

Lorenzo, Andrés
Aprovechamiento hidroeléctrico Los Caracoles / Andrés Lorenzo y Ana Sartori. - 1a ed.
- Capital Federal : Techint Ingeniería y Construcción; Buenos Aires : Panedile Argentina, 2010.
84 p. : il. ; 26x26 cm.

ISBN 978-987-22515-1-2

1. Recursos Hídricos. I. Sartori, Ana II. Título
CDD 333.91

Fecha de catalogación: 11/11/2010



Aprovechamiento Hidroeléctrico
LOS CARACOLES



La historia de Techint Ingeniería y Construcción en Argentina comienza en 1946, como parte del sueño de Agustín Rocca de construir proyectos duraderos y productivos, y agregar valor a un país en pleno desarrollo.

Con la construcción del Gasoducto del Sur en 1947, que a través de sus 1.800 kilómetros unió Buenos Aires y Comodoro Rivadavia, quedó inaugurada una serie interminable de proyectos en la Argentina que incluye refinerías, ductos, puentes, líneas de alta tensión y otros, y que ya supera los 800 emprendimientos a lo largo de más de 60 años.

La metodología, el profesionalismo y el compromiso con que realizamos nuestros trabajos son rasgos que dieron a Techint Ingeniería y Construcción una identidad propia.

Nuestros recursos humanos son el capital más importante de la compañía, acompañan día a día nuestro crecimiento como empresa y prueban nuestra capacidad de afrontar los desafíos técnicos, científicos y logísticos. Ellos constituyen la ventaja competitiva en la realización de nuestros proyectos.

Los más de 2.800 trabajadores que colaboraron en Los Caracoles son parte fundamental en la creación, el desarrollo y la transmisión del conocimiento, el cual nos permite continuar nuestro camino. Este proyecto, de tanta relevancia para la provincia de San Juan, en la República Argentina, sumará 715 Giga Watts hora a la red nacional y permitirá asegurar el suministro de agua para la región.

Con Los Caracoles, Techint Ingeniería y Construcción renueva su compromiso con el crecimiento de San Juan y de la Argentina, y reafirma su pasión por lo que hace.

Carlos Bacher
Vicepresidente Ejecutivo de Techint Ingeniería y Construcción



Panedile Argentina SA fue fundada en 1947 como SRL por el empresario italiano Armando Simoncini y, en 1949, se constituyó como sociedad anónima con la incorporación del grupo Montecattini Edison.

Ese año se adjudicó la primera obra en la provincia de San Juan: la canalización en Albardón. Luego se ejecutaron los canales de Jachal, Angaco, Zonda, Sarmiento y otros.

Desde entonces, Panedile trabaja en San Juan construyendo rutas, canales, plantas de tratamiento de efluentes y diques.

El rol de los que estuvieron presentes en el nacimiento de la empresa se ha transmitido a sus hijos, que hoy se desempeñan en Panedile. El capo cantiere (jefe de obra) Amedeo Conti llegó de Italia a mediados del siglo XX y trabajó para Panedile en todo el país. Casi 50 años después, su hija Marcela volvió a San Juan para firmar los contratos de Los Caracoles y de Punta Negra, como Vicepresidente de Panedile.

En 1971, la empresa fue vendida al gobierno italiano y, durante 25 años, tuvo al Instituto per la Reconstruzione Industriale (IRI) como accionista. Desde 1996 es propiedad de la familia Dragonetti. Que muchos aún la identifiquen como una empresa italiana enorgullece a los actuales accionistas y empleados, ya que representar la vigencia de los valores de sus fundadores es un gran honor.

Panedile es la empresa que más diques y centrales hidroeléctricas construyó en el país: Río Grande, Futaleufú, Agua del Toro, General Belgrano-Cabra Corral, Río Hondo, Quebrada de Ullum, Ullum I y II, Los Nogales, Figueroa: y Los Caracoles.

Hugo Dragonetti
Presidente de Panedile Argentina

10



SAN JUAN,
TIERRA CORDILLERANA

12



UN PROYECTO
PARA LA ENERGÍA Y EL RIEGO

16



Capítulo 01
PRESA DE EMBALSE

26



Capítulo 02
ALIVIADERO

38



Capítulo 03
CONDUCCIÓN HIDROELÉCTRICA

48



Capítulo 04
CENTRAL HIDROELÉCTRICA

62



Capítulo 05
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN

68



LOS PROTAGONISTAS

SAN JUAN, TIERRA CORDILLERANA

La provincia de San Juan se ubica en una región semidesértica en el sector occidental del territorio argentino. De su irregular relieve emergen montañas que la recorren, desde la cordillera de los Andes hasta las sierras pampeanas. También presenta valles que cobijan a los ríos de la región, y casi el 80% de su superficie está ocupada por cerros de gran altura.

La principal actividad económica se desarrolla en el oasis cordillerano del Valle de Tulum, que recibe el agua del río San Juan. Este significativo aporte hídrico nace en la cordillera de Los Andes y atraviesa extensos caminos que serpentean entre montañas. De esta manera, transporta sus cuantiosos caudales, que son el resultado de la fusión de las nieves caídas en la cuenca superior.

El río San Juan es el motor que impulsa la economía de la provincia, cuya principal producción agrícola está vinculada a las industrias vitivinícola y olivícola, entre otras.

Históricamente, la provincia de San Juan ha realizado grandes esfuerzos para asegurar el suministro de agua, ya que su clima seco y de escasas precipitaciones exige la optimización de los recursos hídricos.

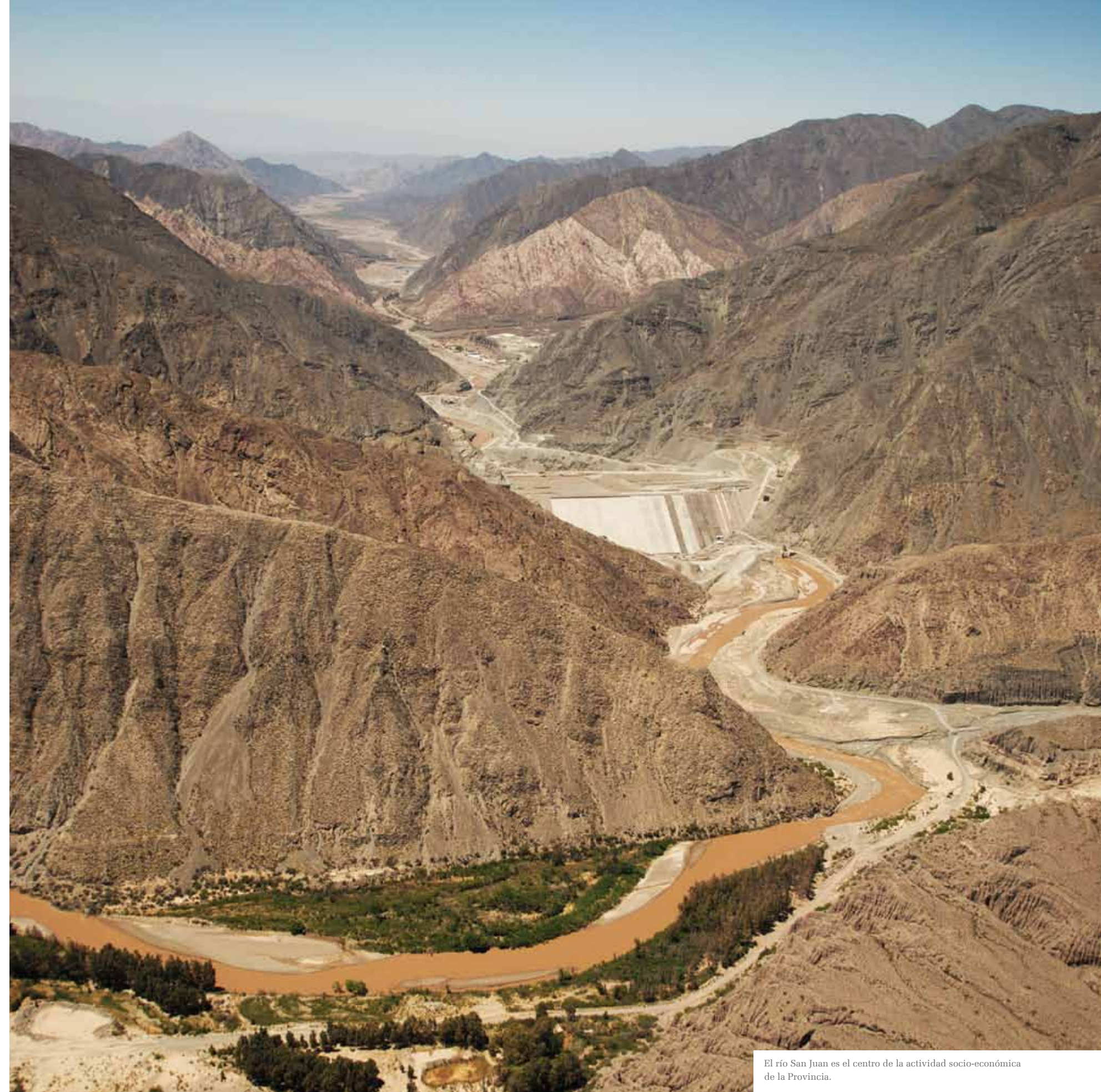
Por este motivo, la sistematización del río, para regular sus caprichosos caudales, siempre ha resultado un aspecto fundamental para el desarrollo local.

