

# PRESA DE ITOIZ

Raimundo José Lafuente Dios  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
*Confederación Hidrográfica del Ebro*

Miguel Zueco Ruiz  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
*Confederación Hidrográfica del Ebro*

## RESUMEN

El embalse de Itoiz, contará con una capacidad de 418 hm<sup>3</sup>, con los que, en combinación con el canal de Navarra, satisfará una serie de demandas, el riego de 57.713 ha y el abastecimiento de agua de 354.500 habitantes y de 650 ha de suelo industrial. También permitirá la laminación de las avenidas del río Urrobi y producirá un 6,54% de las necesidades de energía de Navarra. La presa de Itoiz, localizada en el río Iratí, es una presa de gravedad de hormigón, tiene 122 m de altura sobre cimientos y 525 m de longitud de coronación. Las obras están constituidas por la presa principal, una presa auxiliar en un collado lateral, la toma del canal de Navarra, incluyendo un tramo a cielo abierto, y el resto de las obras auxiliares.

## ABSTRACT

The Itoiz reservoir will have a capacity of 418 Hm<sup>3</sup> which together with the Navarra channel will serve to irrigate 57,713 hectares, provide a water supply to 354,500 inhabitants and supply 650 Ha of industrial land. It will also allow the splitting of the river Urrobi freshets and cover 6.54% of the energy requirements of Navarra. The Itoiz dam, set on the Irati river, is a 122m high concrete gravity dam with a 525 m long topping. The work will be formed by a main dam, an auxiliary dam set in a lateral pass, the intake from the Navarra channel, including a open cut section, and the remainder of the auxiliary works.

## INTRODUCCIÓN

El canal de Navarra y la presa de Itoiz, unidos en un binomio inseparable, constituyen una pieza fundamental en el sistema de regulación de Navarra. En este artículo se van a describir exclusivamente las obras correspondientes a la presa de Itoiz y su embalse pero, en la justificación de la obra, hay que tener presente en todo momento el proyecto del canal de Navarra cuya materialización como arteria esencial de la infraestructura hidrológica navarra se va a comenzar en muy breve plazo.

El contratista principal de las obras de la presa de Itoiz es una UTE compuesta por NECSO, OHL y SACYR, la asistencia técnica es otra UTE formada por INITEC e INTECSA y el servicio de seguridad corre a cargo de PROSEGUR.

## MARCO GEOGRÁFICO. EL RIO IRATI Y SU CUENCA Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La presa de Itoiz se encuentra en el río Irati, aguas abajo de la confluencia con el río Urrobi, en el término municipal del Valle de Lónguida.

El río Irati nace en Francia y penetra en territorio español después de un recorrido de unos 15 km. Muy poco después de la frontera, se le une un afluente de nombre Urchuría, que aporta las aguas de los neveros y manantiales del pico de Ori (2 015 m) y juntos alimentan el embalse de Irabia, de 13,6 hm<sup>3</sup> de capacidad. Sigue su curso por el valle encajonado que recibe el nombre de valle de Aézcoa y es objeto de numerosos aprovechamientos hidroeléctricos en sucesivos saltos, tales como el de Arive, Oroz-Betelu, Artozqui, Uoz,

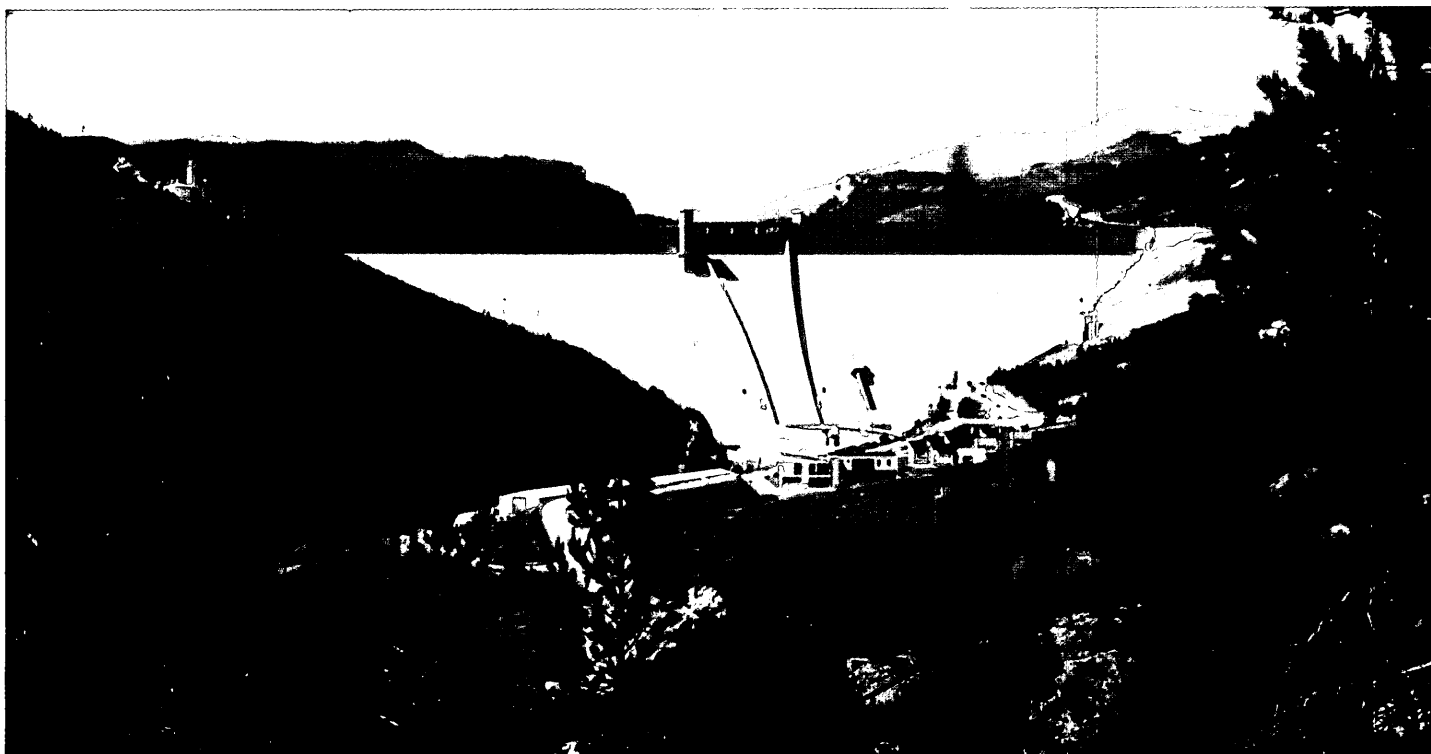


Figura 1. Presa de Itoiz. Vista desde aguas abajo.

Aoiz, etc, todos ellos como el de Irabia de la sociedad Fuerzas Eléctricas de Navarra.

A partir de la confluencia con el Erro, la cuenca cambia de aspecto, tornándose más llana para pasar al pie de Lumbier, donde se le une el Salazar y corta, a continuación, el macizo calcáreo de la sierra de Leyre por medio de un cañón denominado la foz de Lumbier. A la salida del cañón, contornea el cerro donde se alza Liédena y une sus aguas a las del Aragón. Sólo tiene cuatro afluentes dignos de mención: el Urrobi y el Erro por la derecha y el Areta y el Salazar por la izquierda.

El Urrobi nace en Roncesvalles y forma en su recorrido el pintoresco valle de Arce, hoy casi totalmente despoblado.

El Erro nace cerca de los Alduiles (frontera francesa) y por la val de Erro desciende a la tierra llana, describiendo en Urroz un brusco codo hacia la izquierda para desembocar, poco después, en el Irati.

El río Areta es de poco caudal y su cuenca no está muy arbolada, a diferencia de las partes altas de los tres ríos antes referidos donde abundan las hayas y abetos primero y robles y pinos después.

El Salazar, de caudal abundante, nace en dos brazos, llamados Anduña y Zatoya, que se juntan en Ochagavía, donde empieza el valle de Salazar. Su cuenca superior está muy arbolada y después de pasar por Navascués y atravesar el imponente cañón de Arbayún (foz de Arbayún), se mezcla con el Irati aguas abajo de Lumbier.

El embalse de Itoiz, a unos 2 km aguas arriba del pueblo de Aoiz, embalsará las aguas procedentes del Irati y del Urrobi, dejando aguas abajo los ríos Erro y Areta. La presa se sitúa aproximadamente a 1 km aguas abajo de la confluencia del río Irati con su afluente el Urrobi.

