

Empuje de los Viaductos Mixtos de Los Arejos-Níjar

Launching of the Composite Viaducts between Los Arejos-Níjar

**Germán Barés Lucindo^a, Raimon Rucabado Jiménez^b, Samuel Soria Jiménez^c,
Albert Bailo Fernández^d, Pedro Ferrer Vidal^e y Javier Richart Ramón^f.**

^a Ingeniero Civil. Mekano4, S.L.U. Director de Ejecución de Servicios. gbares@mekano4.com

^b Ingeniero Civil. Mekano4, S.L.U. Director de Proyectos Especiales. rucabado@mekano4.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. MK4 World Wide, S.L. Jefe de Obra. ssoria@mekano4.com

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. MK4 World Wide, S.L. Director Departamento Técnico. abailo@mekano4.com

^e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. MK4 World Wide, S.L. Director Comercial España. pferrer@mekano4.com

^f Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. MK4 World Wide, S.L. Director General C.E.O. jrichart@mekano4.com

RESUMEN

El lanzamiento de los tres viaductos mixtos, en el tramo Arejos-Níjar del corredor ferroviario Mediterráneo, abordan desafíos de diseño y emplazamiento. Los tableros, de cajón mixto con jácenas de acero Corten y losas de hormigón armado, fueron diseñados para un empuje estructural eficiente. Utilizando elementos auxiliares como balancines triaxiales, guías laterales deslizantes y cilindros hidráulicos, se logró un empuje rápido y seguro. El proyecto optimizó recursos y minimizó el impacto ambiental, superando retos de luces y geometrías variables y condiciones complejas con ingeniería adaptativa y soluciones innovadoras.

ABSTRACT

The launching of the three composite viaducts in the Arejos-Níjar section of the Mediterranean railway corridor addresses design and site challenges. The decks, consisting of composite box girders with Corten, weathered steel beams and reinforced concrete slabs, were designed for efficient structural launching. Auxiliary elements such as triaxial rocker bearings, sliding lateral guides, and hydraulic cylinders enabled a rapid and safe launching process. The project optimised resources and minimised environmental impact, overcoming challenges of variable spans, geometries, and complex conditions through adaptive engineering and innovative solutions.

PALABRAS CLAVE: empuje, balancines, almohadillas deslizantes, nariz de remonte, descenso, ADIF.

KEYWORDS: launching, rocker bearings, sliding pads, self-lift front nose, jacking down, ADIF.

1. Introducción

El proyecto forma parte de la construcción de la plataforma del Corredor Mediterráneo de Alta Velocidad Murcia-Almería en el tramo de Los Arejos-Níjar. La propiedad es ADIF Alta Velocidad y el proyectista del empuje Pondio Ingenieros. La constructora encargada de la

ejecución del proyecto es SACYR Ingeniería e Infraestructuras. La asistencia técnica del empuje es la UTE CONSULTRANS-PROINTEC, cuyo asesoramiento estructural es realizado por PONTEM Engineering. El proyecto incluye el lanzamiento de tres viaductos mixtos: los

Viaductos sobre las Ramblas de los Feos y Lucainena y sobre el Barranco del Cebollero.

2. Características principales de las estructuras

Los tableros obedecen a la tipología bijácena de doble acción mixta.

Las secciones tienen un ancho entre almas de 4.7 metros en el Cebollero y de 6.0 metros en Los Feos y Lucainena. El canto es de 3.00 metros en el Cebollero, 3.95 metros en Los Feos y de 4.25 aproximadamente en Lucainena como se puede observar en la figura 1.

Los tres viaductos, de hasta 18 vanos con luces comprendidas entre los 32 y 70 metros y 910 metros de longitud total máxima, se empujaron por fases con pendiente ascendente.

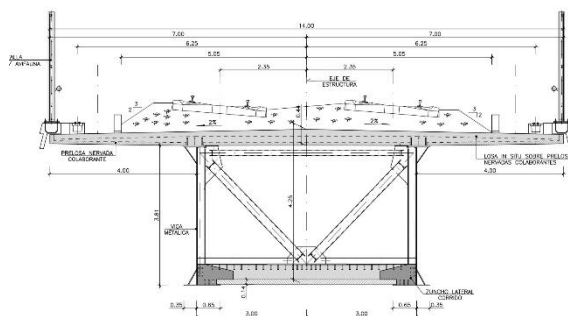


Figura 1. Sección tipo de los viaductos [1].

