

# Proyecto modificado del viaducto de la A-54 sobre el río Miño en Lugo

## *Modified Project of the A-54 Viaduct over the Miño River in Lugo*

Javier Muñoz-Rojas <sup>a</sup>, Sara Fernández <sup>b</sup>, Camilo Miguez <sup>c</sup>, Sergio Sà <sup>d</sup>,

<sup>a, b</sup> Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado S.L. Madrid

<sup>c, d</sup> Ingeniero Civil. Construgomes/Construpolis S.L.

### RESUMEN

El viaducto sobre el río Miño se encuentra en la autovía A-54 Lugo-Santiago en el Tramo Enlace de Vilamoure - Enlace de Nadela del Sur (Lugo). La obra se sitúa en un tramo con planta curva y radio 1000 m. El diseño inicial de Egis-Eyser planteó una obra de 341 metros, con un tablero en sección cajón construido por voladizos sucesivos con una distribución de luces de 93-155-93. Durante las obras Carlos Fernández Casado S.L. desarrolló un proyecto modificado para la empresa constructora Construpolis introduciendo cambios en la solución prevista para la sección cajón del tablero para poderlo ejecutar in-situ a sección completa y sin necesidad de costillas transversales.

### ABSTRACT

The viaduct over the Miño River is located on the A-54 Lugo-Santiago motorway on the Vilamoure Link - Nadela del Sur (Lugo) Link Section. The viaduct is located in a curved layout and 1000 m radius and is 341 meters long, with a span distribution of 93-155-93. The width is 22.80 meters with four lanes. It is solved with a prestressed concrete box section with inclined 117° webs and parabolically variable edge with 8 m in the pier section and 4.0 m in span center. The deck is constructed by balanced cantilever. The reference design was developed by EGIS-EYSER. CFC developed an alternative solution modifying the configuration of the box girder.

**PALABRAS CLAVE:** Voladizos sucesivos, sección cajón, hormigón pretensado, carros de avance

**KEYWORDS:** Balanced cantilever, box girder, prestressed concrete, traveller

# 1. Introducción

El viaducto sobre el río Miño se encuentra en la autovía A-54 Lugo-Santiago en el Tramo Enlace de Vilamoure - Enlace de Nadela del Sur (Lugo), cuyo proyecto de construcción fue realizado por Egis-Eyser. Las obras fueron adjudicadas a la UTE Nadela formada por las empresas Copasa-Aldesa. La construcción del viaducto sobre el Río Miño fue encargado por dicha UTE a la empresa hispano-portuguesa Construpolis-Construgomes Engenharia S.A. que a su vez solicitó a Carlos Fernández Casado SL el desarrollo de un proyecto modificado del puente.

El proyecto modificado respetó escrupulosamente la configuración general prevista por Egis-Eyser, que planteaba un puente de tres vanos con luces 93-155-93 m con sección cajón de canto variable construido por voladizos sucesivos.

Dada la altura de las pilas (50 m), el proyecto inicial recurría a la solución de empotramiento flexible del tablero sobre pilas formadas por doble tabique: el apoyo se realizaba inicialmente sobre pilas rectangulares que a partir de una altura de 24m se transforman en diafragmas verticales.

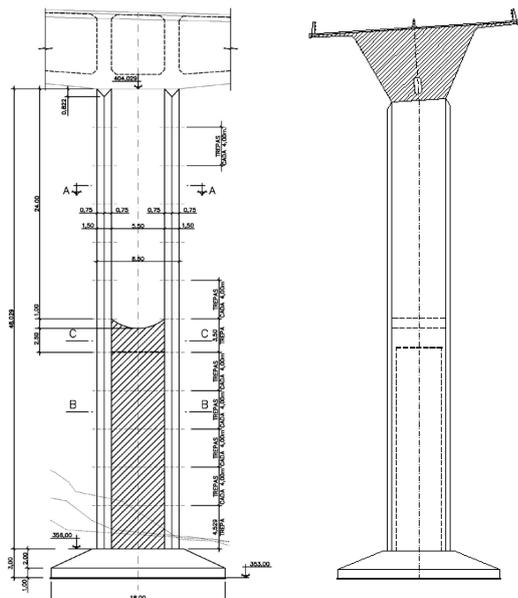


Figura 1. Alzados lateral y frontal de la pila

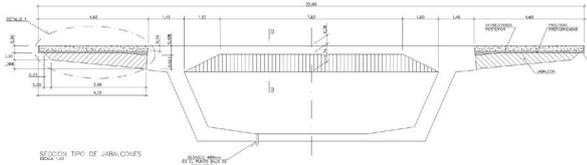


Figura 2. Imagen de la pila

Como es bien conocido se trata de una solución muy adecuada para mantener las ventajas del empotramiento tablero-pila – particularmente durante la ejecución para garantizar la estabilidad ante situaciones desequilibradas- y a la vez proporcionar la suficiente flexibilidad para así reducir la rigidez del sistema frente a movimientos horizontales provocados por las acciones térmicas y reológicas evitando así la aparición de esfuerzos excesivos.