En este sentido, el Aprovechamiento Hidroeléctrico Los Caracoles fue diseñado para asegurar y ampliar

la capacidad de riego en la región –favoreciendo la superficie bajo cultivo–, así como para contribuir a la expansión del sector energético.

Su producción de energía anual alcanza los 715 Giga Watts hora. Asimismo, permite ampliar la reserva de agua para riego de 17.000 hectáreas. En forma complementaria, mejorará el control de las crecidas del río y, en lo turístico, aportará un nuevo espejo de agua a la provincia.

En el pasado, se alternaron períodos de sequía con desbordes por exceso de agua. Con esos antecedentes, una administración racional de este recurso será sumamente productiva.



UN PROYECTO PARA LA ENERGÍA Y EL RIEGO

Los Caracoles posee una presa de materiales sueltos con cara de hormigón y un volumen de 10.350.000 metros cúbicos de rellenos compactados, que forma un embalse de 565 hectómetros cúbicos de capacidad y 1.290 hectáreas de superficie. La presa tiene 136 metros de altura sobre el lecho del río y 620 metros de longitud de coronamiento.

En su interior, la presa cuenta con instrumentos de auscultación que suministran información del comportamiento de la misma a lo largo de toda su vida útil.

El aliviadero de crecidas está diseñado para un caudal máximo de 3.200 metros cúbicos por segundo. Se encuentra en la margen izquierda de la presa y consta de una obra de embocadura donde se ubican dos

compuertas radiales de 9,5 metros x 17,8 metros. Siguen dos túneles de 330 metros de longitud, con un tramo inicial en forma de cuello de cisne de 60° de inclinación, luego un tramo recto con pendiente del 10% y, finalmente, la desembocadura, que tiene un salto de esquí seguido de un cuenco disipador.

La casa de máquinas es una estructura de hormigón armado de 30 metros de altura, que en su interior posee un puente grúa de 110 toneladas de capacidad, utilizado para el montaje de las turbinas y los generadores. Actualmente, es usado para la operación y el mantenimiento.

La galería de aducción es un túnel de 1.526 metros de longitud. En su inicio en el embalse, cuenta con una obra de toma en hormigón armado

de 14 metros de altura y provista de rejas metálicas y un pozo donde se alojan las compuertas de operación y mantenimiento. En su parte final, la galería tiene una chimenea de equilibrio de 80 metros de altura, totalmente excavada en roca y revestida en hormigón armado.

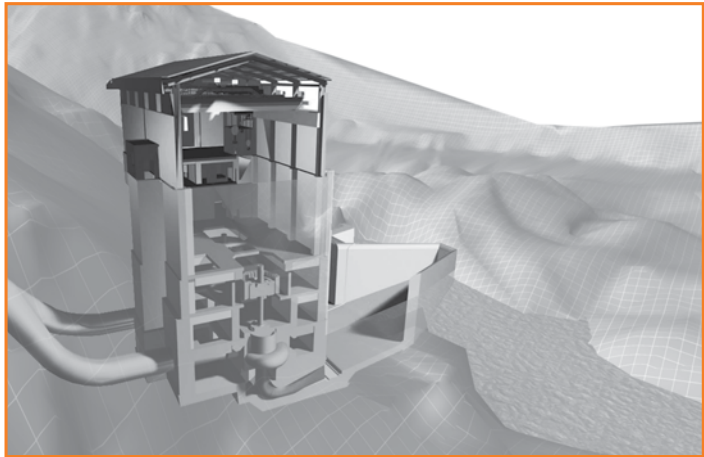
El agua del embalse llega a la central hidroeléctrica, descendiendo los últimos 100 metros a través de una tubería forzada que se inicia con 5,50 metros de diámetro, luego se reduce a 4,30 y, finalmente, se bifurca para llegar a cada turbina, con ramales de 3 metros de diámetro.

La energía producida por la central hidroeléctrica es transportada hasta la ciudad de San Juan mediante una línea de alta tensión de 132 kilovolts y de 47,9 kilómetros de longitud.



EL PROYECTO POR DENTRO

CASA DE MÁQUINAS



CHIMENEA DE EQUILIBRIO

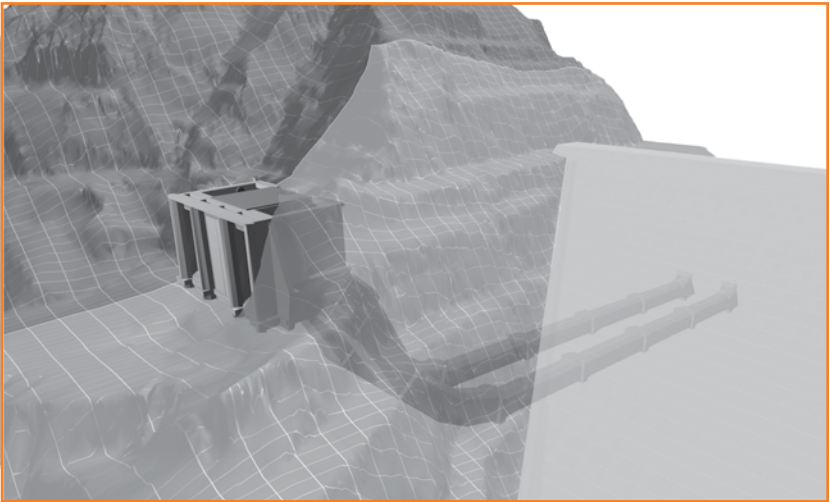
GALERÍA DE ADUCCIÓN

POZO DE COMPUERTAS

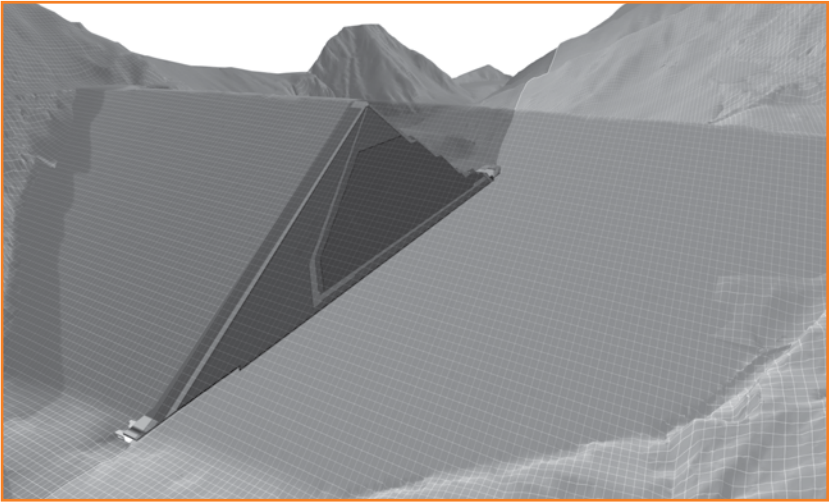
EMBALSE

BOCATOMA

ALIVIADERO



PRESA



DESCARGADOR DE FONDO

BOCA DE SALIDA

TUBERÍA DE PRESIÓN



El proyecto se localiza sobre el río San Juan en la provincia del mismo nombre.



