

Puente sobre el Río Urumea en el P.I. de Epele

Urumea River Bridge in Epele

Francisco Prieto Aguilera^a, Javier Torrico Liz^b, Javier Andueza Olmedo^c, Javier García Hernando^d, Iñaki Jaime Azpiazue, Jon Corral Ansa^f

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores, Director Departamento Obra Civil. fpa@fhcor.es

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores, S.A. Dtor. División de Puentes y Obra Civil jtl@fhcor.es

^cIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores, Director Departamento Obra Civil. jao@fhcor.es

^dIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Jefe de Proyecto de Obra Civil. jgh@fhcor.es

^eIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. INJELAN. ija@injelan.com

^fIngeniero Técnico de Obras Públicas. INJELAN. jca@injelan.com

RESUMEN

El nuevo puente sobre el Urumea en las instalaciones de Orona conecta los polígonos de Lastaloea y Epele y ha sustituido a un puente preexistente del que se han aprovechado los estribos. El encaje de la solución ha venido condicionado por los condicionante hidráulicos, la geometría del puente original, y los requisitos funcionales y estéticos solicitados por el cliente. La solución que se presenta es un puente metálico de 47 m de luz, resuelto mediante dos vigas curvas en celosía tipo Warren con canto variable.

ABSTRACT

The new bridge over the Urumea at the Orona facilities connects the Lastaloea and Epele factories. The bridge replaces a preexisting one, reusing its abutments. The chosen structural type is the answer to several conditions such as the hydraulic constraints associated with flood risk in the area, the original bridge layout, and the functional and aesthetic demands of the client. The final solution is a 47 m, long simply supported, curved and tapered steel Warren truss steel bridge.

PALABRAS CLAVE: celosía metálica, fatiga, soldadura.

KEYWORDS: steel truss, fatigue, welding.

1. Condicionantes de encaje

El puente al que se refiere esta comunicación se encuentra en las instalaciones de Orona en Hernani, y salva el Urumea conectando los polígonos de Lastaloea y Epele.

El puente se ha construido para sustituir uno preexistente del que se han aprovechado los estribos.

Estas circunstancias han impuesto como condicionante de encaje la posición de los estribos y el trazado en planta del nuevo puente.

El encaje de la solución ha venido condicionado además por condicionante hidráulicos y por los requisitos funcionales y estéticos solicitados por el cliente.

Con relación a los condicionantes hidráulicos, la Administración solicitó que el nuevo puente mejorase la situación preexistente, es decir que, como aquel, cruzase el cauce sin apoyos intermedios, pero con una cota inferior de tablero más elevada, limitando así el canto del tablero al nivel de la plataforma. Esta solicitud se

basa en la delimitación de zonas de peligro de inundaciones realizada con posterioridad a la urbanización de los polígonos conectados por el puente.

En cuanto a la geometría del puente original, ha impuesto un trazado curvo en planta, con radio de 70 m en el eje del tablero, un ancho variable y un fuerte esviaje en planta para adaptarse a la posición y orientación de los estribos, fijadas por la configuración de las márgenes del río en este punto.



Figura 1. Planta de la zona con puente preexistente

Por su parte, el cliente mostró interés por el cuidado en los aspectos estéticos de los elementos estructurales y funcionales de la estructura.

2. Descripción de la estructura

A partir de los condicionantes expuestos se descartaron las soluciones convencionales biapoyadas, ya que las limitaciones de canto implicaban esbelteces de tablero superiores a 45.

La necesidad de disponer elementos estructurales sobre la plataforma llevó al cliente a solicitar que la solución fuera lo más permeable posible, aun cuando pudieran plantearse

soluciones de alma llena de canto variable peraltadas sobre la calzada, dado que en la zona de ubicación del puente se reciben visitas a la fábrica con frecuencia, y se había decidido aprovechar la intervención para mejorar la calidad del entorno de la entrada a las oficinas del edificio principal del Polígono Epele.

