



# MEMORIA

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....</b>	<b>2</b>
2.1	SECCIÓN TIPO .....	3
2.2	VERTEDOR Y CUENCO AMORTIGUADOR .....	4
2.3	OBRA DE TOMA DEL EMBALSE.....	6
2.4	AUSCULTACIÓN.....	8
2.5	ACCESOS.....	9
<b>3</b>	<b>TRATAMIENTO DEL TERRENO Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....</b>	<b>11</b>
3.1	EXCAVACIÓN .....	11
3.2	TRATAMIENTO DEL TERRENO.....	11
3.3	DESVÍO EL RÍO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS .....	12
3.4	HORMIGONADO.....	14

## Lista de Tablas

Tabla 1. Caudales evacuados y sobreelevaciones de embalse..... 5

## Lista de Figuras

Figura 1. Planta de la presa.....	2
Figura 2. Sección tipo .....	3
Figura 3. Curva de capacidad del embalse de Khotia-khota.....	4
Figura 4. Sección por aliviadero.....	6
Figura 5. Sección por tomas.....	7
Figura 6. Situación de medidores de juntas, bases de nivelación-colimación, aforadores y secciones de piezómetros. ....	9
Figura 7. Piezómetro hidráulico .....	9
Figura 8. Caminos de acceso a la presa.....	10
Figura 9. Perfil de excavación en el eje de la presa. ....	11
Figura 10. Campaña de impermeabilización.....	12
Figura 11. Desvío del río. Fase 1. ....	13
Figura 12. Desvío del río. Fase 2. ....	13

# 1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se describen las características principales de la presa de Khotia-Khota.

## 2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

La presa de khotia-Khota embalsa aguas del río Jacha Jahuirá, aguas arriba de la presa de Khara Khota. Se localiza sobre un estrechamiento formado por rocas pizarrosas metamórficas en el extremo de aguas abajo del lago Khotia.

La presa tiene una tipología de presa de gravedad de hormigón convencional vibrado. Es de planta recta con una altura máxima sobre cimiento de 8,2 metros y longitud de coronamiento de 95,8 metros.