Capítulo 01

PRESA DE EMBALSE

Con una altura de 136 metros sobre su fundación y una longitud de coronamiento de 620 metros, la presa de Los Caracoles es el corazón del complejo hidroeléctrico. Consiste en un gran terraplén revestido en su talud aguas arriba por una cara de hormigón armado.

PRESA

El embalse se forma como consecuencia de la construcción de la presa que cierra el valle. La presa de Los Caracoles es del tipo CFRD (*Concrete Face Rockfill Dam*), un terraplén con taludes tendidos para proveer estabilidad, con una cara de hormigón, localizada en su paramento aguas arriba, para impedir el paso del agua.

La presa está compuesta de roca, grava y suelo compactado, dispuestos en diferentes zonas para brindar estabilidad y seguridad ante eventuales filtraciones. El volumen de rellenos compactados de la presa asciende a 10.350.000 metros cúbicos, mientras que en la cara aguas arriba posee 65.000 metros cúbicos de hormigón.

Los taludes de la presa tienen pendientes de 35° y en la base de apoyo sobre el cauce del río, el ancho supera los 470 metros. La pantalla de hormigón es un muro vertical que impide las filtraciones del embalse por debajo de la presa. Fue colado en una excavación que alcanza la roca madre, a una profundidad de 45 metros.

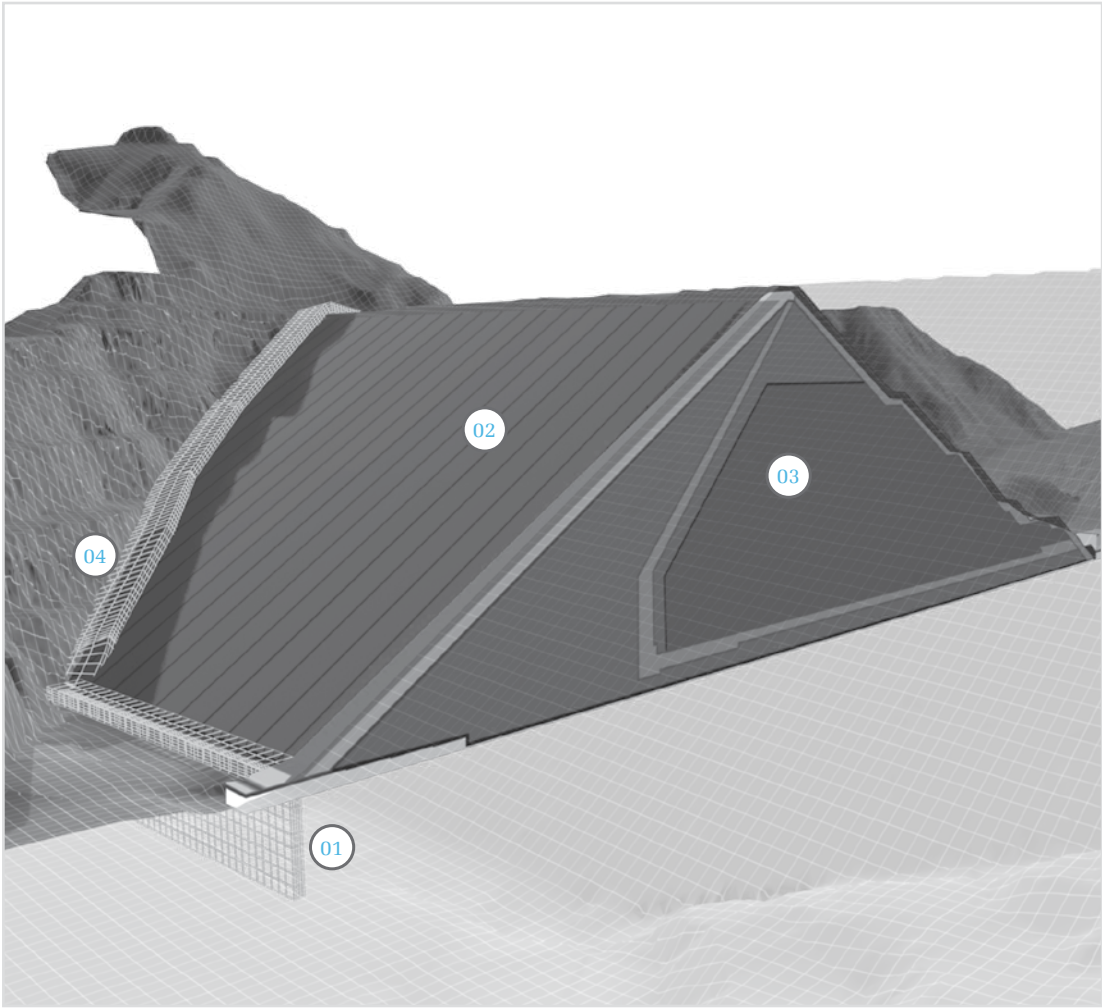
- REFERENCIA
- 01 Pantalla de hormigón
 - 02 Cara de hormigón
 - 03 Relleno de rocas y gravas
 - 04 Plinto flotante

DESCARGADOR DE FONDO

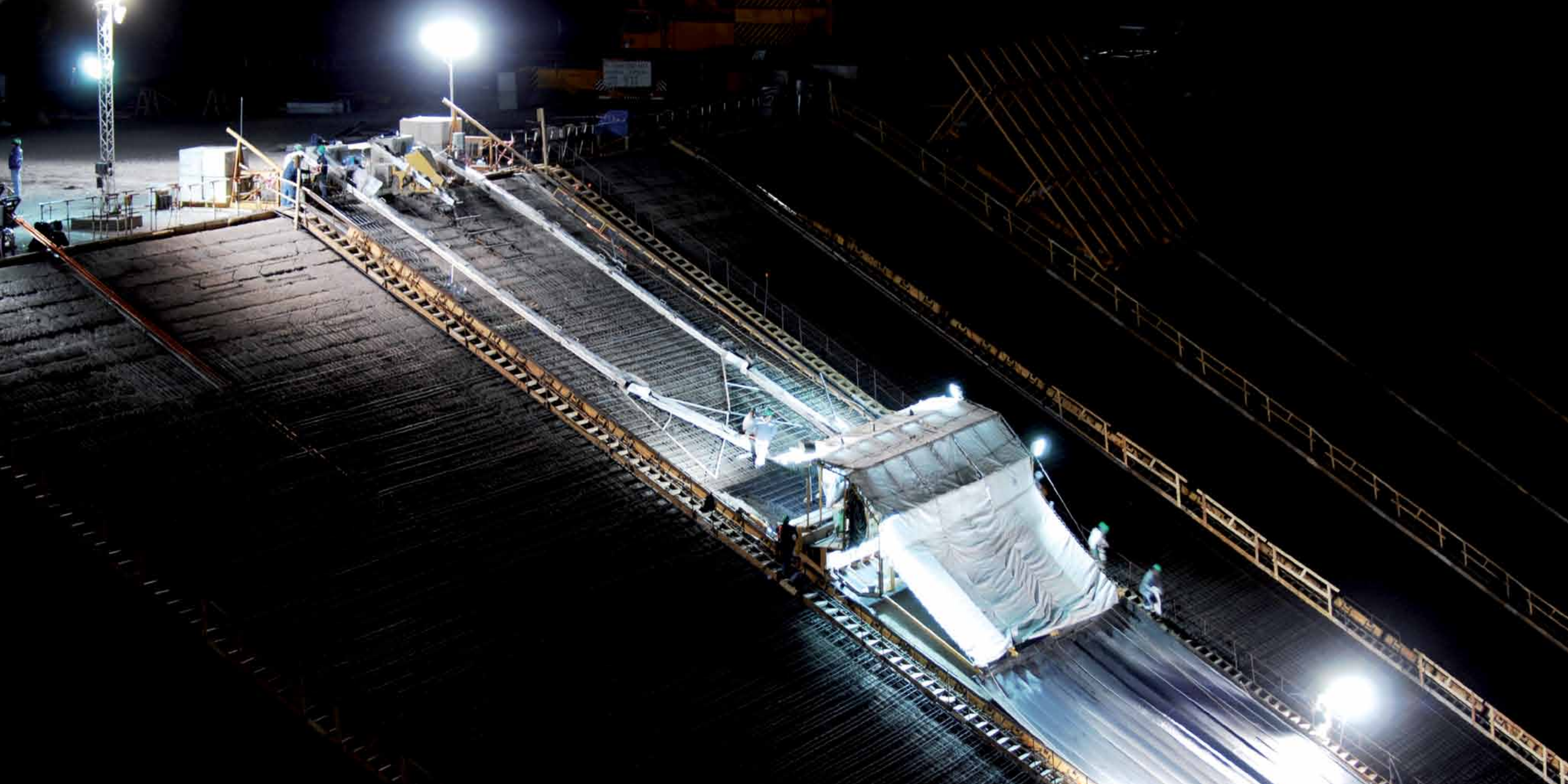
Durante la construcción de la presa, el río fue desviado por un túnel de 675 metros de longitud, excavado en la ladera derecha. En un sector del recorrido, en el cual el flujo se divide en dos, se instalaron cuatro compuertas para cerrar el paso del agua y permitir el llenado del embalse.

