

Puente atirantado Real en Orizaba, Veracruz, México

*Real Cable-stayed bridge in Orizaba, Veracruz, México **

Lucía Fernández Muñoz^{*, a}, Guillermo Ayuso Calle^b, Raúl González Aguilar^c

^a Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. luciafm@cfcsl.com

^b Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. gayuso@cfcsl.com

^c Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. rgonzalez@cfcsl.com

RESUMEN

El Puente Real es un puente atirantado situado en Orizaba, estado de Veracruz, México. Es un puente de pequeña luz, 80 m, dado que requería un canto mínimo para pasar sobre las vías de ferrocarril que atraviesan la ciudad.

Para resistir el sismo, el tablero está empotrado en las torres formándose un pórtico, que resiste la acción longitudinal. El sismo transversal se soporta en las torres, pilas y en los estribos. En este caso, aunque las torres son bajas y no muy flexibles, dado el tamaño del puente era más económico dimensionar las torres para el sismo que disponer amortiguadores longitudinales.

ABSTRACT

The Puente Real is a cable-stayed bridge located in Orizaba, state of Veracruz, Mexico. It is a small span bridge, 80 m long, since a minimum deck depth it was required to pass over the railway tracks that cross the city.

To resist earthquakes, the deck is embedded in the towers forming a frame, which resists the longitudinal action. Transversal seismic action is resisted by the towers, piers and abutments. In this case, although the towers are low and not very flexible, given the size of the bridge, it was more economical to design the towers for earthquakes than to have longitudinal dampers.

PALABRAS CLAVE: Puente atirantado, hormigón, cables pasantes, pretensado

KEYWORDS: Cable-stayed bridge, prestressed concrete, continuous cable.

1. Planteamiento general del puente

El Puente Real es un puente atirantado inaugurado a finales de 2017 en México, en la ciudad de Orizaba, estado de Veracruz. Es un puente atirantado de pequeña luz, dado que requería un canto mínimo para pasar sobre las vías de ferrocarril que atraviesan la ciudad. El cruce de las vías con el puente es muy oblicuo, por lo que el gálibo vertical de 7.5 m es necesario en todo el vano central. Por otro lado, la longitud de las rampas de acceso estaba limitada debido a los cruces con las calles adyacentes y su pendiente debía ser lo menor posible. Por todo ello se decidió hacer un

puente atirantado de 80 m de vano principal con un tablero de canto de 0,82 m.

El puente tiene 5 vanos de 20+35+80+35+20 m de luz. El trazado en planta se ha ajustado a las calles que confluyen en el cruce del ferrocarril, por lo que los vanos laterales son rectos y el central curvo, con un radio en planta de 700 m. La necesidad de dejar un vial lateral en las calles paralelas a cada lado del puente para poder realizar todos los movimientos bajo él, obligó a que solo se pudiera hacer el puente de un carril por sentido.



Figura 1. Vista general del Puente Real en Orizaba

En este caso la solución que se ha utilizado para resistir el sismo ha sido la misma que utilizamos en el puente de Carrera Novena en Bucaramanga [1], Colombia. Este puente se terminó de construir en 2015, en una zona de alta sismicidad. Se trata de un puente atirantado de tres vanos de $129 + 292 + 129$ m de luz y la altura de las pilas de 52 y 72 m desde la rasante del tablero al terreno. En ambos puentes el tablero está empotrado en las torres formándose un pórtico, que resiste el sismo longitudinal, sin necesidad de amortiguadores. El sismo transversal se soporta en las torres, pilas y en los estribos. En este caso, aunque las torres son bajas y no muy flexibles, a diferencia de en el viaducto de Bucaramanga, que son altas y flexibles, dado el tamaño del puente era más económico dimensionar las torres para el sismo que poner amortiguadores longitudinales.

2. Descripción del puente

El puente se compone del tablero, la torre y las pilas. En los extremos se apoya en los estribos.



Figura 2. Vista inferior del tablero

2.1 El tablero

El tablero tiene un ancho de 9,80 m, para dos carriles de circulación, y la mediana central donde se alojan los tirantes y que alberga la torre.

La sección es una losa trapezoidal central maciza de canto constante de 0,82 m y un ancho inferior de 4 m, y unos voladizos laterales de 2,90 m cada uno. En el empotramiento entre la torre y el tablero, el canto es variable. El aumento de canto fue necesario para dejar el tablero independiente de la torre durante la construcción, ya que la unión no se realizó hasta que no se cerró el puente y se tensaron los cables de pretensado. Por ello, la sección del tablero a la altura de la torre se quedaba débil durante la construcción, y fue necesario ampliarla transversalmente y en canto llegando a tener un ancho de 4,83 m y un canto de 1,60 m.

Cada haz de tirantes está compuesto por cinco cables de entre 25 y 37 torones. Los tirantes se anclan en huecos centrales dispuestos en la losa, de forma que los anclajes no sobresalgan de la misma, para respetar el gálibo libre necesario en todos los puntos.

