

Pasarela atirantada de Vidanta en Nuevo Vallarta, México

Vidanta cable stayed footbridge in Nuevo Vallarta, Mexico

Lucía Fernández Muñoz ^a, Guillermo Ayuso Calle ^b

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

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

RESUMEN

La pasarela atirantada de Vidanta se encuentra en Nuevo Vallarta, México y salva el río Ameca en una zona próxima a su desembocadura. Tiene una longitud total de 290 m, con dos tramos laterales de 60 m, divididos en dos vanos de 25.4 y 34.6 m cada uno, y un vano central de 170 m.

Las pasarelas son estructuras ligeras, por lo que son más sensibles a los efectos del viento y el sismo, que tiene fuerte presencia en la zona donde se encuentra ésta, por ello, estos fenómenos han dimensionado la estructura.

ABSTRACT

The Vidanta cable stayed footbridge is located in Nuevo Vallarta, Mexico, and spans the Ameca river in near his mouth. It has a total length of 290 m, with two lateral spans of 60 m divided into two spans of 25.4 and 34.6 m each, and a central one of 170 m.

The footbridges are light structures, so they are more sensitive to the effects of wind and earthquake, which has a strong presence in the area where it is located, therefore these phenomena have dimensioned the structure.

PALABRAS CLAVE: Pasarela atirantada, sismo, viento, hormigón pretensado, voladizos sucesivos

KEYWORDS: Cable stayed footbridge, wind, earthquake, prestressed concrete, cantilever

1. Planteamiento general del puente

La pasarela de Vidanta se encuentra en uno de los resorts de lujo de la cadena Vidanta, ubicado en Nuevo Vallarta, estado de Nayarit, en México, y salva el río Ameca para conectar todos los hoyos del campo de golf del resort que se encuentran a los dos lados del río. Este paso es

el desdoblamiento de una pasarela colgante existente, que tiene un ancho de apenas 2 m que permite la circulación de un solo carrito de golf. La nueva pasarela tiene un ancho de 6 m para permitir la circulación de los carritos en los dos sentidos.



Figura 1. Vista general de la pasarela.

La pasarela salva el río en una zona próxima a su desembocadura. El ancho habitual del cauce en este cruce es de aproximadamente 140 m, por lo que, para sacar los apoyos del río y respetar los caminos existentes en sus orillas, se ha fijado un vano central de 170 m. Este cauce se amplía hasta los 225 m, cuando el agua llega a su nivel máximo extraordinario (NAME), dejando las torres y las pilas laterales dentro de él. Se decidió realizar una pasarela atirantada para hacer el tablero lo más esbelto posible, lo que determina la necesidad de una solución de estructura superior, y entre ellas ésta es la que nos pareció más adecuada. La solución colgada se descartó por el rango de luces, ya que 170 m actualmente es un vano pequeño para estos puentes, por su mayor coste, y un arco superior nos pareció que encajaba peor en el lugar,

teniendo en cuenta además la pasarela colgante existente. Los tramos laterales de 60 m de longitud cada uno, se han dividido en dos vanos de 25.4 y 34.6 m. Esta longitud de 60 m viene fijada por el trazado curvo de los accesos al puente, que determinan unos tramos laterales más cortos de lo que sería deseable para una compensación ideal.

El puente se atiranta por medio de dos haces laterales que se anclan en los bordes del tablero y en las torres que se abren transversalmente en forma de V. El ancho del tablero es de 6 m y en proyecto estaba dividido en dos zonas, una para peatones y otra para vehículos ligeros, aunque finalmente se ha dejado con dos carriles para vehículos ligeros, uno para cada sentido.