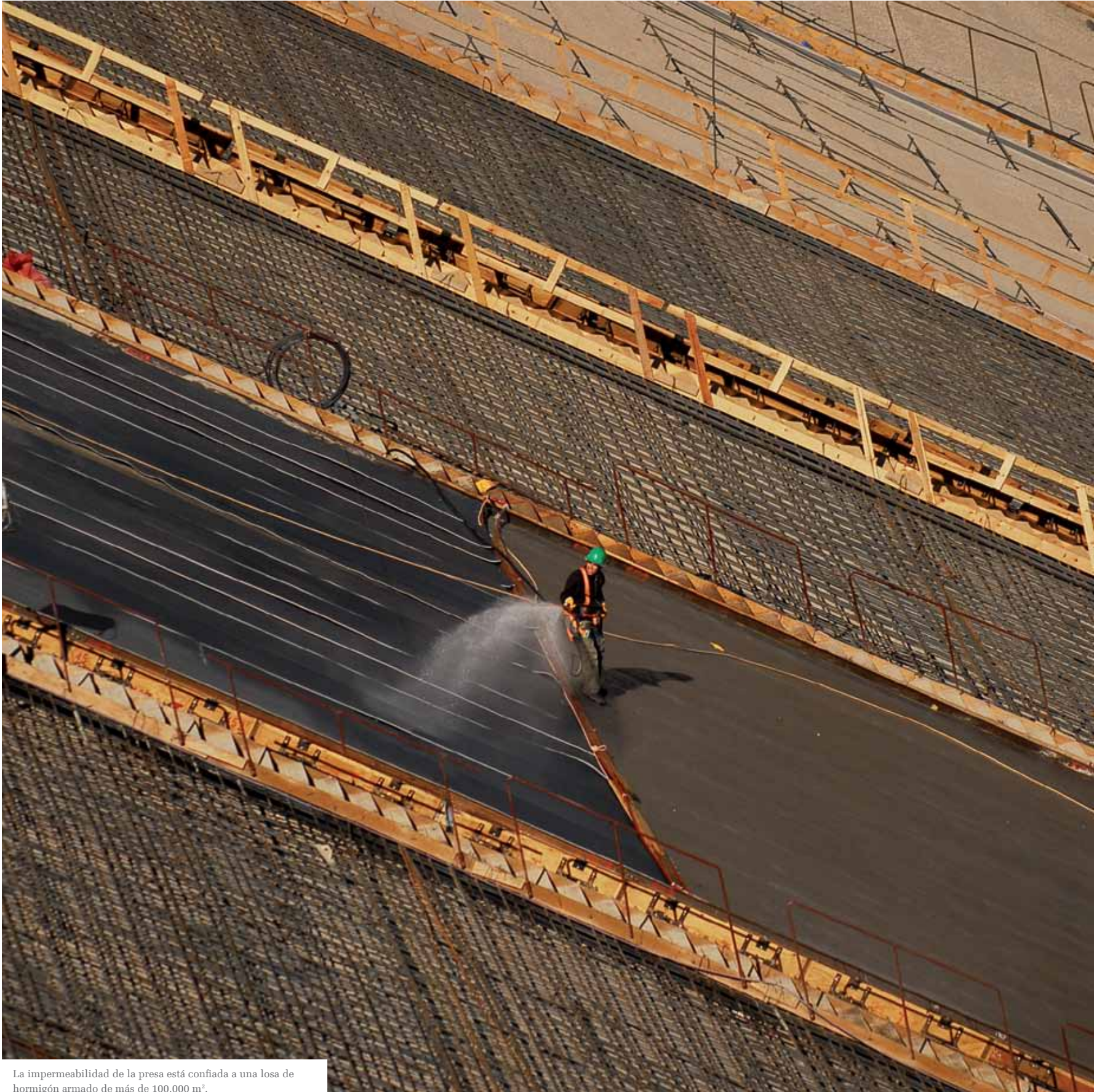
EMBALSE

El embalse se genera elevando el nivel del río, gracias a la contención de la presa. La diferencia de nivel resultante con respecto al cauce se transforma luego en energía eléctrica. Al mismo tiempo, conforma una reserva de agua que permite regular el caudal del río y optimizar su uso para riego y consumo. Tiene una superficie de 1.290 hectáreas, una profundidad de 125 metros y un volumen de 565 millones de metros cúbicos.



El embalse es un lago artificial de 1.290 Ha y más de 130 m de profundidad, emplazado en una zona de alto riesgo sísmico.





La impermeabilidad de la presa está confiada a una losa de hormigón armado de más de 100.000 m².



La presa demandó más de 10 millones de m³ de material, proveniente de excavaciones de las montañas y del lecho del río.





Capítulo 02

ALIVIADERO

En la margen izquierda del río, se ubica el aliviadero, que fue el principal desafío de la etapa de construcción. Su función es evacuar los excedentes de caudal durante crecidas extraordinarias. Una obra de toma regulada por compuertas radiales conduce el agua hacia dos túneles de gran tamaño, capaces de erogar 3.200 metros cúbicos por segundo.

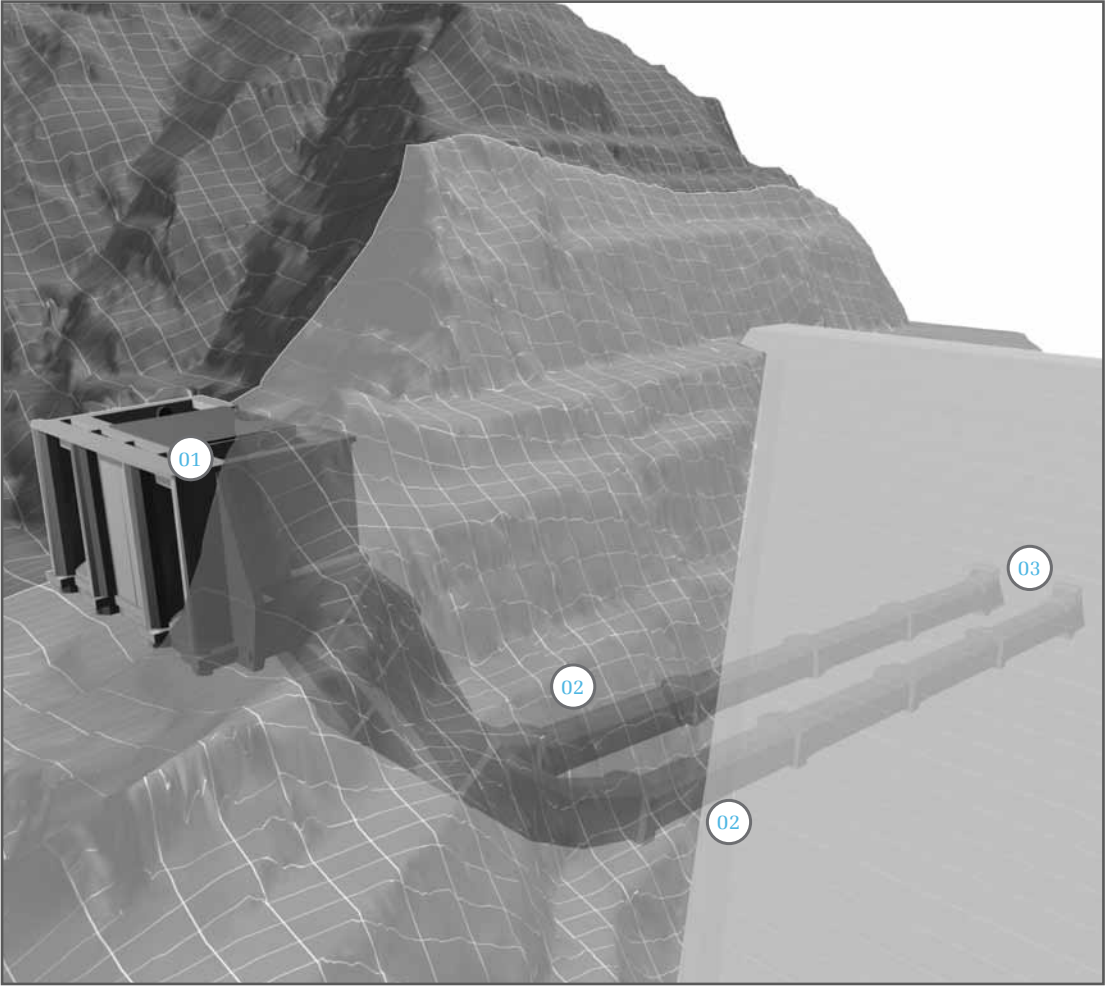
ALIVIADERO

El aliviadero evacúa las crecidas cuando el embalse se aproxima a su nivel máximo y los caudales superan los que puede erogar la casa de máquinas.

