

CEA 2004. CONGRESO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO.

**PASARELA PEATONAL DE MONDRAGÓN EN EL
PROYECTO DE ALAMEDA PEATONAL MONTERRÓN –
ERGÜIN**

*Miguel Ortega Cornejo.
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

*Javier Pascual Santos
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

*Francisco Millanes Mato
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

*IDEAM, S.A.
Velázquez 41. 1ªA. 28001 Madrid
general@ideam.es*

RESUMEN

El presente artículo describe la tipología, el comportamiento estructural y el proceso constructivo, de la Pasarela de Mondragón en el Proyecto de Alameda Peatonal Monterron-Ergüin. La pasarela es un pórtico de pilas inclinadas que se empotra en unas células triangulares formadas por los puntales inclinados, las bielas traseras inclinadas, y el cajón del tablero a modo de tirante. El cajón superior es mixto de canto variable conectado a la losa de 4.6 m de ancho, y lleva doble acción mixta en la zona de negativos. Los puntales inclinados y las bielas son cajones mixtos conectados al hormigón interior. El proceso constructivo de la pasarela requirió el empleo de un sistema de construcción apeado hasta ejecutar completamente la losa superior para así reducir los esfuerzos y deformaciones durante las fases constructivas sobre la estructura metálica, y no penalizar la pasarela con un aumento de espesores de chapas en el acero. Al final del artículo se resumen los resultados de los cálculos de los modos de vibración para el control dinámico de la pasarela.



Fig. 1: Imagen de la pasarela concluida.

1. INTRODUCCIÓN

La Pasarela de Mondragón se enmarca en el proyecto de Alameda Peatonal Monterrón-Ergüin que cruza sobre la carretera GI-3554, que accede al alto de Kanpazar desde Mondragón hacia Durango, en Gipuzkoa.

La alameda peatonal cruza a más de 12 metros de altura sobre la mencionada carretera, y para salvarla, se plantea una pasarela peatonal que se adapte al paisaje natural y no rompa con la geometría de un valle con laderas escarpadas.

Mediante un pórtico de pilas inclinadas con canto variable en el cajón, se logra una pasarela muy esbelta en la zona central, y que gracias a la geometría de las pilas se adapta a las laderas inclinadas.

El diseño y proyecto de la estructura, así como la asistencia técnica a la Dirección de Obra ha sido realizado por IDEAM, S.A., y el proyecto de la Alameda Peatonal ha sido realizado por LKS Ingeniería. La ejecución de las obras las ha llevado a cabo la constructora adjudicataria Construcciones Galdiano.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Con una anchura libre de 4 m para peatones y 4,6 m de losa, cruzando el valle a una altura importante, el diseño de la pasarela está condicionado por la visión inferior de la misma. Por este motivo, se planteó un cajón metálico muy estrecho, de 1 m de ancho y voladizos de losa de 1,8 m a cada lado.

Mediante la idea de un cajón muy estrecho se remarca el aspecto de “espina dorsal”, saliendo de las laderas del valle, en el que los voladizos de la losa se cuidaron mediante la disposición alterna

de prelosas de canto constante, y prelosas con rehundidos extremos, en los cuales se alojasen focos de iluminación, escondidos en la imposta, iluminando el cajón metálico desde el inferior de la losa (Fig. 3).

La tipología de pasarela de Mondragón es la de un pórtico en “pi” con doble acción mixta, con pilas inclinadas, en el que las pilas inclinadas o puntales forman junto con las bielas traseras una célula triangular.

La forma de pórtico con patas inclinadas, hace que los puntales y el tramo central del cajón, de canto variable, trabajen a flexo – compresión, a medio camino entre el comportamiento de un arco y de un puente cajón continuo. Las bielas, traccionadas en algunas hipótesis de cálculo, trabajan a modo de tirante, fijado el cajón en los estribos a la cimentación de los puntales.