El Viaducto de los Feos, con un peso total de 11.800 t, se lanzó con una pendiente longitudinal ascendente constante del 1,5%. Lucainena, con un peso total de 12600 t, actualmente se está actualmente empujando con una pendiente longitudinal que varía progresivamente del -0.11% al +1.5% constante en las alineaciones de P7 a E2. El Cebollero, con un peso total de 7900 t, se comenzará a lanzar en breve con una pendiente constante ascendente del 1.5%.

La longitud máxima empujada alcanzó los 180 metros, habiendo 6 fases de empuje en Los Feos y Lucainena y sólo 5 en Cebollero.

3. Parques de empuje

En los tres viaductos se acondicionó un parque de montaje detrás de cada uno de los estribos de inicio del lanzamiento. La longitud máxima de los parques de empuje fue de 205 metros. Sus pendientes estaban definidas por la prolongación en alzado del trazado del patín de deslizamiento de las alineaciones definitivas de la estructura. Todos ellos disponían de entre 7 y 8 alineaciones de apoyos provisionales separadas entre 22.5 y 23.0 m entre sí.

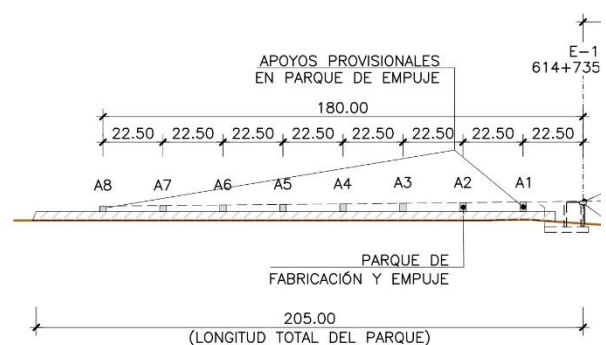


Figura 2. Parque de empuje Viaducto del Cebollero [2].

4. Elementos auxiliares de empuje

Para poder realizar el empuje del tablero una vez montado se utilizaron una serie de elementos auxiliares diseñados para el proyecto.

4.1 Apoyos provisionales de empuje

Los apoyos estaban formados por 2 elementos que se describen a continuación.

4.1.1. Balancines

El tablero se apoyaba en apoyos provisionales de empuje, situados en las alineaciones de cada parque, en estribos, y en cada una de las pilas. En cada alineación se disponían 2 apoyos con sus ejes centrados respecto a las almas de la estructura metálica de la sección.

El apoyo era tipo balancín, puede verse en la figura 3. La superficie y dimensiones se

calcularon para transmitir las cargas verticales y evitando una posible abolladura por inestabilidad del alma de la sección. En este caso con balancines de hasta 1250 t de capacidad.



Figura 3. Balancín tri-axial Viaducto de Lucainena.

Los balancines disponían de varias rótulas. Su función era adaptar el ángulo del apoyo, variable durante el empuje, debido a la variación de la geometría por contraflechas, y a la deformación del tablero en función de la posición del extremo en voladizo. Se consiguió así en todo momento una superficie de apoyo prácticamente uniforme del tablero sobre el apoyo.

La fijación de los balancines se realizó atornillándolos a unas placas de anclaje de acero embebidas en el hormigón, tanto en pilas, como estribos y apoyos de parque. Esta placa se calculó para poder transmitir todos los esfuerzos de las hipótesis de cargas tanto en situación de empuje como de servicio, con el objetivo de servir también de fijación para los aparatos de apoyo definitivos.

4.1.2. *Apoyos de neopreno-teflón*

La superficie de los balancines disponían de 4 encajes para ubicar un apoyo de neopreno-teflón en cada uno, denominado almohadilla. Cada una de ellas estaba formada por un apoyo de neopreno zunchado que absorbía pequeñas

irregularidades en el tablero, y una capa de teflón vulcanizado para conseguir un coeficiente de rozamiento bajo y necesitar el mínimo esfuerzo posible para empujar el tablero. Obsérvese la figura 4.