Está compuesto por dos túneles gemelos excavados en la roca y revestidos de hormigón armado, que tienen 330 metros de longitud, 9,5 metros de ancho y una altura variable entre 9 y 16 metros. Sus líneas se asemejan a cuellos de cisne con una pendiente de más de 60°, continúan con tramos rectos de 10% de pendiente, que rematan con saltos de esquí bajo los cuales se ubica un cuenco amortiguador.

La embocadura del aliviadero es una estructura de hormigón de 30 metros de altura que encauza el agua hacia los túneles. Para controlar el caudal, cuenta con dos compuertas radiales de acero, que miden 9,5 metros de ancho por 17,8 de altura y pesan 180 toneladas.

La ejecución de las obras de embocadura y desembocadura de los túneles demandó grandes excavaciones a cielo abierto en las laderas de la montaña. En total, se removieron más de 2,2 millones de metros cúbicos de materiales rocosos.



- REFERENCIA
- 01 Obra de control
 - 02 Túneles
 - 03 Saltos de esquí



La colocación de armaduras demandó plataformas especiales que debieron adaptarse a cada sector del túnel.



Las excavaciones para el aliviadero se ejecutaron mediante perforación de barrenos y voladura con explosivos.



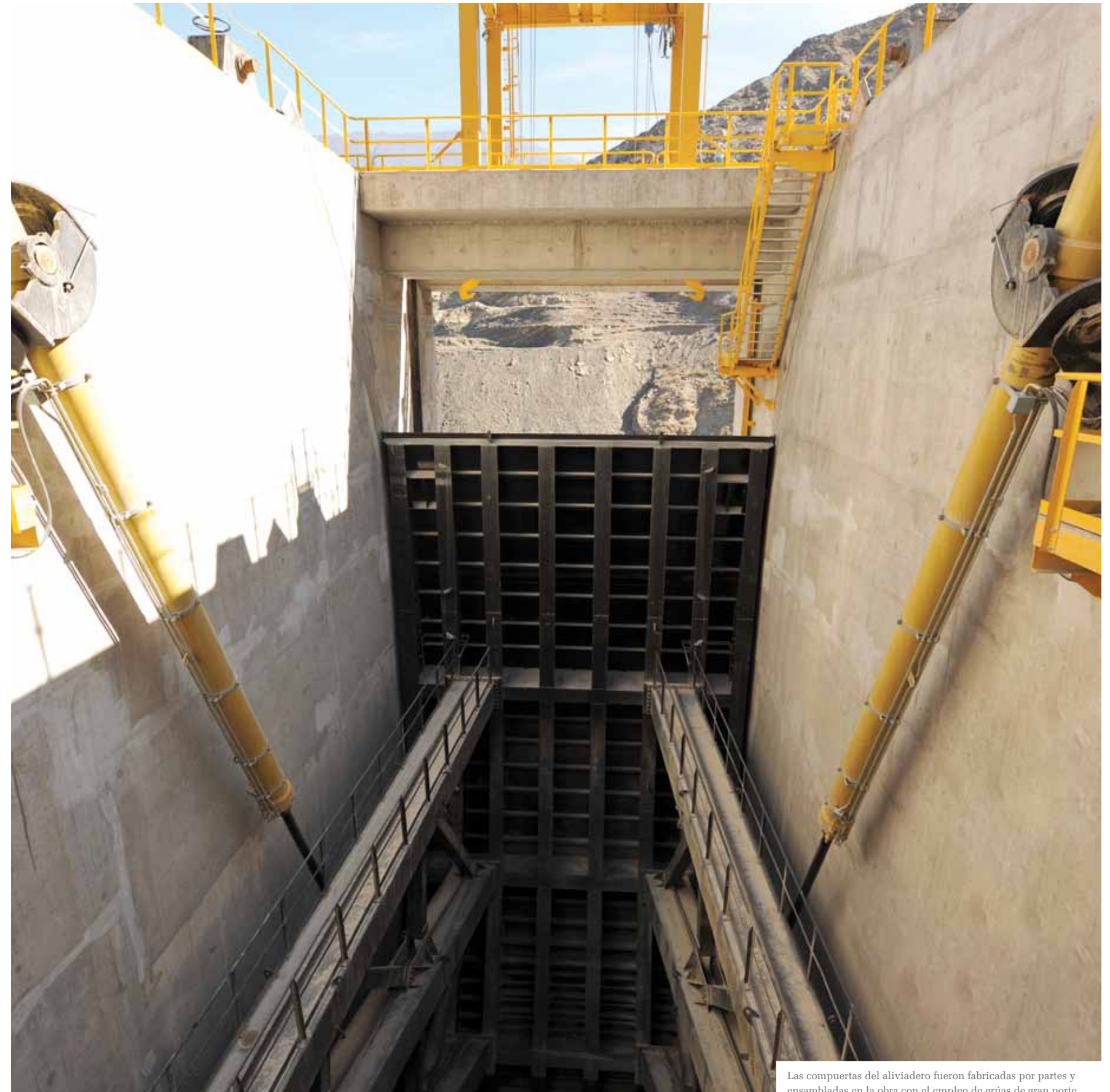
Durante el ensanche del cuello de los túneles, el material volado se volcaba hacia abajo a través del pozo piloto.







La embocadura del aliviadero es una estructura de 30 m de altura, que requirió la colocación de 15.000 m³ de hormigón.



Las compuertas del aliviadero fueron fabricadas por partes y ensambladas en la obra con el empleo de grúas de gran porte.

Capítulo 03

CONDUCCIÓN HIDROELÉCTRICA

El sistema de conducción hidroeléctrica se ubica sobre la margen derecha del río. Toma el agua del embalse y la transporta hasta la central a través de un túnel de 1.526 metros de longitud excavado en la roca. En su tramo final, desciende 100 metros a lo largo de una tubería de acero anclada en la ladera de la montaña.



CONDUCCIÓN HIDROELÉCTRICA

La finalidad de la conducción hidroeléctrica es transportar el agua desde el embalse hasta la casa de máquinas para generar energía eléctrica. Está compuesto por: una bocatoma sumergida en el embalse, que captura el agua; una compuerta alojada en el pozo, para cerrar el paso del agua; una galería de aducción excavada en la montaña; una chimenea de equilibrio que amortigua las presiones del sistema y una tubería de presión.

BOCATOMA

La toma de agua de la aducción se ubica 45 metros por debajo del nivel máximo del embalse. Es una estructura acampanada, con una sección rectangular de 14,5 metros de ancho y 12,5 metros de alto en su entrada. Posee un entramado estructural de hormigón y rejas metálicas que impiden el paso de elementos extraños al sistema de generación.

POZO DE COMPUERTAS

Se trata de un pozo de 42 metros de profundidad y 6,3 metros de diámetro, ubicado a pocos metros de la bocatoma. Está excavado en la roca y revestido en hormigón, con un edificio metálico en su parte superior. Aloja la compuerta que cierra el paso del agua al sistema de generación y su ataguía de mantenimiento.

