

Proyecto y construcción del Nuevo Puente de Golbarado (Cantabria, España)

Project and construction of the New Golbarado Bridge (Cantabria, Spain)

Guillermo Capellán Miguel^a, Alejandro Godoy Ansótegui^b, Emilio Merino Rasillo^c,
Santiago Guerra Soto^c y Marianela García Pérez^d

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

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

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

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

RESUMEN

Desde hace pocos meses, el acceso a la localidad cántabra de Golbarado se realiza a través de un nuevo puente cruzando sobre el río Saja, diseño de Arenas & Asociados. La estructura surgió de la necesidad de liberar de tráfico al histórico puente arco de José Eugenio Ribera, datado en 1902, y que es reconocido como una de las primeras obras materializadas en hormigón armado en España.

El Nuevo Puente de Golbarado, está constituido por un tramo singular en doble viga Vierendeel metálica con vanos laterales de sección bijácena, que descansan sobre pilas que respetan el cauce del río Saja.

La luz principal alcanza los 60 m, con una distribución de vanos 30+60+36+30+30+24 m.

ABSTRACT

Since few months, the Access to the Cantabrian village of Golbarado is made through a new bridge crossing the River Saja, designed by Arenas & Asociados. The structure emerges from the need of avoiding road traffic at José Eugenio Ribera's historic arch bridge, dated 1902, which is recognized as one of the first reinforced concrete structures to be built in Spain.

The New Golbarado Bridge, is constituted by a 126 m long double steel Vierendeel truss, composing its singular span. Box girder lateral spans, rest over piers respecting River Saja's riverbed.

Its main span reaches 60 m, with a span distribution of 30+60+36+30+30+ 24 m.

PALABRAS CLAVE: Viga Vierendeel, viga cajón, mixto, Puente de Golbarado, J.E. Ribera.

KEYWORDS: Vierendeel truss, box girder, composite, Golbarado Bridge, J.E. Ribera.

1. J.E. Ribera y su Puente de Golbarado

José Eugenio Ribera (1864/1936) es probablemente el ingeniero español más representativo del primer tercio del siglo XX. Conoció al belga Hennebique, el primer ingeniero que patentó el hormigón armado, en un viaje a Suiza en 1984, convirtiéndose en lo sucesivo en el precursor del hormigón armado

en España. No sólo realizó en Asturias los primeros ensayos con este material, contribuyendo a la fundación de la primera fábrica de cemento portland en nuestro país, sino que su actividad en publicaciones científicas y divulgativas sobre el nuevo material fue incesante.

Ribera abandona en aquel entonces la Administración, deja de ser Ingeniero del Estado y se constituye en empresa constructora, novedad total en España, para ofrecer a esa administración sus propias soluciones constructivas. Su actividad constructora no conoció tregua, con además, una buena colección de puentes erigidos en ciudades importantes y constituyendo elementos representativos de su paisaje urbano. Así los de María Cristina y Kursaal de San Sebastián, el de la Reina Victoria en Madrid, o el de San Telmo sobre el Guadalquivir en Sevilla [1].

En la entonces provincia de Santander, dejó Ribera su impronta con el Puente de Golbaro sobre el río Saja (Fig. 1). El puente de Ribera salva una luz de 30 m, entregándose en una de las márgenes a una roca prominente que sirve de excelente cimiento natural y apoyándose en la otra margen en un estribo artificial de mampostería, que al igual que la roca, tiene como misión soportar los empujes horizontales del arco.



Figura 1. Imagen de alzado del Puente de Golbaro proyectado por Ribera.

El puente consta de dos arcos gemelos de directriz circular, con un rebajamiento de 1/10 y una sección transversal en dichos arcos de 50x60 cm², lo que da igualmente una idea de su esbeltez, 1/50.

Sobre los arcos apoyan las pilastras exentas de sección 15x20 cm², que soportan el tablero, espaciadas cada metro y medio. Este último está formado por una losa de hormigón apoyada en nervios transversales que atan las

cabezas de las pilastras y vuelan ligeramente sobre los arcos. A su vez, los arcos están atados entre sí a la altura de cada plano de pilastras por viguetas transversales de sección cuadrada, con lo cual Ribera pretendía controlar el pandeo lateral del arco.

