

Puente Integral sobre el río Pisueña entre Vega de Villafufre y Saro (Cantabria)

Integral bridge over the river Pisueña between Vega de Villafufre and Saro (Cantabria)

Pablo Alfonso Domínguez^a, Guillermo Capellán Miguel^b, Emilio Merino Rasillo^c,
Alejandro Godoy Ansótegui^d, Isabel Ortiz Escudero^e

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Arenas & Asociados. Project Manager. palfonso@arenasing.com

^bDr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Arenas & Asociados. Director Técnico. gcapellan@arenasing.com

^cIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Arenas & Asociados. Director de Oficina. emerino@arenasing.com

^dIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Arenas & Asociados. Coordinador de Proyectos. agodoy@arenasing.com

^eIngeniera Técnica de Obras Públicas. Arenas & Asociados. Control y Supervisión de Obra. iortiz@arenasing.com

RESUMEN

La nueva estructura sobre el río Pisueña es un puente integral, de un vano de 39.30 m de longitud y planta recta, que, por su composición formal y de materiales, se integra adecuadamente en el entorno. El tablero se resuelve mediante dos vigas metálicas longitudinales de canto variable, con estructura mixta transversal entre ambas vigas. En los estribos de hormigón armado, solidarios con la estructura del tablero, se definen aletas laterales con continuidad, geométrica y estructural, a las vigas del tablero. La cimentación de los estribos está formada por micropilotes que admiten los movimientos y giros asociados a la integralidad de la estructura.

La solución adoptada persigue reducir al mínimo el mantenimiento necesario a lo largo de la vida útil de la estructura, como estrategia para garantizar su durabilidad. Con este objetivo, se proyecta una estructura integral, sin aparatos de apoyo ni juntas, cuyos elementos metálicos son de acero autopatinable.

ABSTRACT

The new structure over the Pisueña River is an integral bridge, with a straight span of 39.30 m long, which, due to its formal composition and materials, fits properly with the surroundings. The deck is formed by two longitudinal steel beams of variable depth, with composite transversal structure between the two beams. In the reinforced concrete abutments, which are joined to the structure of the deck, lateral wingwall are defined with geometric and structural continuity with the deck beams. The foundations of the abutments are made up of micropiles that allow for the movements and rotations associated with the integral structure.

The adopted solution aims at minimizing the maintenance required throughout the service life of the structure, as a strategy to guarantee its durability. With this objective in mind, an integral structure was designed, without bearings or joints, whose metallic elements are made of weathering steel.

PALABRAS CLAVE: puente integral, durabilidad, acero autopatinable.

KEYWORDS: integral bridge, durability, weathering steel.

1. Introducción.

El nuevo Puente sobre el río Pisueña se incluye en el *"Proyecto de construcción: Carretera CA-620 PK 0+192 a 0+400. Tramo: Vega de Villafufre – Saro de Abajo"*, cuyo objeto es el acondicionamiento de la carretera entre ambas poblaciones, debido

a la escasa sección transversal existente, así como a su deficiente trazado en planta y alzado, adaptándolos a las exigencias de la normativa en vigor. Este tramo incluye la ejecución del nuevo puente y de un marco bicelular de hormigón armado en el antiguo cauce, que sustituyen a dos estructuras existentes.



Figura 1. Planta general de la actuación.

La actuación incluye la demolición de los puentes existentes sobre el cauce del río y sobre un cauce antiguo, cuyas condiciones por anchura libre, pretiles, etc. no permiten su adaptación a la nueva calzada y sus aceras. Ambos puentes, como se ha dicho, serán sustituidos por dos nuevas estructuras, un marco bicelular en el antiguo cauce y un puente integral sobre el río Pisueña, que es el objeto del presente artículo.



Figura 2. Puente existente sobre el cauce antiguo.



Figura 3. Puente existente sobre el río Pisueña.

2. Encaje de la solución.

La estructura existente sobre el río Pisueña era un puente con tablero de hormigón con sección en Pi, de tres vanos con una longitud total de 32.25 m (12.00 + 12.50 + 7.75 m). Tenía, por tanto, dos pilas en el cauce del río. La anchura del puente era de 3.68 m, para calzada de dos carriles, sin aceras, aunque era utilizado también por peatones.