El único ajuste introducido en el proyecto modificado fue el cambio de la configuración de la sección del tablero. La solución inicial planteaba un cajón único de almas inclinadas y losa superior apoyada cada 4.25 sobre costillas transversales que se extendían en los vuelos laterales. La construcción del tablero estaba prevista en dos fases:

- Ejecución del cajón central sin vuelos por avance en voladizo
- Ejecución en segunda fase de los vuelos por medio de costillas prefabricadas cosidas con pretensado a la sección cajón sobre las cuales se realizaba la losa con la ayuda de prelosas colaborantes.



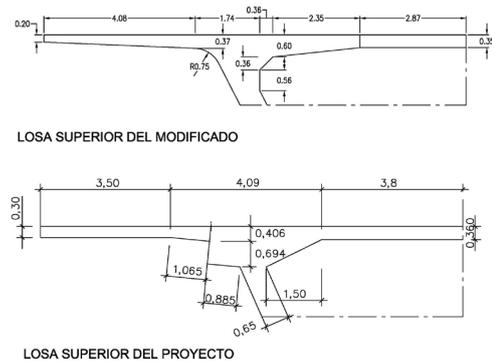
**Figura 3. Sección tipo tablero del proyecto de EGIS-EYSER**

El proyecto modificado realizó el ajuste de la sección para poder simplificar su construcción aprovechando la gran capacidad de los carros de avance de Construgomes, capaces de realizar la sección completa en una fase. El cambio no tuvo ningún efecto práctico en el diseño de pilas, estribos y cimentaciones.



**Figura 4. Vista de la construcción en voladizo con carros de avance**

Esta situación además permitió cambiar la solución prevista en la losa superior con costillas transversales por la de losa maciza con espesor variable, opción que simplifica los moldes y la ejecución de dicho elemento y favorece el ciclo constructivo.



**Figura 5. Comparativa de losas**

En paralelo se llevó a cabo un estudio para intentar optimizar al máximo espesores y cuantías de materiales, aprovechando la elevada resistencia prevista para el hormigón del tablero (50 Mpa). Lo más relevante en este sentido es que las alas de la sección cajón se graduaron en espesores lo más estrictos posible, desde 60 cm en apoyos hasta 30 cm en las zonas centrales, valor realmente reducido pero perfectamente viable como mostraron las correspondientes comprobaciones estructurales.

## 2. Descripción del viaducto

341 metros, con una distribución de luces de 93-155-93.

El viaducto se sitúa en un tramo con planta curva y radio 1000 m y tiene una longitud de

