

Viaducto sobre los arroyos de Zabaleta y Larrazábal y Viaducto de Kinatoi. LAV Vitoria – Bilbao – San Sebastián: Tramo Elorrio – Atxondo.

Viaduct over Zabaleta and Larrazábal streams and Kinatoi Viaduct. HSL Vitoria – Bilbao – San Sebastián. Section: Elorrio – Atxondo.

Pablo GRANDÍO NOCHE^a, Sergio COUTO WÖRNER^b, Jorge CASCALES FERNÁNDEZ^c, Ricardo RICO RUBIO^d

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Ingeniero de Proyectos. pgrandio@k2ingenieria.es

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director General. scouto@k2ingenieria.es

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director Técnico. jcascales@k2ingenieria.es

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director de Ingeniería. rrico@k2ingenieria.es

RESUMEN

Los viaductos sobre los arroyos de Zabaleta y Larrazábal y el viaducto de Kinatoi se sitúan dentro del tramo Elorrio – Atxondo de la LAV Vitoria – Bilbao – San Sebastián. Las estructuras albergan la plataforma de vía doble de la conexión Vitoria – Bilbao de la Y vasca. Se trata de dos viaductos con tipología de viga continua con sección transversal cajón ejecutada in situ mediante cimbra autolanzable. El viaducto de Zabaleta y Larrazábal presenta una longitud total de 566,0m y una luz principal de 58,0m. Por su parte, el viaducto de Kinatoi tiene una longitud de 880,0m con una luz principal de 65,0m. En el presente artículo se detallan sus principales características y el desarrollo de su proceso constructivo.

ABSTRACT

The viaducts over Zabaleta and Larrazábal streams and the Kinatoi viaduct are located on the section Elorrio – Atxondo, which is part of the HSL Vitoria – Bilbao – San Sebastián. Both structures support the double track railway of the Vitoria – Bilbao connection in the so-called Basque Y. The two viaducts have a continuous prestressed box girder deck, cast in place by means of a movable scaffolding system. Zabaleta and Larrazábal Viaduct has a total length of 566,0m, with a main span of 58,0m, whilst Kinatoi Viaduct has a main span of 65,0m and completes a total length of 880,0m. The present article describes the main characteristics of the two structures, as well as the construction sequence that was followed.

PALABRAS CLAVE: Alta velocidad, cimbra autolanzable, cajón pretensado.

KEYWORDS: High Speed, movable scaffolding, prestressed box girder.

1. Introducción

El viaducto sobre los Arroyos de Zabaleta y Larrazábal y el Viaducto de Kinatoi pertenecen al tramo Elorrio- Atxondo, que discurre en su totalidad por el municipio vizcaíno de Elorrio y forma parte de la LAV Vitoria - Bilbao – San Sebastián. En particular, el tramo en el que se

sitúan los viaductos objeto del presente artículo alberga la plataforma de vía doble de ancho internacional de la conexión Vitoria - Bilbao de la denominada Y vasca.

Presenta además una particularidad con gran influencia en el encaje de una las estructuras: en

el tramo contiguo del ramal Vitoria – Bilbao en sentido Bilbao (tramo Atxondo-Abadiño) se produce el desdoblamiento de la plataforma ferroviaria en dos, dirigiéndose la correspondiente al eje Vitoria – Bilbao a través del tramo Elorrio - Atxondo y la plataforma del eje Bilbao - San Sebastián por el tramo Elorrio - Elorrio.

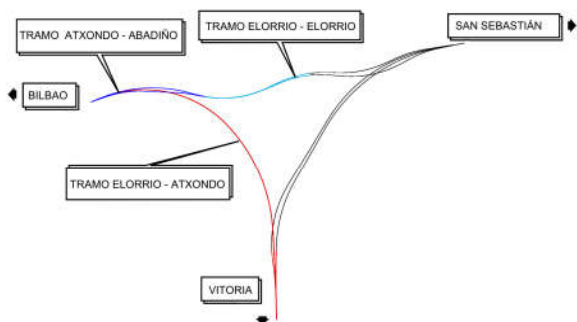


Figura 1. Vista general tramos Y vasca.