El tramo de nueva carretera, objeto de este proyecto, se engloba en una actuación de mayor entidad de acondicionamiento de la CA-620 entre las localidades de Vega de Villafufre y Llerana, que ya se había ejecutado, dejando excluido este tramo, en el que se incluye el nuevo

puente. Dentro de la actuación completa, además de mejorar la seguridad de la circulación en cuanto a trazado, anchura de carriles y barreras y pretilas de seguridad, se pretende también facilitar el tránsito peatonal entre ambas poblaciones, por lo que se definen aceras en la sección del nuevo puente, a ambos lados de la calzada.

En el estudio de las posibles soluciones para el nuevo puente, se tuvieron en cuenta de los condicionantes de trazado y anchura de la nueva carretera; así como del cumplimiento de los condicionantes hidráulicos, en cuanto a resguardos, distribuciones de vanos y sobreelevaciones de agua, de acuerdo con la Confederación Hidrográfica del Cantábrico.

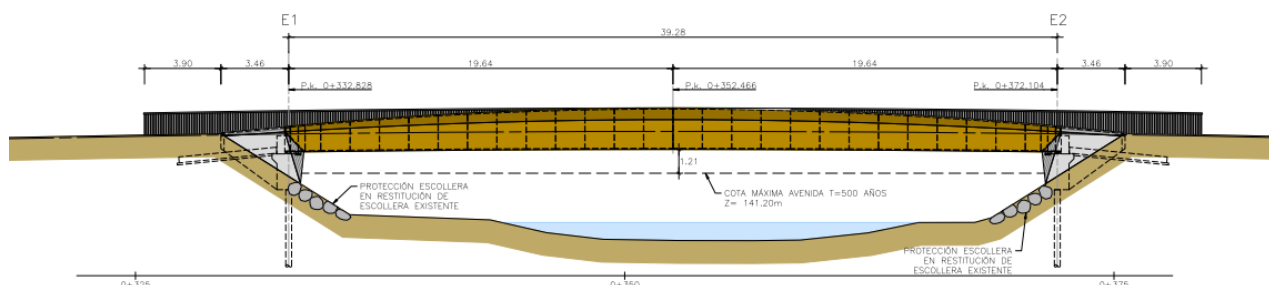


Figura 4. Alzado del nuevo puente sobre el río Pisueña.

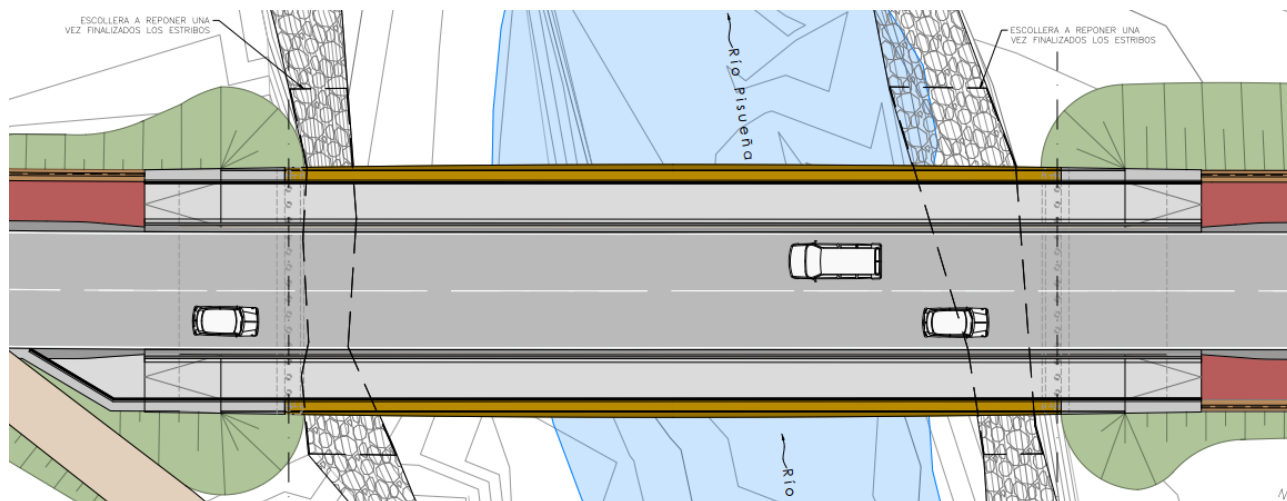


Figura 5. Planta del nuevo puente sobre el río Pisueña.