Así, se propuso un puente metálico de 47 m de luz y 14,20 m de ancho en el que los elementos principales son dos celosías curvas.

La solución mantiene tanto la longitud como el ancho del puente preexistente, de forma que la plataforma queda dividida en una acera aguas arriba de 2,75 m de ancho, una acera aguas abajo de 2,25 m, una calzada de 8,00 m con dos carriles de 3,50 m de ancho y dos arcenes de 0,50 m, y dos franjas de 0,60 m ocupadas por las celosías, que separan las aceras y la calzada.



Figura 2. Vista aérea del nuevo puente terminado

Las celosías son dos vigas curvas tipo Warren, con 2,00 m de canto en la sección sobre apoyos y 4,00 m de canto en la sección central.

Debido al esviaje y a la curvatura en planta, las dos celosías tienen una diferencia de luz de unos 3.50 m entre ellas, por lo que en la celosía del lado aguas arriba se ha encajado una modulación de montantes que da lugar a cinco triángulos entre las zonas macizadas de los apoyos, y en la celosía del lado aguas abajo se tiene una modulación de vigas con seis triángulos entre las zonas macizadas de los apoyos, quedando además los ejes de los nudos inferiores de estos triángulos en el mismo radio de la alineación curva del puente.



Figura 3. Vista de la obra terminada desde aguas arriba



Figura 4. Vista de la obra terminada desde margen izquierda o lado Lastaola

El cordón superior está formado por un cajón cuadrado de 600 mm de lado, por lo que tiene una esbeltez próxima a 80. Lateralmente está suplementado por sendos carenados en V que incrementa el ancho total del cordón hasta los 1000 mm, dotándole de mayor rigidez transversal al tiempo que le aporta una mayor ligereza gracias al quiebro en los paramentos laterales. El carenado está achaflanado en los arranques del cordón.



Figura 5. Detalle de zona maciza en arranque, y carenado achaflanado en cordón superior

La sección transversal de las diagonales es también un cajón de 600 x 400 mm. Las alas de los cajones que forman las diagonales tienen continuidad hasta el ala del cordón, y dentro de este conectan con tres rigidizadores interiores, de modo que las diagonales se empotran en los cordones superior e inferior.



Figura 6. Alzado de triángulo formado por diagonales adyacentes y cordón inferior

La sección transversal del cordón inferior es un cajón rectangular de 600 x 1000 mm. El canto del cordón vino condicionado por la cota de acabado de las aceras exteriores.

La plataforma del puente está formada por unas vigas transversales que soportan una losa de hormigón que sirve de tablero al tráfico rodado, y que tienen continuidad a través del cajón mediante un rigidizador inclinado, y fuera de las celosías para servir de apoyo a las aceras voladas, ya que el ala superior en la zona volada se encuentra a una cota superior que entre las celosías.



Figura 7. Perspectiva de vigas transversales, costillas de aceras y viga de borde

La solución planteada ha permitido reducir el canto del conjunto formado por el cordón inferior – vigas transversales – losa de hormigón, de forma que el fondo del puente se va a disponer 40 cm por encima del nivel del tablero original.

La losa del tablero se ha resuelto hormigonando sobre unas prelosas colaborantes dispuestas entre las vigas transversales intermedias excepto en las esquinas del estribo norte, que se han encofrado in situ.

En las aceras se planteó una chapa rigidizada y colaborante entre costillas como encofrado perdido.

El borde de la zona de aceras se remató con dos vigas de borde con un carenado formalmente similar al de los cordones superiores de las celosías principales.

El drenaje de la calzada se ha resuelto gracias al peralte y a la pendiente transversal disponiendo sumideros próximos a los estribos en el lado interior de la curva. En las aceras se ha adoptado una pendiente transversal del 1% hacia el exterior y se ha colocado un caz de hormigón in situ entre la acera y la coronación de la viga de borde en que se apoya la barandilla en el que se han dispuesto unos sumideros de diámetro menor.

