

ARQUITECTURA



COMPLEJO FRONTERIZO LOS LIBERTADORES

DESAFÍO EN LA MONTAÑA





Retos técnicos en la alta cordillera marcaron la ruta crítica del proyecto. Fraguado de hormigón a -20°C y la utilización de hormigones prefabricados, fueron parte de las faenas que hubo que sortear arriba, en la Cordillera.

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

E

L NUEVO COMPLEJO Fronterizo Los Libertadores es el punto de control y fiscalización de las personas, vehículos y mercancías que ingresan o salen de Chile, hacia o desde Argentina. "Este punto fronterizo es el que atiende el mayor flujo de personas, vehículos y transporte de carga con Argentina, lo que permite conectar a Chile con un mercado potencial de más de 250 millones de habitantes, que componen el Mercado Común del Sur (MERCOSUR)", comentan desde la Dirección General de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

La nueva aduana es un conjunto compuesto por tres edificios nuevos denominados: Edificio de Control y Servicios (CYS), Edificio de Carabineros (CAR) y Edificio de Alojamiento de Funcionarios (ALO). Se sitúa en una meseta a una altura de 2.950 m.s.n.m., a 300 metros al noroeste de la ladera adyacente del antiguo complejo, delimitada por la geometría de la Ruta 60-CH y el río Juncalillo por el norte.



Arriba: La logística de traslado de los prefabricados marcó otra ruta crítica en el proyecto.
Abajo: Las obras de fundaciones comenzaron en febrero de 2017, de tal forma que, llegado el invierno, continuaron las faenas, sumándose los montajes de elementos prefabricados.



DESAFÍOS CLIMÁTICOS

Debido a su ubicación geográfica en plena Cordillera de Los Andes, las condiciones climáticas jugaron un importante rol en la construcción del Complejo. Fraguado de hormigón para las fundaciones a -20°C , utilización de hormigones prefabricados, y la generación de carpas para lograr un microclima adecuado, fueron parte de los desafíos en la alta montaña.

“La ruta crítica para la construcción estaba determinada por las condiciones climáticas de frío, nieve y viento que, de manera relevante, afectan los procesos productivos, tanto en su tiempo de ejecución como en la calidad de estos”, detallan desde el MOP.

Desde el punto de vista de la programación de las obras, la decisión de la Sociedad Concesionaria fue ejecutar la obra sin detener las faenas en el periodo invernal. Esto implicó importantes desafíos técnicos, logísticos y de recursos humanos.

FICHA TÉCNICA

NUEVO COMPLEJO FRONTERIZO LOS LIBERTADORES.

Ubicación: Región de Valparaíso.

Mandante: Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

Adjudicatario: Grupo Licitante "Consortio Complejo Fronterizo Los Libertadores".

Sociedad Concesionaria: Nuevo Complejo Fronterizo Los Libertadores.

Tipo de Contrato: Contrato por Concesión, regido por DS MOP N° 900 del 31 de octubre del 1996.

Inicio de Concesión: 18 de mayo de 2015.

Inicio Etapa Construcción: 18 de mayo de 2015.

Inicio de Construcción: 13 de enero de 2017.

Plazo Máximo de Concesión: 186 meses (18.11.2030).

Plazo Máximo Construcción PSP: 36 meses desde inicio construcción (13 enero 2020).

Presupuesto Oficial: U.F. 1.924.500 < -- > 77,9 MMUS\$ (al 31-mar-2019).



Una de las principales obras en plena Cordillera fue la construcción del Edificio de Control y Servicios, que consistió en una nave principal de 157,5 m de largo, 90,7 m de ancho y 22,8 m de alto.

Las obras de fundaciones comenzaron en febrero de 2017, de tal forma que, llegado el invierno, continuaron las faenas, sumándose los montajes de elementos prefabricados, considerando, claro está, las restricciones que impusieron las extremas condiciones del clima.

Cabe destacar que el fraguado del hormigón tiene dificultades cuando se trabaja en condiciones de temperatura muy baja, por lo que en los tres principales edificios se proyectaron estructuras de hormigón prefabricado. "Si bien es cierto que esto redujo de manera importante el hormigón a instalar in situ, igualmente se debieron ejecutar volúmenes significativos de hormigón en fundaciones, muros de contención en los principales ejes del Edificio de Control, así como el hormigonado de los nudos rígidos de encuentro entre pilares y vigas prefabricadas. También se ejecutaron in situ todas las vigas longitudinales, así como la capa de compresión sobre todas las losas alveolares. Estos hormigones sumaron, en conjunto, alrededor de 16.000 m³", complementan desde la Dirección General de Concesiones.

