

PUENTE SOBRE EL RÍO NERVIÓN DE LA LINEA BILBAO-DONOSTIA

Leonardo FERNÁNDEZ TROYANO

Dr. Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado S.L.
Director general
cfcsl@cfcsl.com

Lucía FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado S.L.
Ingeniero
luciafm@cfcsl.com

RESUMEN

El nuevo puente del ferrocarril de vía estrecha sobre el río Nervión se encuentra en la salida de la estación Etxebarri, y sustituye a un puente de vigas de tres vanos, con pilas en el cauce que reducían considerablemente su sección hidráulica.

Es un arco superior de hormigón de 80 m de luz, que salva el río sin pilas intermedias. Es de doble vía y tiene un voladizo lateral de 4,80 m para el paso de peatones y bicicletas.

El puente se construyó en una posición paralela al existente y luego se ripó a su posición definitiva, para conseguir que el tiempo de corte del tráfico ferroviario fuera lo menor posible.

PALABRAS CLAVE:

Arco Bowstring, hormigón, péndolas, puente de ferrocarril, ripado

1. Introducción

El ferrocarril de vía estrecha Bilbao-San Sebastián pasaba sobre el río Nervión cerca de la estación de Etxebarri, por un puente de tres vanos con dos pilas dentro del río, cuyas cimentaciones se habían recrecido en varias fases y reducían considerablemente la sección hidráulica del cauce. Además el tablero, formado por vigas simplemente apoyadas de hormigón armado, estaba en malas condiciones. Por todo ello se decidió sustituir el puente, con la condición de suprimir las pilas del cauce. La solución adoptada fue un arco superior de hormigón de 80 m de luz.



Figura 1. Vista aérea del puente.

Una condición fundamental del proyecto fue la necesidad de interrumpir el tráfico ferroviario el menor tiempo posible. Esta condición determinó el proceso de construcción del puente. En primer lugar se construyó completo sobre unos estribos provisionales en una posición paralela a la definitiva, y próxima al puente antiguo. Una vez construido se pasó el tráfico ferroviario sobre él mediante un desvío, lo que permitió demoler el puente existente, y construir los estribos definitivos alineados con los provisionales. Una vez terminados, se ripó la estructura completa, apoyándola sobre unos patines que la llevaron a su posición definitiva; se montaron de nuevo las vías, y se dio paso sobre él. En las dos operaciones de sustitución de las vías, la primera para pasar el tráfico sobre la posición provisional del puente, y la segunda para repararlo y dar paso sobre la posición definitiva, se tardó menos de cinco días.

2. Planteamiento general del puente

El nuevo puente sobre el río Nervión tiene una luz de 80 m, debido a la obligación de salvar el cauce sin introducir pilas en él ya que tiene que adecuarse a la canalización del río prevista en esta zona por el Servicio Territorial de Aguas del Gobierno Vasco. El puente se encuentra a la salida de la estación de Etxebarri y su altura sobre el cauce viene fijada por la posición actual de las vías. Esta altura es reducida para una luz de 80 metros, lo que obliga a hacer un puente con estructura superior de vano único, porque una viga simplemente apoyada daría un canto excesivo que reduciría considerablemente la capacidad de desagüe del río.



Figura 3. Puente con el río en su máximo nivel.

La solución que se consideró más adecuada es la de un arco superior o bowstring, según nombre anglosajón, en el que el tablero sirve de tirante y con ello se evitan los empujes horizontales del arco en sus extremos. Otra ventaja de esta solución es que llega a las orillas con canto mínimo y se eleva en el centro del río, de forma que altera mínimamente el entorno y el paisaje de las márgenes, y concentra la altura máxima de la estructura sobre el cauce. Esto es importante en

una zona semiurbana como es actualmente esta zona del río, pero que probablemente se convertirá en urbana en poco tiempo.

El material adoptado para el puente es el hormigón como fijaba la propiedad. En este caso, además de las ventajas de durabilidad de este material, el incremento de costo del proceso de construcción del puente de hormigón sobre el de acero, por su mayor peso, se compensa por el menor costo del material.

3. Planteamiento general de la construcción del puente

Si bien en todo puente es fundamental saber cómo se va a hacer para saber cómo va a ser, en este caso es básico y prioritario, porque se trata de sustituir un puente en funcionamiento con la afectación mínima posible al tráfico de los trenes que pasan por él. Por ello, en este proceso hay dos actuaciones básicas:

1. La demolición del puente existente haciéndolo desaparecer totalmente, tanto la superestructura como la infraestructura, incluidos los cimientos.
2. La construcción del nuevo puente, que debe quedar en el mismo lugar del actual porque lo exige el trazado de las vías.

