

II JORNADAS sobre LA VIDA DE LOS PUENTES
LA CONSTRUCIÓN EN EL PROYECTO Y EL PROYECTO EN LA CONSTRUCIÓN

EL PUENTE DE LANJARÓN

José Mª de Villar Luengo
Director y Consejero Delegado
TORROJA INGENIERÏA S.L.

José M Simón-Talero Muñoz
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
TORROJA INGENIERÏA S.L.

RESUMEN

El puente de Lanjarón se encuentra en la nueva carretera de acceso a la población de Lanjarón desde la Autovía Granada – Motril. Se trata de una celosía de canto variable de 112.6 m de luz y 15 m de flecha; la anchura total del tablero es de 15 m. Tanto las vigas principales como los nervios de los arcos y las péndolas inclinadas son secciones metálicas huecas. La superficie de rodadura se dispone sobre una losa de hormigón armado de 22 cm de espesor que se apoya en un conjunto de largueros y travesaños metálicos.

La parte metálica del puente se construyó en el desmonte de acceso a uno de los estribos y luego fue empujada hasta llegar a un voladizo de longitud igual a la mitad del vano, aproximadamente. Dado que, por condicionantes orográficos, de conservación de patrimonio y medioambientales, no se podían disponer pilas auxiliares en el barranco a salvare, fue necesario disponer un sistema alternativo para asegurar el equilibrio y la estabilidad del puente hasta alcanzar la margen opuesta. Así, se dispusieron unos cables de tiro que unían la punta del voladizo con unas torres situadas en el estribo de llegada. Mediante el accionamiento coordinado de dichos cables y de otros horizontales de retenida, unidos a la parte dorsal del tablero, se consiguió con un mecanismo similar a una “caña de pescar” (de unos 5400 kN de capacidad) alcanzar la margen opuesta del barranco.



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

Dentro del tramo Durcal – Izbor de la nueva autopista de Granada a Motril, estaba prevista la conexión de un ramal que mejorara los accesos al municipio de Lanjarón. Este ramal se encuentra con un profundo barranco, el formado por el río Lanjarón, que se denomina barranco de Tablate.

El punto de paso que se ha elegido no es casual, pues por el mismo sitio pasaba una antigua senda, en la que se relatan enfrentamientos entre los moriscos y las tropas de D. Juan de Austria. En la historia figura como protagonista un antiguo puente levantado en este paso. De hecho fue una de las victimas de los combates. Reconstruido después, es un original puente arco apoyado en un voladizo formado por la propia roca. Actualmente no tiene uso y está parcialmente destruido. Posteriormente, la carretera de acceso a Lanjarón necesitó un puente más accesible, que se construyó a escasos metros del primer puente, en la década de los 40 del siglo pasado.

Más recientemente, la nueva carretera de acceso a la población de Lanjarón exigía construir un puente, a una cota más elevada que los anteriores., pero en un emplazamiento muy próximo a los dos puentes antiguos mencionados. Dado que dichas obras son patrimonio histórico, y que el valle a salvar es esrecho, profundo y con laderas de extremada pendiente, se limitó el acceso al fondo del barranco, no sólo para disponer en el las pilas sino también para situar elementos provisionales.



Figura 1. Vista general

La estructura proyectada y finalmente construida es un puente mixto: se trata de una celosía de canto variable en que el arco superior es atirantado por su

propio tablero –"bow string, en el argot-, transmitiéndose únicamente reacciones verticales al terreno. Tanto el arco como el tablero constan de dos nervios y una serie de vigas transversales. Las del arco sirven para rigidizar y solidarizar ambos nervios y las del tablero sujetan una losa de hormigón sobre la que discurre el tráfico. El arco y el tablero se unen mediante unas péndolas. La disposición de éstas, trianguladas, hace que se compriman levemente en algunos casos de carga, por lo que están constituidas por cajones metálicos. Las vigas principales del tablero y el propio arco también están constituidos por cajones metálicos. La superficie de rodadura se dispone sobre una losa de hormigón armado de 22 cm de espesor que reposa sobre las vigas principales del tablero y sobre unos travesaños perpendiculares e estas vigas.

