

Refuerzo y Ampliación del Puente Histórico sobre el río Narcea en Cornellana

Refurbishment and extension of the historic bridge over Narcea river in Cornellana

Javier Uriarte Pombo ^a, José M^a Zamora Pérez ^b, Luis Matute Rubio ^c, Ignacio Pulido Sánchez ^d, Carlos Jiménez Solanas ^e, Rosa Díaz Pérez ^f, Pablo Corte Montes ^g, Miguel Ángel Delgado ^h

^a Máster Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Ministerio de Fomento

^b Máster Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Ministerio de Fomento

^c Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director General. IDEAM, S.A.

^d Master Ingeniero de Caminos, C y P. Director Dpto. de Mantenimiento, Inspección y Rehabilitación IDEAM, S.A.

^e Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de Proyectos. IDEAM, S.A.

^f Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IDEAM, S.A.

^g Ingeniero de Minas. IDEAM, S.A.

^h Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico. Tecyrsa

RESUMEN

El puente sobre el río Narcea en Cornellana, Asturias, se trata de un puente formado por un tramo principal realizado en hormigón armado y unos vanos de acceso formados por unos tramos de bóvedas de fábrica y hormigón en masa. Los principales daños que presentaba la estructura se encontraban en la cimentación, fruto de la erosión y socavación del río en las cimentaciones, de tipo directo, las cuales comenzaban a presentar claros signos de descalce. Los vanos de hormigón presentaban claras juntas frías de hormigonado, las cuales se traducían en la correspondiente insuficiencia a rasante, al mismo tiempo que presentaban otra serie de daños de carácter durable.

ABSTRACT

The bridge over Narcea river in Cornellana, Asturias, is composed by a main reinforced concrete span and a number of side spans constructed in stone masonry arches and bulk concrete. The main damage that the structure showed was located in the foundations, due to the river erosion and scour, the shallows foundations showed early signs of undermining. The concrete span revealed the presences of cold construction joints, which may imply an insufficient resistance against section shear stress; and at the same time, the bridge presented durability related problems.

PALABRAS CLAVE: Refuerzo, ampliación, histórico, socavación, cosido bóvedas, rasante, pretil.

KEYWORDS: Refurbishment, water undermining, heritage, stone masonry arches strengthening, bridge barriers.

1. Descripción general de la estructura

El paso de la N-634 sobre el río Narcea, en el Municipio de Cornellana (Asturias), se realiza por medio de un puente recto de 9 vanos y unos 149 m de longitud aproximada (figuras 1 y 3).

La estructura actual presenta tres tramos claramente diferenciados en cuanto a su tipología estructural se refiere, consistiendo el

tramo lateral, del vano 1 al vano 4 (E1-P4), en una sucesión de bóvedas de sillería. Estas bóvedas parecen corresponderse con las bóvedas originales de sillería. Sobre estas bóvedas se observan restos de alguna reparación anterior (figura 4).

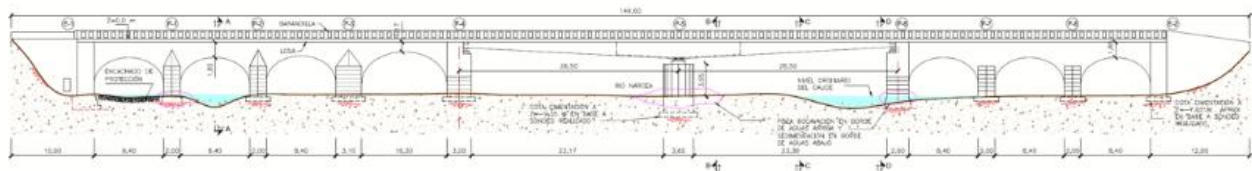


Figura 1. Alzado general del puente.

Para el tramo central, vanos 5 y 6, el tablero se corresponde con un tablero hiperestático de hormigón armado de vigas en "PI".

Por último, el tramo lateral, del vano 7 al vano 9, se corresponde nuevamente con una sucesión de bóvedas.

Según consta en la documentación disponible, el puente fue destruido parcialmente durante la Guerra Civil, a cuyo término se optó por su reconstrucción, aprovechando la actuación para su ampliación y la sustitución del tramo central metálico por uno de hormigón (figura 2).

La cimentación de las pilas, los estribos y sus muros de acompañamiento es de tipo directo, formada por diferentes hiladas de sillería.

Pilas y estribos están realizados en fábrica de sillería, si bien en parte de las pilas se puede observar, zonas donde la pila dispone sobre sus

sillares de un revestimiento de mortero, fruto de alguna actuación/reconstrucción anterior.

