

HITO TECNOLÓGICO

■ Un tablero de 205,5 m de largo y 22,3 m de ancho marca un hito en la construcción vial del país. Por primera vez en Chile se aplica la técnica de voladizos sucesivos en una infraestructura que es parte de las obras de mejoramiento de la Ruta 5 Norte. ■ Tecnología aplicada en base a dovelas unidas con cables postensados, que debió cumplir estrictos estándares medioambientales y de seguridad. Innovación a 35 m de altura, un trabajo de alta precisión.

PUENTE HUASCO, VALLENAR ALTA PRECISIÓN

ALEJANDRO PAVEZ V.
PERIODISTA REVISTA BIT





FOTOS GENTILEZA VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN S.A.

FICHA TÉCNICA

PUENTE HUASCO

UBICACIÓN: Acceso sur Vallenar, Tramo Vallenar-Caldera Ruta 5 Norte

MANDANTE: Ministerio de Obras Públicas

CONCESIONARIA: Sociedad Concesionaria Valles del Desierto S.A.

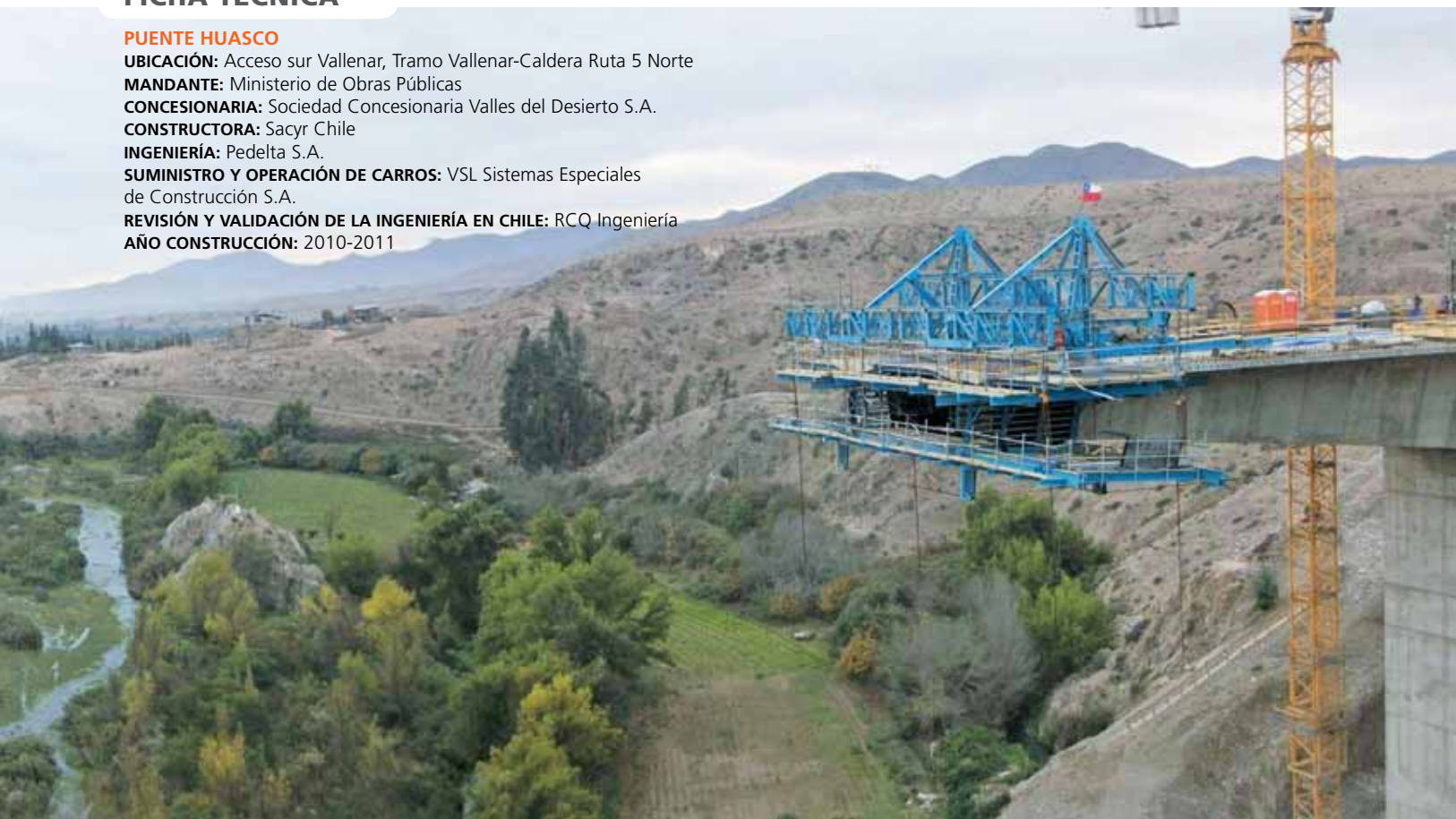
CONSTRUCTORA: Sacyr Chile

INGENIERÍA: Pedelta S.A.

SUMINISTRO Y OPERACIÓN DE CARROS: VSL Sistemas Especiales de Construcción S.A.

REVISIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INGENIERÍA EN CHILE: RCQ Ingeniería

AÑO CONSTRUCCIÓN: 2010-2011



A **L SUR DE LA REGIÓN** de Atacama, en la provincia de Huasco, fluye uno de los ríos más importantes de la zona. Se trata del río Huasco, cuya cuenca, según datos del Observatorio de Cuencas de Atacama, equivale geográficamente al 13% de la superficie regional. Una relevante fuente hídrica que baña a las comunas de Freirina, Huasco, Vallenar y Alto del Carmen, además de otras comunidades rurales que se emplazan en sus cercanías. Un dato que no hay que pasar por alto, pues condicionó las obras que se ejecutaron sobre ella. Claro, y es que para construir el nuevo puente que conectará el tramo Vallenar - Caldera de la Ruta 5 Norte, un requisito trascendental del marco medioambiental, fue no intervenir la ribera del río Huasco. Una limitante para la construcción tradicional, ya que entre otras medidas, restringió el ingreso de camiones, grúas y maquinarias.