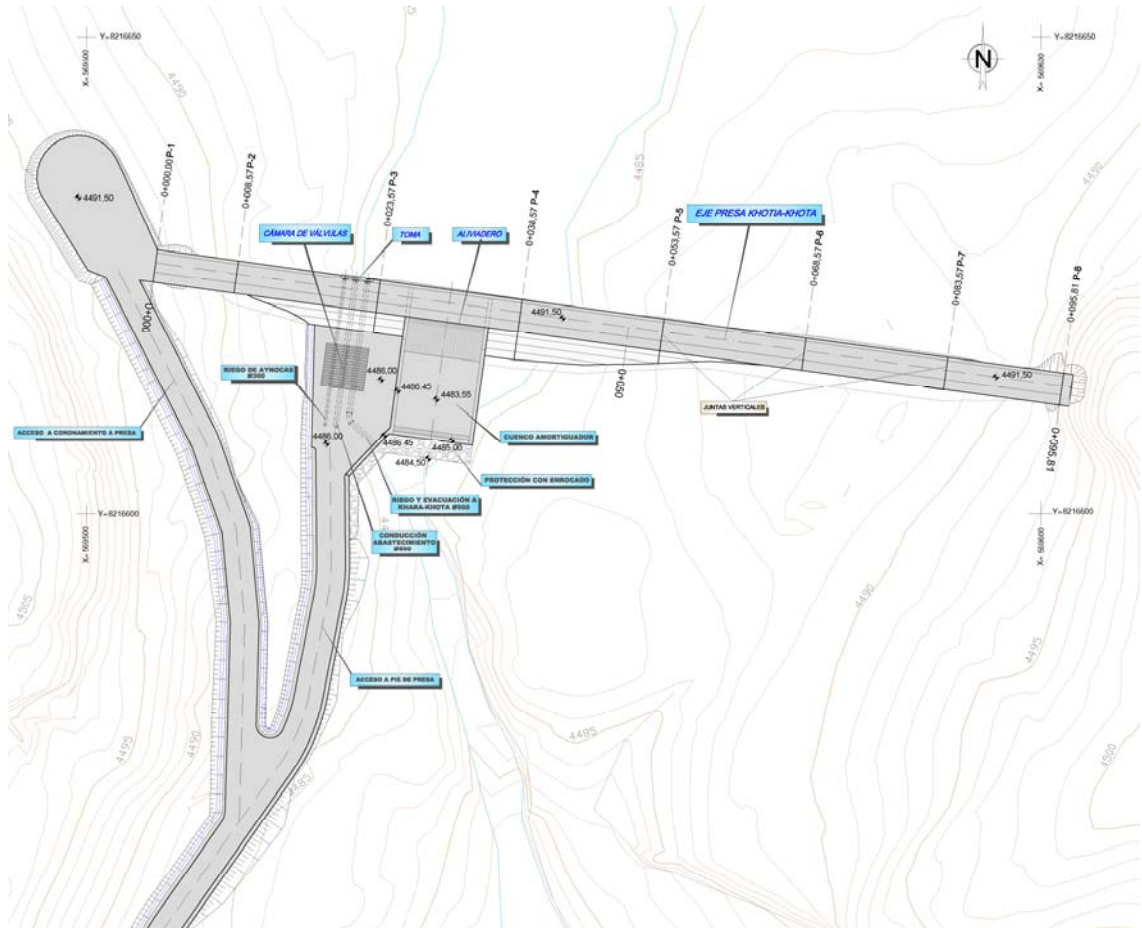


Figura 1. Planta de la presa

Está constituida por siete bloques, siendo los cinco centrales de 15 metros de longitud y de 8,6 y 12,2 metros los situados en los estribos de margen derecha y margen izquierda, respectivamente. La impermeabilización de las juntas

entre bloques se consigue mediante dos tapajuntas de caucho de 50 mm de anchura próximos al paramento de aguas arriba.

## 2.1 SECCIÓN TIPO

La sección transversal presenta un talud vertical aguas arriba y 0,8 H.1V aguas abajo. El macizo de coronamiento se proyecta de 2 metros de ancho con sendos voladizos a los lado de 0,35 metros hacia aguas arriba, y de 1,05 m hacia aguas abajo, por lo que el ancho total del vial sobre la presa es de 3,4 metros. La cota de coronamiento es la 4491,5. La presa se construirá con hormigón en masa de resistencia característica de 20 Nw/mm<sup>2</sup>.