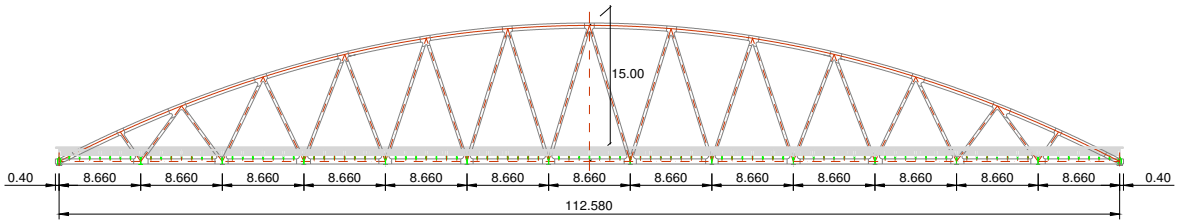


Figura 2. Alzado Longitudinal

El arco tiene 112,6 m de luz y 15 m de flecha. La sección transversal del tablero consta de dos carriles de 3.5, con arcenes y barreras. Ambos carriles discurren por el interior del puente. En ambos lados se han dispuesto dos aceras para servicio. Así, el ancho total del tablero es de 15 m, conforme se aprecia en los croquis adjuntos.

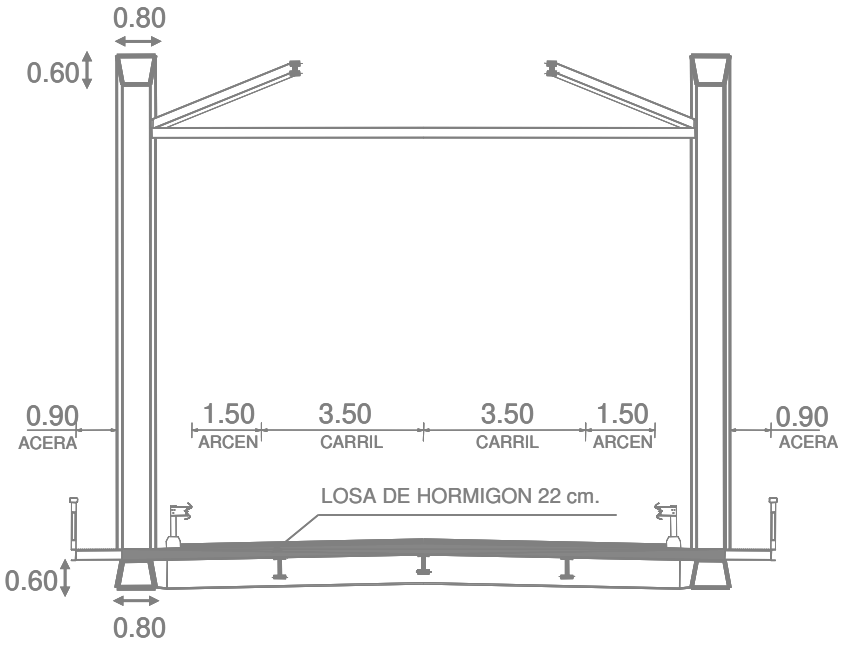


Figura 3. Sección transversal del tablero

PROCESO CONSTRUCTIVO

Dado que, como se ha comentado, no existía ninguna posibilidad de ocupación provisional o definitiva del barranco, las opciones de montaje de la estructura se limitaron extraordinariamente. Prácticamente se redujeron exclusivamente al lanzamiento.

El montaje de la estructura metálica del puente se realizó sobre el desmonte de uno de los accesos, sobre dos carriles de hormigón en los que se apoyaban los nervios principales del tablero. Una vez finalizado el montaje de la parte metálica del arco y del tablero, el puente se apoya sobre unos patines en uno de los extremos y en su mitad. Así, el tablero queda apoyado en su extremo dorsal y en el centro del vano, en una situación en que se produce un voladizo igual a la mitad de la luz del vano. Con esta configuración se procede al empuje del puente hasta que el apoyo frontal alcanza el estribo del lado en que se ha montado el puente, quedando, por tanto, la mitad frontal en voladizo sobre el barranco.



Figura 4. Empuje de la primera mitad del puente

Dado que se trata de un puente de un solo vano no se puede recurrir al procedimiento habitual de continuar el empuje hasta alcanzar la otra margen del barranco, ya que al ser la longitud de lanzamiento total mayor de la mitad de la luz del vano, el equilibrio no estaría asegurado, más que un contrapeso excesivamente grande. Además, el flector negativo que produciría un voladizo de esa envergadura haría que el estado tensional de la estructura metálica fuera inadmisible.

Para proseguir el lanzamiento se sitúa en la otra ladera una torre de 15 m de altura. Desde este punto instalan unos cables de soporte hasta el extremo del puente que está en voladizo. Por lo tanto, el puente pasa a apoyarse en estos cables y en uno de los apoyos en el terreno, dado que en esta situación uno de los apoyos del puente se elimina. Para compensar la resultante del atirantamiento se colocan unos cables de retenida.