En cuanto a los acabados, tras barajarse emplear acero autopatinable y acero convencional pintado, se optó por la segunda opción y en una pintura de color gris ceniza-claro para la celosía.

En el pavimento de las aceras se dispusieron unas losas siguiendo un patrón paralelo a las alineaciones de estribos, siguiendo un despiece en franjas que se mantiene durante todo el desarrollo, amoldándose a la directriz curva del propio puente, y con un diseño que evoca el mundo de la elevación mediante la combinación de dos colores. Así como la estructura tiene un acabado gris ceniza-claro, en el pavimento se combinan ambos colores, conjugando el veteado plomo con el veteado mica.

La pauta de disposición de la pavimentación comienza en la margen izquierda con un tono y se va realizando un degradado intercalando el otro tono. Desde espacios más distanciados a menos distanciados, el despiece varía conforme se avanza hacia la otra margen, con el mismo criterio en ambas aceras del puente.



Figura 8. Detalle de despiece de pavimento y caz de drenaje en aceras

En el borde de las aceras y en la zona urbanizada de acceso al puente y al edificio principal se ha colocado una barandilla liviana, con pies y pasamanos de acero inoxidable y un cerramiento con malla de acero inoxidable sujeta a los pies de la barandilla mediante un cable corrido.

A lo largo el puente se ha proyectado una iluminación con dos funciones, iluminación peatonal y ornamental.

Para la iluminación de los itinerarios peatonales se han colocado tiras de led alojadas en el pasamanos de la barandilla, que tiene una sección transversal preparada para alojar estos elementos.

La iluminación ornamental se ha resuelto disponiendo unos proyectores a lo largo del cordón inferior, en los puntos medios de los huecos generados por las diagonales de las celosías.



Figura 9. Barandilla en accesos y acera aguas arriba



Figura 10. Iluminación de aceras alojada en pasamanos de la barandilla

3. Proceso constructivo

Antes de la ejecución del puente se realizaron una serie de trabajos previos, que consistieron en el montaje de una pasarela peatonal provisional aguas arriba de la ubicación del puente, para mantener la conexión entre ambos polígonos para el personal durante la duración de las obras.

Para la ejecución del puente se planteó un proceso constructivo disponiendo dos alineaciones de apeos intermedios bajo los nudos del cordón inferior de las celosías, con la siguiente secuencia:

Fase 1

- Ejecución de una península provisional de apeo sobre el lecho del cauce.
- Montaje de las torres de apeo sobre las cimentaciones existentes en el lecho del río, empleadas para la construcción del antiguo tablero, o en nuevas cimentaciones cuando las originales no se conservasen.
- Montaje de apeos.

Fase 2

- Montaje de la primera mitad de la estructura metálica (1/2 celosías este y oeste).
- Unión de las celosías mediante vigas transversales inferiores
- Colocación de dos elementos transversales superiores de montaje.

Fase 3

- Montaje de la segunda mitad de la estructura metálica (1/2 celosías este y oeste)
- Colocación de vigas transversales inferiores.
- Conexión entre cordones inferiores, superiores y diagonales.

Fase 4

- Montaje de vigas de aceras.
- Retirada de torres de apeo.
- Retirada de península provisional.

Fase 5

- Colocación de prelosas y ejecución de la losa de hormigón.

Fase 6

- Colocación de chapas nervadas
- Hormigonado de aceras.
- Aglomerado del tablero.

Fase 7

- Acabados: barandillas, drenaje, iluminación y pavimento en aceras.

Este proceso se siguió en obra con modificaciones menores como se expondrá a continuación.

4. Construcción

Como se ha apuntado, los trabajos arrancaron con la ejecución de estribos para el montaje de

una pasarela provisional que se materializó con unos módulos de cimbra de gran capacidad dispuestos a modo de tablero sobre los que se creó una plataforma con césped artificial y un cerramiento lateral y una cubierta con elementos de andamios tubulares.