Las coordenadas UTM de la intersección del eje de la presa principal con el eje del cauce del río Irati, son aproximadamente  $X = 634.000$ ;  $Y = 4.740.400$ .

## ANTECEDENTES

En abril de 1974, la Confederación Hidrográfica del Ebro redactó el anteproyecto de embalse de la foz de Lumbier, situado aguas abajo de la confluencia de los ríos Aragón e Irati (aguas abajo, por tanto, de la confluencia del Salazar con el Irati), con el objetivo de obtener la máxima regulación del río Irati. Las afecciones a las que daba origen la creación del embalse, especialmente la anegación del pueblo de Lumbier, motivaron la intervención de la Diputación Foral de Navarra en el sentido de que se estudiaran otras alternativas que, cumpliendo el mismo objetivo de regulación, minorasen el impacto social de las obras. Como consecuencia de ello, se redactó, por el Centro de estudios Hidrográficos, en 1975, el denominado Estudio de Regulación de los Ríos Aragón e Irati en el que se recomendaba, aparte de otros embalses en los ríos Aragón y Salazar, el embalse de Aoiz en el río Irati.



Figura 2. Geología de la cerrada.

En diciembre de 1975 fue redactado el anteproyecto de los embalses de Aoiz (Navarra), Aspuz (Navarra) y Berdún (Zaragoza y Huesca).

Por resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas de 23 de junio de 1977, fue incoado el expediente de información pública del referido anteproyecto.

El 9 de marzo de 1988, la Dirección General de Obras Hidráulicas declaró concluido, y sin más efectos posteriores, el expediente de información pública mencionado anteriormente, al mismo tiempo que ordenaba: desechar la solución alternativa de regulación del río Irati mediante el embalse de la foz de Lumbier y el embalse de Berdún como obra de regulación del sistema Aragón-Irati. También ordenaba someter a información pública, una vez redactado, el proyecto de Itoiz (Aoiz en anteproyecto).

En febrero de 1989, la Confederación Hidrográfica del Ebro finalizó la redacción del proyecto de la presa de Itoiz.

## USOS DEL EMBALSE DE ITOIZ

Los objetivos que se persiguen con la construcción de la presa de Itoiz y el llenado de su embalse son los siguientes:

- ▼ Transformación en regadío, a través del Canal de Navarra de 57.713 ha brutas (340 hm<sup>3</sup>/año).
- ▼ Abastecimiento de agua potable a 354.500 habitantes (70% de la población navarra) (50 hm<sup>3</sup>/año).

- ▼ Implantación de 650 ha de suelo industrial (10 hm<sup>3</sup>/año).
- ▼ Control de las avenidas del río Irati, se reducirá el caudal punta de la avenida de 1000 años de período de retorno de 776 m<sup>3</sup>/s a 410 m<sup>3</sup>/s.
- ▼ Producción de energía eléctrica mediante la instalación de dos centrales (6,54% de las necesidades de Navarra):

–La central de pie de presa estará equipada con dos turbinas Francis de eje vertical con una capacidad instalada de 26,2 MW. La producción media de esta central será de 145,2 GWh cuando no haya regadío y de 52,3 GWh cuando se haya puesto en riego toda la superficie

–La central de cabecera del canal de Navarra estará equipada con dos turbinas Kaplan de doble regulación y eje vertical, con una capacidad instalada de 13,1 MW. La producción anual de esta central se elevará desde 13,6 GWh cuando haya 20 000 ha puestas en riego hasta 29,3 GWh cuando se rieguen las 57.713 ha.

## ENTORNO GEOLÓGICO

El sustrato geológico sobre el que se apoya la cerrada, de edad Eocena (Cuisiense y Luteciense Medio), constituido por margo-calizas, niveles turbidíticos, calizas grises y calizas

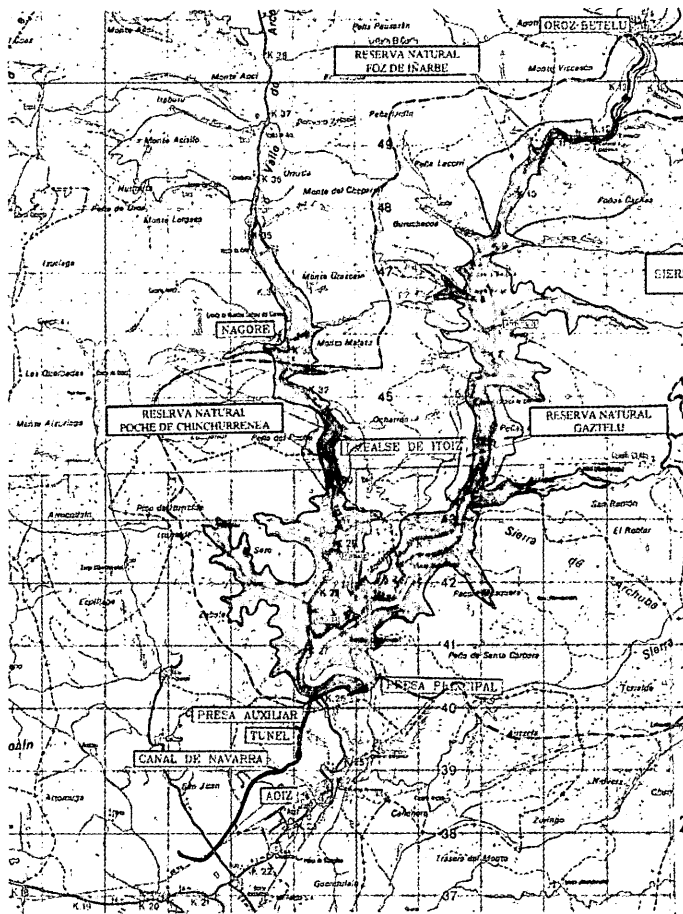


Figura 3. Embalse de la presa de Itoiz.

brechoides, es una base competente de cimentación, aunque con un cierto comportamiento diferencial en cuanto a alterabilidad y módulo de deformación. Los niveles turbidíticos son más alterables y tienen un módulo de deformación relativamente bajo mientras que los niveles de calizas son poco alterables y tienen un módulo de deformación relativamente alto.

La estructura del sustrato litológico es favorable a la estabilidad de la ladera derecha, con buzamiento de 15 a 20° hacia la ladera y desfavorable en la ladera izquierda, aunque algo oblicua a la misma, con valores de buzamiento similares.

### CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA Y EL EMBALSE

La cuenca tiene una superficie de 510 km<sup>2</sup> y la aportación media del río en el punto de cierre es de 675 hm<sup>3</sup>/año.

El embalse tiene una capacidad total de 418 hm<sup>3</sup> de los cuales 8,5 hm<sup>3</sup> corresponden al embalse muerto, se ha estimado una sedimentación de materiales sólidos de 8 hm<sup>3</sup> durante los primeros 100 años de explotación del embalse, y una superficie inundada, a nivel máximo normal, de 1 100 ha. El volumen anual regulado se ha cifrado en 630 hm<sup>3</sup>/año.

El embalse tiene dos brazos diferenciados uno sobre el río Irati, de unos 12 km de longitud, que se extiende hasta Oroz-Betelu y el otro, de unos 6 km de longitud, sigue el río Urrobi hasta el pueblo de Nagore.

La descomposición del volumen de embalse en función de los diferentes conductos que desaguan las obras es el siguiente:

| Elemento               | Cota   | Volumen |           |
|------------------------|--------|---------|-----------|
|                        |        | Parcial | Acumulado |
| Desagüe de fondo       | 506,58 | 8,50    | 8,50      |
| Central hidroeléctrica | 521,00 | 18,50   | 27,00     |
| Canal de Navarra       | 534,00 | 35,00   | 62,00     |
| Máximo nivel normal    | 588,00 | 356,00  | 418,00    |

### DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras de la presa de Itoiz se pueden descomponer en los cuatro apartados principales siguientes:

- ▼ Presa principal. Se ubica en el río Irati.
- ▼ Presa auxiliar. Situada en un collado lateral impide la salida del agua del embalse por el mismo.
- ▼ Canal de enlace. Denominado también tramo cero del canal de Navarra.
- ▼ Obras auxiliares.