En esta situación el puente tiene el esquema de sustentación mostrado en la figura que sigue.

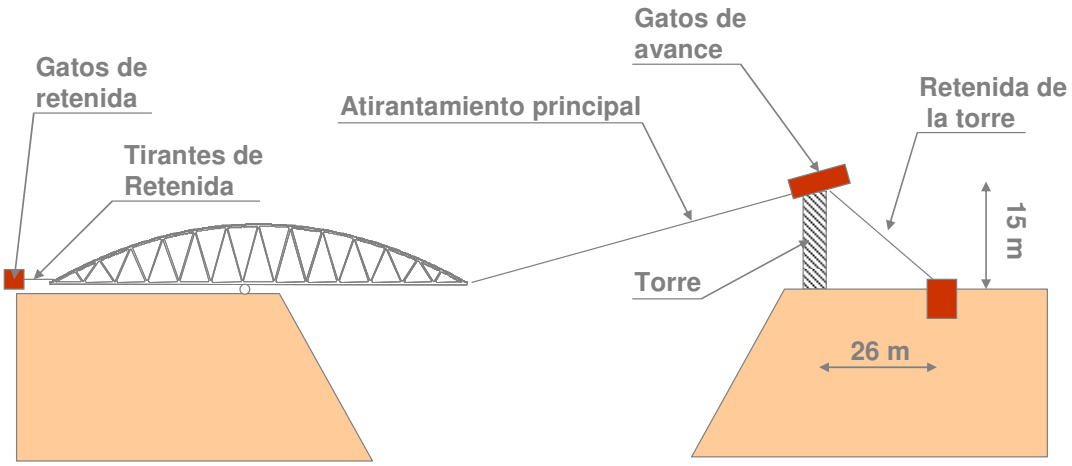


Figura 5. Esquema de sustentación durante el lanzamiento de la 2ª parte del vano

Actuando sobre la retenida, mediante gatos de lanzamiento y sobre los cables de sustentación se consigue realizar el movimiento del puente. El proceso básico consiste en levantar el puente recogiendo cable de sustentación y moverlo hacia delante soltando cable de retenida. Como se deduce de lo expuesto, el proceso constructivo es bastante particular, puesto que la segunda mitad del puente se coloca en su emplazamiento "pescando" la punta del voladizo con unos cables a modo de "caña de pescar".