El puente, revolucionario en su época por el empleo de un nuevo material, el hormigón armado, lo es también por el proceso constructivo empleado, y por la gran esbeltez con la que fue diseñado. De acuerdo con el sistema constructivo de la época, herencia de Monier y Hennebique, la armadura de los arcos está constituida por dos perfiles de hierro de sección doble T, mientras que la de las traviesas que los unen es una barra anclada con tuerca a los perfiles. Por su parte, la masa de hormigón de cada arco está rodeada por una tela metálica que se empleaba en aquellos años para mejorar la adherencia de los perfiles y para resistir cortantes.

La sección transversal del puente es muy reducida: 2.5 metros de calzada y 0.75 de acera a cada lado, que hacen un total de cuatro metros, adecuado para la época, en la que el tráfico de carros convivía con la incipiente industria del automóvil.

Debido al aumento del tráfico rodado en intensidad y cargas por eje, la circulación había sido limitada a un único sentido de tráfico alternativo y carga máxima de 5 t (Fig. 2).



Figura 2. Vista actual de la sección del Puente de Golbaro proyectado por Ribera.

2. La definición del nuevo puente

El Nuevo Puente de Golbarado, abierto al tráfico en mayo de 2019, ha liberado por fin del tráfico al puente de J.E. Ribera. La histórica estructura, espera ahora una sensible rehabilitación que permita alargar la vida útil de uno de los pocos puentes declarado Bien de Interés Cultural en Cantabria junto al Puente viejo de Arce.

La solución adoptada surge como tributo a dicho puente y a la vez establecer un diálogo común entre las dos estructuras, modernas ambas para su época (Fig. 3).



Figura 3. Infografía del vano central del nuevo puente con el Puente de Ribera al fondo.

El nuevo puente está constituido por un primer tramo singular en doble viga Vierendeel metálica con forma de “arco rebajado”, que ocupa los tres primeros vanos. El resto de vanos se resuelve mediante un cajón metálico, que descansan sobre pilas que apoyan en las terrazas del cauce del río Saja [2].

La distribución de luces es de 30+60+36+30+30+24 m, con una longitud total del puente de 210 m (Fig. 4). Esta distribución viene motivada por condicionantes hidráulicos, ya que un estudio realizado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, condicionaba la construcción del nuevo puente a mantener liberada la terraza fluvial del río Saja y situar la estructura, al menos, 100 m aguas abajo del Puente de Ribera.

La luz principal, de 60 m sobre el cauce del Saja, se salva mediante dos vigas “Vierendeel” de acero. El cordón inferior posee una directriz curva de “arco rebajado”, mientras que el superior permanece paralelo a la rasante, ambos con 60 cm de canto y 1.20 m de ancho. El aspecto exterior es el de un arco, con un rebajamiento de 1/10, lo cual le confiere una tensión adecuada y una imagen de modernidad. Los montantes son también metálicos, con una sección trapezoidal, y se disponen cada 4.50 m entre el cordón inferior y superior.

Gracias a la elevación de la rasante el vano principal permite enmarcar el Puente de Ribera, quedando centrado respecto a la nueva estructura propuesta y pudiendo ser visible la relación entre ambos tanto desde las márgenes del Saja, como desde la carretera de acceso a Barcenaciones. El hecho de la elevación de la rasante, junto al rebajamiento del “arco” (1/10), lleva a la necesidad de disponer de unos plintos para elevar los apoyos de las vigas. El diseño de dichos plintos o pilas principales es tratado con sumo esmero, pues son una parte característica de la nueva estructura.

El tablero, se materializa disponiendo sobre la estructura metálica prelosas de hormigón armado, sobre las que posteriormente, e in situ, se hormigona el resto de la losa. La losa se distribuye en voladizos de 3.25 m en ambos extremos, dos tramos de 1.20 m apoyados sobre los cordones superiores y un tramo central de 3.10 m entre ellos. La anchura es de 12 m, dando servicio a dos carriles de 3.50 m, dos rigolas laterales de 0.50 m, y en ambos extremos aceras de 1.35 m y 0.65 m para la instalación del pretil metálico (Fig. 5).

