

Pasarela atirantada de Santullano sobre la A-66 en Oviedo

Santullano cable-stayed footbridge over the A-66 in Oviedo

Javier Muñoz-Rojas Fernández^a, Pedram Manouchehri^b, Gonzalo Marinas Sanz^c,

Luis Fernán González Saiz^d y Darío Pérez Sebastián^d

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

^b Ingeniero Civil. Carlos Fernández Casado S.L. – Universidad Politécnica de Madrid manouchehri@cfcsl.com

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

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. LFG Structural Design S.L. luisfernanglez@lfgestudio.com

^e Arquitecto. Carlos Fernández Casado S.P. – HUALCA. dario.perez@cfcsl-latam.com

RESUMEN

La pasarela de Santullano es un puente peatonal atirantado que recientemente se ha construido en Oviedo, España. Esta estructura, de singular morfología en el entorno, resuelve el paso peatonal sobre la A-66 mediante un tablero curvo de 84.50 m de longitud con sección cajón de acero, constituyendo un elemento icónico en la entrada de la ciudad. En este artículo se describe su diseño e integración con el nuevo parque lineal de la zona, se resumen las innovaciones y el comportamiento estructural, y se detalla el proceso constructivo con el que se ejecutó.

ABSTRACT

The Santullano footbridge is a cable-stayed pedestrian and cyclist bridge recently built in Oviedo, Spain. This structure, with a unique morphology in its surroundings, resolves the pedestrian crossing over the A-66 by means of an 84.50 m long curved deck with a steel box cross section, constituting an iconic element at the entrance to the city. This article describes its design and integration into the new linear park in the area, summarises its innovations and structural behaviour, and shows the construction process used to build it.

PALABRAS CLAVE: pasarela atirantada, tablero curvo, tablero de acero con losa ortótropa

KEYWORDS: cable-stayed footbridge, curved deck, orthotropic steel deck

1. Introducción

La nueva pasarela de Santullano, ubicada en Oviedo (España), es la pieza central del proyecto “Reurbanización de la margen derecha de la salida de Oviedo por la A-66 en el entorno de Santullano”, que transforma el entorno en la margen sur del nuevo bulvar de San Julián de los Prados (figura 1).

Esta reurbanización se consigue mediante la conversión de la calzada sur de la autovía en un nuevo vial urbano integrado en el bulvar, un parque urbano lineal (situado entre dicho vial y la trama urbana existente) y una pasarela ciclo-peatonal para la conexión de los barrios de Ventanillas y Teatinos en el Rancho.



Figura 1. Imagen tridimensional enfocada en la actuación planteada en fase de anteproyecto.

El diseño de la pasarela tiene el objetivo de crear una interacción única, aunque armoniosa, con los alrededores; buscando, a su vez, que la estructura tenga su propia identidad y homenajee los monumentos históricos y artísticos cercanos, como la iglesia prerrománica de San Julián de los Prados (Santullano en el dialecto local) y las destacadas bóvedas del Palacio de los Deportes. Coordinando todos estos aspectos, se ha aspirado a crear un nuevo icono de entrada a la ciudad con una fuerte presencia visual (figura 2).

2. Descripción

El diseño estructural de la pasarela descansa en los principios establecidos en proyectos anteriores de la firma Carlos Fernández Casado, a saber: la pasarela del Malecón, la pasarela sobre el río Manzanares y la pasarela sobre el río Ebro en la Expo de Zaragoza [1-3].

En ese contexto, la solución aquí aplicada es la de una pasarela curva atirantada,

con tablero de acero con losa ortótropa y pilono metálico. Sin embargo, el factor diferencial de esta estructura es que carece de los típicos cables de retenida para estabilizar el pilono puesto que, a pesar de su ubicación asimétrica respecto a la alineación en arco, se consigue el equilibrio mediante un posicionamiento cuidadosamente estudiado a través de un análisis paramétrico iterativo.

Adicionalmente, el tablero se empotra directamente en los estribos, totalmente integrados con el parque lineal para minimizar su impacto visual, y el trazado curvo de la pasarela se convierte en una extensión natural del camino peatonal.