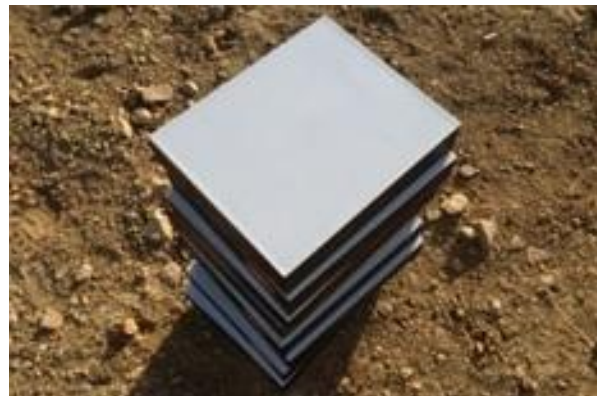


Figura 4. Almohadillas de neopreno-teflón.

4.2 *Guías laterales*

Se diseñaron unas guías laterales, atornilladas a la misma placa base de los balancines, dos unidades en cada alineación y de dos tipologías diferentes como se observa en las figuras 5 y 6. Ambas tipologías se dividían en dos partes principales. Una parte inferior o peana de estructura metálica que conectaba el cabezal de guía con la alineación y una parte superior o cabezal, que era la zona de deslizamiento donde iban ubicadas las almohadillas de poliamida en contacto con el carril de guiado de la estructura. La función de las guías era evitar movimientos no deseados provocados por acciones como viento lateral o fuerzas excéntricas de empuje.

4.2.1. *Guías Fijas*

Se ubicaron en todas las alineaciones de parque y definitivas, excepto en el estribo ubicado junto al parque de montaje. Se podía regular su posición ± 30 mm y fuerza máxima de guiado era de 1130 kN. En la fase de montaje los cabezales se acercaban hasta hacer contacto con la estructura. En fase de empuje se abrían

dejando una holgura de 20 mm con la estructura en cada lado.



Figura 5. Guía lateral fija.

4.2.1. Guías Regulables

Se ubicaron en el estribo junto al parque de montaje de cada estructura con la misma función que las fijas. Además, podían gobernar la cola del puente con una regulación mucho mayor que las tipo fijo, ajustando su posición para dejar el eje de la estructura lanzada alineado con el eje teórico de la siguiente fase de estructura a montar. Se diseñaron para diferentes solicitaciones siendo 1470 kN la máxima.

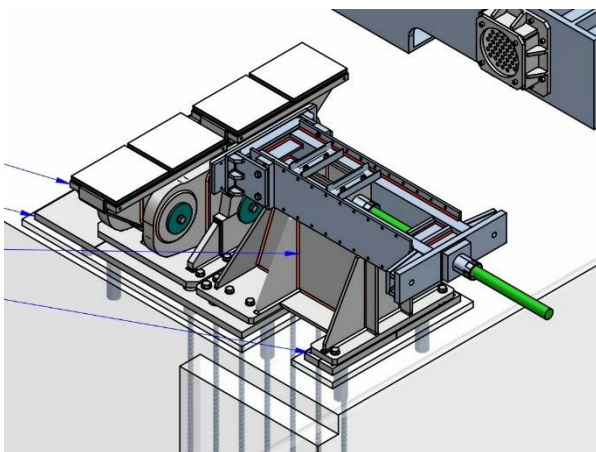


Figura 6. Definición de guía lateral regulable.

4.3 Nariz frontal y contra nariz trasera

Se diseñó una nariz frontal de remonte y una contra nariz, para realizar de forma suave la entrada en pilas y la salida de los apoyos provisionales en parque, sin necesidad de utilizar equipos hidráulicos optimizando el tiempo de lanzamiento de cada una de las fases de lanzamiento. Véase las figuras 7 y 8.



Figura 7. Nariz frontal de remonte.



Figura 8. Contra nariz de cola.

4.4 Sistema de tiro

La fuerza necesaria para desplazar el tablero se consiguió mediante la acción de dos cilindros hidráulicos situados cada uno en un lado de la nariz trasera en la cola de la estructura. Cada gato reaccionaba contra un tendón de postesado formado por cordones Y1860-15.7. Éstos a su vez estaban anclados a una viga de reacción

ubicada a cada lado del estribo ubicado junto al parque de montaje.