La necesidad de la biela trasera es doble, en primer lugar por cuestión de estabilidad del conjunto tablero-puntal, formando la célula triangular trasera que estabiliza la pasarela frente a esfuerzos de torsión y del viento transversal, ya que la pasarela se empotra en la cimentación del nudo biela-puntal y solo se apoya transversalmente mediante unos topes laterales en los estribos, sin apoyar verticalmente. Con este mecanismo se resuelven los esfuerzos de torsión mediante un par de fuerzas transversales entre el estribo y la zapata del puntal y, el cajón queda sujeto verticalmente mediante la biela trasera, al nudo con el puntal en la cimentación.

En segundo lugar, la biela marca junto con el enchachado de arenisca proyectado en estribos, el arranque desde donde nace la pasarela, generando una visión de lanzamiento desde las laderas del valle, que junto con la esbeltez del cajón biela y puntal, permiten una visión inferior muy cuidada.

Las luces principales del cajón son 13,32 + 30 + 13,32 y el ángulo que forman los puntales con la horizontal es de 17° aproximadamente, y el de las bielas de 48°.

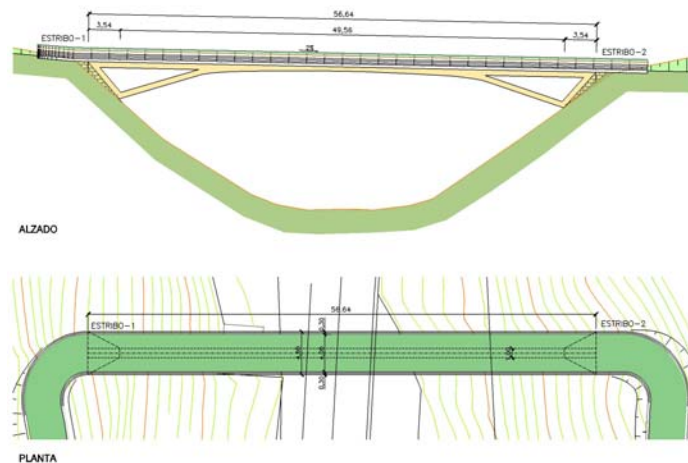


Fig. 2: Alzado y Planta

El cajón superior es un cajón mixto, con una losa superior en HA-25, de 4,60 m de ancho por 0,18 m de canto en el centro, y con un cajón metálico en S-355, de 1 m de ancho y 0,62 m de canto en los vanos laterales sobre las células triangulares, y canto variable desde 1,2 m en la zona de confluencia con los puntales a 0,50 m en el centro de la pasarela.

El cajón metálico está formado por dos platabandas superiores de 300 x 12, 15 ó 20 mm conectadas a la losa superior, 2 almas de 10 ó 12 mm según las zonas, y una chapa de fondo de 1000 x 10, 12, 15 ó 20mm.

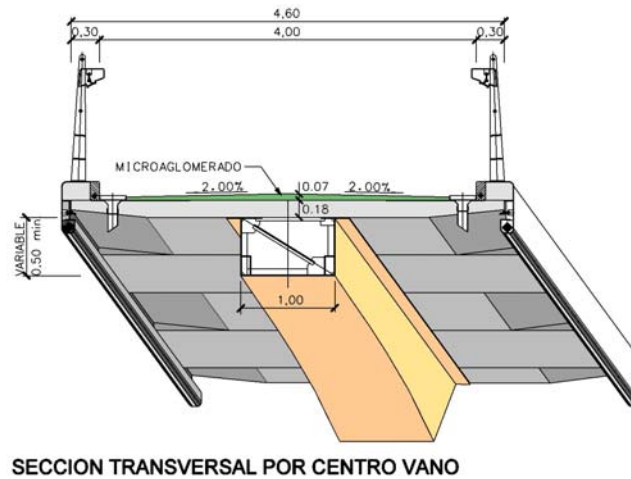


Fig. 3: Sección tipo del cajón por centro del vano

En las zonas de negativos sobre los puntales, el cajón lleva hormigón de fondo materializando un cajón con doble acción mixta. El espesor del hormigón de fondo es de 0,15 m en los vanos laterales, y variable en el central desde 0,73 m a 0,17 m.