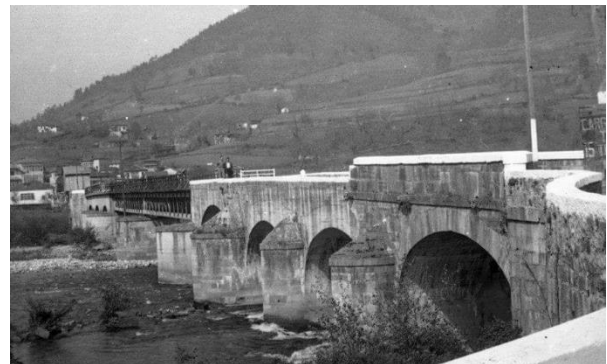


Figura 2. Imagen de archivo del puente sobre el río Narcea previa a su demolición durante la Guerra Civil española.

En cuanto al tablero, los tramos de bóvedas son luces variables entre los 8,40 m y los 10,30m, siendo todos ellos de 6,80 m de ancho, disponiendo en cabeza unos voladizos de hormigón armado de 1,50 m aproximadamente, hasta conformar los casi 10,00 m de ancho de plataforma.



Figura 3. Vista general del puente tras la reparación realizada



Figura 4. Vista general de bóveda de vano v-3, donde se pueden observar la zona central de fábrica y los laterales reconstruidos.

El tramo central del puente, vanos 5 y 6, se compone de un tablero hiperestático de dos vanos, de unos 23,50 m de luz libre cada uno, ejecutado en hormigón armado (figura 5).



Figura 5. Vista del tablero central desde aguas abajo

La sección transversal del tablero queda constituida por dos vigas continuas en “pi” de canto variable, donde la presencia de una junta estructural longitudinal entre ambas vigas, independiza el comportamiento estructural del tablero a cada lado de la junta, funcionando

como dos semi tableros independientes (figura 6).

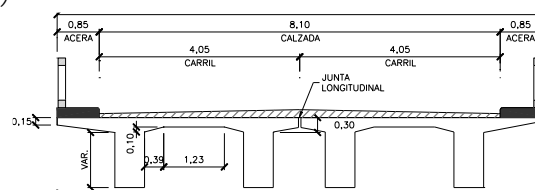


Figura 6. Sección transversal de tablero central original

Los aparatos de apoyo del tramo central son de tipo metálicos. En el caso de los apoyos sobre la pila central, son apoyos fijos que permiten únicamente los giros de eje transversal. En cambio, en el caso de los apoyos de los extremos del tramo central, los apoyos son de tipo “biela”, formados por una pieza metálica de fundición fija transversalmente en sus extremos, lo que permite los giros transversales y los desplazamientos longitudinales, coaccionando los movimientos transversales (figura 7).



Figura 7. Detalle de apoyo sobre pila-estribo de tipo “biela”

En cuanto a los aparatos de apoyo sobre la pila intermedia del tramo central de vigas, éstos se corresponden con unos aparatos de apoyo metálicos, articulados, que permiten únicamente los giros longitudinales, coaccionando el resto de movimientos.

2. Descripción de patologías

2.1 Cimentaciones

Una de las principales patologías que manifestaba la estructura se localizaba en las cimentaciones de pilas y estribos que, como se ha comentado, son de tipo directo.

Resulta fácil imaginar cómo un río de fuertes pendientes y con caudales medios-grandes produce un importante arrastre del acarreo del fondo del lecho, así como erosión local del material circundante de las cimentaciones del puente, fruto tanto por la obstrucción general del cauce que supone el propio puente, así como por el efecto de obstrucción local de las pilas.

En los últimos 4-5 años se observó un importante avance de la socavación local en parte de las pilas del puente como consecuencia del aterramiento natural de parte los vanos de desagüe, lo que automáticamente supone un aumento de las velocidades locales y, a su vez, de la capacidad erosiva del cauce (figuras 8 y 9).



Figura 8. Detalle de evolución de la erosión local en 4 años, pudiendo estimar el lavado de material en el entorno de los 1,50 m

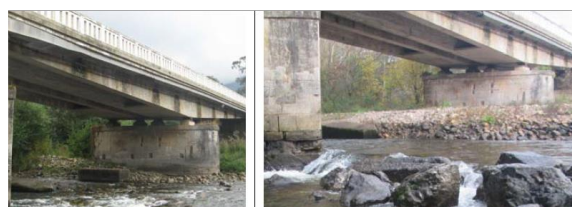


Figura 9. Detalle de aterramiento de uno de los vanos principales del puente en el plazo de 4-5 años, con una importante reducción de la sección de desagüe del puente.