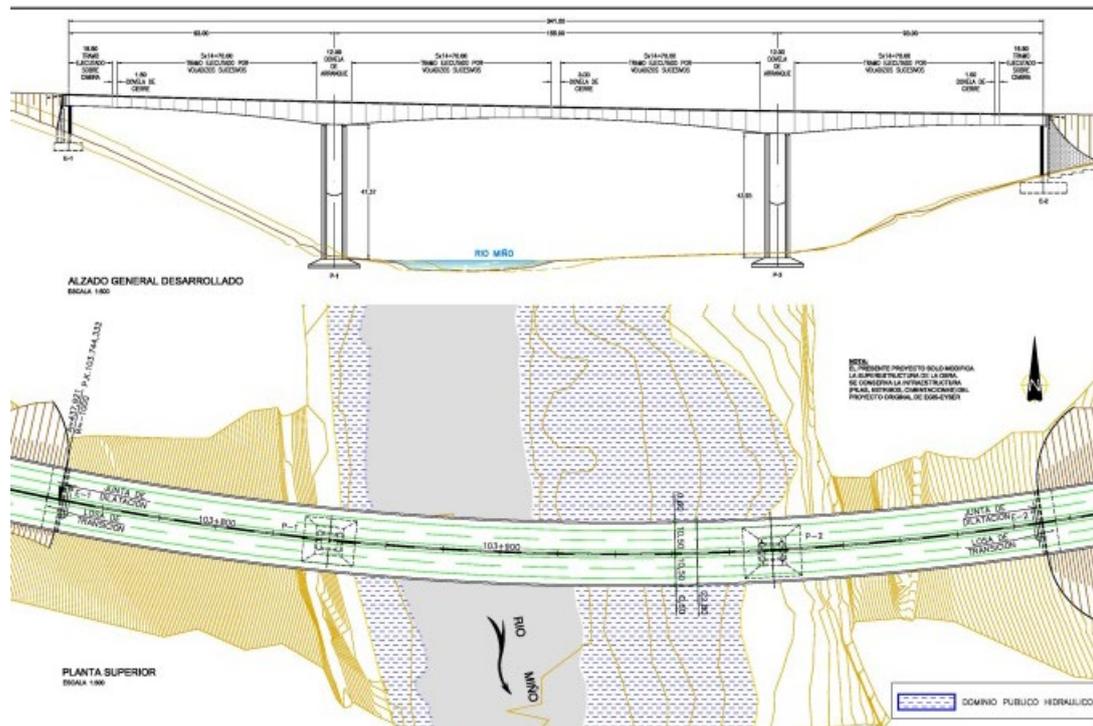


Figura 6. Planta y alzado del viaducto.



Para salvar estas luces se opta por una sección cajón de hormigón pretensado de canto variable con una parábola, de 8m de canto en la sección de pilas y de 4m en el centro del vano principal y en estribos. Las almas del cajón están separadas entre sí 6 m en la losa inferior sobre pilas y 10.08m en el centro de vano y tienen una inclinación de 117° y los vuelos son de 4.11m.

La losa superior tiene un espesor de 0.35m, mientras que la losa inferior tiene un espesor variable de 0.50m en las dovelas de apoyos llegando a ser 0.30m en las centrales. Las almas son de 0.50m de espesor en todo el puente salvo en las dovelas de pila que son de 0.65m.

La sección alberga 2 calzadas, separadas con una barrera New Jersey, con dos carriles cada una con una sección total de 22.80m.

- Pretensado Superior de Proceso: Pretensado en losa superior durante la construcción por voladizos sucesivos.

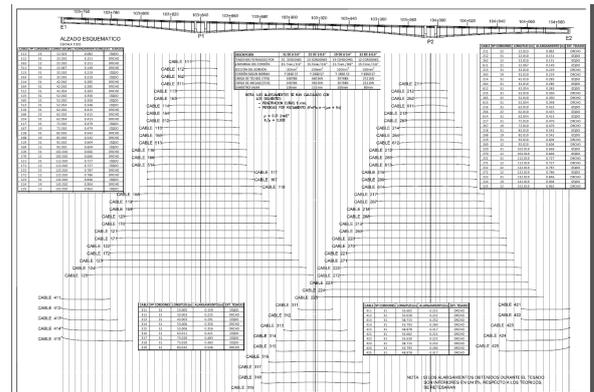


Figura 3. Distribución de cables de pretensado

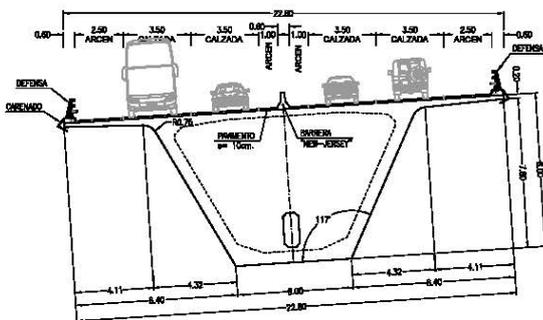


Figura 8. Sección por pila.

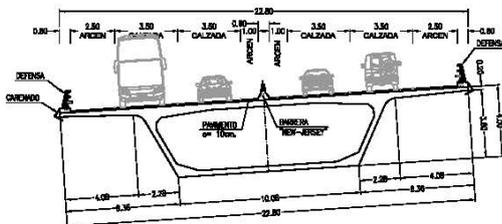


Figura 9. Sección por centro de vano

El diseño de los cables se ha realizado para poder ejecutarse con una construcción simétrica de dovelas, siendo activos los anclajes desde las dovelas simétricas salvo en casos puntuales. Todos los anclajes superiores están dispuestos en el frente de dovela, en la cartela superior o en el alma.

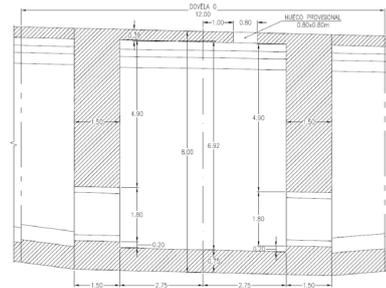


Figura 4. Sección longitudinal por pila

El tablero se encuentra empotrado en ambas pilas, mientras que en los estribos descansa sobre dos apoyos pot con el tiro impedido, y uno de ellos coaccionado transversalmente, mientras el otro es libre completamente en horizontal.