La nueva estructura se plantea como un puente integral sin juntas, de un único vano de 39.30 m de luz aproximadamente, y planta recta. El puente, por su composición formal y de materiales, se integra adecuadamente en el entorno rural en el que se localiza. Teniendo en cuenta este emplazamiento, el diseño busca,

además, reducir al mínimo el mantenimiento necesario a lo largo de la vida útil de la estructura, como estrategia para garantizar su durabilidad. Con este objetivo, se proyecta una estructura integral, sin aparatos de apoyo ni juntas, en la que los elementos metálicos son de acero autopatinable.

3. Estribos.

Ambos estribos son de tipo cargadero micropilotado. De esta forma, se pretende reducir las excavaciones necesarias en ambas márgenes. El cargadero tiene en su fase final 2.75 m de canto y un ancho variable entre 1.20 m en su sección inferior y 1.38 m en su sección superior, sobre 16 micropilotes, previstos de 18 m de longitud en el estribo 1 y 26 m de longitud en el estribo 2.

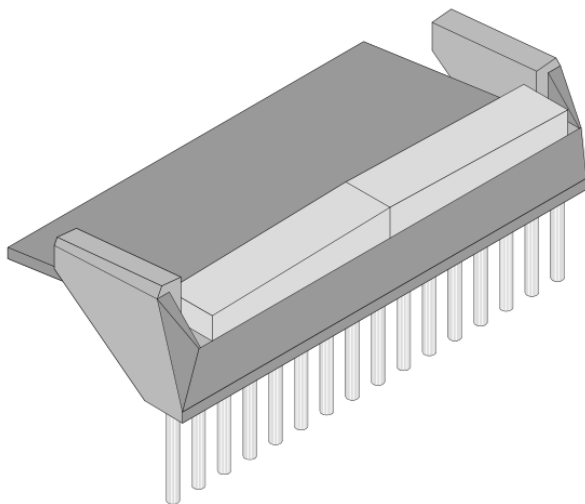


Figura 6. Vista axonométrica de un estribo.

Los micropilotes definidos en proyecto eran de 300 mm de diámetro total, con camisa tubular de 244 mm de diámetro exterior y 12 mm de espesor. En fase de obra, las empresas especializadas plantearon muchas dificultades para alcanzar las longitudes necesarias con el diámetro de perforación y la camisa prevista. Por ello se optó por una solución híbrida, en la que el micropilote está formado por una camisa tubular de acero N80 de 8 m de longitud y, en su interior, se dispone una barra de acero de 50 mm de diámetro, hasta la profundidad requerida, con un diámetro de perforación menor. De esta forma se conseguía tener la capacidad a hundimiento necesaria, obtenida de la resistencia por fuste del micro, y, al mismo tiempo, la capacidad estructural exigida en la zona de concentración de esfuerzos en los primeros metros, debida al empotramiento con el estribo integral al tablero. Se limitó la parte del micro con sección reducida, a aquella en la que los

esfuerzos eran mínimos y la barra Ø50 era capaz de soportarlos por si sola.