2.2 Pilas y estribos

Los daños principales detectados en las pilas se correspondían con los daños inducidos por los asientos diferenciales y/o giros producidos en sus cimentaciones, con motivo del desarrollo de un fenómeno de socavación local, que se traducían en algunos casos en la aparición de grietas en escalera (figura 10).



Figura 10. Aparición de grietas en pilas por asientos diferenciales de cimentación.

El daño más representativo detectado en las pilas se localizaba en una de las pilas-estribo del puente, en donde el fallo y giro de la cimentación, acentuado por la diferencia de empujes horizontales por la asimetría de la bóveda produjo el giro de la pila, con el consiguiente movimiento de sólido rígido de la bóveda, desplazándose parte de la misma hacia el lado del giro y produciéndose el descenso de la otra semi mitad (figura 11).



Figura 11. Giro en cimentación por socavación, acentuado por el desequilibrio de empujes horizontales, con el consiguiente movimiento de sólido-rígido y agrietamiento de la bóveda.

2.3 Tablero. Bóvedas

Los tramos de bóvedas del tablero, además de los daños típicos asociados a la propia tipología (humedades, depósitos de sales, lavados de llagas, etc), presentaba importantes daños asociados todos ellos, principalmente, a la propia historia del puente, así como al propio comportamiento de las cimentaciones.

Destacar así, el mayor deterioro de los tramos de fábrica respecto a los de hormigón en masa, fruto, probablemente, de las voladuras sufridas durante la Guerra, así como consecuencia directa de las situaciones de pérdida de forma y del confinamiento de la propia rosca de la bóveda (figura 12).

Fruto de la misma patología de observaron ciertas pérdidas totales o parciales de los sillares del puente, especialmente en la zona de arranques.

Destacar también, si bien ya se ha comentado con anterioridad, la “ceja” producida en el vano adyacente a la pila-estribo anteriormente citada con problemas de giro, con



Figura 12. Detalle de bóveda tipo: Zona central no demolida y reaprovechada. Laterales reconstruidos con hormigón en masa. Grieta central en fábrica.

una diferencia de cota entre 3 y 4 cm (figura 13).



Figura 13. Detalle de “ceja” en bóveda por giro de cimentación.

2.3 Tablero. Tramo central de vigas

Desde un punto de vista estructural y durable, los principales daños de la estructura se encontraban en el tramo principal donde, de alguna forma, se manifestaban numerosas patologías asociadas a la propia época de reconstrucción del puente, la postguerra, donde escaseaban materiales y mano de obra cualificada. A este respecto, destacar que los aceros de armar de la época eran lisos, de límite elástico 220 MPa, con detalles de armado y anclaje en patilla y “garrotas”, etc. De forma análoga, el hormigón del puente estaba elaborado por cantos rodados del propio río, con una granulometría totalmente dispar, con bolos de más de 100 mm de diámetro, pobres en

cemento, con mucha agua, etc. Todo ello, en numerosas ocasiones suele dar lugar a problemas de tipo durable, armaduras vistas, nidos de grava y pequeñas coqueras, zonas desconchadas con corrosión de armaduras, etc, los cuales, salvo casos muy desarrollados y, especialmente, en zonas con uso de sales fundentes y ciclos de hielo-deshielo, no suelen plantear serios problemas resistentes (figura 14).



Figura 14. Degradación superficial generalizada del hormigón con armaduras vistas corroídas.

En el caso concreto de esta estructura, a todos los daños anteriores se unía una importante junta fría de construcción sin ningún tipo de tratamiento, lo que se tradujo automáticamente en un nivel de fisuración y concentración de tensiones por rasante que, unido al resto de patologías, así como el propio incremento de cargas de diseño respecto a la fase de construcción, aconsejó plantear el refuerzo integral del tramo (figura 15)

3. Soluciones de reparación y refuerzo

3.1 Trabajos previos y medioambientales

Para solventar los daños detectados en las cimentaciones del puente se proyectó una escollera de protección lo que obligaba a tener que acceder al interior del cauce. A este respecto, se ha de destacar que el río Narcea presenta una serie de protecciones ambientales que debieron ser respetadas tanto en el diseño como durante la propia realización de las obras.



Figura 15. Detalle de grieta de rasante en tablero en origen en las juntas frías no tratadas de hormigonado. Detalle de junta

Entre estos trabajos, se destacarían:

- Rescate, traslado y control de los ejemplares de la especie en peligro de extinción de mejillones de río Margaritifera (fig 16).