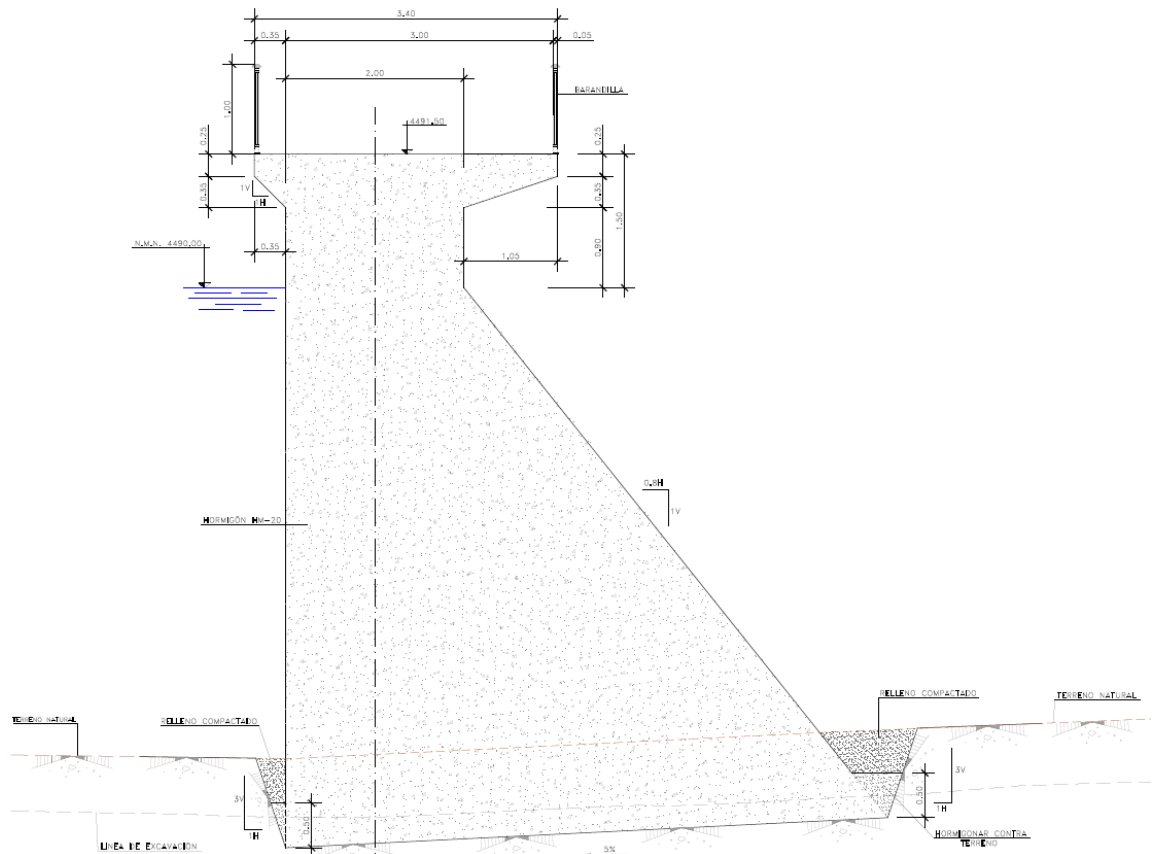


Figura 2. Sección tipo

El fondo de la excavación se ha proyectado con una contrapendiente del 5%, favorable para la transmisión del esfuerzo cortante sin que se produzcan deslizamientos en el contacto presa-cimiento. Los 0,5 metros inferiores de los bloques se hormigonarán contra el terreno excavado, utilizándose encofrados en los siguientes para formar los paramentos.

En el entregable **Cálculos de estabilidad** se recogen los cálculos justificativos de la estabilidad de la presa en las distintas hipótesis analizadas.

## 2.2 VERTEDOR Y CUENCO AMORTIGUADOR

El vertedor se localiza en la parte central de la presa, en el bloque n°3 sobre el actual cauce, y tiene un único vano de 8 metros de longitud. La cota del labio del vertedor es la 4490, correspondiente a máximo nivel normal de la presa, siendo el volumen de embalse a esta cota de 8,6 Hm<sup>3</sup>.

La curva de capacidad del embalse es la siguiente:

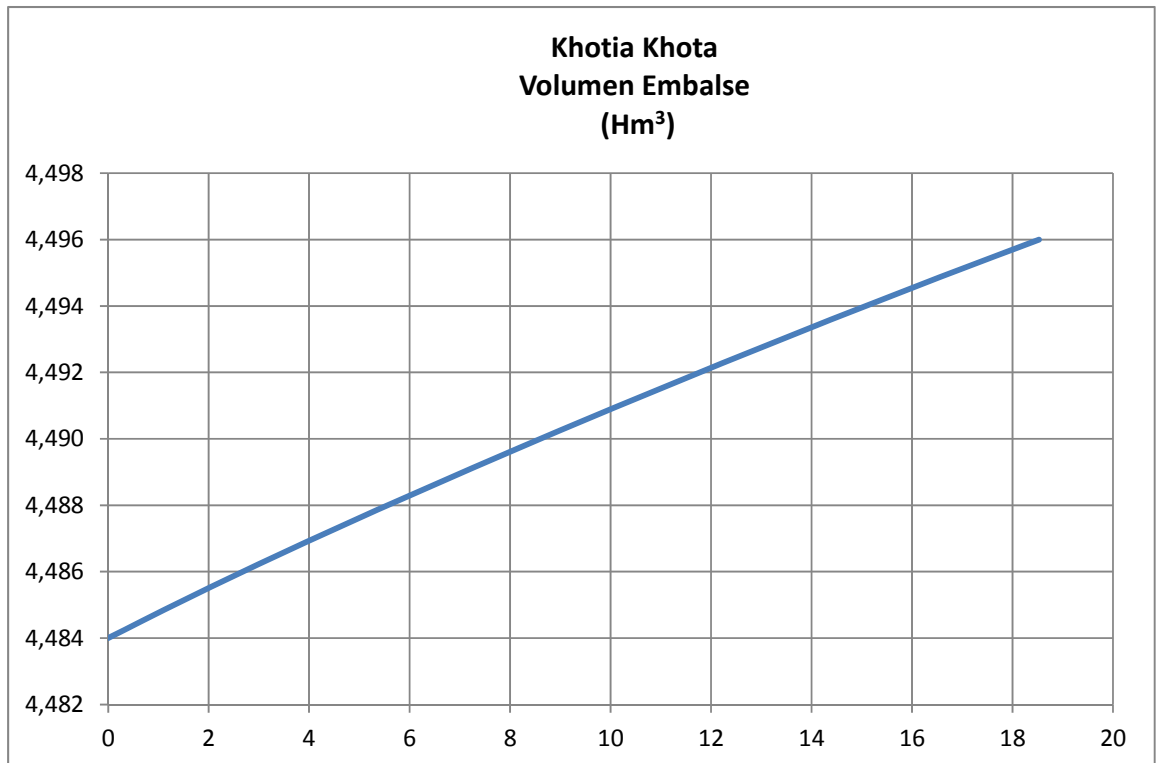


Figura 3. Curva de capacidad del embalse de Khotia-khota

El vertedor se dimensiona para un caudal de proyecto de 6,90 m<sup>3</sup>/s. La curva de vertidos del mismo, así como el cálculo de la laminación producida por el embalse se incluyen en los entregables de **Cálculos hidráulicos del aliviadero** y de **Laminación**, respectivamente.