### 3. Comprobaciones estructurales

En el cálculo del proceso constructivo, puesto que se trataba de una construcción de tablero por avance en voladizo se realizó la comprobación del tablero para tres hipótesis de desequilibrio:

- HIPÓTESIS 1: Peso propio con desequilibrio con desequilibrio de una dovela. Una sobrecarga uniforme en el mismo voladizo, y un viento vertical que acentúa dicho desequilibrio

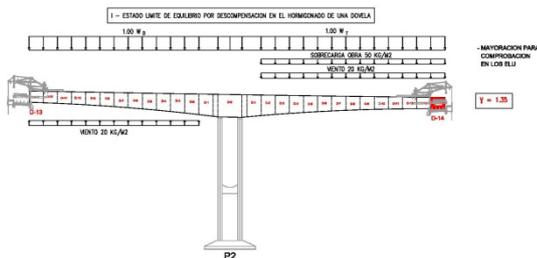


Figura 5. Hipótesis 1 de desequilibrio

- HIPÓTESIS 2: Como la hipótesis anterior pero suponiendo que uno de los voladizos tiene un peso propio un 2.5% superior al otro

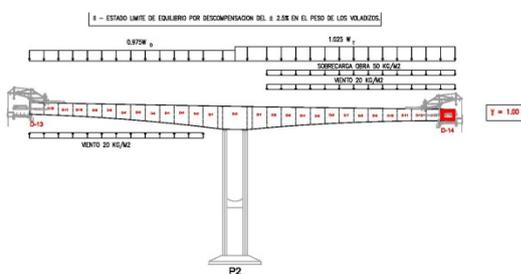


Figura 6. Hipótesis 2 de desequilibrio

- HIPÓTESIS 3: Peso propio equilibrado con caída de carro. Se supone la caída de carro sin hormigón.

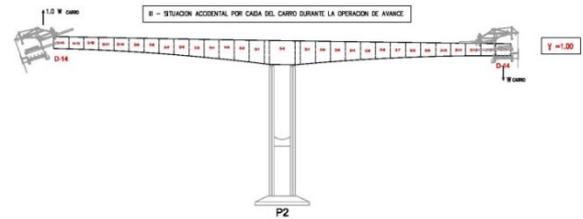


Figura 7. Hipótesis 3 de desequilibrio

Se comprobó no sólo el dimensionamiento del tablero sino también el dimensionamiento de la subestructura cuyo diseño no se había cambiado, llevando a refuerzos puntuales menores en la conexión diafragmas-tablero.

Otro estudio particular realizado que se hizo fue la evaluación de los esfuerzos transversales para el dimensionamiento de la armadura transversal comparando los modelos planos (“rebanadas” de 1 m) con los espaciales con elementos lámina.

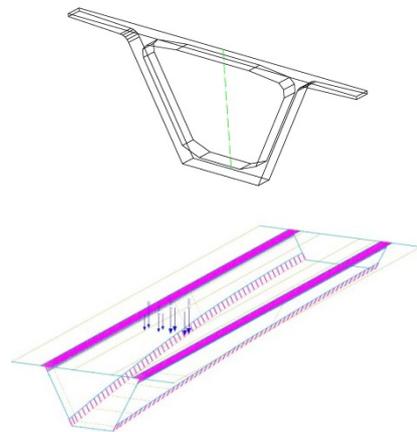
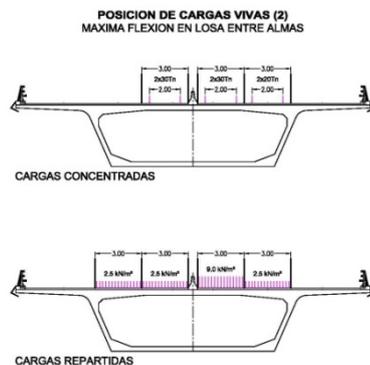


Fig 15. Modelo plano y espacial





La dovela de arranque sobre pila es de 12 m, 6m a cada lado de la pila, que se ejecutaron empotradas a los mamparos de las pilas.

Se ejecutaron los avances de manera simétrica respecto a la pila, con 14 dovelas simétricas de 5m a sección completa.