Figura 16. Búsqueda y rescate de Margaritiferas.

- Pesca eléctrica antes de trabajar en el interior del cauce.
- Protección de aliseda próxima a la obra y afectada por los desvíos del cauce.
- Desbroce de plantas invasoras y realización de plantaciones de compensación por talas de especies protegidas.
- Desvío del cauce. Para llevar a cabo los trabajos de inspección y reparación de las cimentaciones de las pilas y de colocación del manto de escollera fue necesaria la invasión temporal del cauce. Lógicamente, los trabajos en el cauce se plantearon en 2 fases,

permitiendo que en todo momento el puente pudiera desaguar un caudal suficiente para poder trabajar con seguridad (fig 17).



Figura 17. Trabajos de desvío del cauce

3.2 Refuerzo y protección de cimentaciones

En primer lugar, una vez el puente en seco, se procedió a realizar una inspección detallada de los puntos más críticos de las cimentaciones, lo que puso de manifiesto daños más severos de los inicialmente previstos en parte de las pilas, lo que llevó a tener que plantear la realización de zunchos de refuerzo de hormigón armado en parte de ellas (figuras 18 y 19).



Figura 18. Pérdida de sillares y lavado interior de cimentación.

Tal y como se ha adelantado anteriormente, las labores de reparación y refuerzo consistieron en:

- Sellado de llagas en sillares de cimentación e inyección de lechada de cemento para asegurar el contacto entre sillares.



Figura 19. Pérdida de sillares y lavado interior de cimentación.

- Ejecución de zuncho perimetral de hormigón armado en las pilas que presentaban mayor nivel de daño (fig 20).



Figura 20. Zuncho de protección de hormigón armado perimetral a la cimentación.

- Protección con escollera de cimentaciones. El diseño de la escollera se realizó a partir de un estudio hidráulico detallado (fig 21) en el que, a partir de las condiciones iniciales y previendo una cierta regularización del cauce, permitió obtener los parámetros necesarios (distribución de caudales, velocidades, etc) para el diseño del manto de escollera.

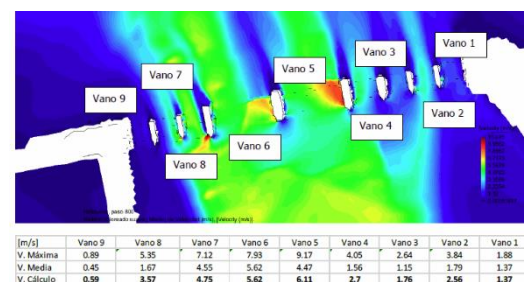


Figura 21. Gráfico de distribución de velocidades ($v_{max} \approx 10$ m/s) en situación de avenida ($T=500$ años).

La escollera dispuesta estaba formada por bloques de 1500 kg en las pilas principales y de 500 kg para el resto. Dicha diferencia reside, fundamentalmente, en que en los tramos laterales la escollera se dispuso corrida a todo el ancho, mientras que en las pilas centrales se dispuso de forma aislada (fig 22 y 23).



Figura 22. Detalle de colocación de escollera de protección. Bloques de 1500 kg.



Figura 23. Vista general de pila con su manto perimetral de protección de escollera.

3.3 Pilas y bóvedas

De forma general, los trabajos desarrollados en las pilas (figura 24) consistieron en:

- Eliminación de vegetación enraizada y limpieza mediante chorro de agua a presión de depósitos calcáreos.
- Rejuntados de llagas
- Reparación de paramentos de mortero y enfoscados defectuosos.
- Reposición puntual de sillares.



Figura 24. Vista general de pila tipo tras la actuación de limpieza, reparación y rejuntado de llagas.

En cuanto a las bóvedas, adicionalmente se realizó el cosido transversal de las bóvedas con mayor índice de daño, así como, en la bóveda con la ceja, se procedió al sellado e inyección de la misma para asegurar el contacto de la sección y, con ello, el paso natural de los axiles de la bóveda (figura 25).



Figura 25. Vista general de bóveda tipo donde se pueden apreciar los trabajos de restauración, así como los taladros de cosido transversal de la propia bóveda.

3.4 Tablero central

En el tablero central del puente, como consecuencia de los daños significativos que manifestaba, así como ante su falta de capacidad resistente para soportar las acciones normativas vigentes, se decidió proceder a su refuerzo integral.

Alternativamente al refuerzo del tablero, se estudió la posibilidad de su sustitución, la cual fue desechada rápidamente ante la necesidad de mantener un carril de circulación en todo momento.