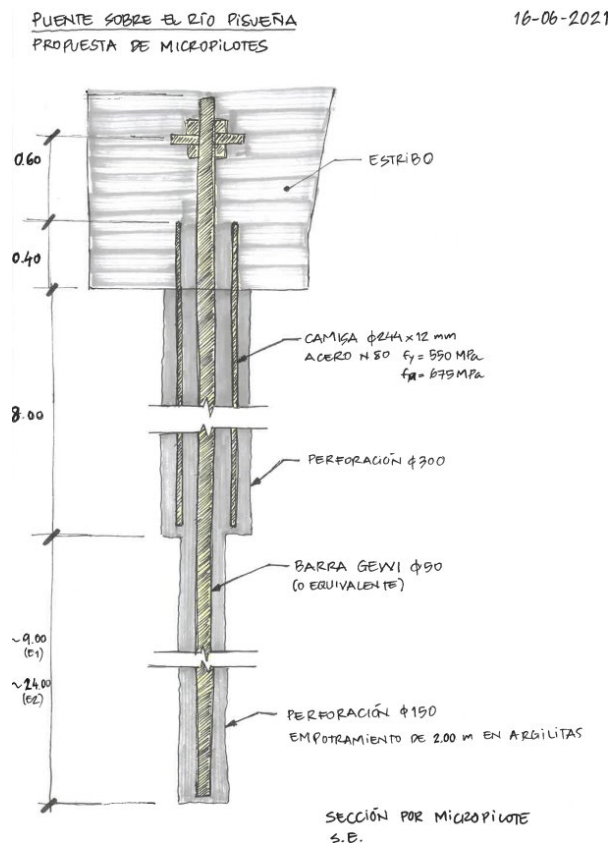


Figura 7. Croquis de solución propuesta para los micropilotes.

Al tratarse de un puente integral, los estribos se unen solidariamente al tablero, haciendo que ambos elementos trabajen conjuntamente. Dicha unión se materializa mediante unas barras postesadas que unen los nervios a las aletas, y mediante el hormigonado conjunto de la última fase del estribo y de la losa del tablero, dejando embebida en el estribo la primera de las vigas transversales del tablero.

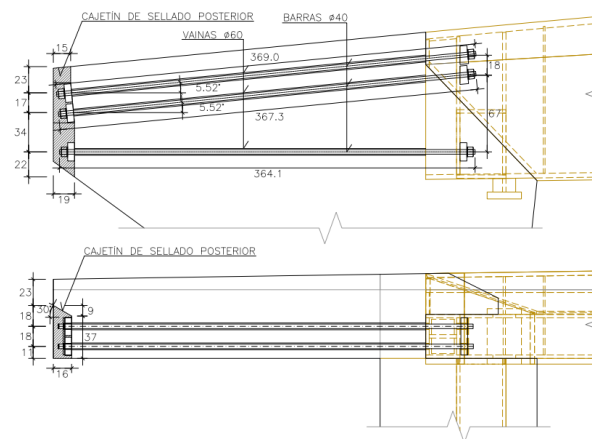


Figura 8. Detalle de barras de conexión en estribo.

La geometría del estribo persigue la continuidad no solo estructural, sino también formal, con el tablero. Para ello se definen unas aletas en prolongación de la sección en diamante del tablero y el alzado frontal cuenta con un

mínimo desplome, generándose un sólido facetado de líneas puras que confiere un equilibrio formal al conjunto de estribo y tablero, convirtiéndose en una de las señas de identidad del proyecto.



Figuras 9 y 10. Vistas de la aleta de estribo y su unión con el tablero.

4. Tablero

El tablero se resuelve mediante una losa de hormigón, con dos vigas metálicas de sección diamante con canto variable, que funcionan como nervios longitudinales, unidos por costillas transversales cada 3.00 m.

La sección tiene una anchura libre total de 11.10 m entre las vigas laterales, que aloja una calzada de 2 carriles de 3.00 m y arcenes de 0.25 m, pretilos de 0.50 m y aceras de 1.80 m.