Los caudales desaguados y las sobreelevaciones producidas en el embalse para las avenidas de proyecto y extrema consideradas se indican en la siguiente tabla:

	Avenida de Proyecto T=1000 años	Avenida Extrema T= 5000 años
Máximo caudal de entrada	86,50 m <sup>3</sup> /s	107,7 m <sup>3</sup> /s
Máximo caudal desaguado	6,90 m <sup>3</sup> /s	8,41 m <sup>3</sup> /s
Máximo nivel alcanzado	4490,71 m.s.n.m.	4490,80 m.s.n.m.
Altura de lámina vertiente	0,71 m	0,80 m

Tabla 1. Caudales evacuados y sobreelevaciones de embalse en avenidas

El resguardo respecto al nivel de coronación para la avenida de proyecto es de 79 cm. En el entregable de **Laminación** se incluye un análisis de resguardos considerando distintas hipótesis.

El paso sobre el mismo se resuelve mediante una losa de hormigón fabricada "in situ".

El canal de descarga sobre el paramento de la presa queda limitado por dos muros cajero de 0,8 m de altura que confinan la superficie de vertido. Al pie de la presa se ha proyectado un cuenco de amortiguación para disipación de la energía residual.



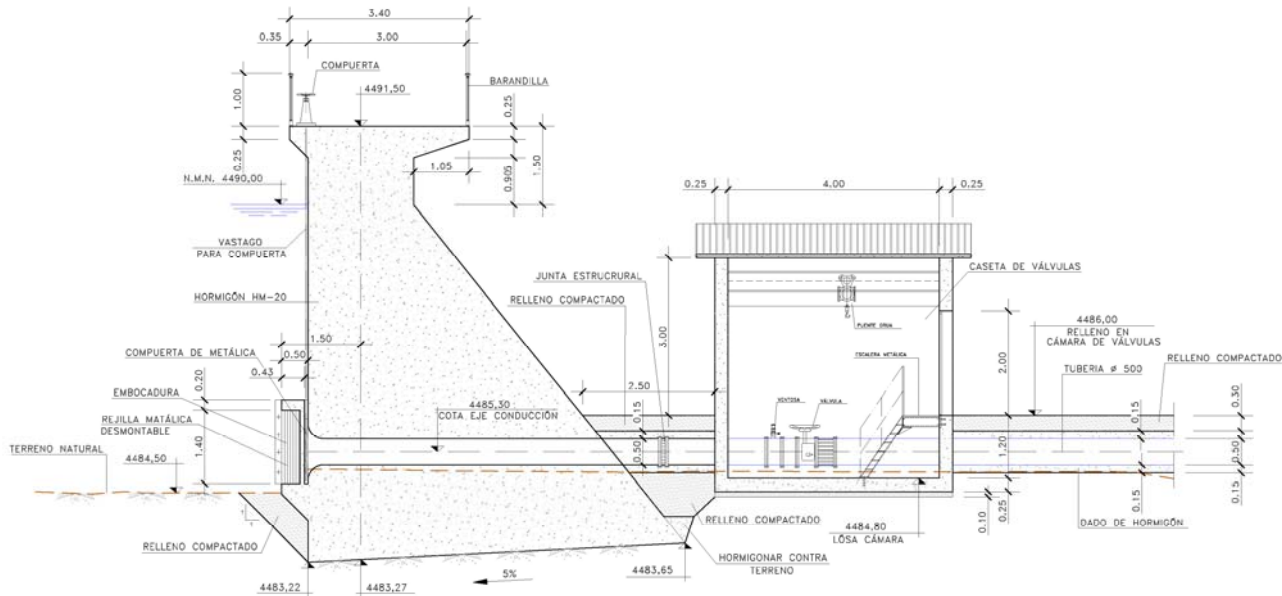


Figura 5. Sección por tomas

Se disponen tres conducciones independientes que atraviesan el cuerpo de presa embebidas en el hormigón, con los siguientes diámetros:

- DN 500 mm, para abastecimiento de agua potable a la ciudad de El Alto.
- DN 500 mm, para riego y evacuación hacia el embalse de Khara Khota, desaguando directamente al cauce, aguas abajo del cuenco de amortiguación de la presa.
- DN 300 mm, para riego de aynocas situadas en las cotas altas para las comunidades organizadas alrededor de las Asociaciones de Regantes de Suriquiña y Tupac Katari

Cada una de las conducciones cuenta con un doble cierre: una compuerta de paramento aguas arriba, y una válvula de mariposa aguas abajo.

Las válvulas de aguas abajo, así como los sistemas de aducción de aire, se sitúan en el interior de una caseta al pie del paramento. Tiene unas dimensiones de 4,5 x 4,5 y el acceso se sitúa a la cota 4486,0. El acceso al nivel de las conducciones, a cota 4484,8, se resuelve mediante un tramex con escalerillas que permite el acceso peatonal al nivel inferior.