#### PRESA PRINCIPAL

Para la descripción de los trabajos se va a considerar constituida por las siguientes partes:

- ▼ Cuerpo de presa.
- ▼ Desagües de fondo.
- ▼ Toma hidroeléctrica.
- ▼ Aliviadero.
- ▼ Auscultación.

#### Cuerpo de presa

La Presa de Itoiz es de gravedad, de hormigón convencional y planta recta. Tiene 122 metros de altura sobre cimientos, alcanzando la cota 592,00 metros sobre el nivel del mar. Esta altura viene limitada por la altitud topográfica del pueblo de Oroz-Betelu. La longitud de coronación es de 525 metros y su anchura es de 10,00 metros. El talud de aguas arriba es de 0,05 H/1,00 V, entre la cota máxima y la cota 515,00, y de 0,40 H/1,00 V entre esta última cota y la de cimentación. El talud de aguas abajo es de 0,75 H/1,00 V en toda su altura con la excepción de la estructura de coronación. Al fondo de la cimentación se le ha dado una pendiente mínima del 5% desde aguas abajo hacia aguas arriba.

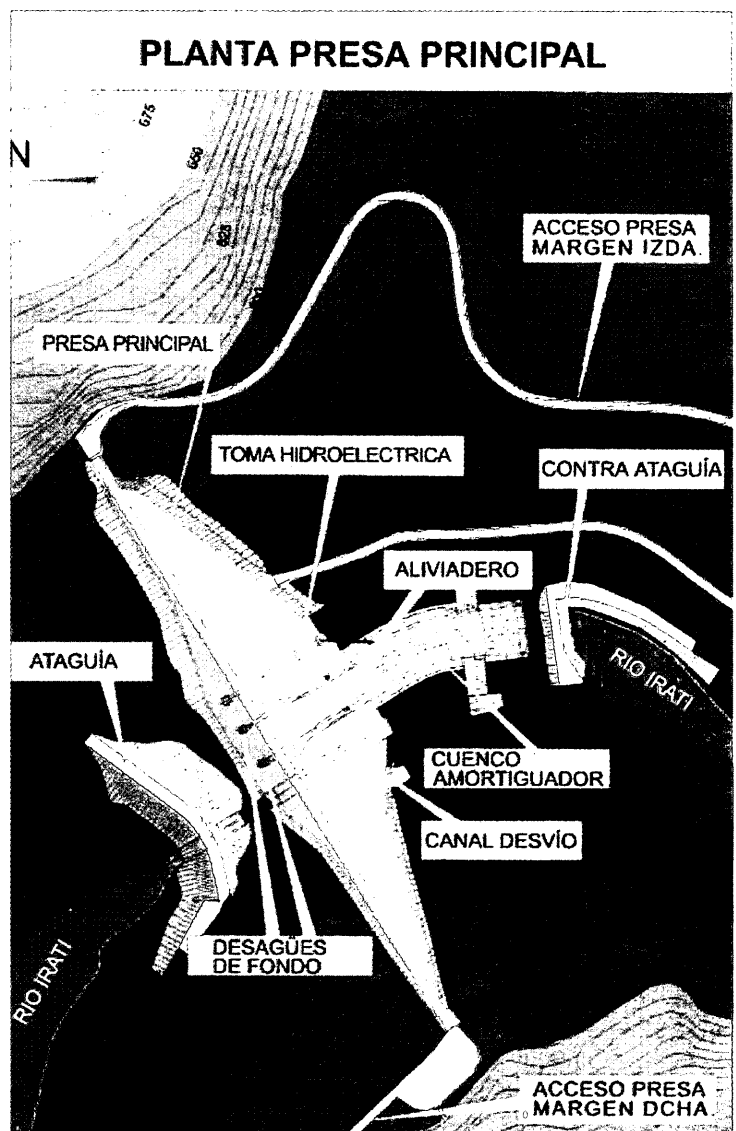
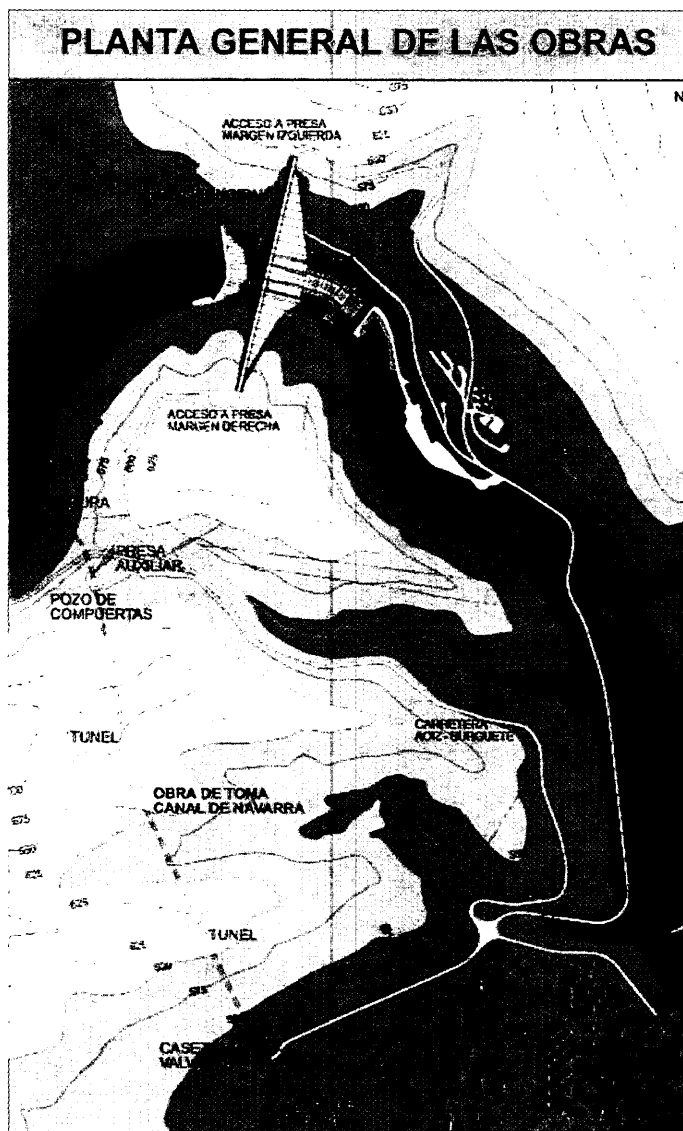
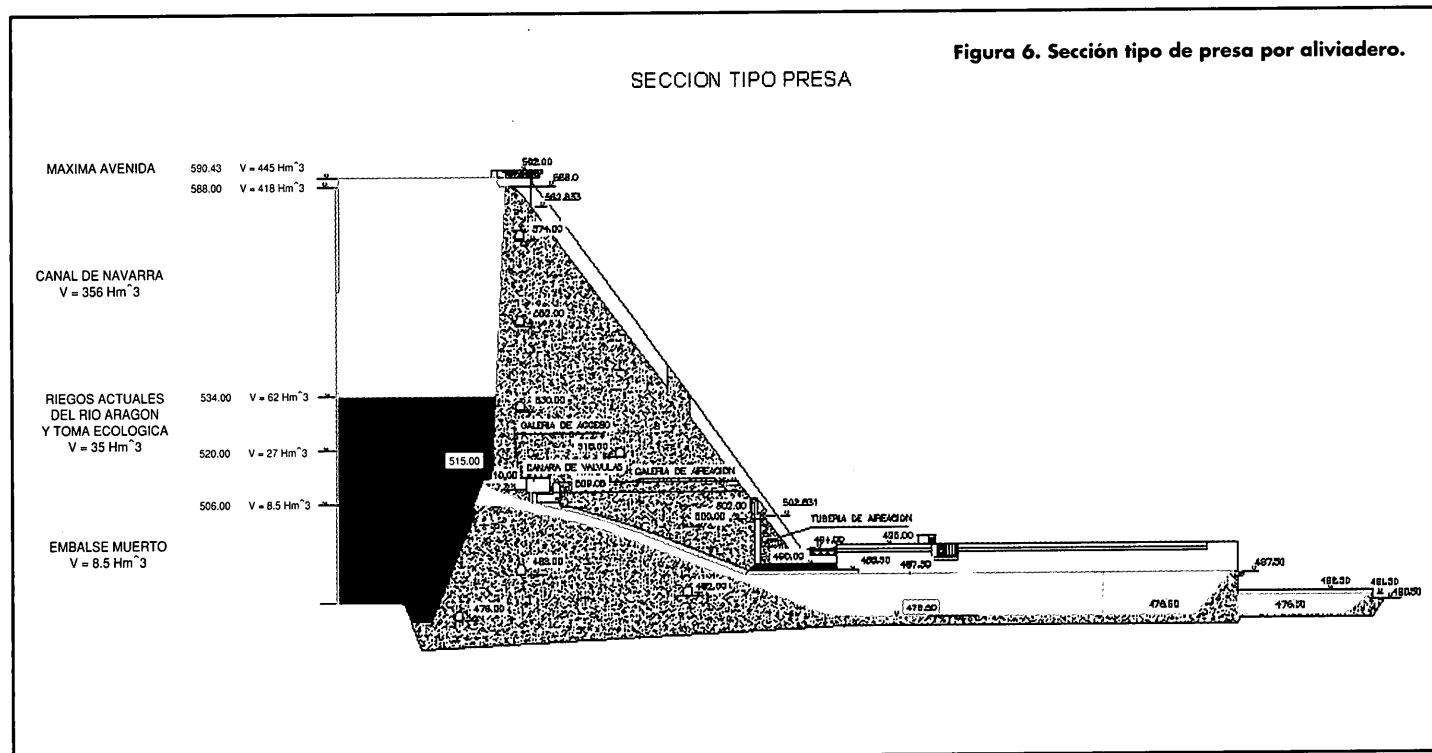