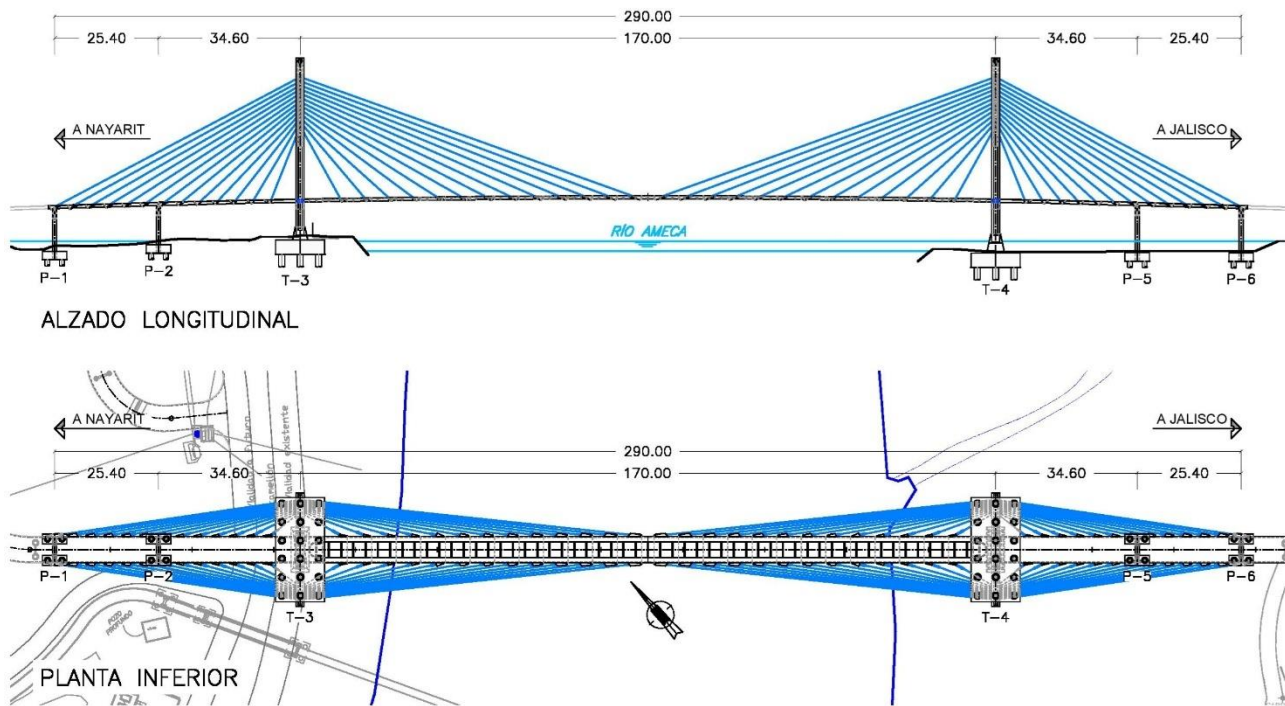


Figura 2. Alzado y planta de la pasarela atirantada.

Las pasarelas son estructuras ligeras, ya que su tráfico lo es, por lo que son más sensibles a los efectos de sismo y viento. Además, ésta se encuentra en una zona de huracanes y con una sismicidad alta, lo que ha dimensionado toda la estructura.

Para soportar las acciones sísmicas se ha recurrido a unos amortiguadores longitudinales situados entre el tablero y las torres. Se disponen dos amortiguadores por torre con una constante $C=1500 \text{ KN}/(\text{m/s})^\alpha$ y un valor $\alpha=0.25$. Transversalmente el sismo se resiste mediante topes transversales tanto en torres como en pilas.

Para estudiar el efecto del viento se realizaron ensayos en túnel de viento, que luego se detallarán.



Figura 3. Amortiguadores longitudinales.

2. Descripción del viaducto



Figura 4. Vista aérea de la pasarela completa.

La pasarela completa incluye dos accesos curvos a cada lado de la zona central atirantada. Estos accesos son independientes de la pasarela atirantada, existiendo una junta de dilatación entre la zona central y cada uno de los accesos.

La pasarela atirantada se compone de un tablero dividido en dos vanos laterales a cada lado del vano central, dos torres de atirantamiento, abiertas transversalmente de las que parten los tirantes, y dos pilas por cada vano lateral, las extremas y las intermedias.

A continuación vamos a describir cada elemento de la pasarela.

2.1 El tablero

La estructura se atiranta por medio de 4 haces de tirantes dispuestos en los bordes laterales del

tablero, y que no son simétricos respecto a las torres, ya que los tramos de compensación son más cortos que la mitad del vano central. Esto ha llevado a hacer la sección de los tramos laterales más pesada, para compensar el peso del vano central y tener menos flexiones en la torre. La sección de los tramos laterales es una losa maciza de 0.76 m de canto. La sección del vano central está formada por dos vigas longitudinales de borde de 1.25 de ancho y 0.70 de canto, unidas por una losa de 20 cm de espesor y diafragmas transversales cada 3 m. Tanto las vigas longitudinales del vano central, como la losa de los laterales son de hormigón pretensado. Los tirantes se anclan en el tablero en unos mogotes triangulares laterales cada 6 m.