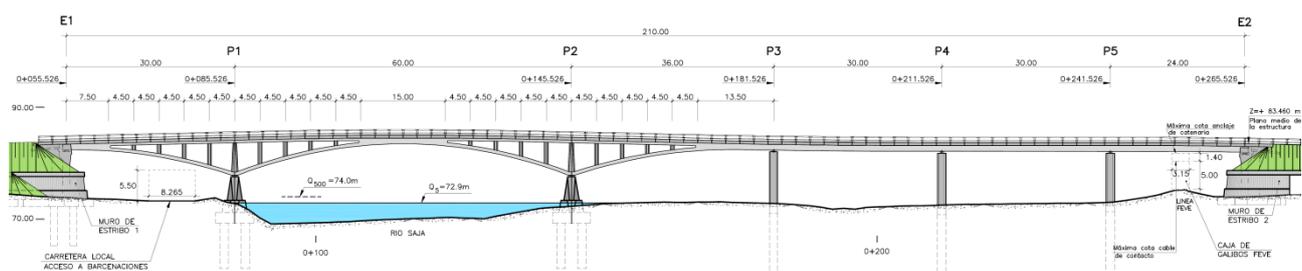


Figura 4. Plano del alzado de la nueva estructura.

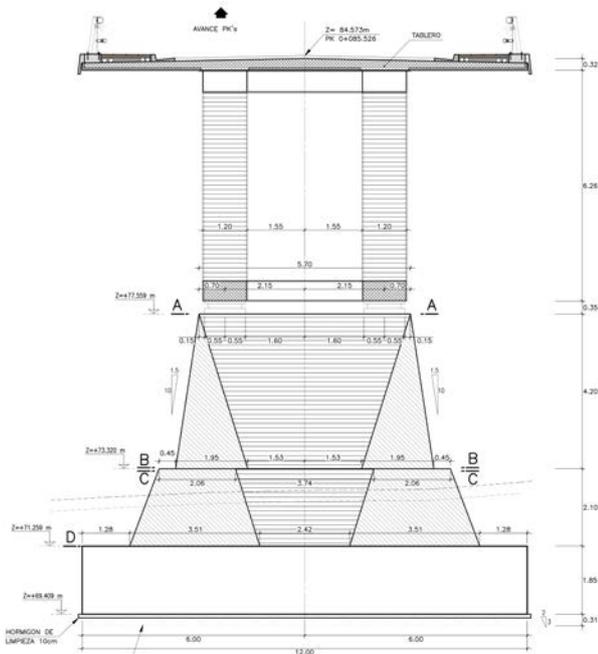


Figura 5. Sección transversal por eje de pila principal.

3. La construcción de la estructura

El proceso constructivo ideado desde las primeras fases de diseño, permitía la construcción del vano singular empleando grúas de gran capacidad para izar las piezas metálicas, con el objeto de evitar intrusiones sobre el cauce del río Saja y limitando al máximo su afección.

3.1. Cimentaciones, estribos y pilas

En lo que a cimentaciones se refiere, en proyecto tanto el vano principal como el viaducto de acceso al mismo, se cimentaban de forma profunda mediante pilotes, con diámetros que abarcaban desde 1.25 m de los pilotes del estribo E1 hasta el 1.50 m en las pilas.

El estribo E2, sin embargo, se cimentaba de modo directo al encontrarse el estrato resistente muy próximo a la superficie. Finalmente, y una vez comenzadas las obras, se encontró la cota de roca a un nivel mucho más alto del previsto en proyecto, por lo que fueron modificadas las cimentaciones profundas a directas mediante zapata. La roca presente en la zona de la obra corresponde a una caliza karstificada, con numerosas crestas, lo que hace que su cota de afloración sea muy variable (Fig. 6).



Figura 6. Afloramiento de roca caliza karstificada en área de cimentación de E1.

Hubo de realizarse una campaña de inyecciones bajo la superficie de las nuevas cimentaciones para evitar la existencia de cavidades y garantizar la competencia del apoyo.

Una vez realizada la ejecución de las cimentaciones, así como la campaña de inyecciones de mejora del terreno bajo ellas, se procedió con la ejecución de los alzados de los zócalos de las pilas principales P1 y P2, para posteriormente llevar a cabo los alzados de éstas y del resto de las pilas y estribos (Fig. 7).



Figura 7. Imagen de construcción de una de las pilas del viaducto de acceso.

En los estribos se puede ver la mano de Juan José Arenas. Fueron diseñados siguiendo las líneas rectas de la sección del “arco” y de las pilas principales, disponiendo alrededor de ellos un muro jardinera curvo que permite reducir los terraplenes de acceso al puente y la superficie de expropiación, suponiendo una transición de la escala humana a la escala estribo, que tiene una altura de unos 11 m respecto del terreno natural. Es decir, el muro jardinera reduce visualmente la altura de los terraplenes, resultando un escalón en los mismos y una transición en la transmisión de las cargas de la plataforma al terreno (Fig. 8).