El tramo Vallenar-Caldera correspondiente a las obras de la Ruta 5 Norte, contempla un puente carretero de 4 carriles con 205,5 metros de largo y 22,3 metros de ancho, todo a una altura de 35 metros. El proyecto se inserta en una carretera, cuyo largo total supera los 215 km, que fue concesionada por 32 años a la Sociedad Concesionaria Valles del Desierto S.A. y es construida por Sacyr Chile S.A. Un desafío que, por las características del lugar y para evitar la intervención del cauce del río Huasco, contempló la utilización de voladizos sucesivos, una técnica constructiva aplicada por primera vez en Chile. Una obra de innovación, un trabajo de alta precisión.

PREPARACIÓN

Según la información que entrega el Observatorio de Cuencas de Atacama, el río Huasco tiene una extensión de 9.850 km² y se forma en Junta del Carmen, a 90 km de su desembocadura en el mar, por la confluencia



de los ríos Tránsito y Carmen. En la zona de construcción, el río y su cuenca abarcan un ancho de 100 metros que corresponden al tramo de nula intervención. Por tanto, para salvaguardar dicho terreno, las zapatas de fundación que sustentan las pilas o columnas de apoyo del puente, fueron distanciadas de este límite. Así, entre cada pila se alcanzó un tramo de 116 metros, que corresponden a la luz principal del tablero. A este tramo, se agregaron unas luces de 42 m en cada lado, que finalizan en unos estribos que funcionan como contrapeso para evitar que el tablero tienda hacia el centro en el momento de su construcción. Ya ahondaremos en este sistema. Así, en total, el puente alcanza una luz total de 205,5 metros hasta dar con la calzada. Sobre el nivel medio del río, el puente

1. Cuenca del Río Huasco, un terreno fértil que en la zona de la obra abarca 100 metros de ancho. Por razones medioambientales, dicho lugar no pudo ser intervenido por el proyecto.
2. Para fundar la zapatas de las columnas del puente, se realizaron voladuras controladas en roca sana sin intervenir el terreno protegido.

alcanza una altura de 34,8 metros. En la pila uno, entre el puente y el terreno hay una distancia de 23,3 m y en la pila dos es de 26,7 metros. El puente posee una pendiente longitudinal del uno por ciento.