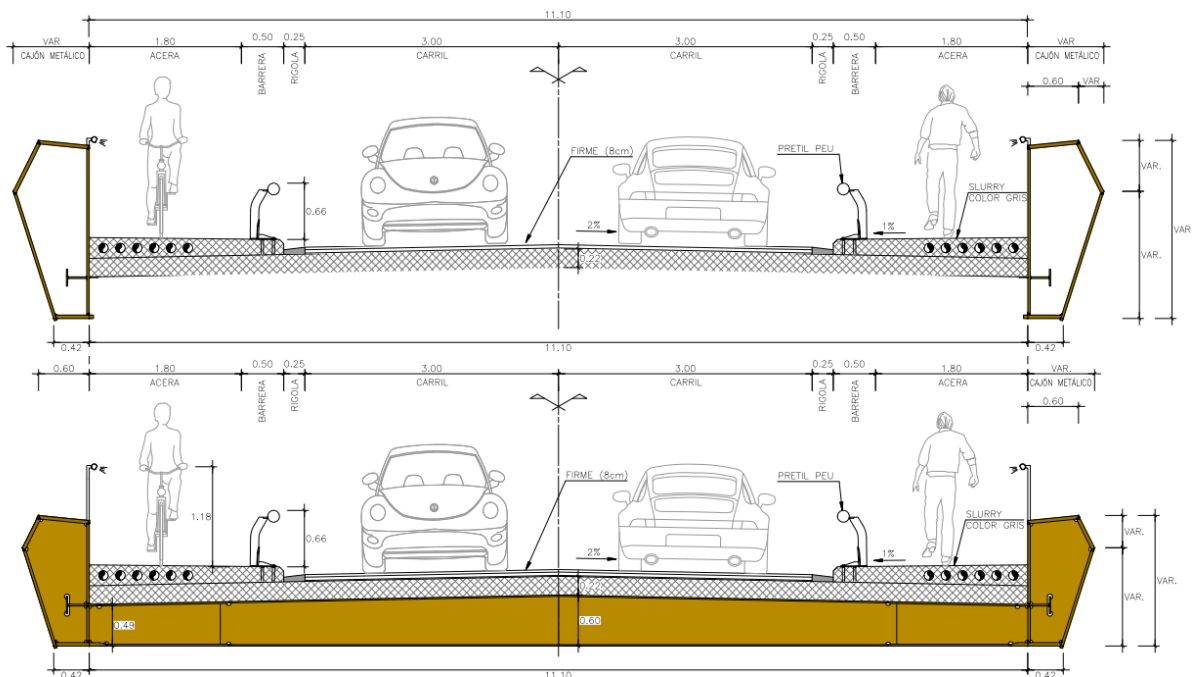


Figura 11. Sección tipo del tablero y sección por diafragma transversal.

El canto de los nervios longitudinales varía en su punto más alto de la sección entre 1.28 m en la conexión con las aletas y 2.1 m en centro de vano. En planta, la sección está comprendida entre un ancho de 0.75 m en zona de apoyos y de 0.90 m en el centro de vano. Para dar

continuidad al conjunto tablero-estribo, se disponen las barras pretensadas antes mencionadas, que se anclan en el extremo de la aleta y a los nervios longitudinales, comprimiendo ambos elementos y posibilitando así su trabajo conjunto.



Figura 12. Nervio longitudinal del tablero con sección variable.

La sección de las costillas es una doble T de canto variable a dos aguas, de 600 mm de canto en su punto central y 489 mm en los extremos.

Con el fin de agilizar los trabajos de montaje de las costillas transversales en obra, se definió una unión atornillada en ambos lados de las mismas, cerca de la unión con las vigas longitudinales. Estas uniones de tipo testa, se diseñaron sin aumentar el canto de las propias costillas, para no afectar a la colocación de prelosas ni al gálibo libre. Cada unión cuenta con 28 tornillos M24 de acero 10.9 autopatinable, al igual que el resto de la estructura, tesados a 254 kN cada uno de ellos. Para verificar que se alcanzaba la carga de tesado requerida, se dispusieron arandelas tipo DTI.



Figura 13. Detalle de unión atornillada.



Figura 14. Costillas transversales.

Sobre las costillas metálicas se dispone la losa de hormigón C40; que se materializa, en su mayor parte, mediante prelosas y posterior hormigonado. El último paño de la losa en cada extremo se ejecuta totalmente in-situ, realizando la conexión del estribo con el tablero de forma solidaria, haciendo posible su actuación conjunta como puente integral.

Toda la estructura metálica del tablero es de acero S355 J2W autopatinable, evitando la necesidad de mantenimiento futuro y, al mismo tiempo, consiguiendo un acabado que se integra adecuadamente en el entorno rústico en el que se ubica, con construcciones y muros de mampostería, en contraste con la vegetación de ribera existente.



Figura 15. Losa de hormigón, a falta de hormigonar los extremos en conexión con el estribo.

5. Proceso Constructivo

Previamente al comienzo de los trabajos de construcción del puente en obra, se instaló una pasarela provisional para permitir el cruce sobre el río, hasta la apertura del nuevo puente. De esta forma se mantuvo, durante toda la obra, la conexión peatonal y ciclista entre ambos márgenes, facilitando el acceso a algunos servicios existentes y evitando el rodeo necesario que debían realizar los vehículos a motor.