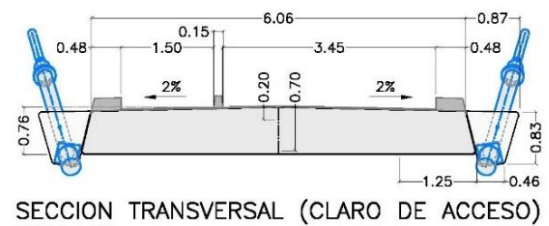
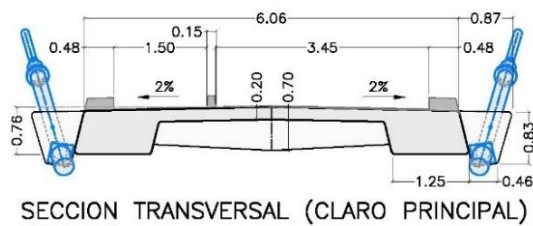


Figura 5. Secciones del tablero.

2.2 Las torres

Las torres tienen forma de V. Su altura sobre el tablero es de 34.5 m en ambas torres, mientras que la altura hasta el suelo es diferente, de 10 m en la torre 3 y 13.2 en la torre 4. Su sección es

constante desde el tablero, con una forma rectangular, de 2 m de ancho en el sentido longitudinal por 1.60 m de largo en sentido transversal. Esta sección tiene un tacón de 1.0 x 0.6 m en la zona exterior.



Figura 6. Vista general de la pasarela y las torres de atirantamiento.

Las torres son macizas hasta donde empiezan los tirantes, siendo luego huecas, con paredes de 40 cm, lo que permite el anclaje de los tirantes en su interior. Al ser una estructura ligera los tirantes son pequeños, así como los tiros que se producen en sus anclajes, por lo que se recogen con armadura pasiva. La zona inferior de las torres tiene sección variable, abriéndose transversalmente y perdiendo el tacón, hasta llegar a una sección rectangular en arranques de 2.00 x 4.54 m. Las torres llevan un pretensado longitudinal, necesario para resistir los momentos transversales debido al sismo. Así mismo, las riostras de las torres bajo el tablero también van pretensadas para resistir las tracciones existentes en ellas.

La cimentación de ambas torres se realiza con 3 filas de 6 pilotes cada una. Estos pilotes son de 1.5 metros de diámetro y alrededor de 30 m de longitud.

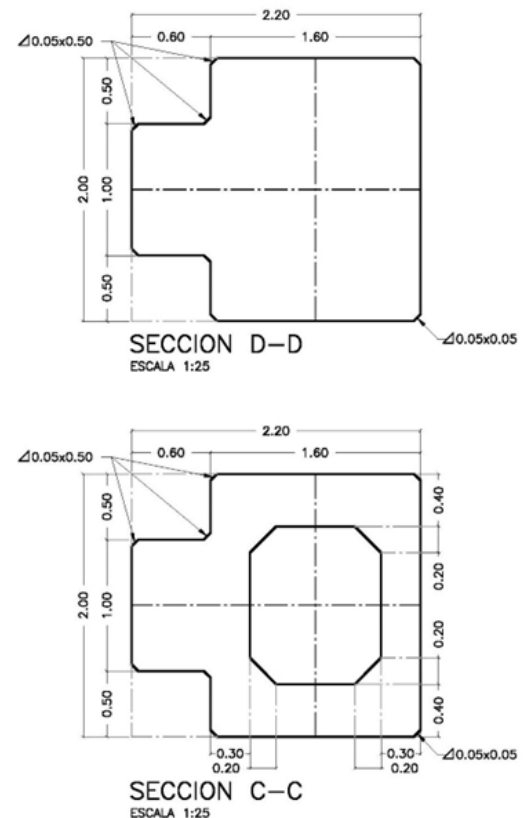


Figura 7. Secciones de la parte superior de las torres.