Es necesario resaltar que la directriz curva no es un capricho estético, ya que el enlace de los dos vecindarios debe resolver una importante diferencia en cota vertical que existe entre ellos, sin generar una experiencia físicamente extenuante a los viandantes que pasean por el parque y desean cruzar la pasarela, ni suponer una barrera arquitectónica para aquellos con condiciones físicas más limitadas.



Figura 2. Pasarela construida.

2.1 Trazado

Las restricciones geométricas en cuanto a cota vertical determinan tanto el trazado en alzado, como el trazado en planta.

La diferencia en cota entre ambos vecindarios se comienza a salvar introduciendo una pendiente en el camino de acceso en el lado sur, que se acentúa en el primer tramo de la pasarela (5.97%), y después se reduce hasta el 2.33% en la llegada al estribo norte. Esta variación de pendientes en el trazado de la pasarela responde a la necesidad de dejar un gálibo libre de 5.50 m en ambas calzadas de la carretera.

La ventaja de disponer un tablero de directriz curva radica en el aumento en la longitud de cruce: se pasa de 63.20 m, considerando una directriz recta, a 84.50 m; disminuyendo la pendiente longitudinal

requerida para salvar la diferencia en cota y, en consecuencia, mejorando el confort de la circulación. Los 84.50 m de desarrollo del eje central del tablero se consiguen mediante un arco de circunferencia de 33.00 m (figura 3).

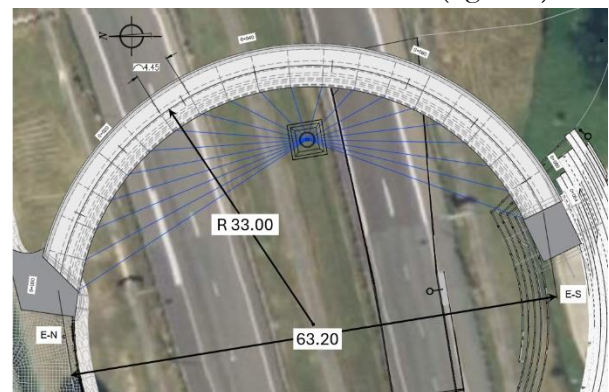


Figura 3. Planta de la pasarela. Cotas en [m].

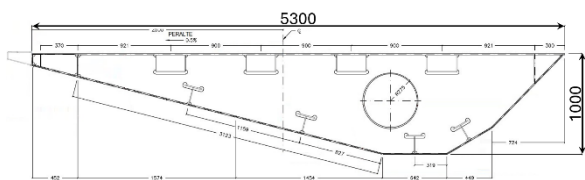


Figura 4. Sección transversal del tablero. Cotas en [mm].

Esta sección, además de contar con losa ortótropa, tiene unas almas con una fuerte inclinación que, además de contribuir a la apariencia ligera del tablero, mejora su comportamiento aerodinámico.

2.3 Péndolas

Para la sustentación del tablero, se hace uso de 20 péndolas de acero galvanizado con límite elástico de 520 MPa, y diámetros comprendidos entre 30 y 48 mm. Cabe señalar que la distribución de diámetros no es simétrica respecto al pilono, sino que comienza con los diámetros inferiores en el lado norte, y van aumentando hacia el estribo sur.

La configuración espacial de las péndolas responde a un atirantamiento en semi-abanico, conectando sus anclajes al revés de como se suele realizar en las configuraciones tradicionales: los anclajes inferiores del pilono se conectan a los anclajes más exteriores del tablero (figura 5). Esta organización genera una superficie alabeada que se asemeja a la de un paraboloide hiperbólico, mejorando el atractivo visual de la estructura.

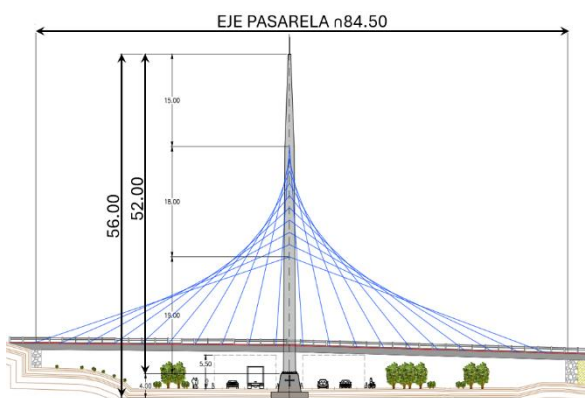


Figura 5. Alzado de la pasarela. Cotas en [m].