2.2 Las torres

Las torres tienen una altura total de 25,5 m y de 16,5 m sobre el tablero. Debido a la necesidad de reducir al máximo la dimensión transversal de las torres para no aumentar el ancho del tablero, se decidió no anclar los tirantes en las mismas, haciéndolos pasantes. De esta forma se evitó la necesidad de hacer una galería en ellas, que supondría unas dimensiones mayores.



Figura 3. Torre del puente.

También se pensó en la posibilidad de cruzar los tirantes en la torre, pero debido a la curva en planta del tablero se desestimó la idea.

La sección de la torre es maciza. Es un rectángulo variable, ya que para poder albergar

las sillas en la cabeza de las torres fue necesario abrirlas longitudinalmente en cabeza, para aumentar lo máximo posible el radio de las sillas. Así mismo fue necesario abrirlas transversalmente en la base, para resistir los momentos transversales.

Para pasar los cables por las torres se ha utilizado el mismo sistema que utilizamos en el puente de Grijalva [2], en Villahermosa, México, construido en 2001. Estas sillas permiten fijar los tirantes a las torres para las sobrecargas, y además poder sustituir los tirantes sin alterar el tablero o las torres. Esto se consiguió haciendo las sillas con doble tubo, uno exterior unido a la torre y uno interior libre, donde se alojan los cables de los tirantes.



Figura 4. Tubo exterior unido a la torre del puente de Grijalva.

En los extremos de las sillas, fuera de la torre, se disponen anclajes en los cables pasantes para resistir las variaciones de carga en los tirantes producidas por las sobrecargas. Estos anclajes se fijan a la torre mediante una rosca que los solidariza con el tubo fijo de la silla, conectado al concreto mediante chapas taladradas. Los anclajes consisten en unos cilindros metálicos con nervios anulares interiores que, una vez tensados los tirantes, se rellenan con resina.

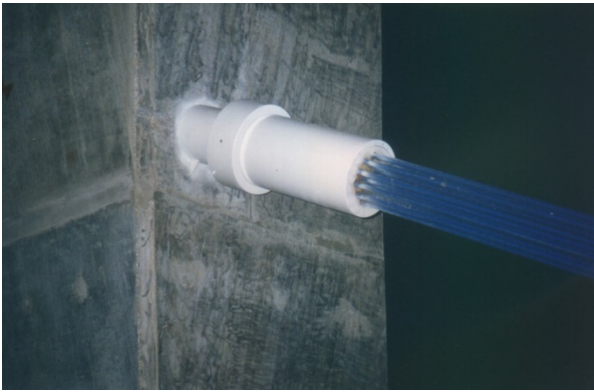


Figura 5. Anclaje de los tirantes del puente Grijalva.

El radio de giro de los tirantes al paso por la torre es pequeño, aunque se abrió la torre para aumentarlo lo máximo posible. Por ello hubo que considerar en el dimensionamiento de los cables el incremento de las tensiones producido por la incurvación.



2.3 Las pilas

Las pilas intermedias se abren en cabeza para alojar los apoyos dispuestos en ellas. En estas pilas se produce un tiro, que se recogió mediante unas barras de pretensado. Además tienen un taco con unos apoyos de neopreno, que sirve para recoger el sismo transversal también en ellas.



Las barras deben permitir el movimiento longitudinal que se produce, para ello se ha colocado en cada extremo de la barra una tuerca esférica que se apoya sobre el hueco también esférico de la placa de anclaje y entre ambos se coloca una lámina de teflón. Las barras van alojadas en un tubo de acero de forma ovalada dimensionado para permitir los movimientos.



Figura 8. Pila del puente.

3. Construcción del puente

La construcción del puente se hizo por voladizos sucesivos con carros de avance.

Los vanos laterales se realizaron sobre cimbra. Una vez colocado los carros de avance

para la construcción del vano central, se retiró la cimbra, dejando los vanos laterales atirantados apoyados sobre 6 apeos provisionales.



Figura 9. Vanos laterales sobre los apeos provisionales.

La longitud de cada dovela era de 3,20 m, que es la mitad de la distancia entre tirantes. Por tanto una dovela tenía tirante y otra no. Cada voladizo constaba de 10 dovelas.

El pretensado de proceso está compuesto por dos familias de 6 cables cada una, de forma que una familia se ancla en las dovelas con tirante y la otra en las que no tienen.



Agradecimientos

La construcción del puente se hizo gracias al siguiente equipo:

Propiedad: AYUNTAMIENTO DE ORIZABA

Proyecto: Carlos Fernandez Casado, S.L.

Construcción: Mexicana de Presfuerzo S.A.

Referencias

- [1] Leonardo Fernández Troyano, Lucía Fernandez Muñoz, Guillermo Ayuso C. Viaducto atirantado de Bucaramanga. Colombia. VI Congreso ACHE Madrid 2014
- [2] Leonardo Fernández Troyano. Ponte mexicano. A Mexican bridge. L'Industria Italiana del Cemento n° 803 Noviembre 2004