Figura 4. Planta general de las obras. A la derecha, Figura 5. Planta de la presa principal y su entorno.

El volumen de hormigón del cuerpo de presa es de 1,34 millones de m<sup>3</sup>. Los trabajos de hormigonado de la presa principal concluyeron el 21 de septiembre de 1998.

Durante la ejecución de la presa sus juntas transversales la han dividido en 29 bloques de 18 m de longitud. La impermeabilidad de estas discontinuidades se ha confiado a una doble banda de neopreno ubicada en las proximidades del paramento de aguas arriba en cuyo interior se ha dispuesto un taladro encofrado (mediante un cilindro de poriespán). También se ha dispuesto una junta longitudinal a la presa con el objeto de disminuir las dimensiones de los bloques mayores en su parte inferior reduciendo el volumen de hormigón de las tongadas e incrementando su superficie con lo que se favorecía la disipación del calor generado en el fraguado del hormigón.

Con el objeto de facilitar su control y mantenimiento en explotación y la ejecución de determinados trabajos durante su construcción la presa de Itoiz cuenta con un sistema de galerías en su interior. Las galerías rectangulares rematadas en clave por un arco de medio punto tienen una anchura de 2,00 m y una altura de 2,50 m. Se han dispuesto cinco cercanas al paramento de aguas arriba, a las cotas 488, 510, 530, 552 y 574; tres, próximas al paramento de aguas abajo para permitir la inyección de la junta longitudinal, a las cotas 482, 500 y 518 y, por último, una galería perimetral. A estas galerías se les ha dado acceso desde ambos estribos y las de aguas arriba se comunican entre sí mediante la perimetral y por medio de un ascensor que tiene también una entrada en la coronación de la presa. Las dimensiones expresadas para las galerías son válidas con la excepción de la situada a la cota 510 cuyas carac-



terísticas se detallan más adelante cuando se trata de los desagües de fondo. En las cámaras de válvulas, una por cada desagüe de fondo, se ha instalado un puente grúa para el más fácil entretenimiento de aquéllas.

A las cotas 488 y 530 en estribo izquierdo y a las 488 y 532 en el derecho se han prolongado las galerías de la presa 100 m en cada estribo con el objeto de investigar las laderas y poder proceder a la inyección de las mismas.

El tratamiento de la cimentación, aparte de la imprescindible limpieza del terreno natural y el vertido de un mortero de regularización y adherencia, ha consistido en dos actuaciones. La primera ha estado constituida por un tratamiento no sistemático de las singularidades de la cimentación, con limpieza manual y mediante agua inyectada a presión de las fisuras y la posterior inyección con una lechada de cemento. La segunda ha sido una inyección de consolidación también realizada con una lechada de cemento.

La pantalla de impermeabilización la ha conformado también un tratamiento no sistemático de las zonas que en los reconocimientos se habían detectado como especialmente problemáticas y otro sistemático en dos fases. La primera con taladros distanciados 6 m entre los que, posteriormente, se perforaron los taladros de segunda fase. La presión de inyección de la primera fase osciló entre 5 y 17 kg/cm<sup>2</sup> y en la segunda fase se llegó hasta los 22 kg/cm<sup>2</sup>. Se comenzó, en la primera fase, con una dosificación con una relación cemento agua de 1,5 a 1 que, cuando las admisiones eran muy altas, se aumentó hasta 2 a 1. En la segunda fase, tras una dosificación inicial 1,5 a 1, se pasó, debido a las pequeñas admisiones obtenidas,

a otra 1 a 1, con incrementos ocasionales cuando las admisiones aumentaban hasta 1,5 a 1 ó incluso 2 a 1. Todo el proceso se ha controlado mediante la ejecución de ensayos Lugeon. Se ejecutó una tercera fase en aquellos taladros que habían tenido mayores admisiones.

La pantalla de drenaje se ha ejecutado a continuación de la pantalla de impermeabilización y ha consistido en una serie de taladros perforados verticalmente desde la clave de cada galería hasta la situada inmediatamente encima pero cortándolos un metro antes de alcanzarla. En cimentación se han perforado los taladros aguas abajo de la pantalla de impermeabilización para disminuir las subpresiones bajo la presa.

Los órganos de desagüe de la presa, exceptuando la Toma del Canal de Navarra que se ubica fuera del cuerpo de presa, están constituidos por los desagües de fondo, una toma intermedia y el aliviadero de superficie.

### **Desagües de fondo**

Los desagües de fondo están compuestos por dos conductos rectangulares que atraviesan el cuerpo de presa. La cota del umbral de la embocadura es la 506,575. La salida de los dos conductos está en el mismo cuenco amortiguador en el que se produce la pérdida de carga del vertedero de superficie. El caudal máximo a embalse lleno de cada uno de los dos desagües es de 141 m<sup>3</sup>/s.

Cada conducto tiene dos partes, la primera, hasta las compuertas Taintor de 1.750 x 2.100 mm<sup>2</sup> estará en carga y, a continuación de éstas y hasta la salida, el agua circulará en lámina

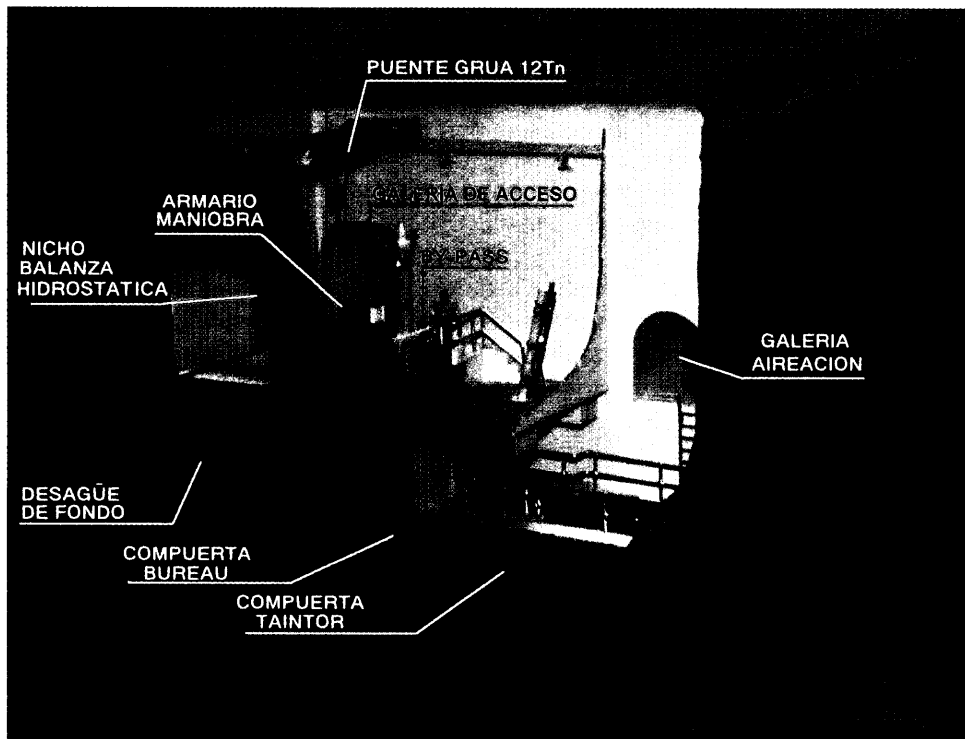


Figura 7. Corte, en maqueta, de la cámara de válvulas.

arco de medio punto y comunicadas con el exterior. La aireación de las válvulas Bureau se obtiene mediante sendas tuberías de hormigón de 70 cm de diámetro, que actúan como encofrado perdido, cuya salida está en la coronación de presa, en las pilas del puente sobre el vertedero. En el cambio de pendiente de la clave de la conducción, allí donde pasa a ser horizontal, se han construido sendos pozos que sirven para la aducción de aire e impedir que la lámina de agua choque con el techo y se produzcan golpes pulsatorios por el arrastre del aire.