GALERÍA DE ADUCCIÓN

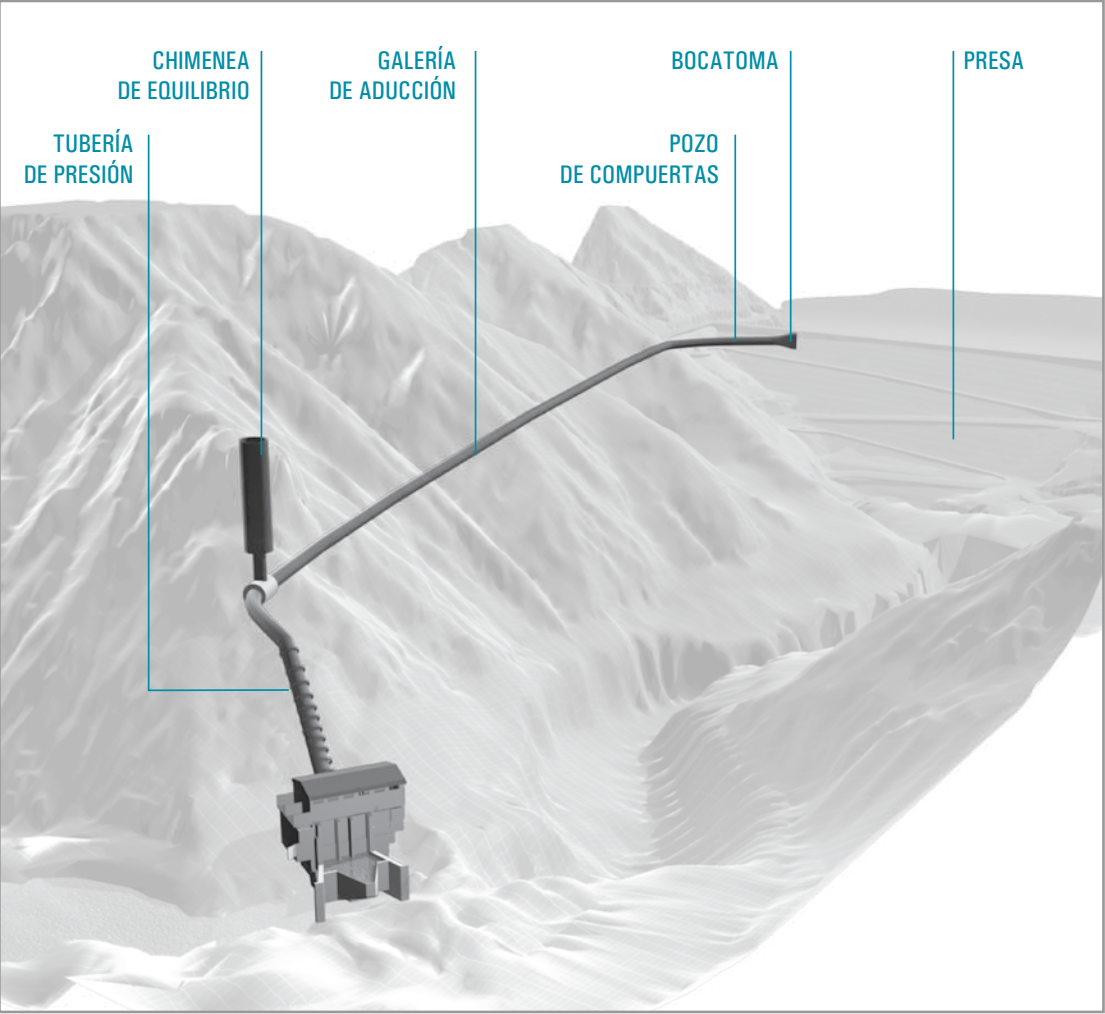
La excavación del túnel se realizó con el método de perforación y voladura, empleando un equipo hidráulico de dos brazos. La obra se completó con un revestimiento de hormigón armado, que posee una sección circular de 5,5 metros de diámetro. Los 100 metros finales de túnel fueron revestidos en acero.

CHIMENEA DE EQUILIBRIO

La chimenea de equilibrio es un gran pozo vertical de 80 metros de profundidad y un diámetro de 16,5 metros. Su función es aliviar las presiones del sistema generadas por la operación de la central hidroeléctrica. Fue excavada en la roca desde una plataforma superior, hasta interceptar la galería de aducción. Se revistió en hormigón y, parcialmente, en acero.

TUBERÍA DE PRESIÓN

La tubería forzada es un conducto de acero que comienza con 5,5 metros de diámetro al final de la galería de aducción. En el exterior, se reduce a 4,3 metros y, finalmente, se bifurca en dos ramales de 3 metros de diámetro, antes de conectarse a cada turbina. Su estructura exterior tiene una longitud de 150 metros.



Para el revestimiento de la chimenea de equilibrio, se utilizaron 450 toneladas de armaduras.



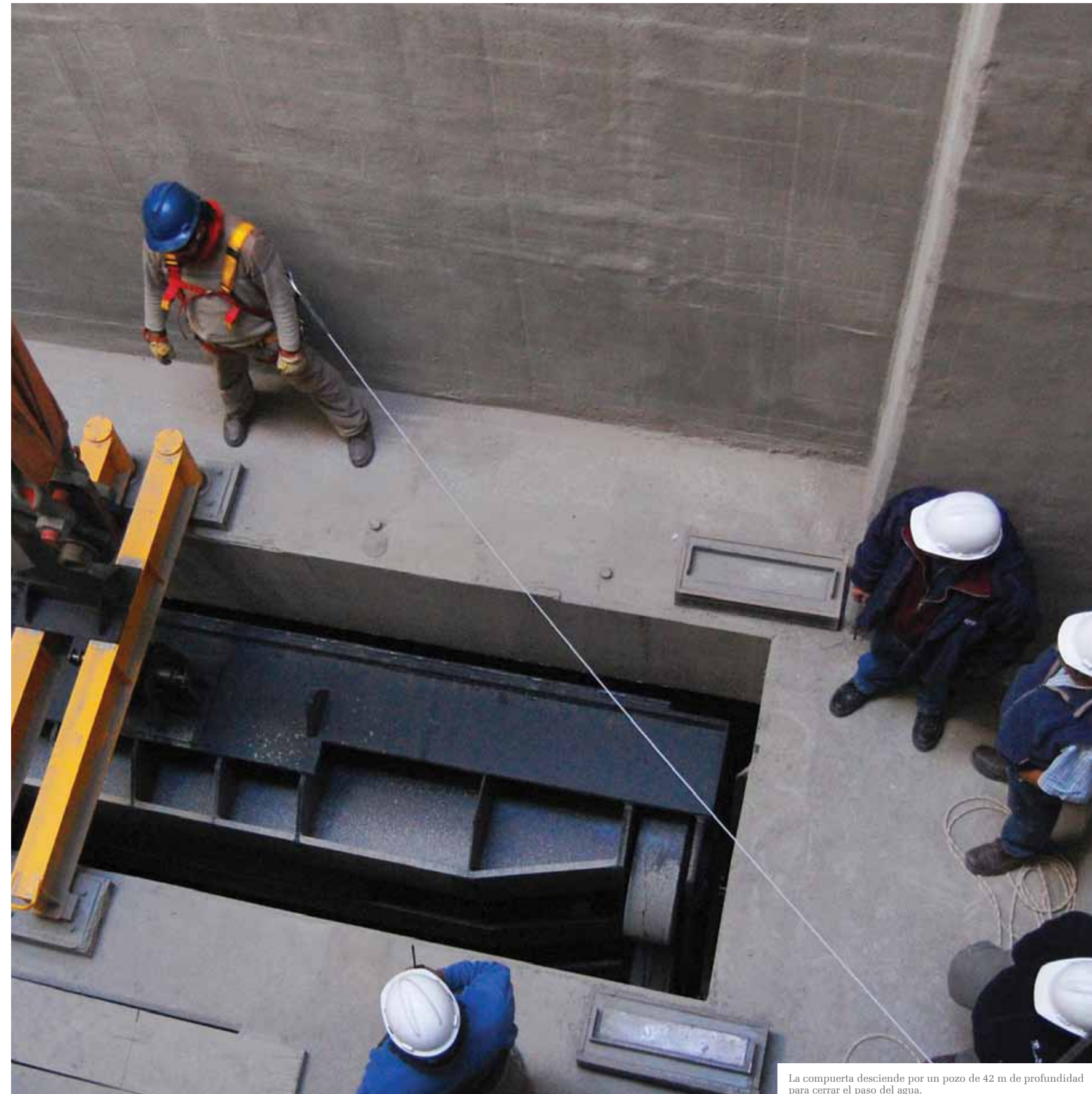
Para realizar las excavaciones de la galería de aducción, se utilizó una perforadora de brazos múltiples.



