

La obra presenta elementos relevantes en procesos constructivos, sistemas, maquinarias y tecnología para medir deformaciones.

## Embalse en Valle del Elqui: Las claves de Puclaro



Vista aérea desde aguas abajo. Rellenos a cota 499 m.



Avance de los rellenos de transición del talud de aguas arriba y masivos al fondo.

**Por Mirtha Meléndez R.**  
Directora de la Dirección  
de Obras Hidráulicas,  
Ministerio de Obras Públicas,  
Región de Coquimbo.

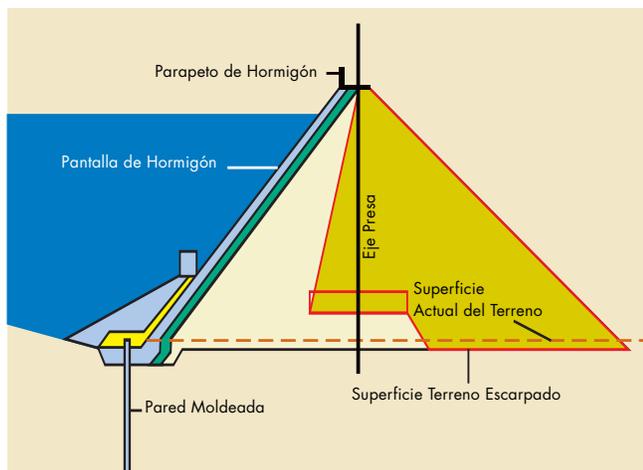
Ubicado en el Valle del Elqui en la IV Región de Coquimbo, el embalse Puclaro se concibió con el fin de aumentar la seguridad de riego de un 45% a un 85% a un total de 20.700 hectáreas de uso agrícola. La obra se sitúa en la angostura del mismo nombre, en un valle en forma de V, con basamento de rocas andesíticas y relleno de material fluvial. Hacia los lados, en tanto, la roca se encuentra en superficie, con grados variables de meteorización.

Puclaro es una presa del tipo CFGD (Concret Face Gravel Dam), una variante del tipo universalmente conocido como CFRD (Concret Face Rockfill Dam), donde el cuerpo principal se conforma de rellenos de material fluvial de diferentes granulometrías, con fuerte compactación para ofrecer una respuesta eficiente de drenaje en caso de filtraciones. Los rellenos son extraídos directamente del lecho del río y su diferencia radica exclusivamente en el grado de compactación del espesor de la capa en su colocación.

Debido a su particular construcción en el muro de la presa y en las obras anexas, el proyecto presenta interesantes elementos tecnológicos.

### Pared moldeada

Para producir el cierre del valle fluvial bajo la presa, que alcanza una profundidad mayor de 100 m bajo el lecho de fundación hasta alcanzar la roca, se proyectó una pantalla de hormi-



gón denominada pared moldeada. Este muro parcialmente armado tiene un espesor mínimo de 0,8 m y una profundidad máxima de 58 m, fundado en roca y en suelo. La pared moldeada tiene una superficie de 16.850 m<sup>2</sup>, quedando el resto como material filtrante de menor permeabilidad. Se conecta con la pantalla de hormigón a través de un plinto horizontal, articulado con múltiples juntas.

Con el objeto de investigar la profundidad que debía alcanzar la pantalla impermeable en el fluvial de fundación se recurrió a estudiar el flujo subterráneo para diferentes profundidades de diafragma, haciendo uso del programa Modflow (Modular Three- Dimensional Finite Difference Ground Water Flow Model). Esta herramienta permite modelar el problema en tres dimensiones, considerando la forma que presenta la superficie de la roca en profundidad y a lo largo del valle.

En tanto, los equipos empleados en la construcción de la pared moldeada corresponden a tecnología de punta en maquinarias de excavación profunda, diseñada por la empresa alemana Bauer, adaptados tanto a las condiciones específicas del terreno como también a las dimensiones proyectadas de la pared sellante del embalse. Para la ejecución de los trabajos se contó con cuatro tipos de excavación: excavación por cuchara (Grúa GB30- Clam Shell), excavación por desbaste (Grúa BS 6100 - Marco Fresador BC 30), excavación por rotación (Grúa BG 30 - Barreno) y excavación por impacto (Grúa GB 30 - Cíncel).

## Pantalla de hormigón

La impermeabilización superior de la presa se consigue mediante una pantalla de hormigón armado con malla central, de 65.000 m<sup>2</sup>, de espesor variable entre 0,3 m y 0,45 m, con juntas Waterstop formadas por sellos de cobre, mastic asfáltico, PVC e Hypalon. Las losas de pantalla no cuentan con juntas transversales y su ancho estándar es de 15 metros.