Si las dos actuaciones se hacen secuencialmente como en principio parece más lógico, el tiempo de suspensión del tráfico de trenes sería de más de un año, lo cual es inadmisibles para el servicio del ferrocarril. Este tiempo de años hay que reducirlo a días, y para conseguir esto es necesario que durante la demolición del puente existente se pueda desviar la vía por un puente paralelo. Para ello caben dos posibilidades:

1. La primera posibilidad consiste en construir el nuevo puente en una posición paralela a la del puente actual y por tanto desplazado de su posición definitiva.

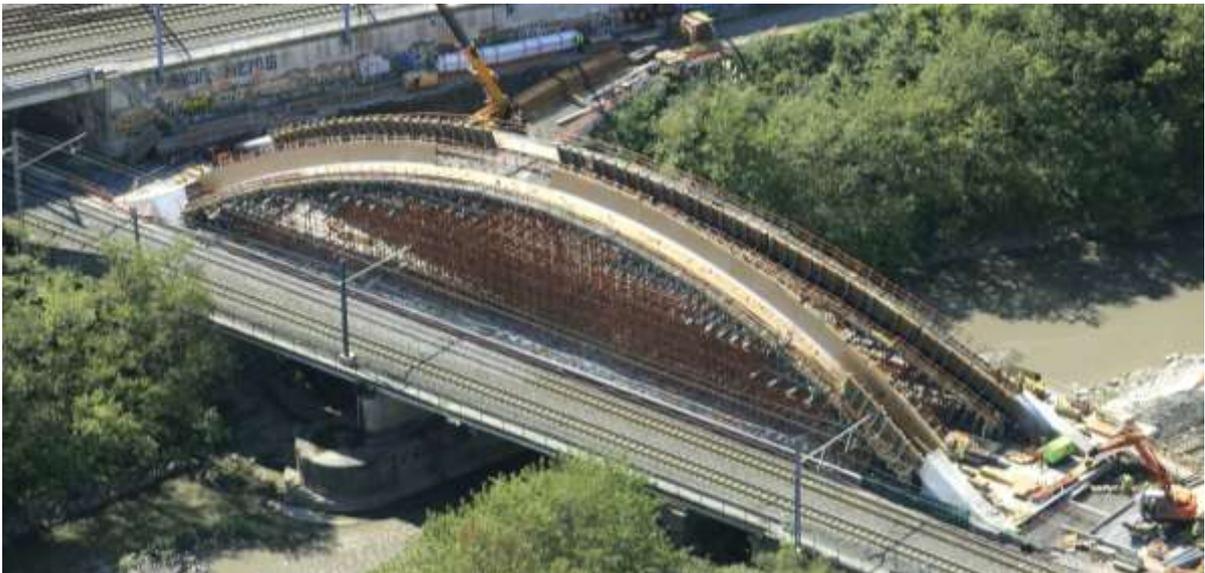


Figura 2. Construcción del puente en paralelo con el existente.

Una vez construido se pasará el tráfico por él, se procederá a demoler el puente existente, y a construir los estribos definitivos del nuevo puente, que deberán estar alineados con los estribos provisionales.

Empalmados los estribos provisionales y definitivos se reparará el puente desde su posición provisional a la definitiva y una vez ripado se sustituirán las vías provisionales por las definitivas.

La operación de ripado y sustitución de vías se puede hacer durante un máximo de cinco días.

De esta forma las interrupciones de la vía van a afectar un tiempo muy corto al servicio ferroviario.

2. La segunda posibilidad consiste en construir un puente provisional paralelo al actual para pasar por él el tráfico ferroviario.

Una vez desviado el tráfico por el puente provisional, se demolerá el puente actual y se construirá el nuevo puente en su posición definitiva, por el que se dará servicio una vez terminado.

Vistas y estudiadas las dos posibilidades, se optó por la primera, porque resulta más económica la operación de ripado del puente definitivo más las pilas provisionales, que el puente provisional y la construcción del definitivo, utilizando las pilas del existente para apoyar la cimbra.

Con el sistema adoptado, los tiempos de corte del servicio de la vía se reducen a dos operaciones:

1. La primera consiste en el empalme del desvío sobre el puente paralelo con las vías actuales, que se puede hacer en una noche.
2. La segunda consiste en el ripado del puente y la sustitución de la vía provisional en él por la definitiva. Como hemos dicho, esta operación se puede hacer en una semana.

El trazado de la vía provisional y el muro existente en la margen izquierda, que soporta la vía elevada de la línea del metro a cocheras, obliga a hacer el nuevo puente pegado al antiguo y ello requirió demoler el paso de peatones actual para situarlo en su posición provisional. Esto obligó a interrumpir el tráfico peatonal en este puente durante la construcción del nuevo puente.

4. Descripción del puente

La superestructura del puente está formada por los arcos y el tablero que forman una unidad, enlazados por las péndolas en celosía.