La colocación de armaduras en el túnel requirió 56.000 horas hombre de trabajo.



El trabajo de los soldadores fue clave para que la tubería resistiera las altas presiones del agua.



La compuerta desciende por un pozo de 42 m de profundidad para cerrar el paso del agua.





Capítulo 04

CENTRAL HIDROELÉCTRICA

La central hidroeléctrica aloja dos turbogeneradores de 62,6 Mega Watts de potencia cada uno, que transforman la energía del caudal de agua proveniente del embalse en energía eléctrica. La diferencia de nivel entre la cota máxima normal de embalse y la restitución al río es de 160 metros.

CENTRAL HIDROELÉCTRICA

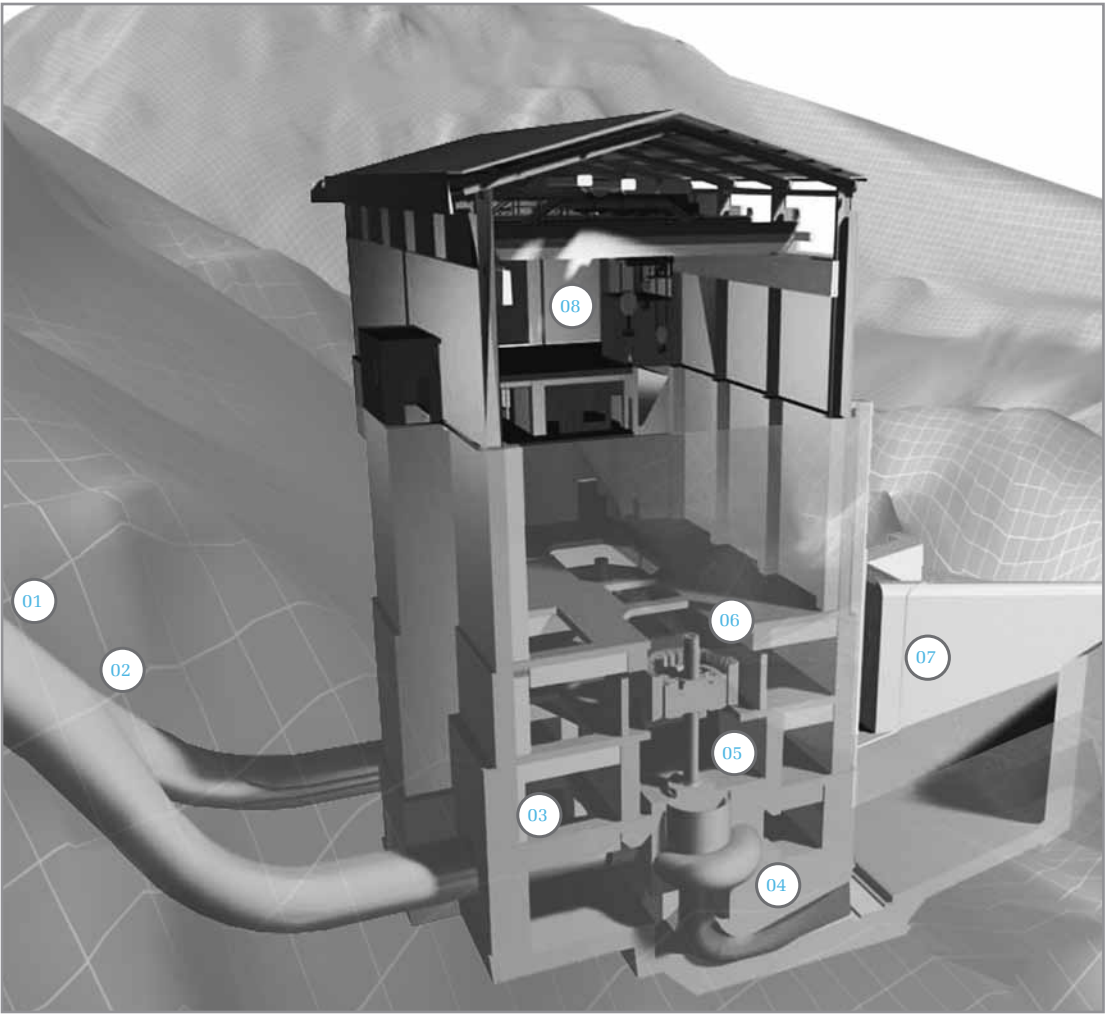
Las turbinas, los generadores y sus sistemas auxiliares se ubican en un edificio de hormigón armado que remata en una cubierta metálica. Ésta sirve de cerramiento y da soporte a un puente grúa de 110 toneladas de capacidad. El edificio alcanza los 30 metros de altura en cinco niveles. Su construcción demandó una excavación de 180.000 metros cúbicos de roca, 9.150 metros cúbicos de hormigón y 1.090 toneladas de acero.

Las unidades de generación de energía se encuentran en la central hidroeléctrica y son la fuente de la potencia de Los Caracoles. La central cubre un 40% de la demanda de la provincia de San Juan.

El funcionamiento de las turbinas y generadores requiere de sistemas auxiliares mecánicos, hidráulicos y eléctricos que permiten proveer energía eléctrica a través de la línea de transmisión. La sala de control, ubicada dentro de la casa de máquinas, es el centro de operaciones de la central.

REFERENCIA

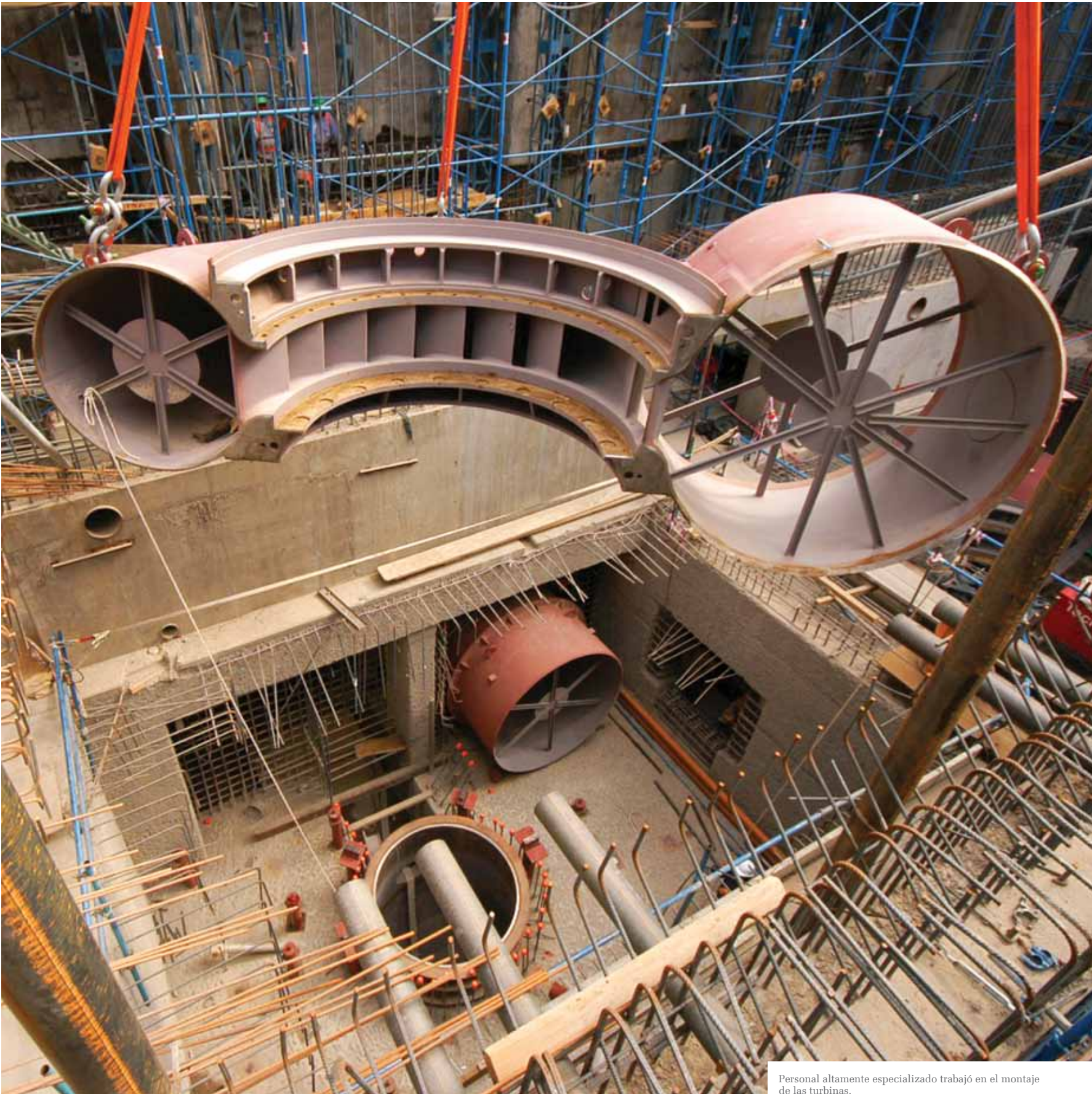
- 01 Tubería de presión
- 02 Bifurcador
- 03 Válvula pre-turbina
- 04 Turbina
- 05 Eje
- 06 Válvula pre-turbina
- 07 Canal de restitución
- 08 Puente grúa