Los puntales inclinados son mixtos con sección metálica rectangular exterior de 1000 x 600 mm, con chapas de 10 mm y 15 mm en la zona del empotramiento, y rellenos de hormigón HA-25.

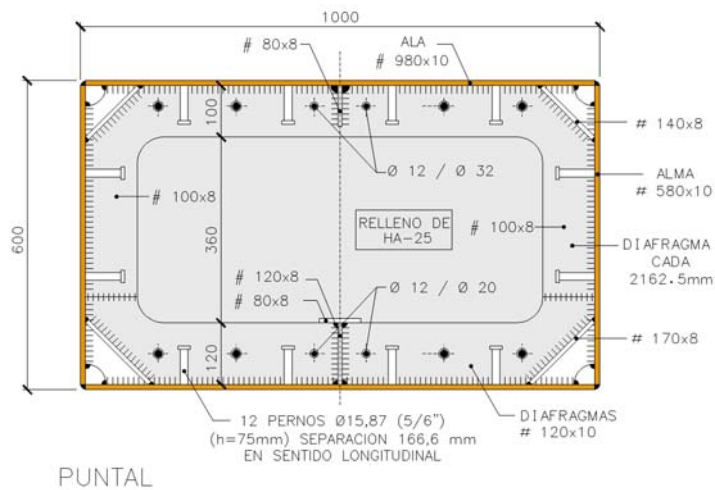


Fig. 4: Sección Tipo de Puntal.

Las bielas traseras son también mixtas con igual sección exterior y rellenas también de hormigón HA-25.

Ambos, puntales y bielas metálicas se conectan al hormigón interior mediante pernos conectadores de métrica 16.

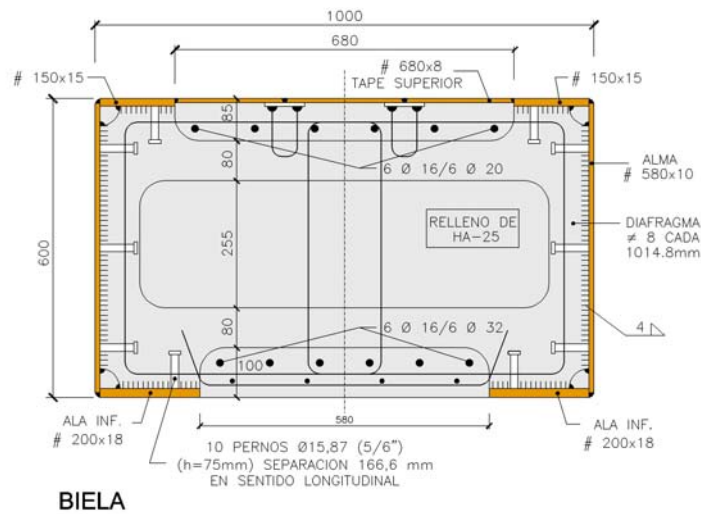


Fig. 5: Sección Tipo de Biela.

Mediante la acción mixta en puntales y bielas, se logra reducir al mínimo el coste de acero, haciendo trabajar a compresión al hormigón, y del mismo modo, mediante la doble acción mixta del cajón en zona de negativos, se reducen considerablemente los espesores en las chapas del fondo del cajón.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO

Al tratarse de una pasarela en una zona semiurbana, con la carretera GI-3554 con tráfico inferior, la tipología y el proceso constructivo de la pasarela obligaba a evitar cortes de tráfico.

El proceso constructivo seguido para ejecutar la pasarela, evitando los cortes de tráfico ha sido el siguiente:

Ejecución de estribos y cimentaciones superficiales mediante zapatas de puntales inclinados. Colocación de dos apeos intermedios durante el montaje de los 3 tramos metálicos.

Colocación de los tramos metálicos laterales de 19 m de longitud con las células triangulares formada por biela, puntal y cajón, apoyados en la cimentación definitiva y en los apeos provisionales.