Para poder materializar este desdoblamiento de dos plataformas de vía doble sin necesidad de realizar desvíos que pudieran limitar las condiciones de servicio de la línea, en primer lugar se realiza el desdoblamiento de la plataforma Bilbao – San Sebastián en dos ramales (norte y sur) y se requiere la realización de un cruce a distinto nivel entre el ramal sur y la plataforma del eje Vitoria - Bilbao. Ese tipo de cruce, denominado “salto de carnero” se materializa en el Viaducto sobre los arroyos de Larrazábal y Zabaleta, imponiendo sobre la estructura estrictas condiciones de geometría para garantizar la compatibilidad de las líneas.

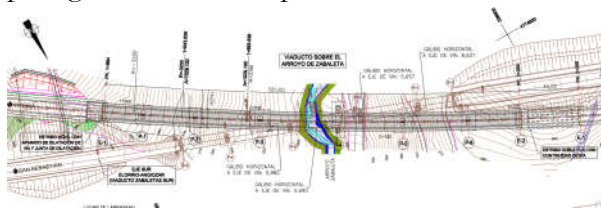


Figura 2. Cruce (salto de carnero) entre el ramal sur de la plataforma Bilbao – San Sebastián y el Viaducto de Zabaleta. Planta del proyecto licitado.

2. Alcance

Tras su adjudicación en 2011, la construcción del tramo se inició en el año 2012, interrumpiéndose

los trabajos en el año 2017 a consecuencia de la rescisión del contrato de uno de los socios de la UTE, tras su entrada en concurso de acreedores. En el instante de interrupción de las obras se encontraban ejecutadas únicamente algunas de las cimentaciones de los viaductos. En 2020 se reanudan las obras tras asumir la empresa Construcciones Amenábar la ejecución como contratista principal. La dirección de obra fue llevada a cabo por la empresa INECO.

El alcance de los trabajos desarrollados por k2 Ingeniería responde en primer término a la realización de las adaptaciones planteadas en obra sobre la solución del proyecto licitado, redactado por la empresa IDEAM. Además, se prestaron también servicios de Asistencia Técnica durante la ejecución de las obras.

2. Viaducto sobre los arroyos de Zabaleta y Larrazábal

2.1 Descripción general

El proyecto licitado planteaba la realización de dos viaductos separados (viaducto sobre el arroyo de Zabaleta y viaducto sobre el arroyo de Larrazábal) que se apoyaban sobre un estribo común que funcionaría como punto fijo, albergando los dos restantes estribos los estribos móviles con aparato de dilatación de vía. El tablero se constituye con una tipología de viga continua con sección cajón postesado, construido sobre cimbra apeada. Las dos estructuras completaban una longitud total de 566,0m distribuidos en vanos de 30,0 + 40,0 + 50,0 + 60,0m + 50,0m + 50,0m + 40,0m para el viaducto de Zabaleta, 46m de longitud del estribo común y 40,0m + 55,0m + 60,0m + 45,0m para el viaducto de Larrazábal.



Figura 3. Alzado viaductos sobre el arroyo de Zabaleta y sobre el arroyo de Larrazábal. Proyecto licitado

La sección transversal albergaría la plataforma tipo de vía doble, con un ancho de losa superior de 14,0m, un ancho inferior del cajón de 6,00m y un canto total y de valor constante de 3,80m.

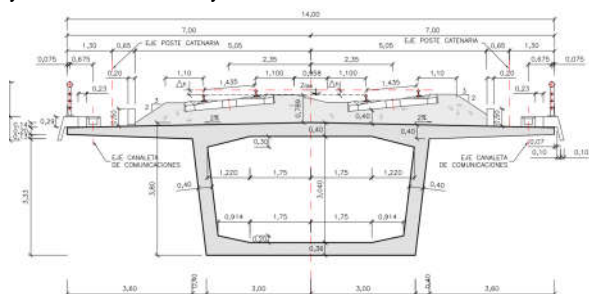


Figura 4. Sección tipo viaductos sobre el arroyo de Zabaleta y sobre el arroyo de Larrazábal. Proyecto licitado

En relación con otras estructuras de similar tipología, además del planteamiento de un estribo común para ambos viaductos, la principal particularidad en el encaje de la estructura está en la necesidad de disponer una pila de tipo pórtico para poder permitir el paso del ramal de vía única por debajo del tablero, materializado el “salto de carnero” necesario por exigencias del trazado ferroviario.

