vano de 21,00 m de luz entre ejes de estribos, que se sitúa por encima de la estructura existente y sin afectar a la misma, situándose las vigas a una cota superior a la del puente de fábrica existente (ver Fig.3) [2].

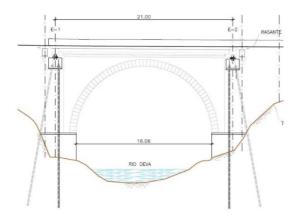


Figura 3. Alzado longitudinal.

Se dispone de un tablero formado por 3 vigas prefabricadas en artesa de 0,80 m de canto y una losa superior de 0,30 m de espesor.

La separación entre ejes de vigas es de 2,35 m y el ancho del tablero es variable siendo el valor máximo de 11,85 m (aproximadamente) en el estribo 1 que es donde existe el vuelo mayor. Además, se dispone de una losa inferior ejecutada "in situ" de 0,16 m de espesor que conecta las losas inferiores de las vigas artesa y mejora el trabajo a torsión del conjunto (ver Fig.4). Dicha losa es necesaria por la presencia de voladizos de más de 6,00 m. Precisamente, en el estribo 1 (lado Potes), se dispone de una viga riostra de canto variable debido a la elevada longitud del vuelo. La tercera fase de hormigonado del tablero es la ejecución del extremo del voladizo de mayor longitud de vuelo (ménsula) en la zona próxima al estribo 1, se lleva a cabo con un equipo auxiliar de sostenimiento en sustitución a las prelosas.

Las vigas prefabricadas disponen, además del pretensado recto realizado en fábrica, de un postensado "in situ" consistente en dos vainas por alma de 4 torones cada una de las vigas, que se ejecuta una vez se haya hormigonado la losa "in situ".

Los dos estribos son tipo cargadero de hormigón armado con cimentación profunda mediante micropilotes. Estos micropilotes están inclinados tanto en dirección longitudinal como transversal para resistir las acciones horizontales. Además, se ha previsto una ménsula a uno de los lados para facilitar la construcción del tablero puesto éste se ha construido aguas abajo y se ripará hasta su posición final para que la incidencia sobre el tráfico de la vía fuese la menor posible.

El apoyo del tablero sobre los estribos se materializa mediante apoyos de neopreno zunchado. Los vuelos elevados provocan que en los apoyos del lado opuesto a los mismos las reacciones verticales pueden ser nulas en la combinación característica (y por tanto requerir el anclaje del apoyo) o producir tensiones reducidas que necesiten el añadir elementos que eviten el deslizamiento.

Por ello se ha optado por disponer apoyos

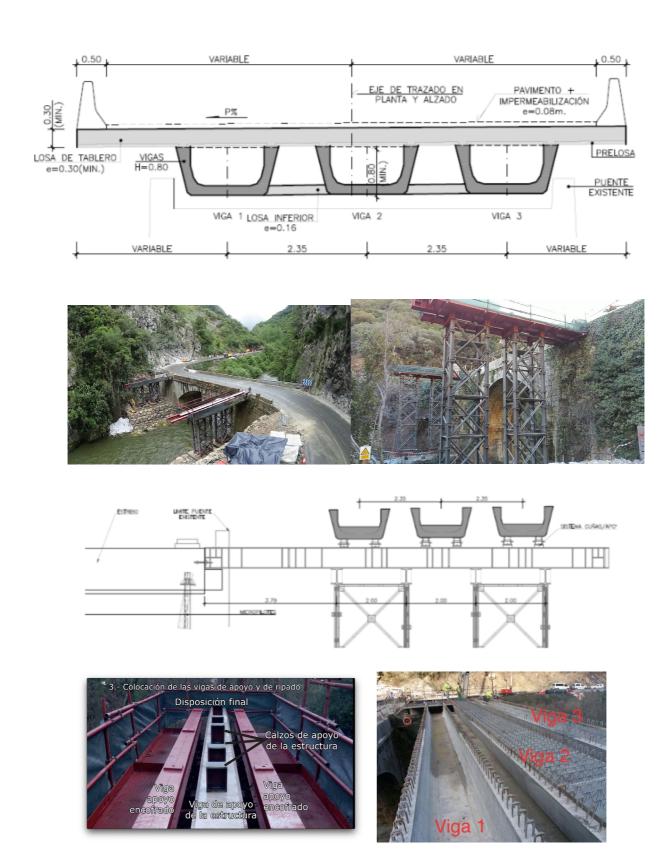


Figura 4. Estructura provisional aguas abajo y vigas prefabricadas apoyadas en estructura provisional.