**Ficha Técnica**

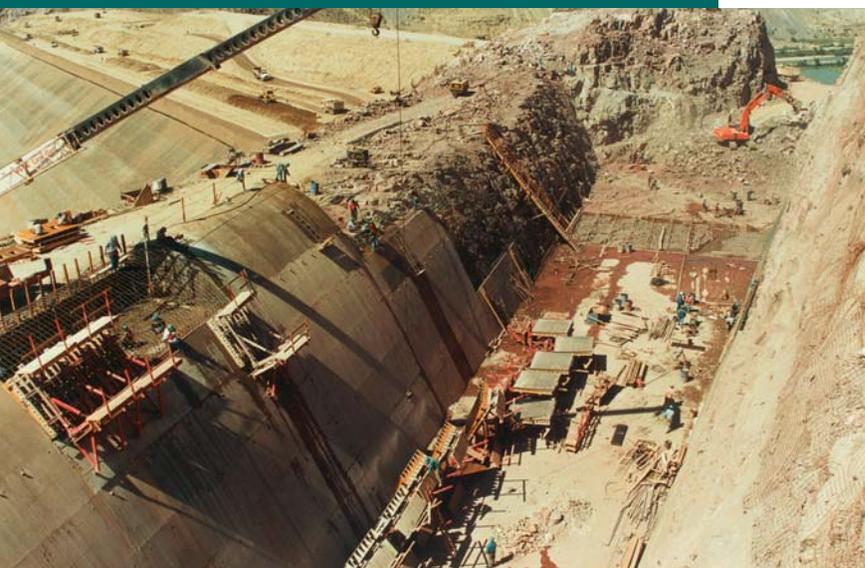
Capacidad del embalse:	200.000.000 m <sup>3</sup>
Cota coronación:	516 m.s.n.m
Longitud coronación:	595 m
Altura muro:	83 m
Volumen muro:	4.900.000 m <sup>2</sup>
Superficie de la pantalla:	59.400 m <sup>2</sup>
Profundidad Pared Moldeada:	58 m
Superficie Pared Moldeada:	16.850 m <sup>2</sup>
Aliviadero de Crecidas:	Tipo Creager
Longitud Aliviadero de Crecidas:	112 m
Crecida de diseño (1/10.000):	2.500 m <sup>3</sup> /s
Longitud Túnel de desvío:	418 m
Sección Túnel de desvío:	22 m <sup>2</sup>

**Obras de entrega**

Válvulas entrega tipo Howell - Bunger:	2 de diámetro 900 mm
Válvula de guardia tipo mariposa:	Diámetro 1.800 mm
Compuertas:	12 m <sup>2</sup>
Gasto máximo de cada válvula:	15 m <sup>3</sup> /s
Compuertas tipo Bureau:	2 x 1,2 x 1 m
Caudal máximo de evacuación:	40 m <sup>3</sup> /s



Armaduras de perfil del Vertedero.



Proceso de hormigonado del Canal Colector del Vertedero.

La pantalla se empotra lateralmente en roca, mediante estructuras de hormigón armado denominadas plintos, apoyadas sobre roca competente y consolidada mediante dos líneas de inyección. A fin de afianzar bien el plinto a la roca y hacer que éste trabaje solidariamente con ella, se consideró la colocación de anclajes de acero de 25 mm de diámetro y 4 m de largo, los que se colocaron a razón de uno cada 1,44 m<sup>2</sup>.

En la parte superior está el muro parapeto, de 4,08 m de altura, que corona la presa a una cota máxima de 516 m.s.n.m.

Complementa esta pantalla una cortina de inyecciones profundas de cemento-agua en la roca, con perforaciones típicamente distanciadas a 1,5 m. Esta cortina posee una profundidad de 50 m y se extiende bajo la pared moldeada cuando ésta alcanza la roca del valle.

**Evacuador de crecidas**

El evacuador de crecidas, construido en el lado derecho, es de cresta libre con perfil tipo Creager de 112 m de longitud. Descarga en un canal colector seguido por un rápido de descarga de 25 m de ancho, con disposición final de salto de ski, sumando una longitud final de 300 metros. La capacidad máxima de vertido es de 2.500 m<sup>3</sup>/s, correspondiente a un período de retorno de 10.000 años.

**Desviación y entrega**

Estas obras corresponden a un túnel de 418 m excavado en roca, en el lado izquierdo de la presa, equipado con un sistema de tubería en presión y desagüe de fondo con compuerta tipo USB. Para la desviación se dispone de una ca-



pacidad de 160 m<sup>2</sup>/s; para entrega y vaciamiento de las válvulas y compuertas portean hasta 60 m<sup>2</sup>/s.

A la salida del túnel de entrega se encuentra la casa de válvulas, con dos pares de válvulas de guardia de 1.000 mm y válvula disipadora del tipo Chorro Hueco (Howell-Bunger) de 900 mm, colchón disipador de energía y entrega a río a través del canal de entrega de base 15 m, longitud 200 m, taludes 1,5H/1V, con protecciones de enrocados y puente de servicio.

### Instrumentación general

Posee tecnología de punta, catalogada como una de las más modernas del país, la cual considera mediciones de deformación tanto al interior del muro como en la superficie, incluyendo deformaciones en el hormigón. Para

controlar el comportamiento geotécnico de la presa y sus fundaciones, el proyecto consideró la instalación de instrumentación eléctrica y no eléctrica en distintos puntos de la obra.

**a) Instrumentación eléctrica:** permite un control centralizado y con un solo dispositivo de medición, de tipo cuerda vibrante. Los elementos contemplados son medidores de deformación de hormigón, medidores de temperatura, piezómetros eléctricos, medidores de juntas, asentímetros de mercurio, acelerógrafos y medidor continuo de nivel.

**b) Instrumentación no eléctrica:** contempló celdas de agua dentro de los rellenos, para la medición de asentamiento, apoyadas por puntos de referencia en las laderas; colocación de puntos de control geográfico; instalación de piezómetros casagrande y reglas limnimétricas. 

**Puclaro es una presa del tipo CFGD (Concret Face Gravel Dam), una variante del tipo universalmente conocido como CFRD (Concret Face Rockfill Dam), donde el cuerpo principal se conforma de rellenos de material fluvial de diversas granulometrías. El proyecto presenta elementos interesantes como una pared moldeada que produce el cierre del valle fluvial bajo la presa; una pantalla de hormigón armado que consigue la impermeabilización superior; un evacuador de crecidas que descarga en un canal colector.**

[melendez@moptt.gov.cl](mailto:melendez@moptt.gov.cl)