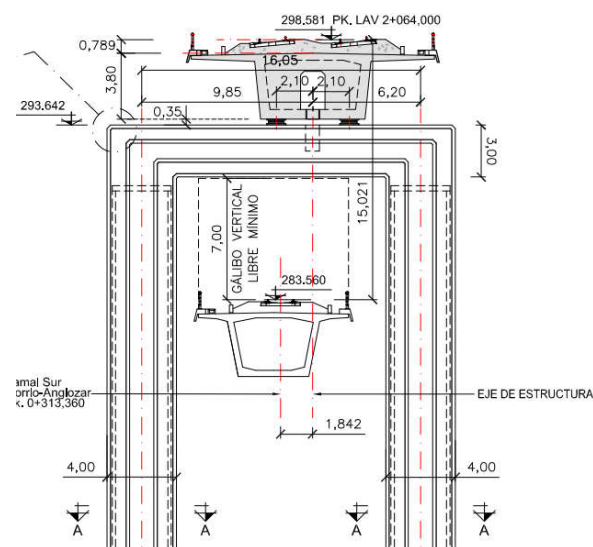


Figura 5. Sección tipo de pila pórtico en “salto de carnero”. Proyecto licitado.

Como se ha mencionado previamente, la motivación principal de las labores realizadas se basa en el conjunto de adaptaciones propuestas en obra, que para el caso del viaducto sobre los arroyos de Zabaleta y Larrazábal son las que se detallarán a continuación.

Debido a que el procedimiento de ejecución del tablero del otro viaducto del tramo, el viaducto de Kinatoi, era el de construcción mediante cimbra autolanzable, se planteó la posibilidad de adoptar este mismo procedimiento constructivo para el viaducto de Zabaleta y Larrazábal, con idea de que se pudieran aprovechar los mismos medios auxiliares. Para ello se buscó en primer lugar unir las que originalmente se conformaban como dos estructuras en una sola, eliminando el estribo común entre ellas para permitir el paso de la cimbra autolanzable. La eliminación de este estribo permitió además realizar un ajuste en el encaje de luces de los diferentes vanos, de cara a que éstos se adaptaran lo mejor posible a un adecuado rendimiento del procedimiento constructivo propuesto. Así, tras eliminar el estribo común, se pudo mantener la misma longitud de puente de 566,0m, también con el mismo número de vanos que en la solución del proyecto licitado, con un total de 11, en los cuales las luces se distribuyen como 30,0m + 42,0m + 50,0m + 58,0m + 50,0m + 5x58,0m + 46,0m.

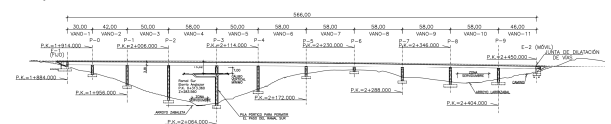


Figura 6. Alzado viaducto sobre los arroyos de Zabaleta y de Larrazábal. Proyecto modificado.

El estribo 1, en la misma ubicación que en estribo 1 del Viaducto de Zabaleta del proyecto licitado, se dispone ahora como punto fijo, quedando el estribo 2 como estribo libre en el que instalar el aparato de dilatación de vía.

2.1.1. Subestructura

En la solución aprobada en el proyecto modificado el tablero queda soportado por apoyos POT libres en el lado izquierdo y guiados longitudinalmente en la línea de apoyos derecha. Resultan un total de 2 estribos y 10 pilas (numeradas como P-0 hasta P-09). Los alzados de pilas y estribos fueron ejecutados por la empresa Estructuras, perteneciente al Grupo Puentes, como subcontratista de los viaductos.

El punto fijo en dirección longitudinal se sitúa en el estribo 1, planteado como un estribo cerrado convencional en el que la estabilidad ante acciones horizontales se consigue a través del peso del elemento y de las tierras sobre su cimentación, que es de tipo superficial.

El estribo 2 funciona como libre a puente terminado, pero como punto fijo provisional durante la construcción, ya que sobre él se inicia la construcción del tablero. Su tipología es de estribo cerrado, con cimentación profunda mediante pilotes de 1,35m de diámetro al nivel del empotramiento.