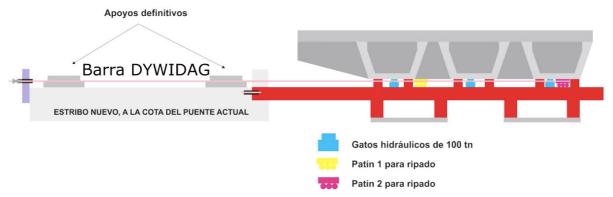


Figura 5. Esquema de ripado.

2.2 Proceso constructivo de la ampliación de los puentes y problemática en el transporte de vigas.

El proceso constructivo es idéntico en los cuatro puentes, construyéndose el tablero en una situación paralela a la definitiva, aguas abajo y realizando posteriormente el ripado del mismo. En la mayoría del trazado el ancho de plataforma disponible es claramente insuficiente para el cruce de vehículos, obligando a la detención y espera de uno de ellos. Lo que ha dificultado, también, el transporte de las vigas prefabricadas a los puentes. Solucionándose con cortes intermitentes de tráfico.

Las distintas fases que conforman el proceso constructivo de cada puente son por tanto las siguientes:

- Fase 1. Ejecución de las cimentaciones y alzados de estribos. Esta actividad puede realizarse simultáneamente a la ejecución del tablero y se debe completar antes de proceder al ripado.
- Fase 2. Se comienza la construcción del puente aguas abajo, apoyado sobre una estructura de provisional. Colocación de las vigas sobre los aparatos de apoyo provisionales (sistema de cuño/calzo).
- Fase 3. Ejecución de las vigas riostras de estribos.
- Fase 4. Ejecución de la losa inferior. La losa inferior se realiza para dotar al sistema de mayor rigidez torsional frente a los esfuerzos excéntricos provocados por los grandes desequilibrios de la losa superior de hormigón.

- Fase 5. Colocación de prelosas sobre las vigas (ver Fig.6). Hay dos tipos de prelosas. Las prelosas centrales que se apoyan sobre las almas interiores de las vigas y las prelosas de voladizo que se apoyan sobre las dos almas de las vigas laterales y vuelan sus extremos hacia el exterior del tablero. Se colocan unas piezas metálicas (antivuelco) apoyados sobre parte superior de la prelosa, fijándose posteriormente a los hastiales de la viga mediante el apriete de una tuerca en una barra roscada vertical embebida en el hormigón del alma del prefabricado. De esta forma los perfiles comprimirán el extremo interior de la prelosas impidiendo su levantamiento.

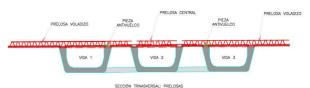


Figura 6. Sección transversal prelosas.

- Fase 6. Hormigonado de la losa superior (del tablero) situado entre las almas de las vigas (1,75 m de ancho).
- Fase 7. Cuando el hormigón de la fase anterior haya adquirido una resistencia suficiente se procede al hormigonado del resto de la losa empezando por la zona entre vigas y finalmente los vuelos.
- Fase 8. Ejecución del postensado de las vigas. Instalación de los apoyos definitivos.
- Fase 9. Ripado del tablero hasta su posición definitiva.
- Fase 10: Vertido del mortero de los apoyos.



Figura 6. Armado del tablero previo y después del hormigonado al hormigonado.

- Fase 11. Ejecución de remates y acabados. Sobre los voladizos se hormigona la losa de 25 cm de espesor sobre prelosas prefabricadas.

2.2.1. Accesos de los puentes (zonas previas al puente)

Las zonas de acceso al puente se ejecutan por encima la rasante existente mediante una losa sobre jabalcones (estos se apoyan sobre la rasante existe anterior y posterior al puente, apoyándose en micropilotes o zapata).

Estos jabalcones son prefabricados, y presentan zonas en voladizo para poder dar espacio al nuevo trazado mejorado sobre el cauce del río.

Los jabalcones se cimentan en el terreno rocoso mediante cimentación directa o, en las zonas de gran espesor de rellenos (trasdós de los muros de mampostería existentes) mediante micropilotes. Sobre el pavimento existente, en las zonas que quedan entre jabalcones, se realiza un relleno de grava sobre el que se realiza in situ una losa de hormigón de 30 cm de espesor.

2.2.2. Proceso constructivo

Fase 1. Ejecución de las cimentaciones y mesetas de apoyo de jabalcones prefabricados.

Al realizar los trabajos de perforación e instalación de las barras estructurales de los micropilotes, éstas se podrán disponer de manera que no sobresalgan por encima del firme actual de la carretera, con el fin de no reducir los anchos libres de circulación durante el periodo de la fase de construcción en la que la carretera está abierta al tráfico.

Fase 2. Demolición local de los muros o elementos existentes que interfieran en la ejecución de las zonas de acceso.

Fase 3. Colocación de los jabalcones y conexión con los micropilotes.