Se utilizaron 2 gatos de heavy lifting de 8500 KN de capacidad de empuje, a una presión máxima de 510 bar. Los dos tendones de tiro se ubicaron a ambos lados del tablero. Los gatos se instalaban en la contra nariz (ver figura 9) y los anclajes pasivos de los tendones de tiro en una estructura adosada al estribo del tablero.

El número de cordones de los tendones dependía en cada fase de empuje del peso a empujar. Se dimensionaron para no alcanzar el 65% de su carga de rotura. El rozamiento máximo durante el empuje descontando la pendiente estaba limitado al 6,5%. En las últimas fases de lanzamiento de los viaductos mayores se utilizaron hasta 84 cordones.

La central hidráulica tenía una capacidad de 64 l/min y se instaló también encima de la contra nariz. Esto permitía alcanzar hasta 8 metros por hora de velocidad de empuje.

En la tabla nº1, a modo de ejemplo, se pueden ver el número de cordones utilizados en cada fase de lanzamiento de los Feos.

Tabla 1. Dimensionamiento cables de tiro Viaducto de los Feos.

Fase	Longitud Tablero (m.)	Peso tablero (T.)	Nº de cordones de tiro (total)
1	152.8	1700	24
2	317.8	3900	36
3	482.8	6200	48
4	605.1	7800	60
5	769.8	10000	72
6	908.7	11800	84



Figura 9. Equipos hidráulicos de empuje.

4.5 Gateos

En diferentes momentos de la construcción de las estructuras fue necesario realizar gateos en las diferentes alineaciones. Por ejemplo, para la realización de la prueba de carga antes del lanzamiento de cada tipo de estructura, para transferir la posición del tablero de situación de montaje a empuje en el parque, para pesajes, para sustitución de almohadillas deslizantes en caso necesario o para la transferencia de carga final de los apoyos provisionales de empuje a los definitivos. Cada una de estas maniobras fueron definidas por el proyectista y condicionaron, en algunos casos, el dimensionamiento de los cabeceros de algunas alineaciones de apoyos, para permitir tener el espacio suficiente para la realización de estos gateos.

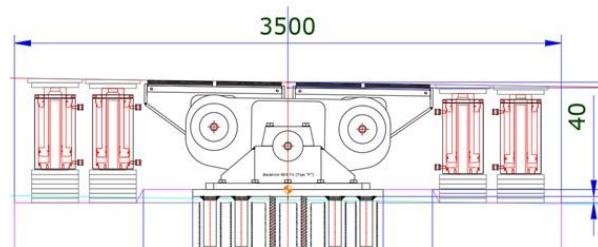


Figura 10. Espacio necesario en cabeza de pila de los Feos para desapeo final.

5. Conclusiones

La clave del éxito en maniobras de esta envergadura es la complicidad entre todos los

participantes, siendo todos conscientes de que es una metodología constructiva muy singular que requiere de la colaboración de todo el personal presente en la obra desde una fase muy inicial del proyecto.

Todas las operaciones se realizaron tal y como estaban planeadas sin sorpresas con un resultado satisfactorio.

El enfoque empleado permitió superar todos los retos, demostrando una ingeniería adaptativa y soluciones creativas en el empuje y construcción de puentes bajo condiciones desafiantes salvando obstáculos sin ocupación alguna, con el mínimo impacto ambiental y con la máxima seguridad.



Figura 11. Vista general del Viaducto de Los Feos durante su lanzamiento.

Agradecimientos

Agradecer a todas las personas que han colaborado haciendo avanzar este proyecto, aportando ideas constructivas en el desarrollo de los mismos. El día a día está lleno de contratiempos donde la implicación del equipo hace que se resuelvan de forma eficaz. A ADIF, propietario del proyecto y a SACYR por su confianza. A Raimon, Pedro y Estefanía y a todo el personal de Mekano4 que de una forma directa o indirecta ha permitido realizar con éxito estos trabajos.

Referencias

- [1] J. Calvo, J. Pascual, Proyecto de adaptación del empuje del Viaducto sobre la Rambla de Lucainena, España, 2024. Planos proceso constructivo.
- [2] J. Calvo, J. Pascual, Proyecto de adaptación del empuje del Viaducto sobre el Barranco del Cebollero, España, 2024. Planos proceso constructivo.