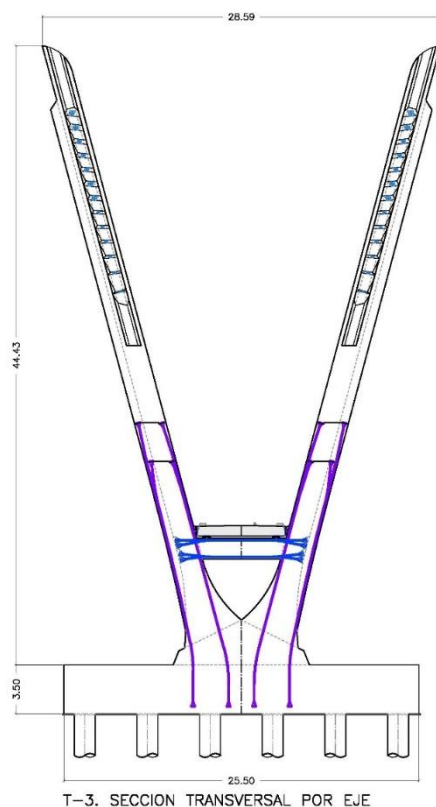


Figura 8. Pretensado de las torres.



2.3 Las pilas

Las pilas laterales tienen forma rectangular, con lados de 1.2 y 1.0 m de longitud. La particularidad de estas pilas es que deben resistir un tiro importante, que es debido a la descompensación de vanos y a ser las pilas de retenida del vano principal. Esto se ha resuelto mediante unas bielas de acero, que sirven para transmitir tanto el tiro como la compresión. Ambas pilas están arriostradas en cabeza, formando un pórtico para resistir los esfuerzos transversales debido al viento y al sismo.

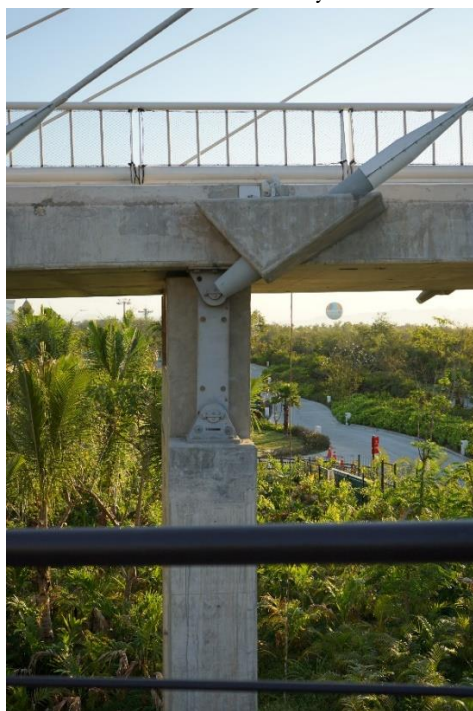


Figura 9. Bielas de las pilas.

2.3 Los tirantes

Como ya hemos dicho, la estructura tiene 4 haces de tirantes, que se disponen en los bordes laterales del tablero. Cada haz está compuesto por 13 parejas de tirantes, dispuestos en abanico. Están compuestos por torones de 0.6" siendo los más pequeños de 5 torones, los más cortos, y 11 los más grandes. Como hemos visto, se anclan en mogotes laterales al tablero, desde donde se tesan, ya que en la torre no hay espacio para ello.

3. Estudios de sismo y viento

3.1 Cálculo sísmico

El estudio del sismo sobre el puente se ha realizado mediante un cálculo no lineal paso a paso en el tiempo, dado el carácter no lineal de los amortiguadores. Para la realización del cálculo se partió del espectro elástico, del cual se obtuvieron 6 acelerogramas en diferentes direcciones, desde 0° hasta 150 ° cada 30 °. De esta forma se tenían en cuenta todas las direcciones a considerar. El espectro considerado tiene una aceleración del terreno de 0.13g y una meseta de 0.5g.

Para poder considerar la acción sísmica en el cálculo de la estructura, hay que obtener los esfuerzos de cada barra, pero al ser un cálculo no lineal no se pueden sumar directamente. Por ello se calcula para cada una de las barras la media de los esfuerzos obtenidos para cada acelerograma sintético, multiplicando dicha media por el coeficiente:

$$c_N = 1 + \frac{0,352}{\sqrt{N}}$$

Siendo N el número de conjuntos de acelerogramas empleados.