La elección del material y la morfología de las péndolas fue gobernada por la durabilidad y la minimización de las operaciones de mantenimiento, combinando su funcionalidad con su apariencia estética y ligera.

2.4 Pilono

El pilono de la pasarela, formado por chapas de acero S355 de hasta 25 mm de espesor, tiene una forma cónica ligeramente fusiforme desplegada en un total de 52.00 m de altura (figura 5).

La longitud de fuste realmente estructural es 37.00 m, variando el diámetro de la sección circular hueca de 2.50 m en la base a 1.50 m en la parte alta, e integrando rigidizadores anulares para resistir las tensiones locales inducidas por los anclajes de las péndolas (ver figura 6).

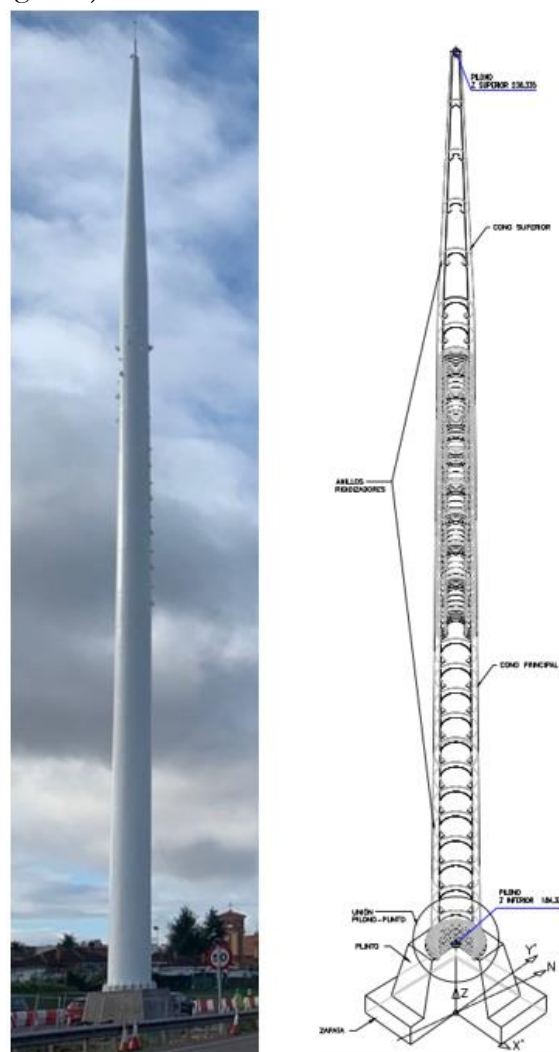


Figura 6. Pilono.

El fuste metálico del pilono se ancla a un plinto de hormigón tronco-piramidal de 3.00 m de altura, que colabora en la distribución de la carga a la zapata cuadrada de 5.50 m de lado y 1.00 m de canto. El plinto también ayuda a mitigar las consecuencias de un impacto accidental de un vehículo que pudiera salirse de la calzada.

2.5 Estribos

La pasarela se conecta, además de al pilono a través de las péndolas, a dos estribos de hormigón armado mediante el empotramiento de las chapas del tablero, que se conectan empleando pernos *stud*.

A través de este empotramiento, se elimina la necesidad de aparatos de apoyo y juntas de dilatación, reduciéndose las necesidades de mantenimiento. Sin embargo, este planteamiento tiene consecuencias a nivel de esfuerzos estructurales, que en este caso no son excesivamente demandantes porque el diseño curvo de la pasarela acomoda, en gran medida, las expansiones longitudinales provocadas por la temperatura mediante deformaciones en la dirección radial.

Dada la geometría de la pasarela y los condicionantes urbanísticos del entorno, los estribos se diseñan con una marcada geometría espacial (figura 7).

Para resistir los esfuerzos transmitidos por la pasarela, que tienen un carácter multidireccional muy marcado, los estribos constan de un cuerpo principal de hormigón armado, una base de hormigón en masa o ligeramente armado y una serie de micropilotes inclinados.