Fase 4. Ejecución de los muretes de guarda para contención del relleno de grava.

Fase 5. Colocación y compactación del relleno de grava.

Fase 6. Ferrallado de la losa sobre relleno de grava y prelosas.

Fase 7. Hormigonado de la losa, iniciando el hormigonado sobre el relleno de grava y a continuación sobre las prelosas. Para iniciar el hormigonado de la losa en zona de voladizo de aquellos jabalcones que tienen una zapata como apoyo posterior, el hormigón de la zona sobre gravas deberá haber alcanzado una resistencia mínima de 15 MPa.

Fase 8. Ejecución de remates y acabados.

Los programas informáticos utilizados para el calculo de los accesos al puente fueron CEDRUS y FAGUS.

2.3. Afecciones al tráfico.

Se han establecido 4 pasos diarios a lo largo del dia. Y en caso de emergencia, estaba habilitado el paso peatonal con dos ambulancias, a cada extremo del puente. Dada la singularidad de los accesos a la localidad de Potes, el fin de semana.

2.4. Proceso constructivo de la ampliación de las plataforma-Voladizos

La solución de voladizo consiste en la ejecución de unas pilas cercanas a la carretera actual del lado del río cada 10 m en sentido longitudinal de la carretera, sobre las que irán apoyadas unas vigas prefabricadas de hormigón y, sobre estas pilas se apoyaran las prelosas prefabricadas de tal forma que el voladizo se reduce (ver Fig. 7).

De esta forma se minimiza la afección al tráfico ya que se puede trabajar con circulación alternativa de vehículos en vez de con corte total al tráfico de la carretera.



Figura 7. Vigas prefabricadas de hormigón y ampliación de la plataforma.

Atendiendo a la designación de EHE-08 [3], los distintos hormigones empleados en el proyecto de la presente estructura serán los siguientes; de Pilas HA-30/B/20/IIa, Jabalcones prefabricados HA-45/B/20/IIa, en Losa in situ HA-30/B/IIa, en prelosas HA-30/B/20/IIa, cimentaciones HA-30/B/20/IIa.

3. Conclusiones

Hay que destacar la singularidad de la obra con los condicionantes de trafico, medio ambiente, accesibilidad a la zona que comunica la carretera N-621 las cuales se han solventado extraordinarimaente con las soluciones constructivas ejecutadas.

Con metodo descrito se minimiza la afección al tráfico. Ampliandose un puente de 21 m de vano en un itinerario angosto.

El objetivo de la obra ha sido desarrollar las actuaciones para permitir el cruce de los vehículos mediante la ampliación de la plataforma a ocho metros, a la vez que se define una actuación compatible con la riqueza medioambiental existente en todo el área, mejorando sustancialmente las actuales condiciones, y sin perseguir un aumento de la velocidad de circulación aunque sí una notable mejora de las condiciones de circulación desde el punto de vista de la seguridad y comodidad.

Se estableció un procedimiento de actuación en caso de emergencia durante el periodo de obras en el Desfiladero de la Hermida, con su correspondiente centro de coordinación, comunicaciones, con los servicios intervinientes y responsabilidades. El calendario de las obras se ha ajustado de tal forma que los cortes no se produjeran en la temporada estival.

Se coordinaron los servicios regulares de autobuses y con las líneas escolares el paso peatonal de los usuarios de dichos servicios.

Créditos y agradecimientos

Para el estudio del conjunto de la estructura, el calculo del tablero se ha empleado un modelo de elementos finitos tipo barra elaborado mediante el empleo del programa SOFISTIK.

D. Rosendo Martínez Fernández, D. Juan Carlos Más Bahillo, D. Juan Manuel Calvo Rodriguez, D. Ismael Barral Noya, D^a Jimena Álvarez, D. Óscar Garrido Arias, D^a María Luis Ruiz-Bedia, D^a Teresa del Río, D. José Liste Calviño, Oficina Técnica de Estructuras, y Fundación Botín.

Referencias

- [1] Grupo Español de IABSE, Tendencias en el diseño de Puentes, 2000.
- [2] D. Rosendo Martínez Fernández "Proyecto de construcción. Rectificación de curvas de escasa anchura. Carretera N-621. provincia de Cantabria", 2015
- [3] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.
- [4] Patologías en estribos y muros de suelo reforzado de puentes y estructuras de carreteras. ATC- AIPCR. Comité Técnico de Puentes y Comité Técnico de Geotecnia Vial. 2019.
- [5] Guía para la redacción del plan de mantenimiento en puentes. Monografía 27 de ACHE en grupo compartido con ATC-AIPCR. 2015.
- [6] Criterios de intervención en Puentes de Fábrica. ATC- AIPCR. Comité Técnico de