Con el objetivo de fundar las zapatas en roca sana y debido a la cercanía de viviendas, líneas eléctricas, canales y del propio puente

antiguo, fue necesario realizar las excavaciones mediante voladuras controladas con las que igualmente se evitaban las proyecciones de material al cauce del río. Para su construcción, se utilizaron un total de 2.000 m³ entre hormigón estructural y de nivelación, además de 166 toneladas de acero. No fue necesaria la aplicación de pilotes y fueron realizadas a nivel superficial. Sus dimensiones de planta son de 14 m x 18 m, con una altura variable de 2 m a 3,5 m (escarpadas). Sobre las zapatas, se erigieron dos pilas o columnas de hormigón armado, con sección hueca bicelular de 4 x 8 m, ejecutadas in situ. Éstas tienen una altura libre de 27 metros. Para su ejecución se utilizaron 600 m³ de hormigón y 240 toneladas de acero. Se construyeron con encofrado trepante en tramos de 5,4 metros.

Sobre las columnas, se generaron las dovelas sobre pila, con una sección de 11 metros de largo por 22,3 de ancho (correspondientes a la amplitud del tablero). Mediante estas secciones se consigue la unión monolítica entre las pilas y el tablero, clave para soportar los voladizos en fase de construcción. Por



sus dimensiones, fueron ejecutadas in situ en tres fases. Esta sección resultó clave para la construcción del puente. Ante la imposibilidad de acceder a la cuenca del río, para solucionar el problema de la logística, se instaló una grúa torre en el eje de cada pila, para aprovechar su misma fundación. Entre las dos, se cubrió el área completa del tablero.

LA TÉCNICA

El método de voladizos sucesivos corresponde a una técnica empleada para tableros de puentes de hormigón postensado de luces medianas (70 m a 240 m). Su aplicación consiste en la construcción o montaje del tablero, a partir de los apoyos, agregando dovelas

o tramos parciales sucesivos. Cada una de estas dovelas se une a la estructura existente por medio de cables postensados, permitiendo así el avance incremental de forma simétrica a partir de las pilas. La aplicación más usual del método consiste en la construcción de dovelas in situ hormigonadas mediante bombeo de hormigón. Cuando la construcción es simétrica hacia ambos lados de una pila, se habla de doble voladizo. Este es el caso del Puente Huasco y permite minimizar los esfuerzos de la pila en etapa de construcción.

En términos simples, se levanta la pila y se construyen las dovelas sucesivamente hacia cada lado. Cada ciclo comienza con el lanza-

Las dimensiones de planta de cada zapata son de 14 x 18 metros, con una altura variable de 2 a 3,5 m. En total se utilizaron 600 m³ de hormigón y 240 t de acero.



CREANDO SOLUCIONES JUNTO A USTED

POSTENSADOS (Losas, Radieres, Vigas) - MUROS TEM (VSoL) - JUNTAS PARA PUENTES
SEGMENTACIÓN DE FUNDACIONES Y ESTRUCTURAS - PROYECTOS ESPECIALES



LINEA 4 METRO, Chile: Pórtico Lanzador para Dovelas Prefabricadas y postensado transversal y longitudinal.



PUENTE AMOLANAS, Chile: Sistema de Empuje para lanzamiento de Puente.



Carretera de Alta Velocidad Taiwan, China: Lanzamiento de Vigas Capa prefabricadas postensadas de 30 m, 650 Ton.



PUENTE HUASCO, Chile: Ingeniería completa. Solución de Carros de Avance por voladizos sucesivos y Postensado de Tablero.



CIRCUNVALACIÓN BANGKOK, Tailandia: Postensado, izaje dovelas y Cables Anclados.



PUENTE LA UNIDAD, México: Realización Completa de puente Atirantado de 200 m de longitud.



BAY ARENA STADIUM, LEVERKUSEN, Germany: Sistema de Cobertura para estadios con Cables Tensados e Anillos Concéntricos.

VSL, LÍDER EN SOLUCIONES ESPECIALES PARA PUENTES Y OBRAS CIVILES

VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN S.A.
Rosario Norte 532, piso 7, Las Condes, Santiago, Chile - Fono: (56 2) 571 6700 - secretaria@vslchile.cl - WWW.VSLCHILE.CL



Secuencia de construcción de las columnas o pilas que dan soporte al puente. Para su ejecución, se utilizó un sistema de encofrado trepante en tramos de 5,4 metros.

miento del carro de avance hasta la posición de la siguiente dovela. Tras la colocación y nivelación del encofrado inferior, se instalan las armaduras pasivas de la losa inferior y muros. Posteriormente, se coloca y nivela la armadura de la losa superior y voladizos; y las vainas de postensado, procediéndose entonces al hormigonado de la dovela, mediante el uso de una bomba sobre camión y otra estacionaria. Una vez que se alcanza la resistencia, y se ha descimbrado y realizado el postensado transversal y longitudinal de los cables, se vuelve a lanzar el carro hasta la siguiente posición. Se habla de doble voladizo pues la construcción parte desde cada una de las pilas con dos carros de 3,5 metros de longitud máxima que avanzan en forma simétrica.