En la caseta se dispone un puente grúa para facilitar las labores de montaje y reparación de los equipos. Cuenta con un portón de acceso de 1,5 m de ancho y con ventilación mediante ventanales con lamas. Se dispone un conducto de desagote en la solera para evacuar las posibles filtraciones.

En la embocadura, en el pie del paramento de aguas arriba, se dispondrá un dispositivo de toma protegido por una rejilla que impida la entrada a los conductos de materiales sólidos. Este dispositivo será común para las tres conducciones. La embocadura de los conductos cuenta con acuerdos circulares tanto en planta como en alzado.

Las compuertas de paramento serán accionadas manualmente desde coronación, mediante un mecanismo de vástago que permita el izaje de las mismas.

## 2.4 AUSCULTACIÓN

Se ha considerado la siguiente auscultación para la presa:

### Control de variables externas

Estación meteorológica dotada de pluviómetros, evaporímetro, termómetro, barómetro y anemómetro, situada en la explanada del estribo derecho, a nivel de coronación.

Escala graduada para medición de nivel de embalse sobre el paramento de aguas arriba.

### Control de deformaciones y movimientos

Medidores tridimensionales de juntas en coronación.

Control microgeodésico en coronación mediante bases de nivelación y de colimación en cada uno de los bloques y bases de apoyo en laderas.



Figura 6. Situación de medidores de juntas, bases de nivelación-colimación, aforadores y secciones de piezómetros.

### Control de subpresiones

Piezómetros hidráulicos perforados desde el pie de aguas abajo en dos secciones, a ambos lados del aliviadero.

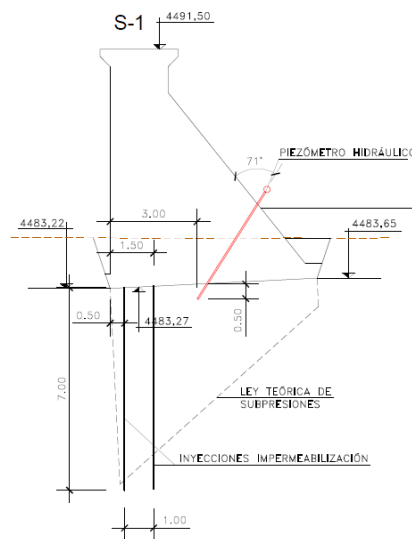


Figura 7. Piezómetro hidráulico

### Control hidráulico

Aforadores con vertedero triangular y escala de control situados a ambos lados del cuenco amortiguador, sobre la cuneta a pie de presa.

En el entregable de **Auscultación** se desarrolla en detalle el sistema de auscultación previsto, así como las principales características de los equipos.

## 2.5 ACCESOS

Se ha dimensionado un vial de una longitud de 139 metros, y ancho de calzada de 3 metros, por la ladera derecha para acceder a pie de presa desde un camino existente, permitiendo el acceso de vehículos hasta la plataforma en la que se sitúa la caseta de válvulas, anexa al cuenco amortiguador.

