

Ejecución Puente Ferrocarril sobre Río Biobío en Concepción (Chile)

Execution of the new railway bridge over BioBio River in Concepción (Chile)

Hristo Iliev Hristev^a, Silvio Bonatti^b, Rafael Batista Terrones^c, Rafael Guillén Carmona^d,
Cristian Bernal Pérez^e, Luis Morales Manso^f

^a Ingeniero de Civil. SACYR. Jefe de Obra. hiliev@sacyr.com

^b Ingeniero Civil. SACYR. Gerente de Contrato. sbonatti@sacyr.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. SACYR. Jefe de Oficina Técnica de Obra. rbatista@sacyr.com

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. SACYR. Jefe de Estructuras Obra Civil en Central. rguillen@sacyr.com

^e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. SACYR. Estructuras Obra Civil en Central. cbernalp@sacyr.com

^f Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. SACYR. Estructuras Obra Civil en Central. lmoralesm@sacyr.com

RESUMEN

Sacyr está ejecutando el nuevo puente ferroviario sobre el río Biobío en Concepción (Chile). Se trata de un puente de gran longitud, con 1,881 m y 62 vanos que varían entre 30 m y 45 m. El tablero es un cajón mixto apoyado sobre dinteles y pilas-pilote. Debido a la gran longitud del puente, a la compleja dinámica fluvial del río, y lo ajustado del plazo de ejecución, ha sido necesario un diseño y planificación minuciosos del proceso constructivo. Este proceso constructivo se lleva a cabo mediante varios sistemas superpuestos, combinando penínsulas artificiales temporales, montaje con grúas y el uso de un lanza-vigas diseñado específicamente por Sacyr Ingeniería.

ABSTRACT

Sacyr is executing the new railway bridge over Biobio River in Concepción (Chile). It is a considerably long bridge, 1,881 m with 62 spans between 30 m and 45 m. Structure solution consists of a composite deck over pile-bents. Due to the remarkable bridge length, complex river behaviour, and tight deadline, it has been necessary to study neatly the execution process. Eventually execution has been carried out by combining temporary embankments on the river, cranes, and a launching gantry designed on purpose for this project.

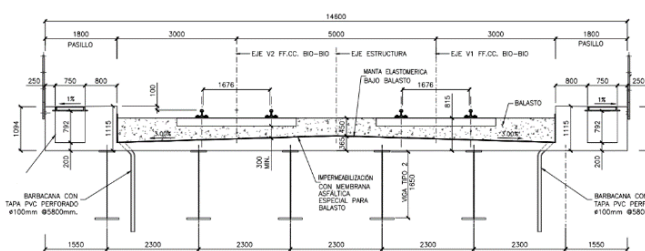
PALABRAS CLAVE: puente, ferrocarril, cajón mixto, lanza-vigas, península artificial, prelosas

KEYWORDS: bridge, railway, composite deck, launching gantry, temporary embankment, precast slabs

1. Introducción

La Empresa de Ferrocarriles del Estado de Chile (EFE) encarga a Sacyr la ejecución del nuevo puente ferroviario sobre el río Biobío en la ciudad de Concepción (Chile). Este nuevo puente sirve para sustituir al actual, que tiene varias patologías y limitaciones de capacidad.

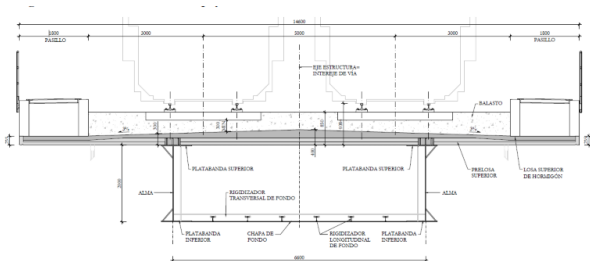
El proyecto original del puente se configura mediante vigas doble T metálicas continuas (figura 1) apoyado sobre cepas con cimentación profunda.



Se analiza el proyecto original para optimizar el diseño estructural y el proceso constructivo, estableciendo las bases de un proyecto modificado que desarrolla en detalle MC2 Estudio de Ingeniería (Grupo Tyspa) [1] y OPH Ingenieros Consultores. Estas ingenierías también participan como asistencia técnica a la obra.



El proyecto finalmente ejecutado cambia la sección del puente a un cajón mixto con losa superior sobre prelosas y doble acción mixta que optimiza sensiblemente la cuantía de acero y agiliza el montaje (figura 2).



2. Descripción general proceso constructivo

Debido a la envergadura del puente, el acotado plazo de ejecución de 3.5 años, y a la compleja dinámica del río Biobío, es necesario estudiar cuidadosamente el proceso constructivo, su planificación y combinar diferentes metodologías de ejecución.