Figura 4. Vistas generales del puente

Esta estructura se apoya sobre los estribos formados por cargaderos cimentados por micropilotes.

El tablero está formado por dos vigas longitudinales situadas en los planos de los arcos, que están inclinados 16° respecto de la vertical. El canto y el ancho de estas vigas es de 1,50 metros, y su sección tiene forma de paralelogramo debido a la inclinación de los planos de los arcos. Son de sección maciza. Únicamente tienen los huecos necesarios para alojar los cajetines de las péndolas. Sus ejes están separados 12,50 metros para permitir los gálibos de las dos vías del ferrocarril de vía estrecha que pasan sobre él. Estas vigas están unidas por la losa del tablero que tiene 0,25 metros de canto y por las costillas transversales situadas cada 2,25 metros, que son de canto variable, con el mismo canto en el centro que las vigas longitudinales.

En el lado de aguas abajo el tablero se prolonga con un voladizo de 5,40 metros de longitud a partir del eje de la viga lateral. Este voladizo está formado por una losa de 0,25 metros de canto y costillas cada 2,50 metros, prolongación de las que están situadas entre las vigas longitudinales. Sirve para el paso de peatones y bicicletas. Tiene un ancho efectivo de 4,50 metros.



Figura 5. Vista inferior del tablero

Las vigas longitudinales funcionan como tirantes del arco, que están formados por 18 cables de pretensado de 24 torones de 0,6". De estos 18 cables, 10 van en la viga de aguas abajo, de la que parte el voladizo lateral, y 8 en la viga de aguas arriba que no tiene prolongación.

La sección de los arcos tiene el mismo canto y ancho de las vigas, 1,50x1,50, y la misma forma de paralelogramo. Sus paramentos están en los mismos planos que ellas, de forma que la cara exterior del arco y de la viga en el lado de aguas arriba están situadas en un mismo plano. En el lado aguas abajo este plano se rompe con el voladizo de la acera.

Los arcos son de hormigón armado de sección maciza, salvo en los huecos que hay que dejar en ellos para alojamiento de los anclajes de las péndolas.

Las péndolas están dispuestas en celosía porque es una solución más eficaz que la de péndolas verticales, al reducir los esfuerzos de flexión en el arco y en el tablero. Están formadas por unidades de cables de 0,6", que varían desde 3 a 15 torones. Sus anclajes se alojan, tanto en las vigas del tablero como en los arcos, en unos cajetines, de forma que no salen al exterior. Todas las péndolas son fácilmente sustituibles en el caso de que sea necesario, porque sus anclajes son accesibles.

5. Proceso de construcción del puente

La construcción del puente en su posición provisional estaba prevista en proyecto hacerla mediante el empuje del tablero, sin el arco, utilizando pilas provisionales en prolongación de las pilas del puente actual, sin reducir la capacidad de desagüe del río. Durante la construcción la constructora decidió construirlo sobre una cimbra, apoyada en las pilas provisionales. Para que la cimbra quedara protegida por el puente existente, el nuevo se construyó 50 cm por encima de la cota definitiva, y luego se bajó con gatos.

Se situaron cuatro pilas provisionales entre los estribos para apoyar la cimbra quedando así luces del orden de 16 metros. Estas pilas estaban alineadas con las del puente actual.



Figura 6. Construcción del arco sobre cimbra.

Figura 5. Vías provisionales sobre el puente

Una vez construido el tablero sobre la cimbra, se retiró ésta y se mantuvo apoyado sobre las pilas provisionales. Posteriormente se construyó el arco mediante una cimbra que se apoyaba en el tablero.

Terminado el arco y tesadas las péndolas, se retiraron los apoyos provisionales y se montaron las vías provisionales para desviar el ferrocarril sobre el nuevo puente, de forma que el puente actual quedó libre de tráfico. Esta situación permitió demolerlo. Después se construyeron los estribos del nuevo puente como prolongación de los provisionales.



Figura 8. Demolición de la estructura existente

La operación siguiente consistió en ripar y gatear el puente desde la posición inicial a la final. Esta operación se realizó mediante 3 patines de deslizamiento de 750 t en cada estribo. Cada patín disponía de un gato vertical de doble efecto de 750 t y 600 mm de carrera y un gato de empuje horizontal de 60 t. Los patines deslizaban por carriles de 30 m con teflones. El peso total del puente ripado fue de 3.750 t.



Figura 10. Gateo y ripado del puente. Patines y carriles de deslizamiento

Una vez terminado el ripado se descendió el puente a su posición definitiva, quedando éste apoyado sobre los apoyos definitivos. Finalmente se sustituyeron las vías provisionales por las definitivas y se dio tráfico por el nuevo puente.