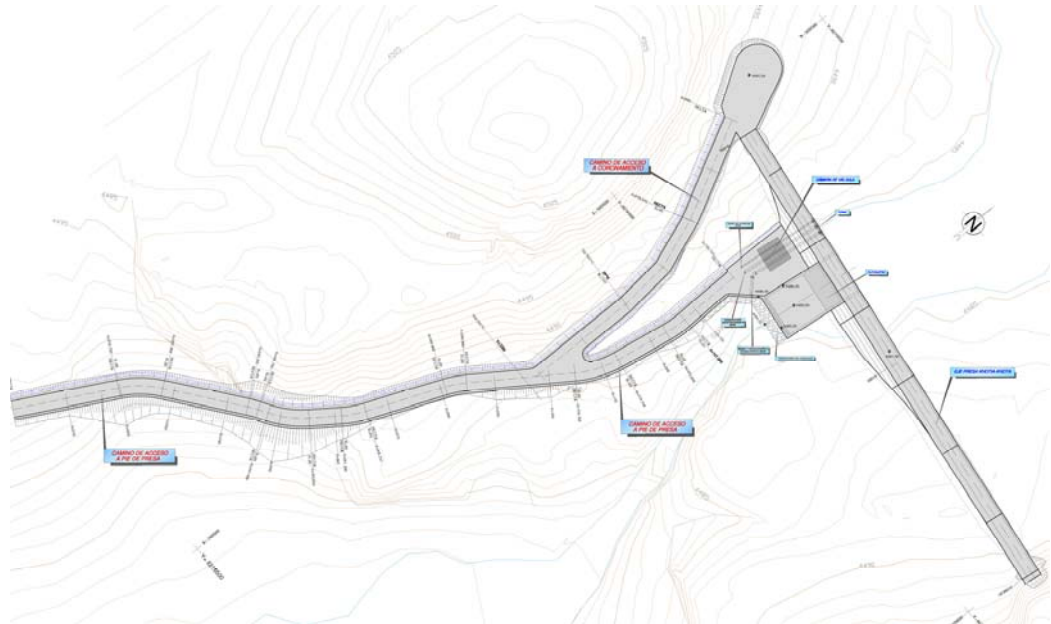


Figura 8. Caminos de acceso a la presa

Este vial, paralelo al cauce del río, se ha protegido en sus últimos metros de su borde exterior con un enrocado con el fin de evitar posibles socavaciones por vertidos por aliviadero o por el desagüe de la toma de riego y evacuación a Khara-Khota.

Además, se ha proyectado otro vial de 3 metros de ancho y de 63 metros de longitud, con 2 metros de ancho, por la misma ladera que permite el acceso a coronación desde el estribo derecho.

El talud de desmonte adoptado es 1H:3V. En ambos casos se ha considerado la necesidad de efectuar tratamientos de sostenimiento del terreno mediante bulones y malla electrosoldada.

## 3 Tratamiento del terreno y procedimientos constructivos

### 3.1 EXCAVACIÓN

El terreno se excavará en toda la superficie de apoyo de la presa hasta alcanzar un nivel en el que la alteración de la roca sea mínima. Se prevé una profundidad mínima de excavación de 1 metro en la zona central del cauce y se 0,5 metros en ambas márgenes, con el fin de que la presa quede encajada en roca suficientemente sana, regularizándose la superficie para facilitar el hormigonado de los bloques desde cotas bajas.

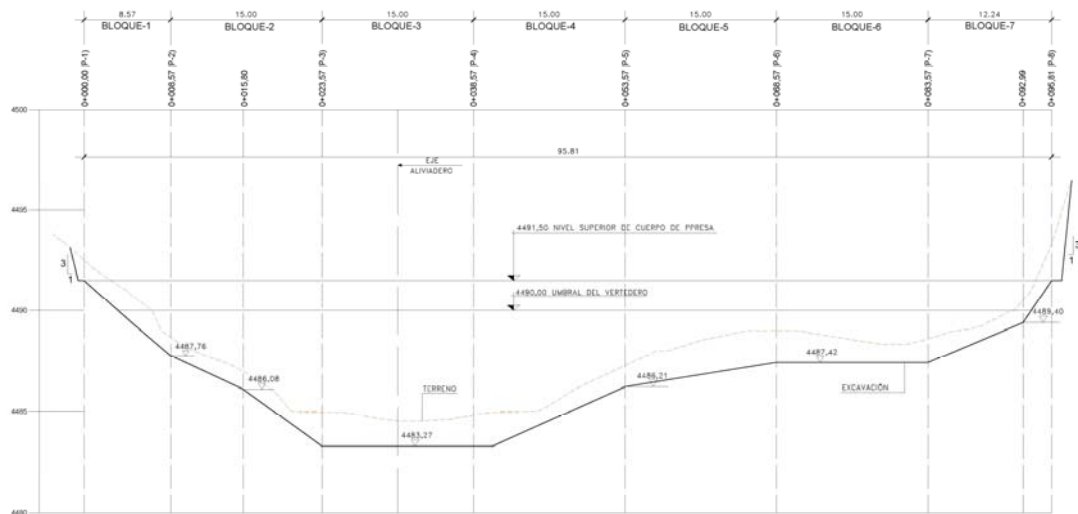


Figura 9. Perfil de excavación en el eje de la presa.

### 3.2 TRATAMIENTO DEL TERRENO

No se ha considerado la realización de una campaña de consolidación del cimentación, dada la competencia de los materiales del emplazamiento de la presa. Sin embargo, se proyecta una campaña de inyecciones de impermeabilización para corregir las deficientes condiciones de permeabilidad en superficie detectada con los ensayos realizados. La pantalla alcanzará una profundidad de 7 metros por debajo del nivel de cimentación mediante taladros

verticales cada 3 metros, dispuestos en dos filas, a distancia de 1 metro entre las mismas.