Las válvulas Bureau tienen un bypass para permitir su maniobra con presiones equilibradas en toda ocasión salvo, naturalmente, en casos de emergencia. No obstante, las prescripciones exigen

la posibilidad de que funcionen con la compuerta de maniobra (la Taintor) completamente abierta y el embalse en su nivel máximo normal, condiciones en las que se deberá probar. Disponen estos mecanismos de una varilla de indicación de nivel de apertura y de un dispositivo de trincaje para mantener la compuerta abierta durante largos períodos de tiempo aunque se produzcan pequeñas fugas en el circuito oleo-hidráulico. El cierre de la válvula es metal-metal y se encuentra duplicado mediante juntas de neopreno cuya sustitución se podrá efectuar sin necesidad de disminuir la cota de agua en el embalse.

La aireación de las válvulas sectoriales se produce mediante galerías rectangulares de 2,00 x 2,50 m<sup>2</sup> con las claves en

libre. Aguas arriba de cada válvula Taintor se ubican sendas válvulas de seguridad de compuerta deslizante tipo Bureau de 1.750 x 2.150 mm<sup>2</sup>. La aireación de las válvulas sectoriales se produce mediante galerías rectangulares de 2,00 x 2,50 m<sup>2</sup> con las claves en

Las válvulas de regulación (Taintor) se podrán desmontar al igual que las Bureau de forma tal que se podrán sacarse al exterior de la presa para su reparación. Para facilitar el movimiento de materiales dentro y fuera de la presa, la galería de acceso a las cámaras de válvulas, situada a la cota 510,00, se proyecta de 3,00 x 3,00 m<sup>2</sup>, con clave curva y trazado en planta con acuerdos circulares en los cambios de sentido para permitir el paso de vehículos ligeros.



Figura 8. Compuerta Bureau en obra.

La salida de los dos conductos de desagüe de fondo se produce en los laterales del mismo cuenco amortiguador en que descarga el vertedero de superficie y que se describirá en un apartado posterior.

### Toma hidroeléctrica

Un conducto metálico de 3,10 m de diámetro interior, cerrado por una compuerta vagón y una ataguía, atraviesa la presa y tras un codo, convexo hacia arriba, desciende sobre el paramento de la presa y con otro codo, cóncavo hacia arriba, consigue la horizontalidad, se cierra con una brida ciega que, posteriormente, será eliminada para conducir el agua a la futura central hidroeléctrica de pie de presa.

Se ha dispuesto una acometida en la conducción con un diámetro interior de 750 mm que permitirá aportar al río los caudales necesarios para atender a los riegos actuales del río Aragón que se abastecen del río Irati y el caudal de compensación. La tubería arrojará, mediante una válvula Howell-Bunger, el chorro de agua al cuenco amortiguador. La válvula de seguridad de este sistema será una Ring-Follower.

También se dispone en la conducción de 750 mm una toma para el abastecimiento de agua a la población de Aoiz.

### Aliviadero

El aliviadero tiene su labio a la cota 588,00 y se sitúa entre los bloques 3 a 4, ambos inclusive. Los bloques centrales de la presa son el 1, situado a la izquierda y el 2, a su derecha, a continuación, el bloque 3 se localiza a la izquierda del 1, el 4 a la derecha del 2 y así sucesivamente.

El vertedero es de labio fijo, con un perfil Creager, con cuatro vanos de 12,50 m de longitud libre separados por pilas de 1,25 m totalizando 53,75 m a la salida del vertedero. El canal de descarga, apoyado sobre el paramento de aguas abajo de la presa, se estrecha desde su anchura superior hasta 22,70 m a 46,60 m medidos en horizontal del punto de salida del vertedero y continúa con esa dimensión hasta su llegada al cuenco.

Inmediatamente aguas abajo de la presa, el río Irati tiene un brusco cambio de dirección hacia la derecha. En la zona cóncava de la ladera se da una disposición de los estratos altamente inestable habiéndose producido deslizamientos durante la ejecución de la excavación que han obligado a su tratamiento mediante limpieza y retirada de los materiales movidos, tratamiento de diaclasas y fallas, cosido mediante bulones, muros anclados, plantaciones, etc.

Por otra parte, está prevista la construcción de una central hi-

droeléctrica al pie de la presa y, en concreto, en la margen izquierda del río. La margen derecha está ocupada por el canal de desvío.

Los dos condicionantes mencionados condujeron al proyecto de un dispositivo de amortiguamiento de energía tipo resalto en lugar de tipo trampolín que es más barato habitualmente. El cuenco, por sus menores dimensiones, producirá un menor impacto ambiental, dejará más espacio disponible en la margen izquierda del río para la central hidroeléctrica y eliminará el choque con los estratos inestables de la ladera izquierda.

El cuenco amortiguador tiene dos partes diferenciadas: el cuenco principal y un subcuenco secundario.

El cuenco principal tiene un primer tramo, de 26,00 m de longitud, en la zona inmediata a la salida del canal de descarga del vertedero y con el que tiene un acuerdo vertical circular de 10,00 m de radio. El segundo tramo está constituido por una elipse de 51,144 m de longitud en su eje que tiene por objeto adaptarse a la geometría del cauce. La tercera de las alineaciones vuelve a ser recta y de una longitud también de 26,00 m incluyendo el vertedero de salida del cuenco (Tabla 1).

En esta tabla se puede comprobar el importante efecto de laminación que supone la existencia del embalse que permite reducir la avenida de 500 años de período de retorno en un 46% y la de 1000 años de período de retorno en un 47%.

### Auscultación

Se han instrumentado nueve secciones de la presa principal. El número de sensores instalados es el siguiente:

- ▼ 120 termómetros, 70 de los cuales se han centralizado,
- ▼ 13 medidores de juntas,
- ▼ 14 extensómetros de varillas,
- ▼ 22 extensómetros en el hormigón más 23 en cada una de las secciones del desvío del río,
- ▼ 26 piezómetros,
- ▼ 130 ternas de base,
- ▼ 10 piezómetros abiertos,
- ▼ 3 sismógrafos y
- ▼ 2 secciones instrumentadas con péndulos tanto directos como inversos.

| TABLA 1                 |               |                                   |                                   |                        |
|-------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Período retorno<br>Años | Entrada punta | Salida punta<br>m <sup>3</sup> /s | Máximo Nivel<br>m <sup>3</sup> /s | Laminación<br>m.s.n.m. |
| 500                     | 650           | 350                               | 590,201                           | 46%                    |
| 1000                    | 776           | 410                               | 590,427                           | 47%                    |
| 10000                   | 963           | 565                               | 590,968                           | 41%                    |