Los micropilotes, que se inclinan 20° respecto a la vertical en diferentes direcciones para conseguir capacidad de resistir los complejos esfuerzos solicitantes de la pasarela, transmiten al terreno reacciones de compresión de hasta 1000 kN, y de tracción de hasta 620 kN, por lo que se empotran en el estrato competente al menos 15 m.

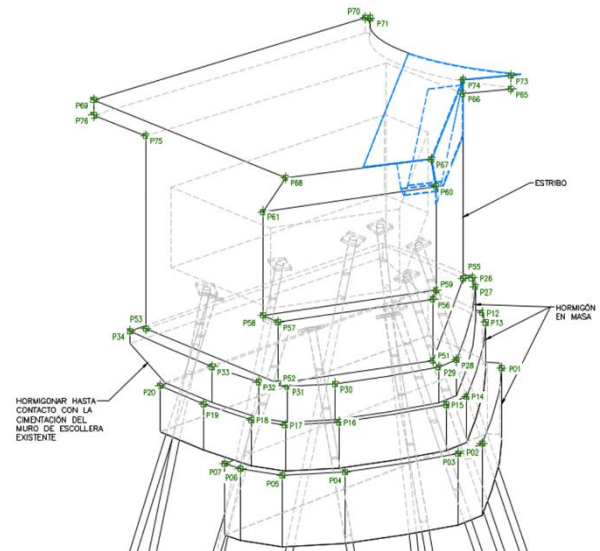


Figura 7. Vista tridimensional del estribo norte.

2. Características singulares del comportamiento estructural

Al igual que cualquier estructura atirantada, la mayoría de las cargas verticales en el tablero de la pasarela se soportan mediante el sistema de atirantamiento y se transfieren al pilono, reduciendo la activación de los mecanismos de flexión y torsión general.

La curvatura en planta del tablero y su suspensión mediante tirantes desde un solo lado introduce aspectos únicos a su comportamiento estructural, comparado con tableros rectos de puentes atirantados convencionales. En efecto, se produce un acoplamiento entre las flexiones verticales y horizontales, los cortantes horizontales y verticales, las torsiones y los axiles generados por la componente horizontal de las péndolas.

El empleo de una sección cajón resulta altamente eficiente en resistir la compleja combinación de esfuerzos mencionada, mientras que permite controlar las tensiones y mantener los giros torsionales en límites aceptables.

La conexión monolítica del tablero a los estribos mejora el comportamiento del sistema, resistiendo esfuerzos transversales y longitudinales no equilibrados, así como permitiendo el efecto arco en planta.



Figura 8. Diferentes etapas de izado del pilono.

Además, la ubicación de los estribos respecto al pilono y el anclaje de péndolas cercanas a los mismos, permite balancear los esfuerzos del pilono, reduciendo consecuentemente sus dimensiones (y las de su cimentación), y eliminando la necesidad de tirantes de retenida convencionales.

Como se ha mencionado previamente, a pesar de existir una coacción de todos los grados de libertad del tablero en los estribos, su curvatura en planta es beneficiosa en cuanto a que no se producen reacciones condicionantes al coartar las deformaciones impuestas generadas por la temperatura.

3. Construcción

La construcción de la pasarela comenzó en 2023, realizándose la fabricación localmente, haciendo honor al pasado industrial de Asturias en el sector del acero.

Tras la ejecución de las cimentaciones, el primer elemento que se colocó en obra fue el pilono, cuyo izado se realizó en una rápida maniobra mediante grúas de gran tonelaje (Error! Reference source not found.).

Un aspecto a destacar tras la colocación del pilono es que se intentó reducir al mínimo el tiempo en el cual el pilono permanecía exento, porque el trabajo conjunto de la estructura

completa tiene la particularidad de que la situación del pilono como ménsula frente a las acciones de viento durante el proceso constructivo podía llegar a ser condicionante.

Durante la fabricación y montaje del pilono, se inició la fabricación del tablero por tramos, de manera que el transporte y los izados fueran más simples. La posición de las calzadas existentes y su mediana determinó la longitud de cada uno de los cinco tramos, y en las ubicaciones más apropiadas se cimentaron las torres de apeo provisionales.