El proceso constructivo finalmente desarrollado combina el uso de penínsulas artificiales sobre el lecho del río para ejecutar las cimentaciones, las cuales se aprovecharon igualmente para el montaje de tablero con grúas en algunas zonas desde dichas penínsulas, y el uso de un lanza-vigas diseñado específicamente para este proyecto (figuras 3 y 4).

3. Penínsulas artificiales para montaje de tablero y cimentaciones

Se han ejecutado penínsulas artificiales sobre el lecho del río para la ejecución de las cimentaciones, pilas-pilote y dinteles, así como para el montaje de tablero mediante grúas en ciertos tramos del puente.

La compleja dinámica fluvial del río Biobío obliga a una planificación muy detallada del uso de las penínsulas para adaptarse al funcionamiento del río. Las etapas en las que se permitía la ejecución de las penínsulas fueron dadas por el cliente (figura 5).

Las plataformas finalmente ejecutadas alcanzaron una anchura de entre 38 y 40 m en coronación, suficiente para ejecutar las cimentaciones, pilas-pilote y dinteles, así como disponer de un pasillo lateral que permita el transporte y maniobras con grúas (figura 6) y la ubicación de los depósitos de lodos.

Los pilotes se materializan desde las penínsulas mediante camisa recuperable en los primeros metros y lodos poliméricos

biodegradables para estabilizar el resto de excavación (figura 7).

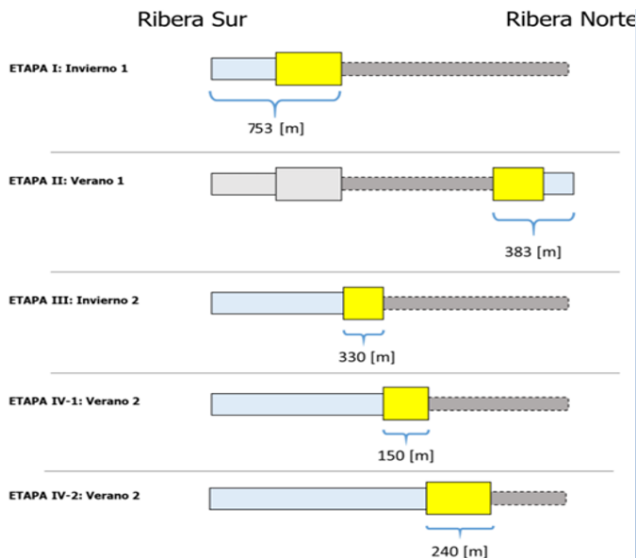


Figura 5. Esquema de manejo de cauce

Las islas se ejecutaron a modo de “espigones”. Uno de ellos es longitudinal y el resto perpendiculares a la plataforma, fuera de la zona de ejecución de pilotes. La zona entre espigones se ejecutó con material más arenoso que hacía factible el hincado de las camisas y ejecución de los pilotes:

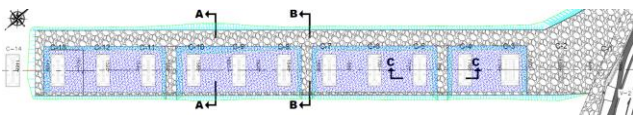


Figura 6. Planta de isla con zonas de espigones y material arenoso

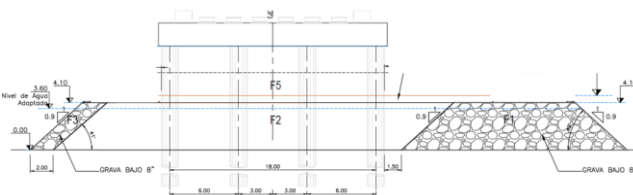


Figura 7. Sección Tipo península artificial

A continuación, se muestra una imagen de ejecución de la Etapa IV, en la que la península sur se aproxima a las Cepas ya ejecutadas en Etapas anteriores. (figura 8)



Figura 8. Ejecución de pilotes-cepas sobre península

4. Lanza-vigas para montaje de tablero

Sacyr desarrolla in-house un lanza-vigas diseñado específicamente para este proyecto con el fin de garantizar la correcta ejecución del tablero del puente optimizando, a su vez, los plazos de ejecución del tablero.

El lanza-vigas consta de dos celosías longitudinales de 90,20 m de longitud que se apoyan en 3 pórticos transversales de 16,10 m entre ejes de apoyo y una Pata Trasera para ayudar al avance del Pórtico Trasero.