En el periodo de bajas temperaturas, que abarca más allá del invierno, se debió recurrir a diversas técnicas para hacer frente a estas condiciones, tales como el en-



La nave principal, en sentido longitudinal, se encuentra cubierta por una techumbre estructurada en base a vigas de madera laminada, con un entablado de madera sólida machihembrada de pino radiata, de 32 x160 mm, en toda la cubierta, que actúa como diafragma a nivel de techumbre.

carpado de estructuras y el uso de calefactores en estas, para aumentar la temperatura durante periodos determinados, según el tipo de estructura. En tanto, para el control de esta temperatura en la masa del hormigón, se usaron sensores de madurez.

Respecto de las maquinarias, en una primera etapa el montaje de estructuras debió lidiar con las bajas temperaturas que afectaban el encendido de las máquinas y equipos. Esto provocaba la pérdida de horas de montaje en el inicio de la jornada, hasta que lograban arrancar. "Por esta razón se programó avanzar rápidamente con pilares y vigas en un sector del Edificio de Control, entre los ejes D, E y F, para luego realizar el montaje de las losas alveolares. Con esto se logró disponer de una amplia zona para resguardar maquinarias, equipos y algunos materiales como el grouting, necesario para la fijación de los pilares a los cálices", apuntan desde el MOP.

PREFABRICADOS EN LAS ALTURAS

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas antes descritas, una de las principales obras en plena Cordillera fue la construcción del Edificio de Control y Servicios, que consistió en una nave principal de 157,5 m de largo, 90,7 m de ancho y 22,8 m de alto.





Para atenuar los efectos de la dilatación/contracción térmica, se consideraron juntas de dilatación en el sentido longitudinal del edificio, esto es, una junta que divide al edificio completo en 2 cuerpos, la cual se ejecuta en el eje 12.

El sistema sismoresistente de la nave principal en sentido transversal, consistió en marcos rígidos formados por columnas y vigas de hormigón armado prefabricado (estas últimas pretensadas), con el fin de permitir el libre tránsito de vehículos a través de ellos. En sentido longitudinal, consiste en marcos rígidos formados por columnas (prefabricadas) y vigas de hormigón armado ejecutadas in situ.

La nave principal, entre los ejes A-F, en sentido transversal y entre los ejes 1-12 y 12-22, en sentido longitudinal, se encuentra cubierta por una techumbre estructurada en base a vigas de madera laminada, con un entablado de madera sólida machihembrada de pino radiata, de 32x160 mm, en toda la cubierta, que actúa como diafragma a nivel de techumbre. Las cargas verticales no son tomadas por ese entablado, ya que descargan directamente sobre las costaneras dispuestas para tal efecto.

Las vigas de madera se soportan en sus extremos sobre columnas de hormigón, mientras que interiormente son soportadas en la estructura principal de la nave, por medio de perfiles metálicos tubulares.

"Las losas de los distintos niveles de la nave principal, corresponden a losas alveolares de hormigón prefabricado (pretensadas). Sobre ellas, se materializa una losa sólida de hormigón armado denominada 'capa de compresión', la cual aporta rigidez y resistencia de las losas alveolares y de las vigas soportantes (sección compuesta)", indican desde el MOP.

Por otra parte, esta capa de compresión cumple la función de diafragma capaz de transmitir los esfuerzos horizontales a los sistemas sismoresistentes verticales. La acción conjunta entre las losas alveolares y la capa de compresión se logra a través de rugosidad en la superficie de contacto, mientras que la acción conjunta entre las vigas principales y la capa de compresión se logra a través de horquillas embebidas en la cara superior de las vigas.

Las cargas de nieve se determinaron de acuerdo a NCh431-2010. Se consideró una carga básica de nieve $p_g = 1,349$ [kgf/m²] para la zona en que está ubicado el Complejo.



TÚNELES CRISTO REDENTOR Y CARACOLES

EL PASO FRONTERIZO CRISTO REDENTOR

constituye la conexión con mayor tránsito entre Argentina y Chile. Una parte fundamental de este enlace es el túnel internacional Cristo Redentor (3,08 kilómetros), operativo desde mayo de 1980.

Como parte de las políticas de integración entre Chile y Argentina, y atendiendo al flujo creciente del paso fronterizo, ambos países han visto la necesidad de concretar una mejora integral de dicho paso, lo que permitirá aumentar en gran medida su capacidad y condiciones de seguridad.

Lo anterior implica mejorar la conectividad, lo que considera el diseño de las obras de ampliación del antiguo túnel ferroviario Caracoles, la construcción de galerías de interconexión con el túnel Cristo Redentor, el mejoramiento del túnel Cristo Redentor, y la unificación de la operatividad del sistema de túneles en base a un estándar moderno, seguro y que esté conforme a la normativa internacional.

EL TÚNEL CARACOLES, inaugurado en 1910, tiene una extensión de 3,14 kilómetros de los cuales 1,46 corresponden al lado chileno y 1,68 al lado argentino. Corresponde a la línea del Ferrocarril Transandino, que unía Los Andes (Chile) y Mendoza (Argentina), y su construcción fue motivada por el alto flujo comercial entre ambos países.