La solución de refuerzo adoptada consistió en el recrecido perimetral de la sección

en “PI” y cara superior de losa, disponiendo la armadura longitudinal y transversal necesaria conforme a normativa (figura 26).



Figura 26. Disposición de ferralla perimetral a nervio de tablero.

A este respecto, los detalles más reseñables derivados de la ejecución serían:

- Solape de cercos de vigas mediante solape con vainas. El recrecido de las vigas se realizó en dos fases, diferenciando la parte inferior de la losa. Para ello se planteó taladrar la losa y disponer una serie de vainas metálicas (figura 27), de forma que se pudiera hormigonar en primera fase el recrecido de la viga inferior y, en segunda fase, desde plataforma, introducir la rama superior de los cercos y rellenar la vaina con grout, permitiendo el solape de las barras en segunda fase (figura 28).

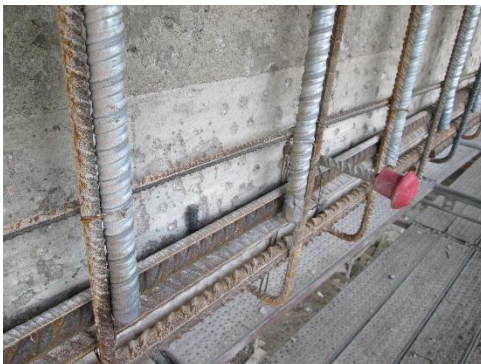


Figura 27. Detalle de vaina adosada a cerco. Vaina conectada con taladro de losa previamente ejecutado.



Figura 28. Detalle de parte superior de cercos en plataforma

- Sustitución de apoyos sin apeos y compatibilizando el uso del puente y el ferrallado del detalle de extremo de viga (armadura de anclaje de biela). Para posibilitar la realización de estos detalles se previó la utilización de un “puente” metálico que permitiera disponer la armadura longitudinal de la viga y el gato hidráulico simultáneamente, permitiendo de esta forma realizar el refuerzo del extremo de viga en primera instancia y, a continuación, el del resto del tablero (figura 29)



Figura 29. Puente metálico para permitir compaginar el refuerzo del extremo de vigas con el cambio de apoyos y el tráfico de plataforma.

- Eliminación de junta de dilatación longitudinal. Nuevamente, las condiciones de trabajo y de necesidad de compaginar el tráfico rodado fueron determinantes en la realización de este trabajo, debiendo acometer los trabajos en varias fases (figura 30).

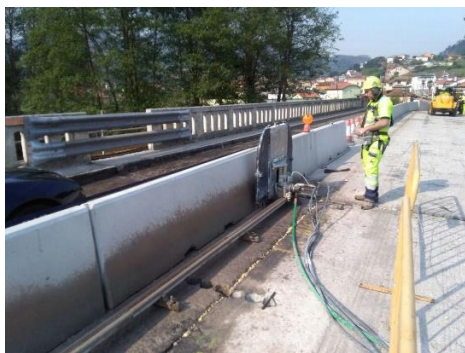


Figura 30. Corte voladizo interior de junta longitudinal

3.5 Plataforma. Ampliación

Ligado a todos los trabajos anteriores se aprovechó la actuación en el puente para realizar la ampliación del tablero, así como para implementar unos sistemas de contención conforme a los estándares actuales.

Los nuevos voladizos se plantearon como un recrecio de los voladizos actuales, planteando una solución de encamisado análoga a la de las vigas “PI”. Dentro de la actuación se planteó un recrecio general de 0,10 m la losa en toda la longitud de la estructura lo que permitió resolver sin mucha complejidad el empotramiento de los voladizos (figura 31).



Figura 31. Vista general de ampliación de voladizos



Figura 32. Vista general del puente reparado

Finalmente, se realizó la impermeabilización de la plataforma, la instalación de los sistemas de contención, las juntas de dilatación, barandilla, etc, todo ello sin mayor complejidad asociada (figura 32).

4. Principales participantes en el proyecto y obra

Propiedad:	M. Fomento. Demarcación de Carreteras en Asturias
Dirección de obra:	D. Javier Uriarte Pombo D. José María Zamora

Empresa Constructora:	Tecyrsa D. Miguel Ángel Delgado D ^a . Paloma Marín
Diseño de solución de reparación:	IDEAM D. Ignacio Pulido Sánchez D. Carlos Jiménez Solanas D. Rosa Díaz Pérez
Asistencia Técnica especializada	IDEAM D. Ignacio Pulido Sánchez D. Pablo Corte