Figura 8. Plano de alzado, imagen de construcción e imagen del muro de estribo finalizado.

3.2. La doble viga Vierendeel

Finalizados los trabajos en la subestructura, se comienza con el montaje de la estructura metálica, comenzando por los vanos principales.

Estos vanos se montan en tres tramos, de 56.50+7.00+51.50 m, mediante grúas de 500 t y con ayuda de dos torres de apeo provisional junto a las pilas P2 y P3 (Fig. 9 y 10). Previamente al izado de los tramos éstos se trasladan a obra despiezados en conjuntos de menor tamaño, ensamblándose in situ sobre bancada.

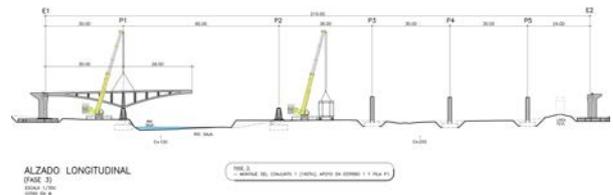


Figura 9. Montaje del primero de los “cuchillos” de la estructura metálica principal.



Figura 10. Montaje del segundo tramo de la estructura metálica principal.

En las pilas principales se dispusieron apoyos de tipo 1, sin anclaje, por lo que se pueden sustituir directamente. Llegado el caso de su sustitución por mantenimiento, el gateo necesario se ha previsto hacerlo disponiendo gatos en la viga transversal inferior de unión entre los cordones inferiores en la sección de apoyo, con gatos situados coincidiendo con el alma interior del montante y en la propia viga.

3.3. El viaducto de acceso

Montados los tres primeros vanos, la estructura metálica se completa con el montaje de los tres tramos del viaducto de acceso, de longitud 30+30+24 m (Fig. 11).

El viaducto de acceso adquiere un aspecto sobrio, en continuidad y perfecta armonía con el tramo de “arco inferior”. La esbeltez del tablero y de las pilas proporcionan sencillez y ligereza a esta parte de la estructura. Se resuelve con una viga mixta de cajón rectangular, con un canto total de 1.36 m, de los que 1.10 m corresponden al cajón metálico y 0.26 m a la losa superior.

El cajón no es visitable, ya que la sección metálica tiene un canto limitado de tan solo 1.10m. Como medidas preventivas de cara a la durabilidad de la estructura, se cuenta con sobre

espesor en chapas, un sistema de protección de pintura en caras interiores, y adicionalmente, se dispusieron agujeros a lo largo del ala inferior del cajón para garantizar la evacuación del agua en caso de producirse filtraciones a través de la losa.

Los apoyos en el caso del viaducto de acceso se dispusieron de tipo 2 o anclados, pero la fijación se ha previsto mediante tornillos para permitir su sustitución futura. Llegado el caso, el gateo será realizado desde la cara superior de la pila contra el diafragma de apoyo de pila.



Figura 11. Montaje de varios tramos de estructura metálica del viaducto de acceso.

En el primer vano, la estructura salva la carretera de acceso a Barcenaciones y en el sexto el ferrocarril FEVE (Fig 12). El gálibo vertical mínimo disponible para la carretera de acceso a Barcenaciones es de 6.50 m, una vez puesto en servicio el puente, superior a los 5.50 m exigidos; mientras que para el ferrocarril de la línea FEVE el gálibo horizontal alcanza los 6.30 m requeridos y se dispone de un gálibo vertical mínimo de 7.15 m frente a los 5.0+1.4 m que exige FEVE (5.0 m para el material rodante, y 1.4 m como valor máximo de variación de cotas de la catenaria, incluyendo sus soportes de sujeción).

La ejecución del tramo de estructura metálica coincidente con el vano sobre el ferrocarril, fue llevada a cabo en último lugar y en horario nocturno. Con ello, se trató de afectar en lo mínimo posible el tráfico ferroviario de la línea FEVE entre Santander y Oviedo (Fig. 13).



Figura 12. Tren de la línea Santander - Cabezón de la Sal cruzando a la altura del nuevo puente.