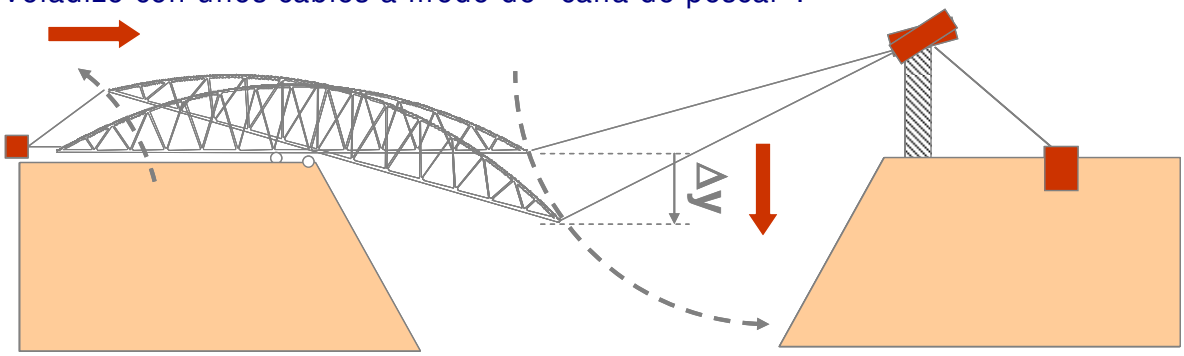


Figura 6. Lanzamiento. Avance mediante soltado de la retenida

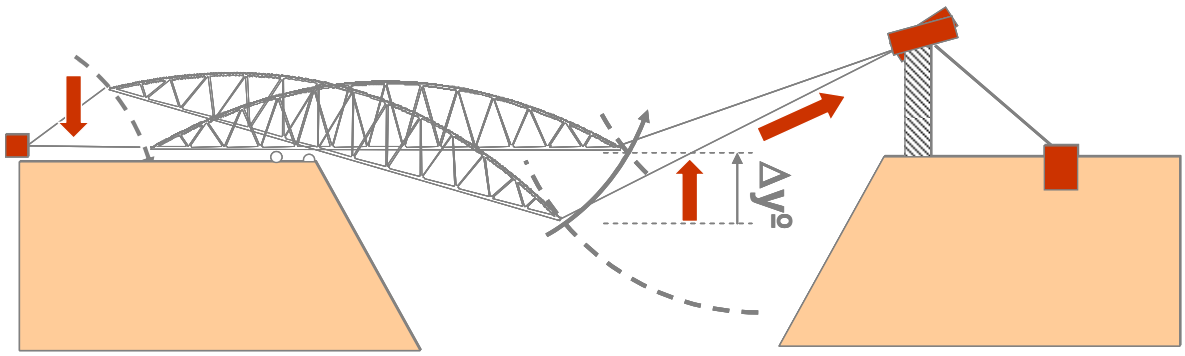


Figura 7. Lanzamiento. Recuperación de la flecha mediante tiro de los cables principales



Figura 8. Lanzamiento. Vista lateral



Figura 9. Lanzamiento. Vista cenital

La resistencia y equilibrio del sistema en vertical quedaba asegurada por el conjunto apoyos verticales – cables de retenida – cables principales de tiro. Sin embargo, la acción del viento generaba unas acciones horizontales cuyos efectos demandaban la disposición de unos tirantes laterales que aseguraran la

estabilidad horizontal del sistema, conforme al esquema estático mostrado en la figura que sigue.

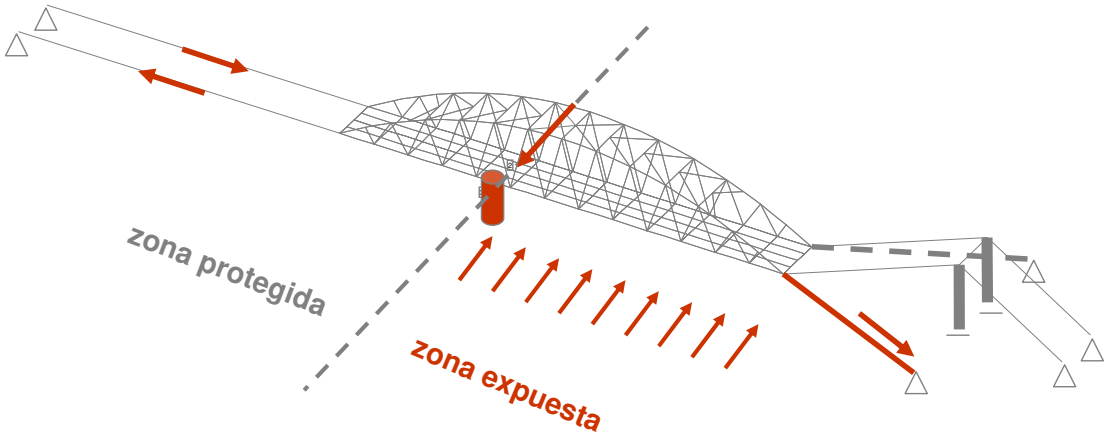


Figura 10. Esquema estático transversal durante el lanzamiento

Es de destacar que este esquema estático es variable durante el proceso de lanzamiento. Así, en las primeras fases el puente está menos expuesto a la acción del viento, pero, a cambio, es más flexible, dado que los cables transversales inciden muy oblicuamente. Sin embargo, en las fases finales del lanzamiento, la acción del viento es mayor, pero también lo es la eficacia de los cables transversales.

Por otra parte es importante mencionar que la configuración estructural del puente durante el lanzamiento es ciertamente peculiar, especialmente en lo que respecta a los fenómenos dinámicos que podría inducir el viento. Por ello, se llevó a cabo un cálculo dinámico espectral que consideraba distribuciones aleatorias tanto de fuerza del viento tanto en el espacio como en el tiempo. Mediante un modelo algo sofisticado se dedujo que los fenómenos dinámicos más acusados se producían con velocidades medias del viento de unos 32 m/s (115 km/h); sin embargo, se comprobó que no se producían fenómenos aeroelásticos resonantes, con lo que se verifico la validez del diseño propuesto.

FICHA TÉCNICA

Propiedad y Dirección de Obra.
MINISTERIO DE FOMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
Francisco Ruiz Hidalgo (Director de obra)
Construcción
DRAGADOS
Ángel Mesa, Miguel Martín Pardinas
UTRECO (Taller metálico)
VSL (Medios auxiliares de lanzamiento)
Javier Martínez
Proyecto y Asesoría Técnica a la obra
TORROJA INGENIERÍA S.L.
José A. Torroja, José Mª de Villar, José M. Simón-Talero