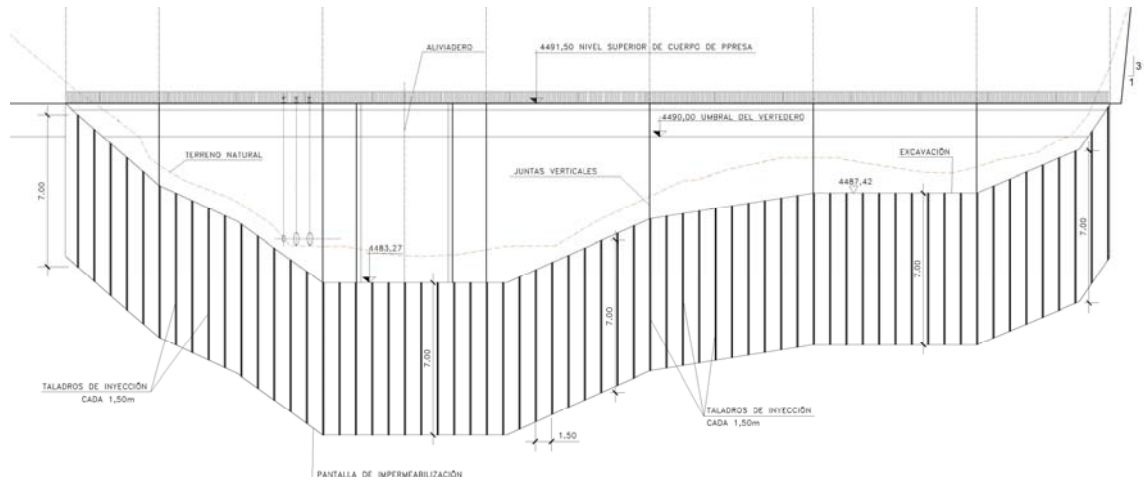


Figura 10. Campaña de impermeabilización

Se prevé la realización de las perforaciones una vez realizada la excavación, realizándose una primera inyección de las mismas, que se completará desde el pie de aguas abajo, mediante unos conductos dejados al efecto, una vez hormigonado todo el bloque. En caso de detectarse fallos en la funcionalidad de la misma una vez puesta la obra en servicio, se podrían realizar ampliaciones locales de la campaña mediante inyecciones realizadas desde el pie de aguas abajo, análogas a las que se realizarán para la instalación de los piezómetros hidráulicos. En el entregable de **Tratamiento de la fundación** y en el de **Especificaciones técnicas** se justifica y se desarrolla en amplitud las características y procedimiento para ejecución de la campaña.

### 3.3 DESVÍO EL RÍO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS

El desvío del río se prevé ejecutarlo en dos fases. En una primera fase se construirá una ataguía que proteja y deje en seco la excavación del bloque 2, en el cual se dispondrán los desagües y tomas de la presa. En esta fase se iniciarán los trabajos de excavación y hormigonado de los bloques 1 y 2 en la margen derecha, y 5,6 y 7 en margen izquierda.



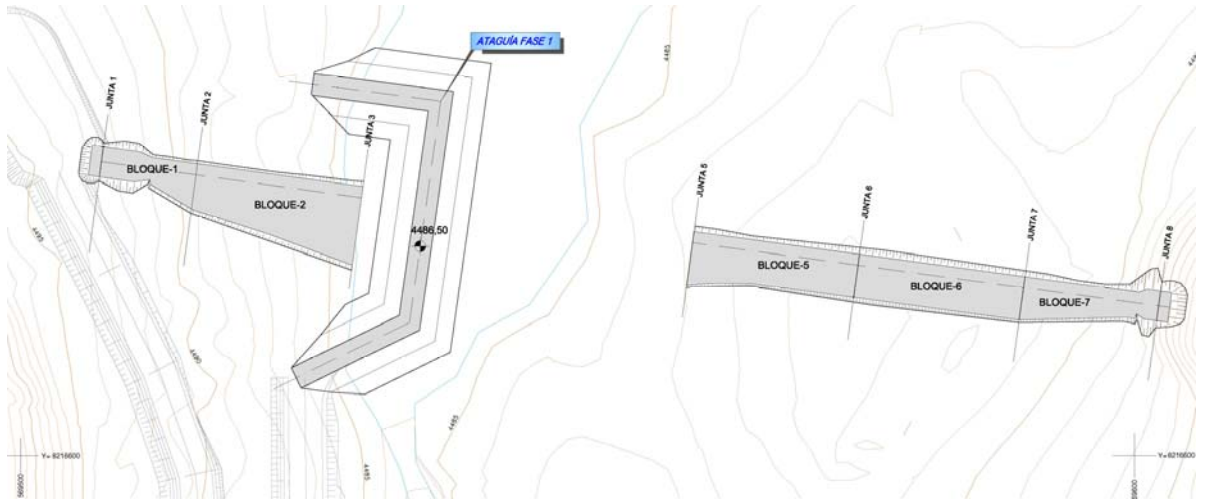


Figura 11. Desvío del río. Fase 1.