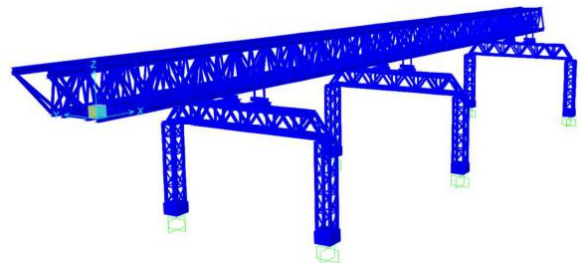


Figura 9. Modelo de cálculo lanza-viga

Para diseñar un lanza-vigas específico para este puente, se analizó en detalle el diseño inicial con la finalidad de intentar no añadir obras auxiliares que supusieran un incremento de coste del puente. Analizando dicho diseño se pudo observar que los dinteles del Puente del diseño original tenían unos plintos laterales en donde se anclan los pilares para la colocación de una estructura ornamental.



Figura 10. Diseño Original de la Estructura Ornamental Puente Ferroviario Biobío

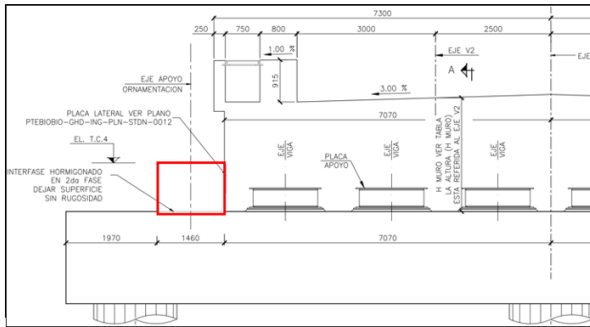


Figura 11. Dintel del Diseño Original, plintos laterales

Se aprovecharon estos plintos laterales, diseñados en origen para anclar la estructura ornamental, para anclar los Pórticos del lanza-vigas. De esta forma se colocaron barras roscadas ancladas en estos plintos para anclar los pórticos del lanza-vigas como única obra auxiliar. Al anclar y apoyar los pórticos del lanza-vigas por el exterior del tablero, permitía la colocación de las prelosas finalmente diseñadas que ocupaban el ancho completo del tablero.



Figura 12. Pórticos anclados en los plintos laterales



Figura 13. Colocación prelosas con el lanza-vigas

El lanza-vigas se diseñó para el montaje de los diferentes tramos de cajón metálico, para la colocación de las prelosas superiores del tablero de ancho 14.60 m, y es autolanzable, lo que se consigue desplazando la propia máquina y los pórticos a las siguientes pilas-cepas.

El peso máximo de cajón a colocar es de 1400 kN, que corresponde con una longitud de cajón de 37.5 m (Cajón Tipo A).

Los cajones metálicos alimentan el lanza-vigas mediante dolies que transportan la estructura sobre el tramo de puente anterior ya ejecutado. Estos dolies transportan el cajón hasta posicionarlo bajo los puentes grúa del lanza-vigas los cuales lo izan para instalarlo en su ubicación definitiva.

Una característica del diseño del lanza-vigas es la de trasladar directamente a siguiente pila el Pórtico Delantero sin ayuda de Pata Delantera. De esta forma se desplazaba el Pórtico Delantero de 25 Tn con las celosías superiores en ménsula con un voladizo hasta una distancia máxima de 39.35 m.

Para mantener la estabilidad del conjunto, mientras se traslada el Pórtico Delantero a la siguiente Cepa, el Puente Grúa Trasero se sujeta al Tablero del Puente aprovechando las conexiones dispuestas en el tablero para la posterior colocación de las barras antisismo.



Figura 14. Avance del Pórtico Delantero

Sobre el tablero se dispone una estructura ornamental diseñada por MC2-TYPSA actualmente en ejecución:



Figura 15. Montaje Estructura Ornamental

5. Ciclos de Ejecución Tablero

El cajón metálico del puente se distribuye en tramos continuos hiperestáticos de 6 vanos de 30 m cada uno. La distribución de longitudes de los cajones metálicos para conformar la estructura de 6 vanos fue de un primer cajón TIPO A de 36.1 m, 4 cajones TIPO B de 30 m y el último cajón TIPO C de 21.7 m.

Para la ejecución de la soldadura de unión entre los cajones metálicos se diseñó expresamente un andamio suspendido del cajón metálico ya colocado. El diseño del anclaje del Andamio al cajón no afectaba a las prelasas colocadas. De igual forma, el andamio, una vez terminada la soldadura y la ejecución de la pintura, se separaba en dos mitades recuperando cada una de ellas por cada lateral del tablero (figuras 16 y 17):



Figura 16. Andamio suspendido para soldadura entre cajones metálicos I



Figura 17. Andamio suspendido para soldadura entre cajones metálicos II

El ciclo de trabajo alcanzado para la completa ejecución de un vano completo con el lanza-vigas ha sido de 5 días para los cajones de 36.1 m, y de 7 días para el resto. La diferencia se debe a la necesidad de realizar la soldadura necesaria entre los cajones metálicos para poder seguir con las actividades del resto del vano.