Figura 13. Montaje del tramo de estructura metálica sobre el fcc en horario nocturno.

3.4. Hormigonado del cordón inferior

Instalada la totalidad de la estructura metálica, se rellena de hormigón el cordón inferior de la viga Vierendeel, a través de ventanas previstas a tal fin. Se hormigona, a su vez, la losa inferior de doble acción mixta de la viga cajón. Con el fin de encontrar la dosificación idónea para lograr un hormigón autocompactable de la fluidez y ductilidad necesarias, se llevaron a cabo varios ensayos a escala real durante las obras, previos al hormigonado del cordón inferior (Fig. 14 y 15).

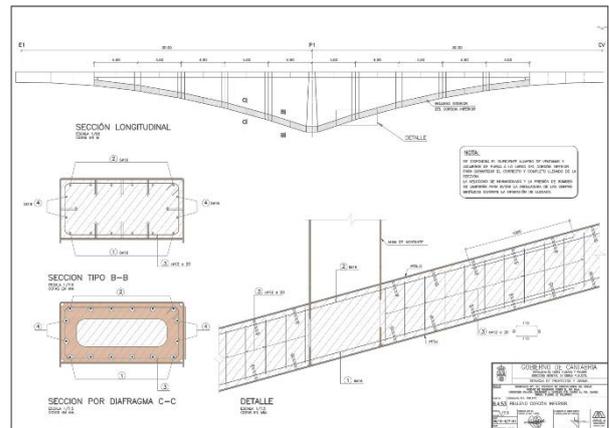


Figura 14. Plano de definición del cordón inferior y prueba de hormigonado realizada a escala real.

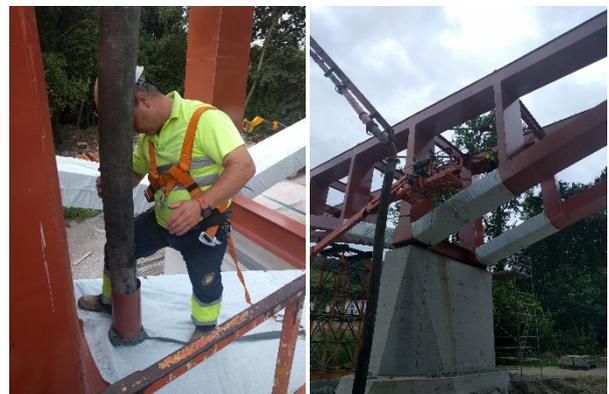


Figura 15. Hormigonado del cordón inferior a través de las ventanas previstas.

Posteriormente, se comenzó la colocación de prelasas de hormigón entre los cordones superiores de las vigas Vierendeel y sobre el cajón metálico de los viaductos de acceso, continuando con el ferrallado y hormigonado de la losa superior in situ.

Este proceso se realizó por tramos, comenzando por los centros de vano y finalizando por la zona de pilas. En las últimas fases, se ejecutaron las losas de transición, a lo que siguió el desmontaje de la plataforma de trabajo y los últimos trabajos de acabado, impermeabilización, pavimentación, y ejecución de barreras, impostas y aceras.

4. Conclusiones

El diseño de un nuevo puente a escasos metros de una estructura existente, es un asunto siempre relevante. Más aún si cabe, cuando el puente que nos precede es una obra histórica con el calificativo de Bien de Interés Cultural, como es el caso.

El Puente de Golbardo es una obra a preservar, por su valor histórico e innovación, y por la figura de quién llevó a cabo la empresa. José Eugenio Ribera fue un avanzado de su tiempo, y junto a Juan Manuel Zafra, es reconocido como precursor del hasta entonces desconocido en España, hormigón armado. Una vez que el puente sea liberado al tráfico, consideramos que una rehabilitación respetuosa y esmerada debiera llevarse a cabo con el fin de prolongar la vida de esta emblemática estructura.

Desde el mismo momento en que Arenas & Asociados tuvo encargo de realizar este proyecto, Juan José Arenas (de quien salieron los primeros esbozos del diseño) y el resto de su equipo, tuvieron claro que el nuevo puente no debía destacar sobre el Puente de Ribera. El río Saja no requería tampoco de grandes luces para cruzarlo, por lo que una apariencia estética similar en arco inferior parecía una buena opción.