Esta actuación se realizó a petición de los vecinos y fue posible debido a que el Gobierno de Cantabria dispone de una pasarela, que había sido utilizada en una obra de emergencia anterior. En dicha obra, desde la Consejería de Obras Públicas, se decidió, con buen criterio, que la estructura fuera desmontable para poder reutilizarla en posibles situaciones futuras, como fue el caso de esta obra. Para ubicar la pasarela, únicamente fue necesario ejecutar las cimentaciones de los estribos, de acuerdo con las indicaciones de su manual de montaje.



Figura 16. Pasarela provisional.

Instalada la pasarela provisional, se procedió a la demolición de la estructura existente, liberando el espacio necesario para el nuevo puente, situado en la misma ubicación. A continuación, se comenzaron los trabajos de construcción de ambos estribos, excavando hasta la cota requerida y preparando la plataforma para el acceso de la micropilotadora. Se ejecutaron en primer lugar los micropilotes de la margen izquierda, partiendo desde un extremo hasta el otro y posteriormente se trasladó la máquina hasta la otra margen para repetir el proceso.



Figura 17. Ejecución de micropilotes.

Cuando se completaron los micropilotes, se regularizó la excavación mediante hormigón de limpieza y se inició la instalación de la ferralla,

comenzando con las barras de conexión soldadas a las camisas de los micropilotes, para continuar con el hormigonado del alzado frontal, pero no de las aletas.



Figura 18. Alzado frontal de estribo.

Al mismo tiempo que se avanzaba con los trabajos en obra, se había comenzado con la fabricación de la estructura metálica en las instalaciones del taller metálico. Para facilitar su transporte, se fabricaron dos piezas de aproximadamente la mitad de cada una de las vigas cajón longitudinales, mientras que las costillas transversales y las riostras finales se fabricaron de una sola pieza. Para verificar la geometría se realizó un montaje en blanco de la estructura completa en taller.



Figura 19. Montaje en blanco de la estructura metálica en taller.

Las vigas principales se premontaron en obra, en bancadas situadas lo más cerca posible de la ubicación del puente, sobre la traza de la nueva carretera. Posteriormente se colocaron en su posición definitiva, mediante una grúa de gran tonelaje situada sobre una plataforma ejecutada

a tal efecto, para garantizar su apoyo con total seguridad, en la margen izquierda del río. El apoyo de las vigas sobre la parte ejecutada de los estribos se realizó sobre apoyos provisionales, que posteriormente quedarían embebidos en los estribos.



Figura 20. Posicionamiento de vigas longitudinales mediante grúa.

Posteriormente, se instalaron las costillas transversales, mediante las uniones atornilladas descritas previamente; y las riostras finales, en este caso soldadas a las vigas longitudinales. Sobre ellas se colocaron las prelosas y, después de disponer la ferralla, se ejecutó el hormigonado de la losa, excepto los dos paños finales. A continuación, se completaron las aletas de los estribos y se colocaron y tesaron las barras de conexión de acero de alta resistencia, materializando la unión con las vigas longitudinales del tablero. Por último, se hormigonaron los dos paños extremos de la losa, incluyendo la parte de unión con el estribo, “envolviendo” la riostra final de la estructura metálica; quedando únicamente el sellado de cajetines y la ejecución de la losa de transición para completar los estribos.



Figura 21. Tesado de barras de conexión.

El puente se completó con la ejecución del firme y aceras, así como la instalación de los pretilos de seguridad, las barandillas y la iluminación. La barandilla está formada por montantes de altura variable soldados a la cara

superior de las vigas longitudinales, unidos todos ellos a un pasamanos tubular, en el que se aloja la iluminación, mediante tiras led.

Tras los remates y limpieza final, el puente se inauguró el día 5 de mayo de 2022.



Figura 22. Vista del interior del puente tras su inauguración.

6. Conclusión

La obra realizada salva el cauce del río Pisueña mediante una solución equilibrada, integrada en el entorno y de bajo mantenimiento.

Queremos agradecer su participación a todos los implicados en su ejecución, especialmente a:

- Propiedad: Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria.
- Constructora: SIEC.
- Taller metálico: Metalizard.
- Diseño y asistencia a la construcción: Arenas & Asociados.



Figura 23. Vista del puente finalizado.