Debido a que las luces secundarias eran

menores a la mitad de la principal, no era posible mantener la condición simétrica de construcción desde cierto punto en adelante. Por este motivo, y para reducir los consecuentes esfuerzos de flexión en las pilas, se consideró hacer participar a unos estribos como contrapesos. Esta unión se realizó mediante cuatro apoyos tipo POT y seis barras verticales de alta resistencia de 75 mm en cada estribo. Los POT son aparatos de apoyos conformados por una superficie de acero inoxidable (solidaria al tablero), que puede desplazarse sobre una placa de teflón montada en un cojinete de goma (solidaria al estribo). La superficie de contacto teflón-inox tiene un coeficiente de fricción muy bajo, lo que permite al tablero expandirse con el calor del día y retraerse con el frío de la noche,

sin generar esfuerzos considerables en la estructura. Las barras verticales permiten conectar el peso del estribo con el tablero. Estas barras se instalaron con una fuerza de tensado de 220 toneladas, cada una permite asegurar una fuerza de contacto mínima en los apoyos y evitar problemas de fatiga en las barras.

Los estribos se construyeron en paralelo una vez montada la primera dovela del tablero. Para la construcción de los estribos se utilizaron 1.100 m³ de hormigón y 80 toneladas de acero.

EL POSTENSADO

Durante la construcción del tablero se insta-

SEGURIDAD

POR LA COMPLEJIDAD y el riesgo asociado en los trabajos ejecutados durante toda la fase de construcción, se contó con un equipo de prevencionistas destinados a tiempo completo en el puente, los cuales supervisaron todas las actividades, impartieron cursos y concienciaron a los trabajadores. El resultado fue que no hubo ningún accidente grave en toda la fase de ejecución del puente. Dentro de las medidas especiales de seguridad se contaron con plataformas de trabajo en altura seguras, cajas escala en ambas ceapas del puente, con señalización y protección perimetral de todas las áreas de trabajo para evitar posibles caídas. El uso de arnés fue obligatorio.



El carro de avance es una estructura metálica compuesta por cerchas soportadas por un marco principal montados sobre rieles que permiten su traslado. En él se monta el encofrado de la dovela. El avance de cada carro fue de 3,5 m (longitud de la dovela).

laron 150 tendones longitudinales, de 19 y 12 torones de acero de alta resistencia de 0.6" de diámetro. Un total de 116 de estos cables, llamados cables de continuidad, fueron tensados a medida que avanzaba la construcción de los voladizos para asegurar la integridad la estructura frente a cargas de peso propio y de construcción, mientras que

los 34 restantes se tensaron una vez cerrado el tablero para asegurar la integridad del vano central frente a cargas de operación. La resultante de las fuerzas de tensado aplicadas equivale a más de 17 mil toneladas en la sección sobre pila y 8 mil toneladas en la sección transversal del tablero. Cables monotón dispuestos cada 15 cm tensados a 20 t aseguran el comportamiento transversal del tablero.

CARROS DE AVANCE

La técnica de voladizos sucesivos funciona con carros de avance que se montan en la dovela sobre pila, para iniciar la construcción del tablero. Estos carros, de unas 100 toneladas de peso cada uno, fueron traídos desde Taiwán y trasladados en partes por mar y tierra, hasta el lugar de la obra. Una vez ahí, mientras se levantaban las pilas, se montaron las piezas principales del equipo y fueron elevadas por las grúas torres para su montaje final sobre la pila. Este equipo consiste en una estructura metálica compuesta por cerchas soportadas por un marco principal que

BIT 81 NOVIEMBRE 2011 ■ 39



Central Hidroeléctrica Chacaves



PERI Chile Sistema de encofrados, andamios e ingeniería

La solución más versátil, fácil, rápida y siempre más cerca de usted y sus proyectos



Encofrados Andamios
Ingeniería

www.peri.cl



La dovela de cierre se realizó el 1 de agosto, tras 5 meses de trabajo. Esta faena se produjo sin margen de error.