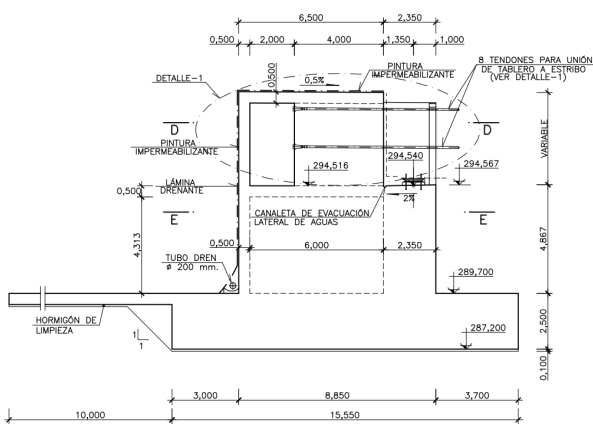


Figura 7. Estribo 1 (fijo). Sección tipo (superior) y vista general (inferior).

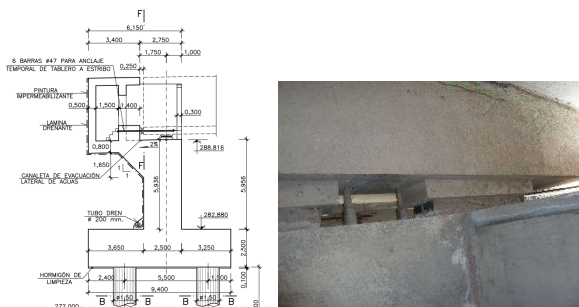


Figura 8. Estribo 2 (libre) del viaducto sobre los arroyos de Zabaleta y de Larrazábal. Sección tipo (izquierda) y detalle de fijación provisional (derecha).

Las pilas presentan alturas entre los 7,0m de la pila 6 y los 47,0 de la pila 3. Excepto para el caso de la pila pódico (pila 3), las pilas se resuelven con una tipología convencional de sección rectangular hueca.

La pila tipo pódico se configura mediante dos fustes rectangulares huecos de dimensiones 4,00m x 3,50m, unidos en su parte superior por un dintel de sección rectangular maciza de 3,5m de ancho x 3,0m de canto de hormigón pretensado. La luz entre los ejes de los fustes es de 16,05m, permitiendo un gálibo horizontal de 12,05m.

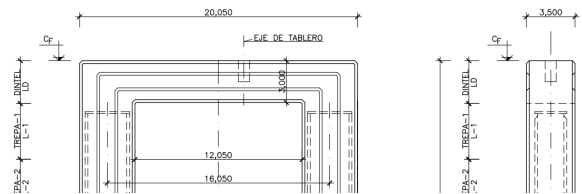


Figura 9. Definición de pila 3.



Figura 10. Vista de pila 3 en construcción (izquierda) y finalizada (derecha)



Figura 11. Vista general del cruce (salto de carnero) entre el ramal sur de la plataforma Bilbao – San Sebastián y el Viaducto sobre los arroyos de Zabaleta y Larrazábal, tras la finalización de las obras en los correspondientes tramos.

2.1.2. Tablero

En relación con el planteamiento realizado en el proyecto licitado, el tablero definido en el proyecto modificado tiene en cuenta la adaptación a la geometría de los encofrados de la empresa Estructuras y el planteamiento de las familias parabólicas de pretensado con cruce de cables entre las diferentes fases ejecutadas. En las familias de tendones rectos de la tabla superior, se dispusieron acopladores para su conexión entre las diferentes fases.

2.2 Proceso constructivo

En el momento de plantear la modificación del encaje del tablero del viaducto se pretendía llevar a cabo un procedimiento de avance mediante cimbra autolanzable desde un estribo hasta el opuesto. Sin embargo, finalmente resultó necesario adaptar las fases del proceso constructivo ante la imposibilidad de hacer pasar los cuchillos de la cimbra a través de la pila pórtico. Debido a ello, el procedimiento constructivo se desarrollo de acuerdo con el siguiente esquema:

- Montaje de la cimbra en el vano 11 (entre pila 9 y estribo 2) y avance fase a fase hasta el vano 5 (entre la pila 3 y la pila 4).
- La fase 7 se ejecuta con apoyo de la cimbra auxiliar dispuesta sobre la pila pórtico. Tras la ejecución de las primeras

7 fases, se efectúa el desmontaje de la cimbra.