Ciclos de Trabajo alcanzado:

CICLO Cajón Metálico TIPO A:

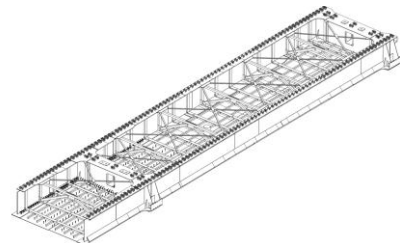


Figura 18. Render cajón tipo A

DIA 1

1. Traslado de viga
2. Montaje de viga tipo A
3. Hormigonado losa inferior

DIA 2

1. Montaje de prelasas
2. Montaje acero en tablero central

DIA 3

1. Hormigonado tablero central

DIA 4

1. 24 h de fraguado tablero
2. Avance del lanza-vigas
3. Preparación de puenteo junta (para permitir el paso del dolly)

4. Armado de andamio colgante de soldadura entre cajones

DIA 5

1. 48 h de fraguado tablero
2. Colocación de andamio colgante de Soldadura entre cajones
3. Colocación de aisladores siguiente cepa

DIA 1: siguiente ciclo

1. 72 h de fraguado tablero central para paso dolly
2. Montaje siguiente cajón metálico

CICLO Cajón Metálico TIPO B y C:

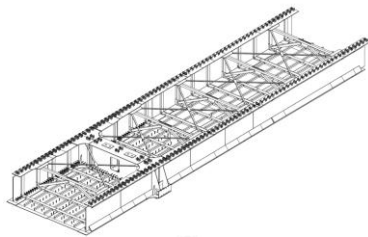


Figura 19. Render cajón tipo B

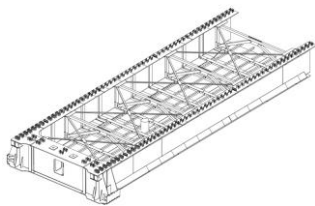


Figura 20. Render cajón tipo C

DIA 1

1. Traslado de viga
2. Montaje de viga tipo B / C
3. Comienzo unión soldada turno de día
4. Comienzo de unión soldada turno de día-noche

DIA 2

1. Unión soldada turno de día
2. Unión soldada turno de noche

DIA 3

1. Unión soldada turno de día
2. Hormigonado losa inferior
3. Liberación puentes grúa
4. Pintura platabanda unión soldada
5. Unión soldada turno de noche

DIA 4

1. Retirada de techado andamio soldadura y equipos soldadura
2. Montaje de prelosas
3. retiro de vigas andamio zona central superior
4. Montaje acero en tablero central
5. Pintura unión soldada

DIA 5

1. Hormigonado tablero central

DIA 6

1. 24 horas de fraguado tablero
2. Desarmado de andamio colgante
3. Avance del lanza-vigas

DIA 7

1. 48 horas de fraguado tablero
2. Armado de andamio colgante (solo para tipo B)
3. Colocación de andamio colgante (solo para tipo B)
4. Colocación de aisladores (siguiente cepa)

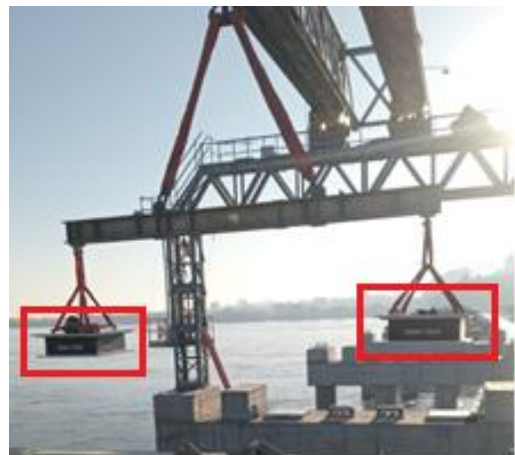


Figura 21. Colocación Aisladores en siguiente Cepa

DIA 1 siguiente ciclo

1. 72 horas de fraguado
2. Montaje siguiente cajón metálico



Figura 22. Voladizo lanza-vigas



Figura 23. Colocación pórtico delantero lanza-vigas



Figura 24. Montaje primer tramo cajón metálico con lanza-vigas

Agradecimientos

Desde Sacyr agradecemos a EFE (Empresa de Ferrocarriles del Estado de Chile) la confianza en Sacyr para desarrollar este proyecto, y a las ingenierías MC2 y OPH por el gran trabajo realizado para materializar este proyecto.

También agradecemos la colaboración y asesoramiento técnico recibidos por parte de la ingeniería IEC de Chile.

Referencias

- [1] M. Rupérez, A. Curbelo, G. Blanco y G. Ladrón de Guevara. Diseño nuevo puente de ferrocarril sobre el río Biobío en ciudad de Concepción, Chile. IX Congreso de ACHE, Granada 2025.