Cada tramo se apoyaba en una torre de apeo y se soldaba en obra al tramo anterior, como se aprecia en la figura 9, a excepción de los tramos aledaños a los estribos, que descansaban en una estructura temporal delante del muro frontal para poder realizar las operaciones de enhebrado de los conectadores de la pasarela entre los huecos de las armaduras de la losa superior de los estribos. Una vez colocados estos tramos en su posición, se procedía al hormigonado de dicha losa superior con hormigón de consistencia fluida, para garantizar la ejecución de esta zona con elevada congestión de armaduras y pernos.

Tras completar el tablero, se procedió a la instalación y tesado de las péndolas, para a continuación desapear completamente la estructura.



Figura 9. Diferentes etapas de fabricación y colocación del tablero.

Tras el tesado y el desapeo, la construcción prácticamente estaba completada, por lo que era en esas fases donde se producían los desplazamientos del tablero más importantes. Para contrarrestarlos, se contraflechó el tablero elevando la alineación exterior hasta 40 mm en el centro de la pasarela, pero no se modificó la geometría teórica de la alineación interior (donde se anclan las péndolas).

Antes de realizar los acabados, se realizaron varias pruebas de carga estáticas con hasta 120 depósitos de 1000 l de agua, llegándose a deformar 64 mm el tablero en vertical y 160 mm el pilono en horizontal (como se esperaba teóricamente).

Tras la pavimentación y colocación de barandillas, se realizaron varias pruebas de carga dinámicas, y el comportamiento de la pasarela fue plenamente satisfactorio.

4. La pasarela en su totalidad: diseño, funcionalidad y acabados

La pasarela de Santullano es una estructura icónica a la entrada de la ciudad de Oviedo, entroncada en un proyecto más amplio para crear zonas verdes urbanas en áreas anteriormente dominadas por el tráfico rodado, mejorando significativamente la permeabilidad para los viandantes entre los barrios que ahora conecta.

A nivel estructural y estético, su diseño ha sido fruto de un meditado proceso en el que, además, se ha tenido un continuo compromiso con la sostenibilidad. Las péndolas fueron fabricadas usando acero fabricado en hornos de arco eléctrico, utilizando un 90% de materiales reciclados. Para el pavimento, se usó caucho natural reciclado, que además genera una

superficie confortable para los peatones. Para la iluminación, se estableció el objetivo de emplear los menores puntos de luz necesarios (y con la mayor eficiencia posible), con el objetivo de garantizar la seguridad de circulación y realzar la apariencia de la pasarela por la noche, reduciendo la contaminación lumínica al mínimo.

Por último, como ya se ha mencionado anteriormente, muchos detalles fueron incorporados para aumentar la durabilidad y reducir las tareas de mantenimiento (eliminación de los aparatos de apoyo y las juntas), añadiéndose el cuidadoso diseño de las barandillas (figura 10). Estos elementos, ejecutados con acero inoxidable y de altura mayor a las barandillas convencionales para garantizar la seguridad de los ciclistas, fueron objeto de estudio para remarcar su carácter arquitectónico y su compenetración con el resto de la estructura.



Figura 10. Barandilla.

5. Ficha técnica

- **Propiedad:** Ayuntamiento de Oviedo
- **Contratista:** VÍAS Y CONSTRUCCIONES S.A.
- **Proyectista y asistencia técnica al contratista:** Carlos Fernández Casado S.L. y LFG Structural Design S.L.
- **Suministrador estructura metálica:** Talleres Metálicos Dinametal S.L.

- **Suministrador péndolas:** DYWIDAG Sistemas Constructivos S.A.

Referencias

- [1] Astiz, M. A., Manterola, J., Gil, M. A. (2003) Pasarela atirantada sobre el Manzanares en Madrid, *Informes de la Construcción*. 55, (485): 5-12.
- [2] Manterola Armisen, J., Gil Ginés, M. A., Martínez Cutillas, A., López Padilla, A., Fuente García, S., *Pasarela sobre el río Ebro en la Expo de Zaragoza*, IV Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Civil (ACHE), Valencia 2008.
- [3] Manterola Armisen, J., Astiz Suárez, M. A., Gil Ginés, M. A., Martínez Cutillas, A., Muñoz-Rojas Fernández, J., *Spatial Footbridges. Some Proposals*, Third International Conference on Footbridges (Footbridge 2008), Porto 2008.