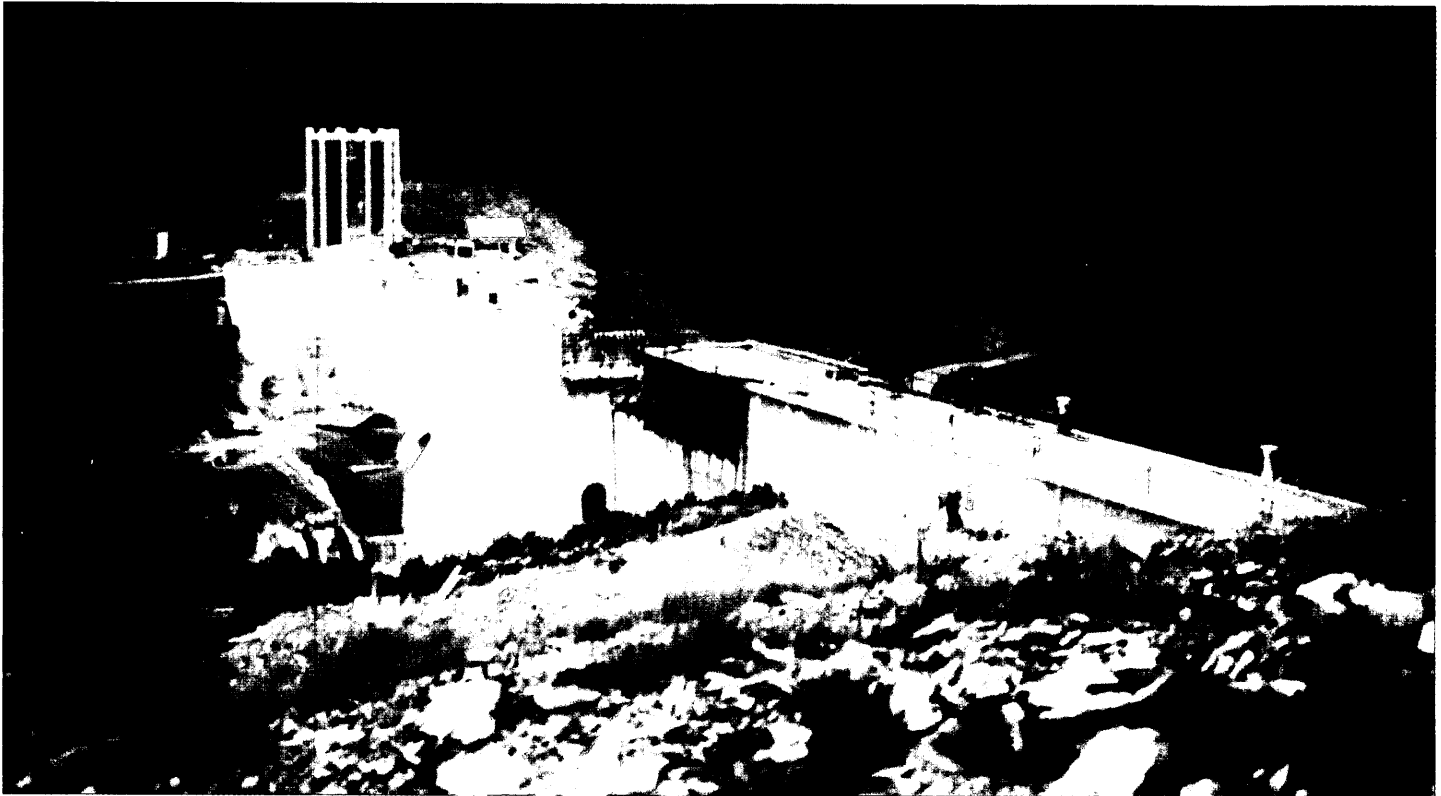


Figura 9. Presa auxiliar y pozo de compuertas de la toma del canal de enlace.

Además se ha instalado, en las proximidades de la presa, una estación meteorológica y se ha construido una estación de aforos en el río Irati, aguas abajo de la presa, que permite la medida de los caudales circulantes por el río. Durante toda la construcción de la presa, desde que se habilitó el desvío del río en particular, se han medido los caudales diariamente que han tenido paso por este último.

#### PRESA AUXILIAR

La presa auxiliar tiene una altura de 24 metros sobre cimientos con la misma cota de coronación que la presa principal. Tiene como finalidad impedir la salida del agua por un collado lateral cuya vertiente sur confluye con el río Irati en un punto localizado aguas arriba de la localidad de Aoiz.

Actualmente, y tras concluir la variante provisional de la NA-172, se ha comenzado el hormigonado del bloque 0. Restan únicamente por concluir este bloque 0 y los adyacentes, 1 y 2, que no se coronaron en su día con el objeto de disminuir el desnivel entre unos bloques y otros.

#### TOMA DEL CANAL DE NAVARRA Y CANAL DE ENLACE

La toma del futuro Canal de Navarra, incluida dentro del Proyecto de la Presa de Itoiz, consta de una conducción de aproximadamente 3 km de longitud. Tras la embocadura, que

se ubica en una vaguada en la ladera izquierda del embalse, a la altura de la presa auxiliar, hay un primer tramo en túnel de aproximadamente 1.200 m y otro segundo a cielo abierto de aproximadamente 1.800 m. Entre ambos está intercalada la caseta de válvulas.

El túnel tiene una sección circular de 4,50 m de diámetro interior resultado del revestimiento de una excavación de



Figura 10. Toma del canal de Navarra. Caseta de válvulas e inicio del mismo..

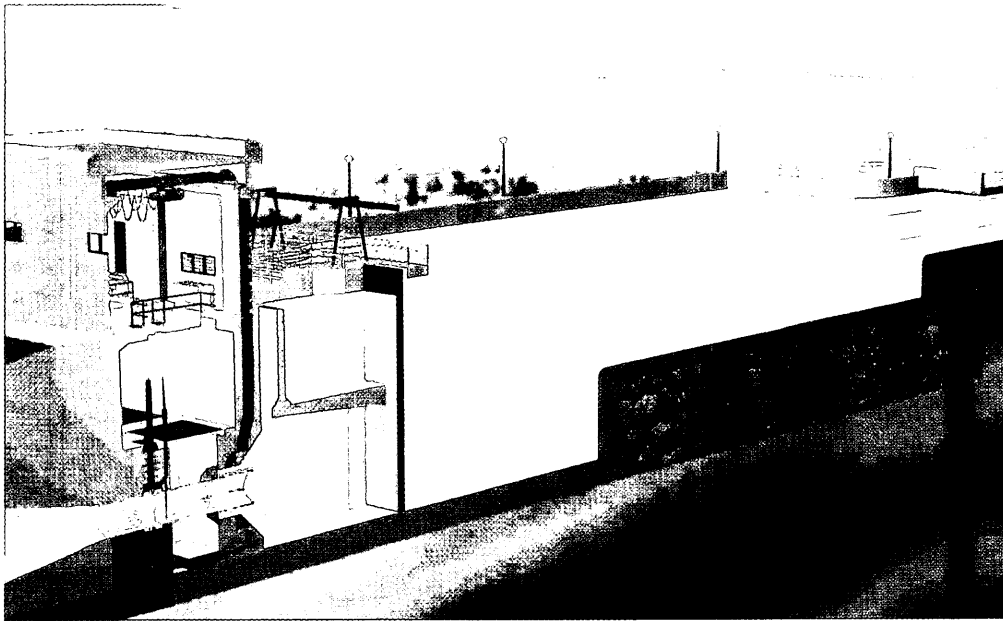


Figura 11. Sección de la caseta de válvulas.

5,30 m de diámetro. A la altura del paso del túnel por la presa auxiliar, coincidente con la salida del embalse, se ha dispuesto un pozo vertical con una torre de compuertas (ubicada en el estribo derecho de la presa auxiliar) donde se ha

instalado una compuerta vagón, que permitirá el cierre de la sección total del túnel y la puesta en seco de la mayor parte de la longitud del mismo. Aguas arriba de la mencionada compuerta se ha dispuesto una ataguía de seguridad. Dado que la explotación del túnel se realizará con el mismo en carga se ha debido blindar el tramo final del mismo, en una longitud de 55 m, con el objeto de impedir la hidrofracturación del revestimiento de hormigón al haber poca altura de revestimiento de tierras. En el final del túnel mediante una transición cónica se reduce el diámetro del conducto hasta los 4,00 m.

Inmediatamente después de la salida del túnel y antes de la caseta de válvulas, se ha dispuesto una bifurcación, uno de cuyos ramales se ha cerrado con una brida ciega hasta que se construya la futura central del canal. Cuando ésta se encuentre terminada se podrán turbinar las aportaciones al canal.