Una vez que se hayan hormigonado los conductos de los desagües en el bloque 2, se iniciará la fase 2 del desvío, en la cual se construirá una ataguía que cierre completamente el cauce, procediéndose a la derivación de los caudales a través de dos conductos de PVC de diámetro 500 mm que se conectarán a la embocadura de los conductos ejecutados en el bloque 2. De esta forma se procederá a la excavación y cimentación de los bloques 3 y 4. Una vez que se haya alcanzado en todos los bloques una altura por encima de los conductos de desagüe se podrá proceder a la retirada de la ataguía.

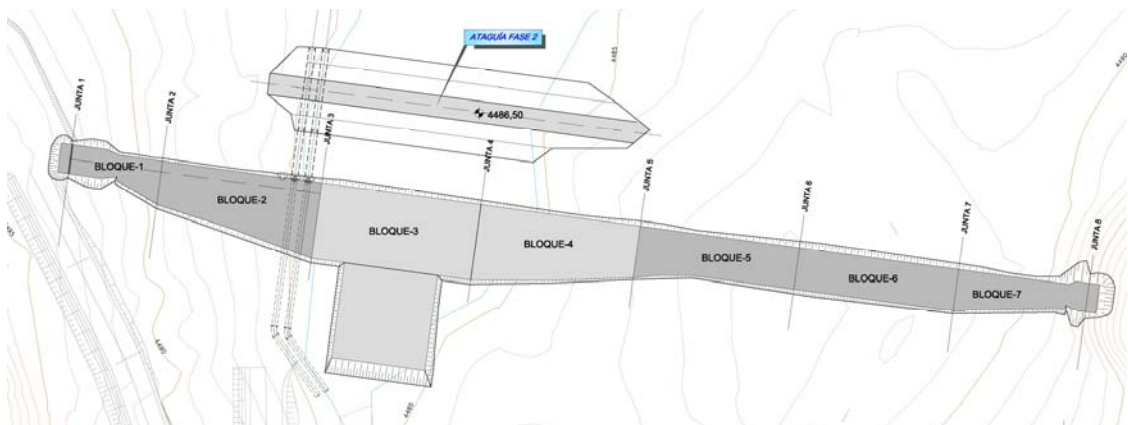


Figura 12. Desvío del río. Fase 2.

Se proyecta una ataguía de 2 metros de altura, con núcleo impermeable y espaldones con material, en parte, procedente de la excavación de los accesos y del cuerpo de presa. En principio, no se considera la necesidad de contraataguía dada la fuerte pendiente del cauce aguas abajo.

En el entregable de **Desvío del río** se desarrolla con mayor profundidad este aspecto, justificándose la altura de la ataguía y los caudales de desvío.

### 3.4 HORMIGONADO

La presa está constituida por siete bloques, siendo los cinco centrales de 15 metros de longitud y de 8,6 y 12,2 metros los situados en los estribos de margen derecha y margen izquierda, respectivamente. Se considera que la longitud de los bloques propuesta es adecuada y que no se producirán fisuras en el hormigón, dadas las bajas temperaturas que se dan en el ámbito de la presa, las relativamente pequeñas dimensiones de los bloques y la utilización de un hormigón de bajo calor de hidratación, tal y como se indica en el entregable de **Especificaciones técnicas**.

Cada bloque, delimitado por las juntas de contracción y los paramentos de la presa, se hormigona por tongadas horizontales. La altura de la tongada se fija por dos criterios básicos: la disipación del calor de hidratación y la capacidad de producción de los equipos de hormigonado en obra. Dadas las reducidas dimensiones de la presa se considera apropiado un espesor de tongada entre 1 y 1,5 metros. Se debe considerar que las juntas entre tongadas siempre son puntos críticos y deben ser tratadas con esmero, ya que pueden generar planos de filtración de la estructura. Se recomienda la ejecución de tongadas de 1 metro en el contacto con el cimiento, dado que son superficies constreñidas por el terreno con dificultad de disipación el calor de hidratación, y de 1,5 metros en el resto. Se han considerado subtongadas de espesor aproximado de 0,5 metros.

La impermeabilización de las juntas entre bloques se consigue mediante dos tapajuntas de caucho de 50 mm de anchura próximos al paramento de aguas arriba. No se considera necesaria la colocación de tapajuntas aguas abajo dado que no se prevé la inyección de las juntas.

Los bloques se hormigonarán manteniendo un desfase en la altura de los mismos, con el fin de facilitar la disipación del calor de hidratación. Este desfase mínimo se corresponderá con la altura libre que requiera el encofrado de la tongada.

En el entregable de **Especificaciones técnicas** se desarrolla en profundidad el procedimiento de hormigonado de la presa, así como las características que debe cumplir el hormigón del cuerpo de presa.