Figura 12. Esquema de primera etapa de ejecución del tablero desde fase 1 hasta fase 7.

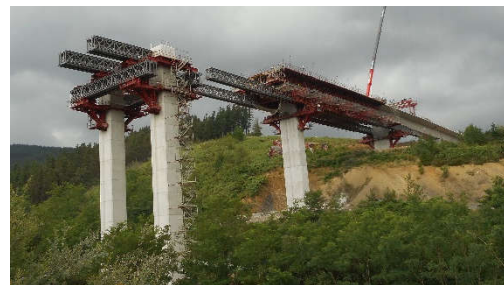


Figura 13. Vista de fase 6 del tablero y cimbra auxiliar dispuesta en pila pórtico.

- Montaje de la cimbra en el vano 1 (entre estribo 1 y pila 0) y avance fase a fase hasta el vano 4 (entre la pila 2 y la pila 3).
- Tras la ejecución de las fases 8 a 10, la cimbra se conectará a los frentes de las fases 10 y 7 a ambos lados del vano 4 para poder hormigonar el vano de cierre.

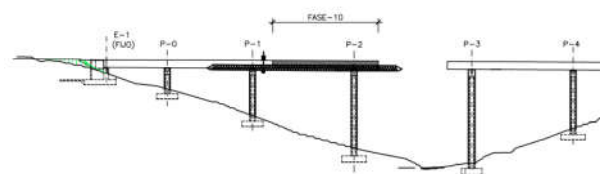


Figura 14. Esquema de segunda etapa de ejecución del tablero desde fase 8 a fase 11.



Figura 15. Vista de fase 9 de tablero



Figura 16. Vista de fase 10 de tablero



Figura 17. Vista de fase 11 de tablero (cierre)

- Desmontaje de cimbra de tablero y posterior desmontaje de cimbra auxiliar situada en la pila pórtico (pila 3).

Una vez finalizada la ejecución del tablero y retirados todos los elementos auxiliares, se procede a la ejecución de la preceptiva prueba de carga y la realización de las correspondientes operaciones de remate (ejecución de muretes, colocación de importas, instalación de juntas, etc.).

3. Viaducto de Kinatoi

3.1 Descripción general

Para el viaducto de Kinatoi, el proyecto licitado planteaba una estructura de 880,0m de longitud, con una distribución de luces en sus 15 vanos de 35,0m + 50,0m + 55,0m + 10 x 65,0m + 50,0m + 40,0m.

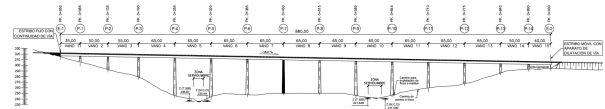


Figura 18. Alzado viaducto de Kinatoi. Proyecto licitado.

La tipología escogida para el tablero es la de viga continua con sección cajón postesado, construido con el empleo de cimbra autolanzable. El tablero presenta un canto constante de 4,30m (L/15) y un ancho superior de 14,0m, para albergar la plataforma tipo de vía doble.

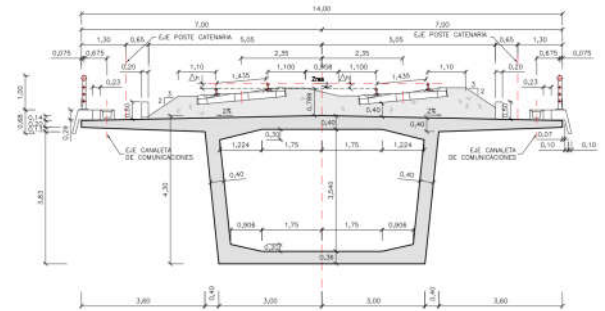


Figura 19. Sección tipo viaducto de Kinatoi. Proyecto licitado.

Para esta estructura, la propuesta de modificación de obra se centraba en realizar la adaptación de la geometría de la sección transversal a los medios disponibles por la empresa especialista con la que el contratista principal, Construcciones Amenábar, contó para su ejecución, la empresa Estructuras, perteneciente al Grupo Puentes. Así, no se propuso modificación ni en el canto ni en las luces del tablero.

Sin embargo, para permitir la utilización de la cimbra autolanzable empleada en la construcción del viaducto sobre los arroyos de Zabaleta y Larrazábal, de menor luz y menor

canto, resultó necesario plantear una modificación en el proceso constructivo inicialmente propuesto.