Los valores obtenidos conforman la hipótesis sísmica que se utiliza en el cálculo lineal de la estructura.

3.2 Estudios de viento

Para estudiar el efecto del viento se realizaron ensayos en túnel de viento. Se realizaron ensayos estáticos sobre un modelo seccional del tablero a para conocer los coeficientes aerodinámicos de la sección del vano principal en régimen laminar y régimen turbulento.



Figura 10. Modelo seccional de los ensayos estáticos.

También se realizaron ensayos aeroelásticos sobre otro modelo seccional de tablero sometido al flujo generado en un túnel aerodinámico variando la velocidad paulatinamente y registrando sus desplazamientos verticales y de torsión, para estudiar el comportamiento del puente frente a los efectos de los distintos fenómenos dinámicos que el viento puede llegar a producir, que son: desprendimiento de torbellinos, vibraciones por flameo y por galope y bataneo. La conclusión a la que se llegó con los estudios realizados y a la luz de los resultados de los ensayos de túnel de viento fueron:

- El puente no sufrirá efectos apreciables por el fenómeno de desprendimiento de torbellinos.
- El puente es seguro, de acuerdo con la normativa aplicable a este caso, frente a fenómenos de vibración inestable (flameo o galope) tanto en construcción como en servicio.
- Las ráfagas del viento pueden llegar a producir, en las condiciones de diseño, sobre-esfuerzos en el tablero. Por ello se estudió la acción del viento por los métodos estáticos tradicionales, pero aplicando un coeficiente de mayoración de 1.15 a los esfuerzos de flexión vertical y de torsión.
- El puente puede sufrir aceleraciones verticales apreciables bajo la acción del viento en condiciones de servicio. Dado que estas vibraciones sólo alcanzarán valores importantes cuando la velocidad de ráfaga supere los 148 km/h, no se

estimó conveniente modificar el diseño del puente por esta razón.



Figura 11 Modelo instalado en el túnel aerodinámico.

4. Proceso de construcción

La construcción del puente se realizó siguiendo las siguientes fases:

1. Construcción de la subestructura, es decir cimentaciones, pilas y torres.
2. Construcción de los tramos laterales sobre cimbra. Una vez contruidos los tramos se retiraba la cimbra, dejándolo apoyado sobre tres apeos provisionales además de en las pilas definitivas, obteniéndose vanos de alrededor de 11 m.
3. Construcción del vano central se realiza por voladizos sucesivos hormigonados in situ mediante carros de avance.

Las dovelas son de 6 m de longitud, de tal forma que todas las dovelas tienen un tirante. El ciclo de construcción de cada dovela era el siguiente:

- Colocación del carro en posición para hormigonar la dovela.
- Ferrallado de la dovela.
- Hormigonado de la dovela.
- Pretensado de las barras longitudinales de proceso.
- Colocación y tesado de los tirantes delanteros y traseros de la dovela.

Los apeos provisionales se iban retirando a medida que se iban quedando sin carga al colocarse los tirantes.

Los tirantes se tesaban desde los mogotes del tablero, ya que en la torre no hay sitio y como los gatos son pequeños es fácil realizarlo desde abajo. Se realizó desde el mismo carro, en las dovelas

delanteras y desde una plataforma inferior en las traseras. Esta plataforma es la que se utilizó luego para el retesado de los tirantes delanteros.

4. Se repitió este ciclo hasta la dovela de cierre, que se realizó con un carro, dejando el otro retrasado. Una vez cerrada la pasarela se procedió a pretensar los cables de cierre.
5. Posteriormente se retiraron los carros de avance y se realizó el retesado de los tirantes según el procedimiento fijado.
6. Para finalizar se procedió a la realización de acabados, barandillas, pintura...



Figura 10. Construcción del vano central.



Figura 11. Pasarela terminada.

Agradecimientos

El equipo de construcción de la pasarela, gracias a la que ha sido posible realizarlo ha sido:

Propiedad: Vidanta, Nuevo Nayarit-Vallarta

Proyecto: Carlos Fernandez Casado, S.L.

Construcción: PONTIX Ingeniería y
Construcción S de RL de CV