Figura 11. Fase intermedia de ejecución de la pasarela provisional

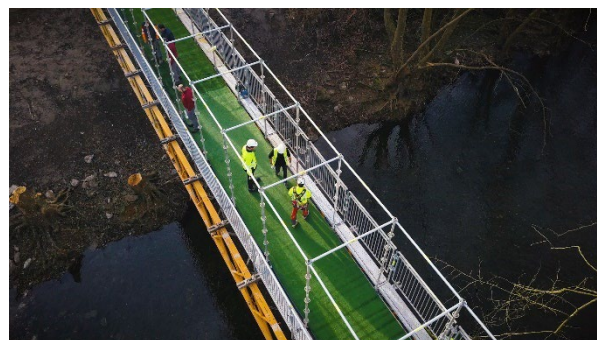


Figura 12. Pasarela provisional con plataforma forrada con césped artificial

La ejecución de la estructura metálica en taller comenzó en junio de 2020, en un plazo relativamente corto dado que la decisión sobre la tipología fue tomada por el cliente a comienzos de marzo de ese año.

La ejecución de la estructura metálica fue encomendada a MEGUSA.

Las celosías se premontaron y ensamblaron en taller en dos mitades, sobre unas bancadas en las que se dispusieron las celosías de modo que su curvatura en planta se ajustaba con la cota de las bancadas en cada punto.



Figura 13. Proceso de ensamble en taller de una de las celosías con el lado cóncavo hacia arriba



Figura 14. Proceso de ensamble en taller de una de las celosías con el lado convexo hacia arriba



Figura 15. Detalle de unión de diagonal a cordón con rigidización interior parcialmente colocada

Los trabajos más complejos realizados en taller fueron los ligados al interior de los nudos, debido a las dimensiones interiores de los cajones, principalmente en el cordón superior.



Figura 16. Detalle de encuentro de diagonal y cordón con chapa de cierre lateral ya premontada



Figura 17. Ventanas en cara exterior de cordón cerradas tras finalizar la rigidización interior

Los elementos secundarios tales como vigas transversales, vigas de borde y chapas de las aceras se fabricaron simultáneamente a las celosías principales.



Figura 18. Pieza de costillas transversales, chapa de acera y viga de borde

El transporte de las piezas a obra se realizó en cuatro piezas para los elementos principales y

en transportes de menores pesos y dimensiones para el resto de elementos.



Figura 19. Transporte de primer módulo de celosía

Durante el periodo de fabricación de la estructura metálica en taller, se realizaron las rampas de acceso al cauce del Urumea, se acondicionaron las cimentaciones de las torres de apeo del puente preexistente, y se montaron las torres de apeo en la ubicación prevista en el plan de montaje de la estructura metálica.



Figura 20. Torres de apeo dispuestas en el cauce, y rampa de acceso a la base de los apeos

A cada conjunto de celosía se le adosaron, antes de su montaje, los tramos correspondientes de costillas exteriores, chapa de acero y viga de borde.

El primer tramo montado fue el tramo próximo a la margen derecha de la celosía del lado aguas abajo, que se apuntaló provisionalmente en su extremo a la meseta de apoyos en estribo.

Aproximadamente una semana después del primer montaje se colocó el tramo de la margen derecha de la celosía de aguas arriba.

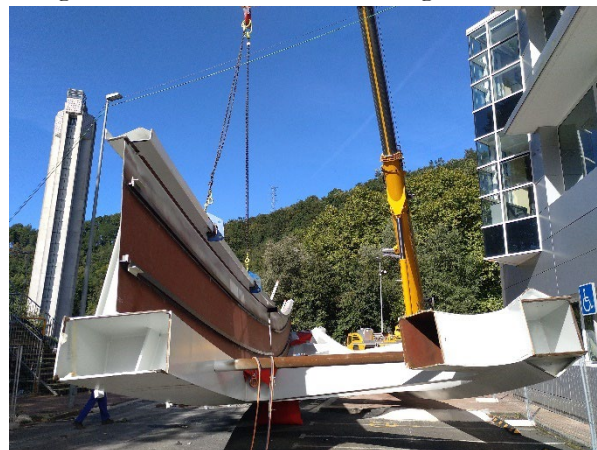


Figura 21. Celosía girada 90° para ensamble en obra de tramos de acero y viga de borde