A modo más de curiosidad que de limitación que resulte condicionante para los trabajos, la ejecución debía respetar un bien patrimonial situado muy próximo a la pila 8 del viaducto, la Ermita de Santa Catalina.



Figura 20. Ermita de Santa Catalina durante la ejecución de la cimentación de la pila 8 del viaducto de Kinatoi.

Como circunstancia particular a mencionar, cabe destacar la existencia de un vertedero activo en las proximidades de los vanos 14 y 15 del tablero, para el que resultó necesario realizar labores de movimiento de tierras para su desmontaje. Para la retirada de todo su volumen de tierras, de 675000 m³, se invirtió un total de siete meses y medio. A pesar de que se requirió una mayor coordinación en la circulación de los medios de transporte de materiales, no tuvo incidencia directa en el ritmo de ejecución de las estructuras.



Figura 21. Vertedero de Larrapitxi tras su desmontaje y saneo, con estribo 2 y pila 14 en la parte derecha de la imagen.

3.1.1. Subestructura

El tablero se apoya sobre apoyos POT con todos sus desplazamientos horizontales liberados en la línea izquierda de apoyos y guiados longitudinalmente en su línea de apoyos del lado derecho.

La estructura consta de un estribo fijo ante acciones longitudinales y uno libre, con un total de 14 pilas. De igual modo que en el viaducto de Zabaleta y Larrazábal los alzados de pilas y estribos fueron ejecutados por la empresa Estructuras.

Debido a que el procedimiento constructivo se inicia desde el estribo 2, el proyecto modificado dispone en él el punto fijo ante acciones longitudinales, a diferencia de como se planteaba en el proyecto licitado. La tipología es similar a la empleada para el estribo fijo del viaducto de Zabaleta y Larrazábal, contando también con una cimentación de tipo superficial.



Figura 22. Detalle de fijación longitudinal del tablero en estribo 2.

El estribo libre se ubica en el estribo 1, planteado también como un estribo cerrado con cimentación directa.

Las pilas del viaducto presentan alturas comprendidas entre los 9,2m de la pila 14 y los 73,1m de la pila 5. Se mantiene la misma sección transversal planteada en el proyecto licitado. Con una geometría rectangular hueca con un ancho transversal constante de 6,70m y un ancho longitudinal variable con un valor mínimo de

3,0m y una ley de incremento con la altura de 1,65H:100V. Los espesores de los tabiques de la sección son también variables entre 0,30m y 0,50m. Comprensiblemente, en relación con el proyecto licitado debió llevarse a cabo una revisión de las armaduras de los fustes para adecuarlos a las trepas realmente ejecutadas y la correspondiente definición de los refuerzos en los apoyos de los anillos de apoyo de la cimbra.



Figura 23. Vista general pilas 2 a 14.

Para las cimentaciones de las pilas se disponen diferentes tipologías; en la pila 1 la cimentación se resuelve mediante micropilotes, mientras que las de las pilas 2 a 5 son de tipo superficial y las pilas 6 a 14 se apoyan sobre cimentaciones profundas con pilotes de diámetro 1,35m a la cota de empotramiento.

3.1.2. Tablero

De modo análogo a lo indicado para el viaducto de Zabaleta y Larrazábal, también en este caso se realizó el ajuste de las familias parabólicas de pretensado para plantear el cruce de los tendones entre las diferentes fases ejecutadas. También en las familias de tendones rectos de la tabla superior se dispusieron acopladores para su conexión entre las diferentes fases. Para aquellos tendones rectos que no abarcan toda la longitud de la fase, se dejaron ventanas de inspección en los anclajes pasivos.