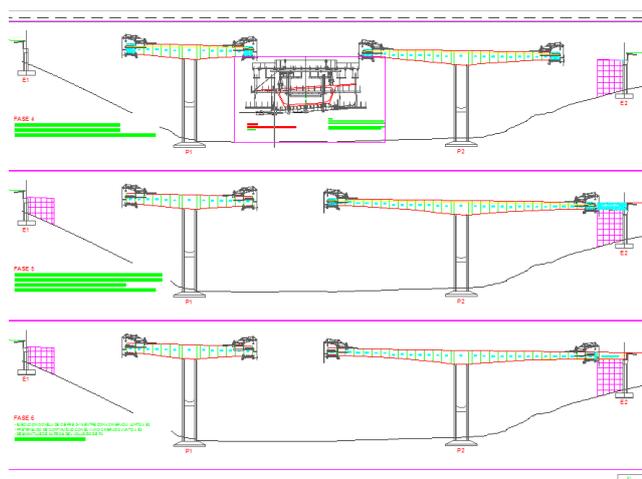


Figura 9. Esquema de la construcción en avance en voladizo.

El cierre del vano central se realizó con una dovela de clave, mientras que en los vanos laterales se realiza el cierre con una dovela de 1.50m a unos tramos cimbrados de 15.50m.

Durante el proceso constructivo se llevó a cabo el control geométrico del tablero. Después de la ejecución de cada dovela se nos daba la posición en la que había quedado tanto la última dovela como todas las anteriores, para poder comprobar tanto las flechas en los voladizos como los posibles giros de la pila, que a priori debían ser simétricos en ambos lados. A continuación se les indicaba donde tenían que colocar el carro de avance según la flecha esperada.

Las contraflechas de construcción se establecieron para compensar las del peso propio durante la construcción, las de la carga permanente y el 75% de las flechas diferidas por efectos reológicos del hormigón.

Durante la construcción la coincidencia entre deformación real del tablero y las estimaciones numéricas de la misma fue prácticamente perfecta. Sin embargo en la fase final justo antes del cierre hubo un efecto imprevisto que produjo un pequeño desajuste en una de las "T". En la operación de conexión del tramo en voladizo con el tramo cimbrado del lado del estribo 1, las imbricación de las armaduras de espera de ambos frentes el lado provocó un leve apoyo de entre ambos tramos. Esto fue suficiente para provocar un ligero cambio en la configuración de la obra con respecto a lo previsto en el cálculo, pasando el voladizo a contar con un ligero apoyo flexible en uno de sus extremos. La leve diferencia del momento sobre pila –que debería teóricamente estar prácticamente equilibrado a ambos lados– provocó un pequeño giro del conjunto pila-tablero en la sección de apoyo. Con los voladizos máximos este giro se tradujo en un descenso adicional voladizo libre del vano central de unos 10 cm.

Detectado este efecto se tuvo la precaución para evitar que se repitiera en la otra pila. Para restituir la rasante se realizaron rellenos con hormigón ligero, con espesor puntual máximo de 10 cm. Las comprobaciones estructurales demostraron que la capacidad de la estructura era suficiente para no tener que realizar ninguna medida de refuerzo adicional.

## 6. Cuantías principales

Hormigón HP-50	6644m <sup>3</sup>	0.85m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Armadura S-500	1271812kg	163kg/m <sup>2</sup>
Pretensado Y-1860	304216kg	39kg/m <sup>2</sup>

## 7. Ficha técnica

- Propiedad: Ministerio de Fomento
- Proyecto original: *Egis-Eyser*.
- Constatista tramo Enlace de Vilamoure - Enlace de Nadela del Sur: *UTE Nadela (Copasa-Aldesa)*. Jaime Gutiérrez
- Ejecución del puente (2014-2015): *Construpolis-Construgomes Engenbaria S.A* Camilo Míguez, Sergio Sá, Nuno Filipe
- Proyecto modificado del tablero: *Carlos Fernández Casado S.L.*: Javier Muñoz-Rojas, Sara Fernández,
- Asistencia técnica a la Dirección de Obra: *Egis-Eyser*
- Revisión del proyecto modificado: *Arenas y Asociados*. Emilio Merino

### ***Agradecimientos***

Agradecemos a Construpolis-Construgomes por permitir el uso de las fotografías aéreas que acompañan este artículo.

### ***Referencias***

- [1] J. Manterola. *Puentes. Apuntes para su diseño, construcción cálculo y construcción*. Colegio de Ingenieros, Caminos, Canales y Puertos. Madrid 2006
- [2] SETRA. *Design Guide. Prestressed concrete box-girder bridges built using the cantilever method*. Collection Sétra. Francia. 2007