Si bien en un primer lugar se llegó a proyectar un puente arco laminar de hormigón de tablero superior, condicionantes económicos hicieron replantear el mismo y sondear otras soluciones más contenidas. El diseño resultante, con la proyección de la doble viga Vierendeel metálica con cordón inferior curvo, se considera realmente adecuado, pues obedecía los condicionantes impuestos por el Gobierno de Cantabria y su aspecto final muestra un gran arco inferior al tablero. Compone un tramo realmente singular, que se asemeja a la estructura de José Eugenio Ribera y que, además, cumple a la perfección con las condiciones exigidas de no afeción al cauce del río y simplicidad constructiva.

Agradecimientos

Los autores del presente artículo, quieren agradecer en estas líneas el trabajo para conseguir llevar a término el Nuevo Puente de Golbardo.

A la dirección de proyecto y obra de la Consejería de Obras Públicas del Gobierno de Cantabria del Gobierno de Cantabria, en la figura del Jefe de Servicio, Carlos L. Delgado Linares, y de quien lo fuera, D. Luis Lázaro Gil. A los equipos de la empresa constructora ASCAN, responsable de ejecutar las obras, y de los talleres gallegos de EMESA, quienes fabricaron y montaron la estructura metálica.

Y, por último, a todos los integrantes de Arenas & Asociados, que de un modo u otro hayan participado en el largo camino que ha supuesto ver materializado este proyecto.

Referencias

- [1] Juan José Arenas, “Camino en el aire: Los puentes”. Colección ciencias, humanidades e ingenierías nº 57, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Volumen 2, páginas 963-967
- [2] G. Capellán, E. Merino, A. Godoy, M. García, S. Guerra. Nuevo Puente de Golbardo sobre el río Saja, Cantabria, VII Congreso de ACHE, A Coruña (España), 2017.



Figura 16. Distintas imágenes de la estructura finalizada.

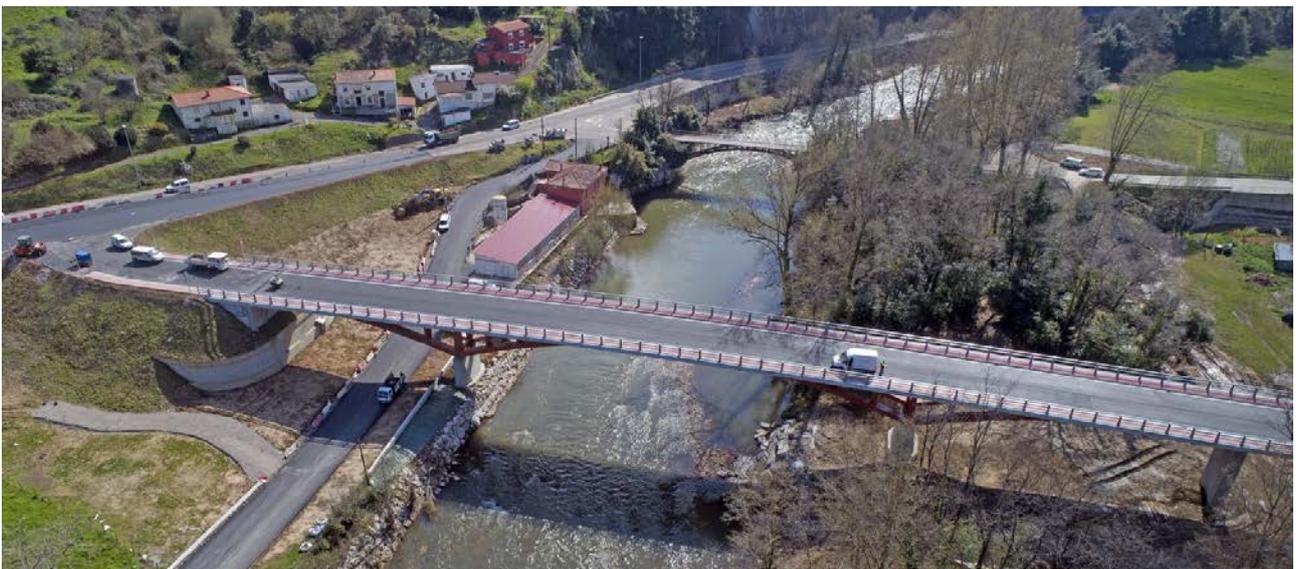


Figura 17. Imagen aérea del Nuevo Puente de Golbardo con el Puente de Ribera aguas arriba