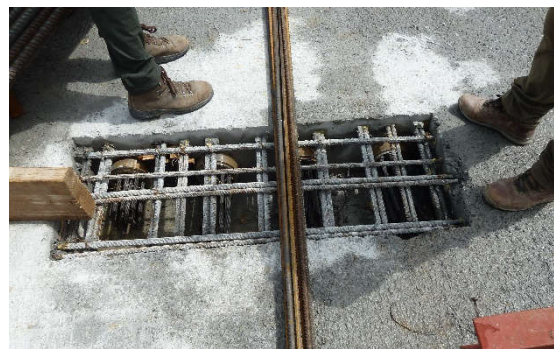


Figura 24. Ventana para inspección de anclajes pasivos de tendones rectos de tabal superior

Como se ha indicado anteriormente, se debía contemplar la exigencia de utilización de la misma cimbra que en el viaducto de Zabaleta y Larrazábal para el viaducto de Kinatoi cuando el vano es mayor (65,0m frente a 58,0m) y también el peso de la sección (canto 4,30m frente a 3,80m). Para ello y con objeto de descargar la cimbra se plantea, para cada fase, la ejecución del tablero en dos etapas a nivel de sección transversal. Para garantizar la colaboración de la primera etapa del tablero en la fase de hormigonado de la segunda etapa, se realiza un tesado parcial de esta primera. Consecuentemente, esta circunstancia fue tomada en cuenta en el planteamiento de las familias de pretensado, adaptando las correspondientes al primer tesado parcial a la geometría de las etapas de hormigonado propuestas.

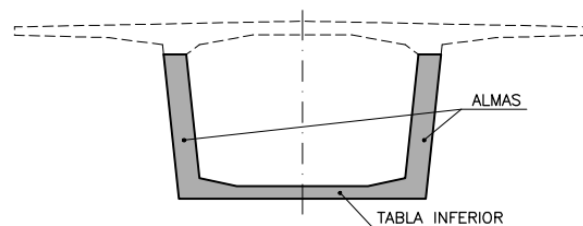


Figura 25. Sección parcial para primera etapa de tesado

3.2 Proceso constructivo

Para el tablero se sigue el procedimiento de ejecución sobre cimbra autolanzable, considerando, como ha sido mencionado, dos etapas de tesado para cada fase de ejecución. Del total de unidades que componen la familia de pretensado parabólico dispuesta en las almas (6 por alma), los dos inferiores adaptan su trazado

para ajustarse a la geometría de la primera etapa de hormigonado de cada fase.

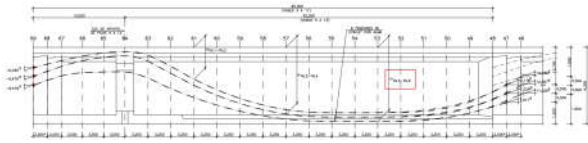


Figura 26. Alzado de tendones parabólicos en fase tipo (3 a 11). Trazado ajustado para los tendones 5 y 6 (inferiores).



Figura 27. Vista general del frente de tesado del tablero.

A pesar de que la realización del tesado de cada fase en dos etapas permite ajustar al máximo el rango de utilización de la cimbra autolanzable, debe tenerse en cuenta a la hora de plantear dicha solución que supone una reducción de los rendimientos de ejecución, ya que se incrementa el tiempo de ejecución del ciclo que debe seguirse en cada fase.

Una vez finalizada la ejecución del tablero, se procede a la ejecución de la preceptiva prueba de carga y la realización de las correspondientes operaciones de remate (ejecución de muretes, colocación de importas, instalación de juntas, etc.).

4. Agradecimientos

La obra fue promovida por ADIF Alta Velocidad.

Se quiere agradecer a la empresa Construcciones Amenábar la confianza a la hora de decidir contar con nuestros servicios, y particularmente a los miembros del equipo de obra; Jaime Herrero Fernández (Jefe de Obra), Roberto Galbarriatu (Jefe de Producción), Asier Cuenca

Fernández y Rafael Ortiz Jiménez (Jefes Oficina Técnica), por su profesionalidad y excelente trato.

Agradecemos también a Luis Bahamonde Calzada, de INECO, no solo por su labor como Director de Obra sino también por el trato con el resto de intervinientes en la obra y en particular con nosotros.

Dar también las gracias a la empresa Estructuras, por aportar su competencia técnica en la ejecución de los viaductos y por su capacidad de aportar soluciones en la resolución de los problemas que pueden surgir en obra, alcanzando una calidad en los trabajos del más alto nivel.

Damos nuestro agradecimiento también a la UTE que resultó inicialmente adjudicataria de los trabajos, compuesta por Corsan-Corviam, Arian Construcción y Exbasa, por su buena labor y relación con nosotros, a pesar de que se hubiera tenido que interrumpirse con la rescisión de las obras.