Figura 22. Primer tramo colocado y apuntalado lateralmente al estribo



Figura 23. Proceso de colocación del segundo tramo de celosía, margen derecha lado aguas arriba

Para la conexión de las vigas transversales entre cordones inferiores se emplearon unas cestas colgadas de una grúa.

Los tramos de la margen izquierda se plantearon más cortos que los iniciales dadas las limitaciones de espacio en esa margen para la colocación de piezas y medios de elevación.



Figura 24. Montaje de vigas transversales entre cordones inferiores



Figura 25. Primera mitad de tablero a la espera de recibir los tramos de la margen izquierda



Figura 26. Montaje del tercer módulo de celosía



Figura 27. Montaje del cuarto y último tramos

Los trabajos de ejecución de estructura metálica requirieron aun de tiempo adicional para finalizar todas las uniones entre cordones, carenados, y finalización de soldaduras de vigas transversales y de travesaños de estribos.

Tras la finalización de estos trabajos se completó la ejecución de la plataforma para abrir al tráfico rodado necesario en las instalaciones en el menor plazo de tiempo posible.

Con el puente ya en servicio para los vehículos de transporte de piezas dentro de las instalaciones se completaron los trabajos de pintado de la estructura metálica, aceras, colocación de barandillas e iluminación.

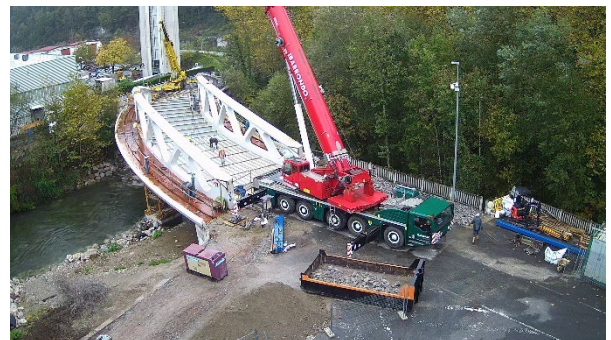


Figura 28. Vista aérea de colocación de prelosas

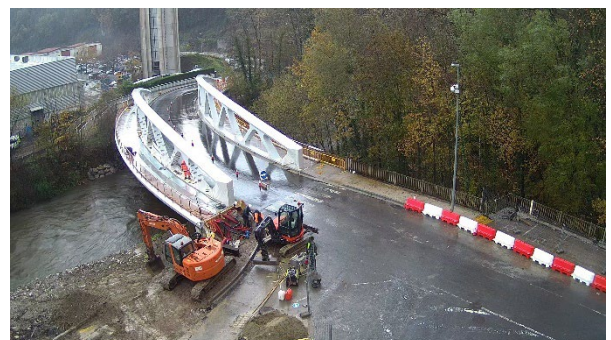


Figura 29. Trabajos de remates con el puente abierto al tráfico de camiones de Orona



Figura 30. Puente terminado desde el acceso aguas arriba de la margen derecha



Figura 31. Vista nocturna del puente terminado

Referencias

- [1] Romo, J. PUENTE DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD BARCELONA – FRONTERA FRANCESA SOBRE LA AP-7 EN RIUDELLOTS DE LA SELVA. Hormigón y Acero nº 261. Pp. 55-67. 3º Trimestre 2011
- [2] Halaczek B., Vieth H-J., Lange U. THE NEW KIENLESBERG BRIDGE IN ULM, GERMANY AN URBAN LANDMARK IN A HISTORIC SETTING. IABSE Congress Stockholm, 2016, pp. 2399-2405