Dovela sobre pila, una estructura necesaria para montar los carros de avance. Una sección de 11 x 22,3 m.

El montaje de las piezas de cada carro se realizó a nivel de suelo y luego se montó en la pila mediante grúa. Una vez arriba, se unieron todas las partes restantes.



va montado sobre rieles, lo que le permite su avance por el tablero. El avance de los rieles, que deben ser anclados y desanclados en la dovela, se realiza a través de un sistema hidráulico. El sistema posee dos encofrados, uno interno y otro externo, que se suspenden de la estructura metálica para darle forma a cada una de las dovelas. Cuenta con una plataforma inferior que permite la operación de los trabajadores. En el sistema de encofrado, se aplica el hormigón para formar la sección del puente, que es variable, según el avance. Cada dovela se ejecutó en una media de cuatro días. Así se logró una viga continua de hormigón postensado ejecutada in situ con 205,5 metros de longitud con luces entre apoyos de 42 m, 116 m y 42 m (vanos descompensados). Con una sección monocelular de 22,33 m de ancho, con canto variable de 6,5 m en apoyos y 2,5 m en el centro. Un tablero con conexión rígida con pilas centrales, y deslizante con estribos. Se utilizaron más de 4.000 m³ de hormigón, 560 toneladas de acero y 170 toneladas de cable postensado.

Este procedimiento permitió la construcción de un puente de luz considerable sin intervenir, temporal o definitivamente, el le-



cho del río bajo el vano central. No se requirieron faenas de montaje pesado, transportes especiales ni despliegue masivo de recursos. La dovela de cierre finalizó el 1 de agosto de este año, cumpliéndose así los objetivos establecidos al inicio del proyecto.

DESAFÍOS

Uno de los temas sensibles del proyecto, fue la modelación estructural, plantean sus desarrolladores. El procedimiento constructivo obliga a modelar la estructura en sus distintas etapas de construcción, las que a su vez, están expuestas a cargas sísmicas eventuales de menor período de retorno (espectros más bajos). En este punto, la estructura basa su desempeño frente a un sismo en su rigidez y robustez. El diseño del puente lo considera como una vía vital de conectividad, capaz de mantenerse en servicio tras el mayor evento sísmico esperado, clasificándose como puente de alta prioridad. Es por ello que se desarrolló un espectro sísmico específico del mismo y se construyó con estándares más altos que los arrojados por el estudio de riesgo sísmico.

Durante la construcción fue necesario emplear un procedimiento especial de control, con levantamientos topográficos tras cada hormigonado y ensayos reológicos como retroalimentación de las contraflechas constructivas. Al tratarse de un traba-

En el sistema de encofrado se aplica el hormigón para formar la sección del puente que es variable según el avance. Cada dovela se ejecutó en un promedio de 4 días.



jo de alta precisión, fue necesario ajustar los replanteos de cada dovela para compensar las diferencias observadas y lograr una buena alineación de los voladizos en el momento de cerrar el tablero, una tarea que se realizó sin errores. Actualmente, el puente se encuentra terminado y listo para habilitar al tráfico. El Puente Huasco, innovación en el oasis de Atacama, una obra de alta precisión. ■

www.gruposyv.com

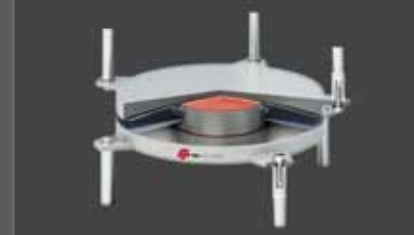
ARTÍCULO RELACIONADO

"Puentes, análisis y reparación". Revista BIT 74. Septiembre-Octubre de 2010. Pág. 18 - 35.

■ EN SÍNTESIS

El puente sobre el río Huasco, un tablero de 205,5 m de largo y 22,33 m de ancho que por primera vez en Chile utiliza la técnica de voladizos sucesivos. Un hito en la construcción vial que veló por la nula intervención en la cuenca del río. Una vía construida a partir de dovelas formadas por dos carros que avanzan en forma simétrica desde las columnas de apoyo. Precisión a 35 metros de altura.

Dispositivos Antisísmicos



**Aisladores
Disipadores
Amortiguadores**

Representante de FIP Industriale,
empresa italiana líder a nivel mundial
en dispositivos antisísmicos.

www.sismica.cl

Teléfono: 370 1077