Fig. 6: Imagen del izado de uno de los tramos laterales

Colocación del tramo central del cajón de 18,60 m de longitud realizando sólo 2 uniones soldadas en obra.



Fig. 7: Imagen del izado del tramo central

Hormigonado del interior de bielas, puntales y del hormigón de fondo del cajón, así como de nudos locales de intersecciones de biela y puntal, puntal y cajón y biela y cajón.

Colocación de prelosas prefabricadas sobre el cajón, de forma que sirvan de encofrado para la losa, ferrallado y hormigonado de losa superior.

Retirada de apeos provisionales, y conclusión de la pasarela.

Con este proceso constructivo sólo ha sido necesario realizar cortes de tráfico a la hora de colocar los 3 tramos metálicos.

La prueba de carga de la pasarela se realizó cargando la pasarela mediante carriles de ferrocarril.



Fig. 8: Imagen frontal de la pasarela concluida durante la prueba de carga.

4. CÁLCULO DINÁMICO. CONTROL DE VIBRACIONES.

Al tratarse de una pasarela peatonal mixta, relativamente flexible, es necesario realizar un control de vibraciones, verificando que los modos de vibración no se encuentran en los límites establecidos por las normativas en los entornos de las frecuencias que puedan producir fenómenos de resonancia.

Modos de vibración verticales		
Modo	Periodo T (seg)	Frecuencia f (Hz)
1 Asimétrico	0.037	2.66
2 Simétrico	0.035	2.82
3 Simétrico	0.0148	6.76
4 Asimétrico	0.0140	7.11
5 Simétrico	0.0091	10.89
6 Asimétrico	0.0070	14.1

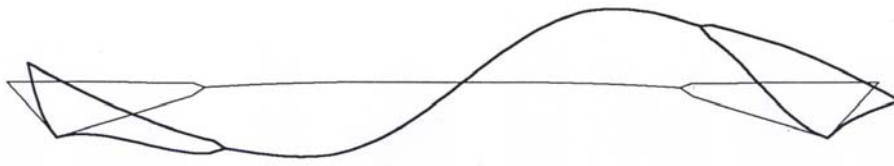


Fig. 9: Modo de vibración 1: frecuencia $f=2.66$ Hz

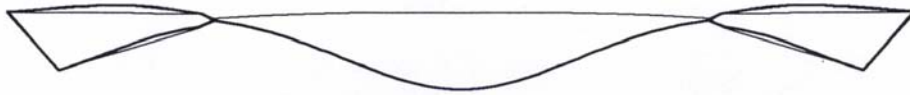


Fig. 10: Modelo de vibración 2: frecuencia $f=2.82$ Hz

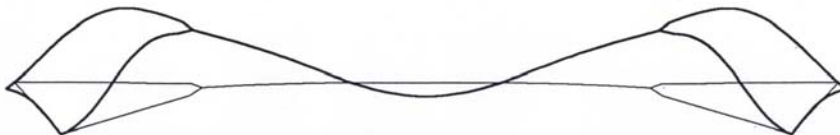


Fig. 11: Modo de vibración 3: frecuencia $f=6.77$ Hz

La EHE recomienda evitar frecuencias entre 1.6 y 2.4 Hz. y entre 3.5 y 4.5 Hz. para el Estado Límite de Servicio de Vibraciones, al igual que hace el Eurocódigo 2 en los criterios de diseño

para puentes peatonales, cumpliendo con los valores obtenidos ambas normativas.

Aunque los dos primeros modos de vibración verticales tienen frecuencias cercanas a 2.5 Hz, las amplitudes de las flechas son muy pequeñas, y se cumplen las limitaciones de la RPX-95 referentes a las flechas estáticas producidas por un peatón de 750 N. En el centro del vano, cumpliendo entonces la limitación de aceleración máxima menor de $0.5 \cdot \sqrt{f_0}$.

Referente a los modos de vibración transversales, el primer modo tiene una frecuencia de 2.18 Hz., y el segundo de 7.58 Hz., estando alejados de la frecuencia de 5 Hz. (T= 0.2 seg), crítica para pasarelas.