La construcción de la casa de máquinas demandó 9.150 m³ de hormigón y 1.090 toneladas de acero.



La construcción del edificio de 30 m de altura y cinco niveles demandó más de dos años de trabajo.



Personal altamente especializado trabajó en el montaje de las turbinas.



La estructura metálica que cierra el edificio, sostiene un puente grúa de 110 toneladas de capacidad.



Los álabes del regulador son las piezas móviles encargadas de administrar el caudal de agua que ingresa en la turbina.



Los rotores, piezas de mayor tamaño, fueron los últimos componentes del generador en ser instalados.



En la casa de máquinas, se ubican los sistemas auxiliares para el comando de las unidades y los servicios del edificio.



El montaje electromecánico incluyó la instalación de piezas de gran tamaño.



A través de la cámara espiral el agua ingresa a la turbina.





Capítulo 05

LÍNEA DE ALTA Tensión

La energía eléctrica generada por la central hidroeléctrica es transportada a través de una línea de alta tensión de doble terna de 132 kilovolts. Recorre una distancia de 47,9 kilómetros desde Los Caracoles hasta la subestación Punta de Rieles, cerca de la capital provincial, donde se conecta a la red regional y nacional de distribución eléctrica.

LÍNEA DE ALTA Tensión

La línea de alta tensión de Los Caracoles está compuesta por 110 torres metálicas, 65 postes simples y 17 postes triples de hormigón armado. Recorre zonas montañosas de difícil acceso, áreas al pie de las montañas donde nacen los valles cultivados, bordea el río y atraviesa cauces secos. La subestación donde se inicia la línea es adyacente a la central hidroeléctrica, consta de dos campos con transformadores de 72 Mega Watts.

Junto a los cables de transmisión, se extiende una línea de fibra óptica que mantiene la comunicación entre la sala de control del complejo y la oficina de despacho regional de cargas.

REFERENCIA

- 01 Los Caracoles
- 02 Recorrido de la línea de alta tensión
- 03 Punta Negra
- 04 Barrio Dique de Ullum
- 05 Embalse de Ullum
- 06 Las Tapias
- 07 Punta de Rieles







LOS PROTAGONISTAS

Participaron más de 2.800 trabajadores argentinos en los cinco años que llevó la construcción. Ellos han dejado su huella.





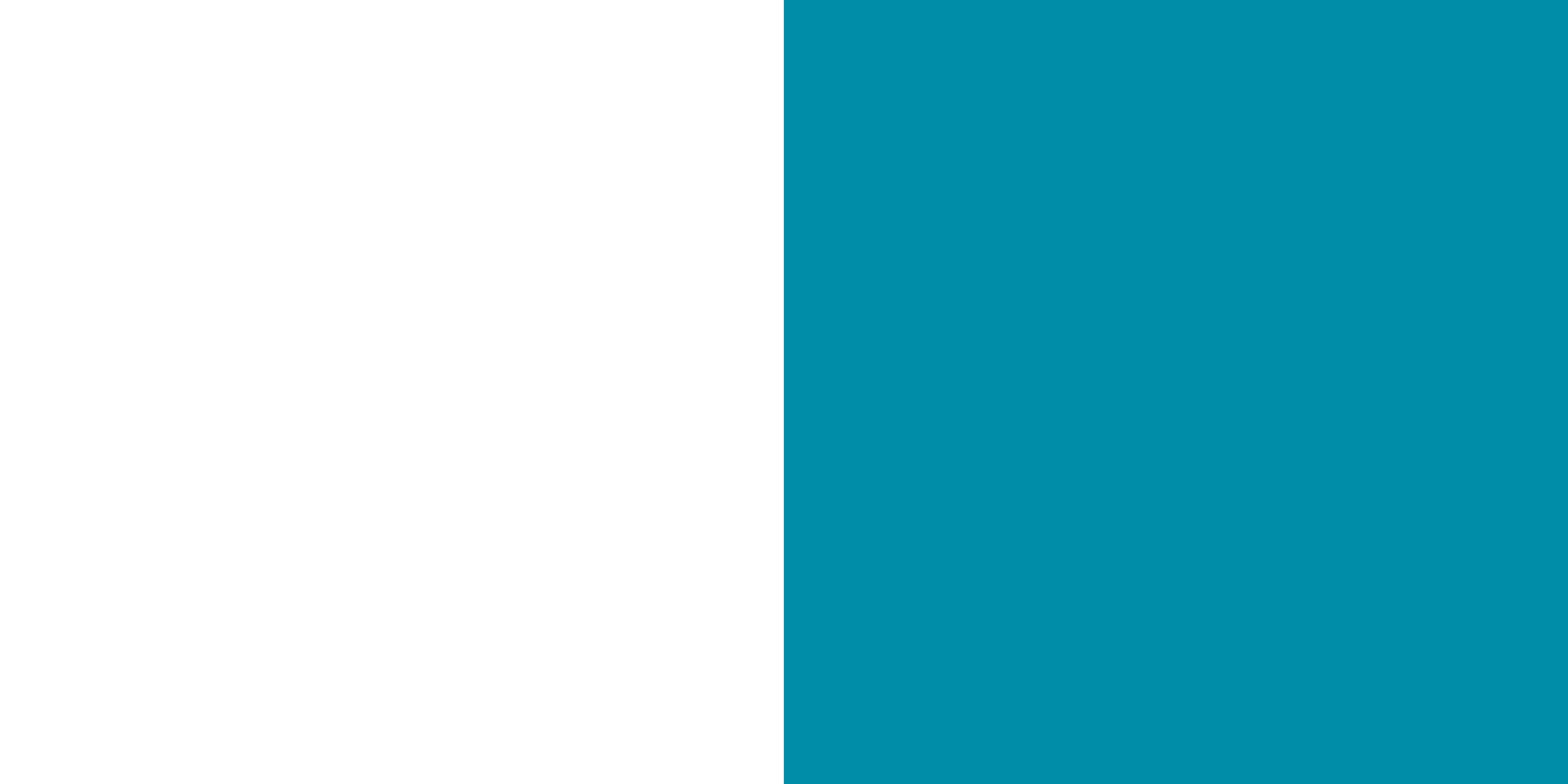
Tareas de saneo en las excavaciones en roca.



Trabajos de hormigón en el cuello del túnel del aliviadero.







Textos y dirección editorial
Andrés Lorenzo y Ana Sartori

Diseño
GHM Grupo de Comunicación

Fotografía
Gustavo Muñoz Lorenzo

Edición de fotografía
Diego Levy

Impresión
Gráfica Latina S.A.

Techint Ingeniería y Construcción
Hipólito Bouchard 557 - Piso 16
Tel. (54 11) 4018 4100
C1106ABG Buenos Aires – Argentina
www.techint-ingenieria.com
Info@techint.com

Panedile Argentina S.A.I.C.F. e I.
Suipacha 1111 - Piso 26
Tel. (54 11) 5071-9000
C1008AAW Buenos Aires, Argentina
www.panedile.com.ar
info@panedile.com.ar