Ubicado al sur del túnel Cristo Redentor, tiene actualmente una pista de tránsito que se habilita para el paso de vehículos livianos en caso de obstrucción o problemas en el túnel principal (Cristo Redentor). Por su parte, el túnel Cristo Redentor consta de dos vías y opera con tránsito bidireccional.

Los dos túneles tienen trazados sensiblemente paralelos y la distancia entre ambos varía entre unos 95 metros en el lado chileno y unos 325 metros en el lado argentino.

En una primera etapa se prevé realizar la ampliación de la sección del actual túnel Caracoles y la construcción de las galerías de interconexión entre dicho corredor y el túnel Cristo Redentor.

Al cierre de esta edición el gobierno argentino se encontraba en el proceso de análisis de las ofertas para la construcción. En el caso de Chile, la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas iniciará durante el segundo semestre de este año el proceso de licitación de las obras, por lo que se estima las obras de ampliación de la sección del actual túnel Caracoles y la construcción de las galerías de interconexión con el túnel Cristo Redentor comenzará en 2021.

Las cargas de sismo se determinaron de acuerdo a lo dispuesto en NCh433Of.1996 Mod.2009 y las disposiciones del DS-61. El peso sísmico considera el 100% de las cargas permanentes, más el 25% de la sobrecarga de uso normal, el 50% de la sobrecarga de uso en bodegas, y el 35% de la sobrecarga de nieve.

EDIFICIO DE ALOJAMIENTO

Para el edificio de los funcionarios, los elementos en hormigón armado, las fundaciones, las uniones rígidas viga-pilar (cuando aplica) y la capa de compresión sobre las placas alveolares se construyeron y hormigonaron in-situ. El resto de las piezas, tanto de hormigón armado como aquellas de hormigón pretensado, fueron prefabricadas en planta (pilares, machones en L, machones en T, vigas portantes, placas alveolares).

Para la estructuración del Edificio de Alojamiento se consideraron 4 juntas de dilatación, entre los ejes 4-5, 10-11, 17-18 y 23-24, lo que conduce a analizar 5 subestructuras.

Estas subestructuras constan de 1 o más niveles de losa de hormigón prefabricado, con muros y pilares empotrados en la base.

En el último nivel no se proyecta losa de hormigón. Sin embargo, se dispuso la existencia de marcos rígidos en dirección X-Y. Estos se materializan a partir de los pilares, donde el prefabricado remata a nivel de techumbre, específicamente en fondo de viga, la cual también se proyectó como elemento prefabricado. La conexión rígida se logra al generar una unión monolítica entre ambos elementos al hormigonar los nudos in situ.





Para el edificio de alojamiento, el sistema de fundaciones se estructuró sobre la base de zapatas de hormigón armado in situ, apoyadas sobre suelo natural (Estrato U3, roca). Los pilares y muros prefabricados de hormigón armado se empotran en su unión con las fundaciones. Esta unión se proyectó in situ.



El envigado de coronamiento cumple, además, la función de conectar la techumbre metálica con el resto del edificio. La unión entre la estructura metálica de techo y las vigas de hormigón se realizó mediante insertos que fueron colocados en obra, previo al hormigonado in situ, según coordinación en planos.

Las vigas portantes se consideran prefabricadas y rotuladas en la unión con muros y pilares, excepto en el último nivel. Sobre las vigas portantes se apoyan las placas alveolares, las cuales cuentan con una capa de compresión de hormigón de 5 cm de espesor. El conjunto viga portante-placa alveolar-capas de compresión queda fijo mediante unión monolítica (húmeda) proporcionado por el hormigonado in situ.

El sistema de fundaciones se estructuró sobre la base de zapatas de hormigón armado in situ, apoyadas sobre suelo natural (Estrato U3, roca) y amarradas entre sí mediante vigas de fundación con capacidad de redistribuir esfuerzos a nivel basal. Los pilares y muros prefabricados de hormigón armado se empotran en su unión con las fundaciones. Esta unión se proyectó in situ.

En relación con el montaje de estructuras prefabricadas, este se realizó en conjunto para los Edificios de Control y de Alojamiento. Las jornadas de trabajo con condiciones climáticas normales comenzaban a las 08:00 horas y se extendían hasta las 20:00 horas o más, para cumplir con programas específicos. Lo anterior, sufría variaciones desde menores hasta muy relevantes, según los episodios de viento y nieve, pudiendo detenerse las faenas por horas o días. Se utilizaron diversos equipos para el montaje, siendo las principales las grúas móviles de 60, 90 y 240 toneladas, grúas horquillas de 5 a 14 toneladas y alza hombres. ■