## AGUA Y MEDIO AMBIENTE

  
euroestudios, s.a.  
Ingenieros de consulta



- \* Planificación Hidrológica
- \* Presas
- \* Abastecimiento
- \* Saneamiento
- Hidráulico
- Canales y Obras Marítimas

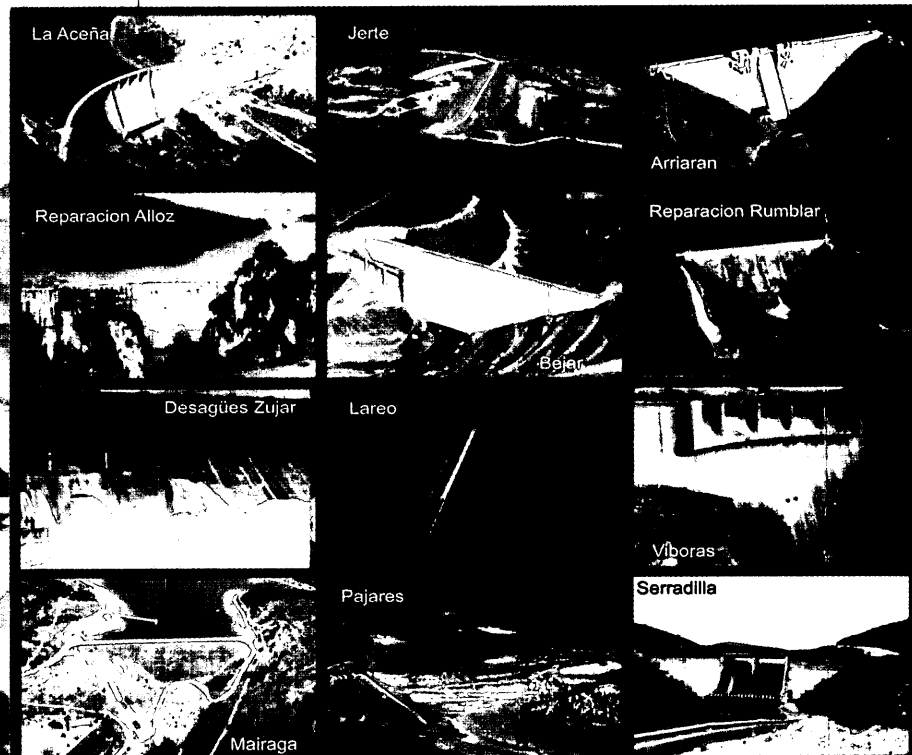




Figura 12. Contraatagüa y canal del desvío.

Debajo de la caseta de válvulas, que supone el paso de la conducción en carga al canal con lámina libre, se ha instalado una trifurcación con tres salidas de 1,50 m de diámetro. Cada una de las salidas dispone de una válvula Howell-Bunger con salida sumergida en sendos recintos individuales y una válvula, aguas arriba de la anterior, tipo Ring-Follower. Para prevenir el caso de avería de una de las tres válvulas de chorro hueco se ha dispuesto una atagüa. Si es preciso el mantenimiento o la reparación de una de las tres válvulas de maniobra se pueden cerrar la correspondiente válvula de seguridad, la Ring-Follower cuyo funcionamiento es únicamente de apertura o cierre total, y la atagüa con lo que es posible continuar el servicio con las otras dos válvulas útiles.

Los tres compartimentos de desagüe de las Howell-Bunger tienen la salida en una piscina, común a las tres, dispuesta, a su vez, en el interior de otra de mayores dimensiones. Se asegura con estas disposiciones la sumergencia de la salida de las válvulas. En el frente opuesto a las válvulas la piscina de mayores dimensiones tiene una apertura rectangular coincidente con el comienzo del canal de enlace.

El tramo a cielo abierto tiene una sección rectangular de 10,50 m de anchura y 4,15 m de altura sobre solera. Pasa por debajo de la nueva variante a Nagore, motivada por la futura inundación de la antigua carretera por el embalse. El punto final del canal de enlace construido se continuará, con la misma sección, hasta la balsa de Villaveta.

El caudal máximo del conjunto de toma es de 112 m<sup>3</sup>/s, equivalente a la capacidad del sistema a embalse lleno y con la máxima apertura de sus elementos de maniobra.

#### OBRAS ACCESORIAS

Las conforman el conjunto de todas las obras necesarias para la construcción y explotación del embalse y las constituyen los caminos de acceso, edificios de administración y explotación, almacenes, laboratorio, plantas depuradoras, obras de urbanización, tratamientos de estabilización de laderas, tratamientos de vertederos, reforestaciones y demás obras de corrección de impactos ambientales, así como la reposición de servidumbres, etc.

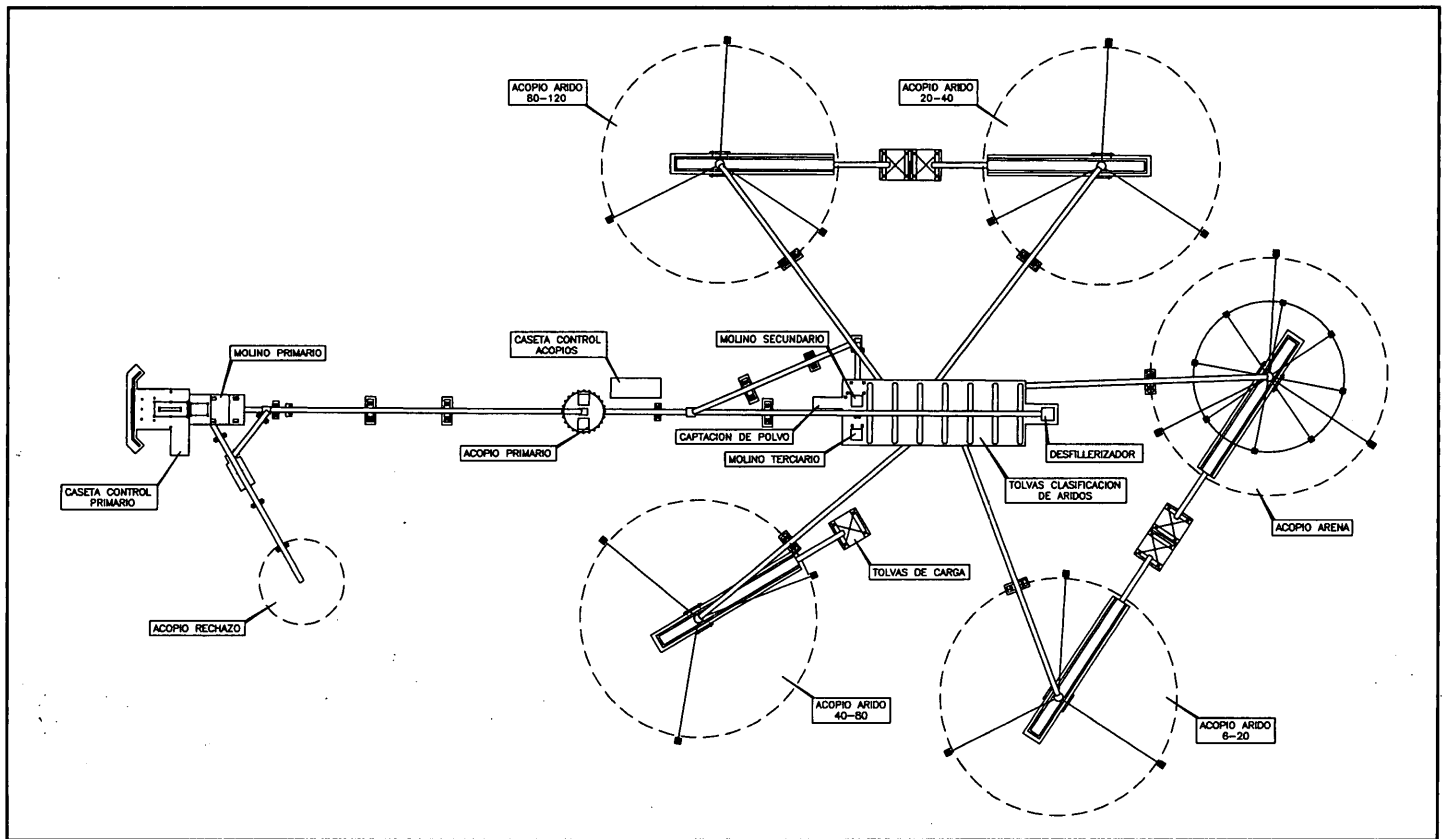


Figura 13. Disposición de la planta de machaqueo.

## PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

### DESVÍO DEL RIO

Para poder ejecutar las obras ha sido preciso proceder a la construcción de un desvío del río compuesto por una ataguía, una contraataguía y un canal de desvío.

La ataguía es también una gran presa heterogénea de materiales sueltos de 25 m de altura, con un núcleo de arcillas procedentes del mismo vaso del embalse, espaldones de material granular, un filtro-dren y una protección de escollera en los paramentos de aguas arriba y aguas abajo.

La contraataguía, presa de mucha menor altura que la anterior, cuenta también con una protección de escollera.

El desvío del río se ha dividido, a su paso bajo la presa, en dos conductos con el objeto de disminuir la sobrelevación de la lámina en la curva existente bajo la presa. La capacidad del desvío es de 500 m<sup>3</sup>/s, próximo a los 100 años de período de retorno.

### CANTERA EXPLOTADA

La cantera explotada para la presa de Itoiz se encuentra en las cercanías de la reserva natural del Poche de Chinchurre-

nea. Ello ha obligado a una explotación acorde con las exigencias de la protección a las rapaces, principalmente buitre leonado, en particular durante su período de nidificación.

Se trata de unas calizas micríticas de una calidad muy buena, pertenecientes al mismo nivel que también se explota en las canteras de la sierra de Alaiz. Los condicionantes de la Declaración de Impacto Ambiental, que prohíben la extracción por encima del nivel de máximo embalse, han supuesto la insuficiencia de la cantera prevista en el proyecto para el abastecimiento completo de la obra. Ha sido preciso, por tanto, aportar áridos, del orden de una tercera parte de las necesidades totales de la obra, de las canteras comerciales de la mencionada sierra de Alaiz.

Para el transporte de la piedra desde la cantera hasta la planta de machaqueo se ha abierto un camino independiente de la NA-172 que no entra en el núcleo urbano de Orbaiz. El transporte por este camino se ha realizado con dumperes extraviales de 50 toneladas.

### PLANTA DE MACHAQUEO

La planta de machaqueo se encuentra situada entre la cantera y la planta de hormigón. En el hormigón de la presa principal se han utilizado un tamaño de arena, de 0 a 6 mm, y

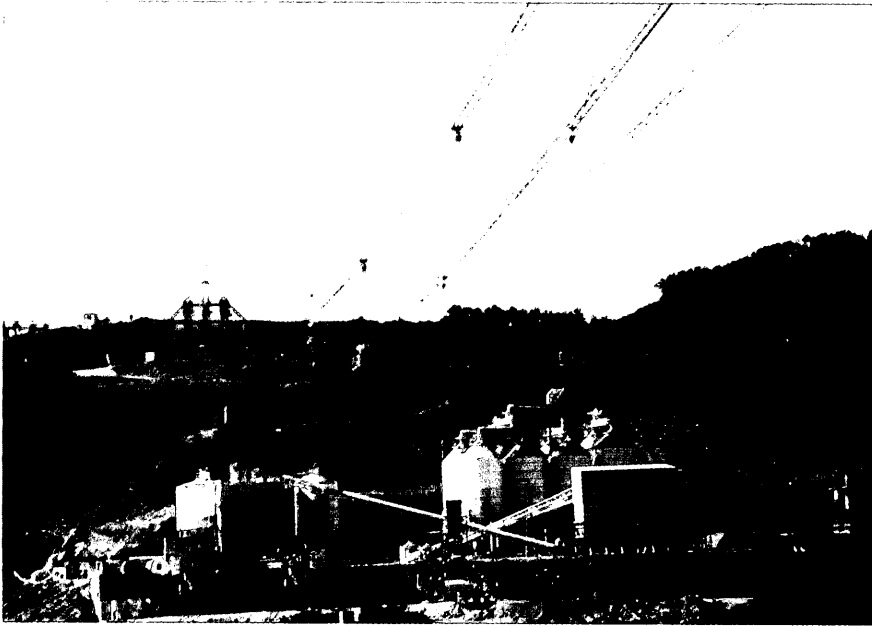


Figura 14. Planta de hormigón.

cuatro tamaños de árido grueso: 6 a 20 mm; 20 a 40 mm; 40 a 80 mm y 80 a 120 mm.

En la planta de machaqueo, que ya se ha desmontado, se encontraba, en primer lugar, la tolva de recepción de áridos donde descargaban los dumperes procedentes de la cantera. A continuación, se cribaba el material de forma que se eliminaba todo el material de tamaño inferior a 4 cm. Este rechazo, procedente de cantera, ha sido utilizado en muchos rellenos drenantes y explanadas, sustituyendo a zahorras artificiales con excelentes resultados.

El material de tamaño superior a los 4 cm se machacaba en el molino primario. Se trataba de un molino de impactos, con una producción de 700 t/h y 600 CV de potencia. El tamaño máximo de entrada en el molino era 1 m y el máximo de salida 200 mm. El material de tamaño superior a 120 mm que salía del molino se devolvía a la entrada al mismo para volver a machacarlo.

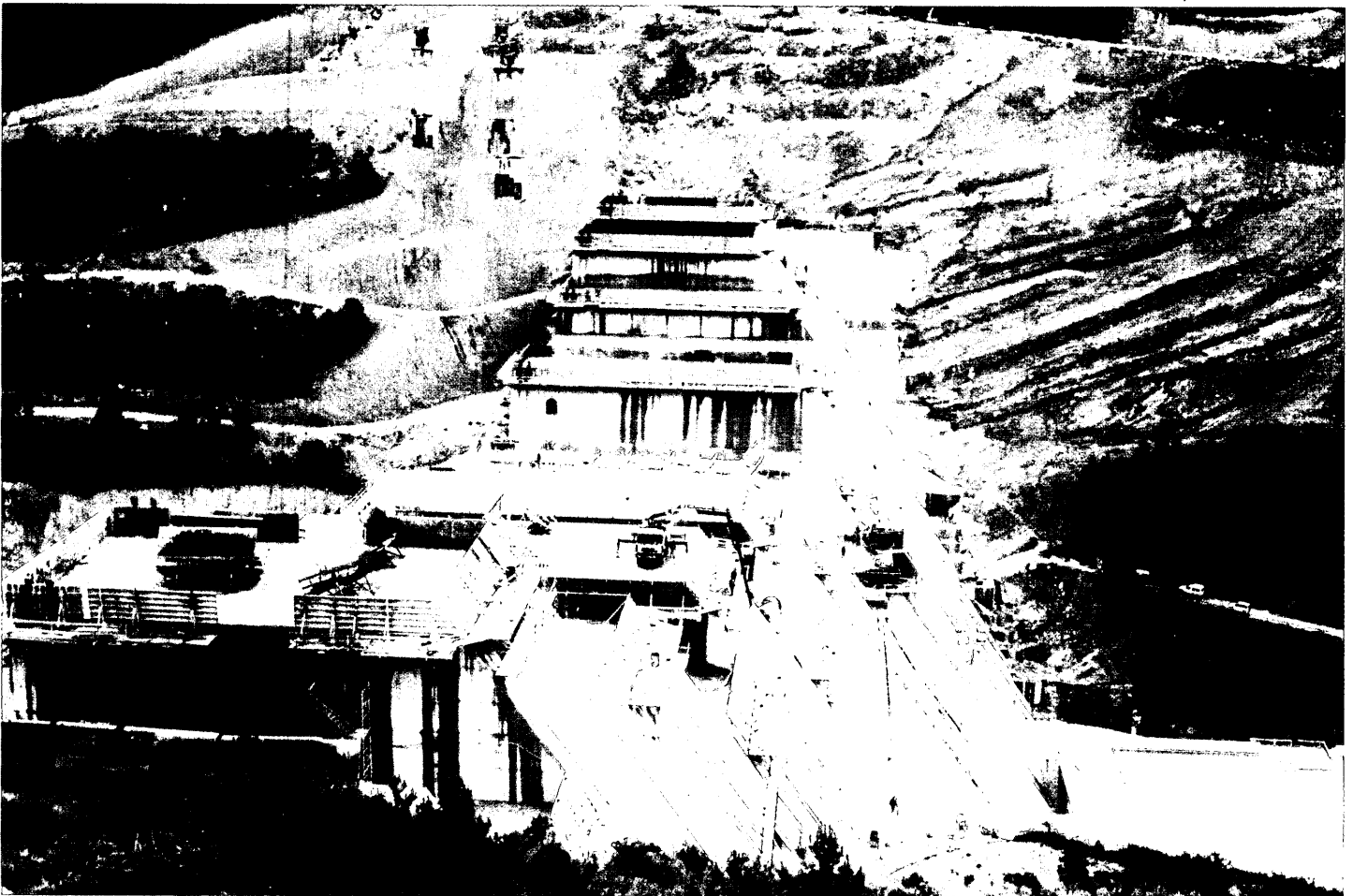


Figura 15. Transporte de hormigón con los blondines.

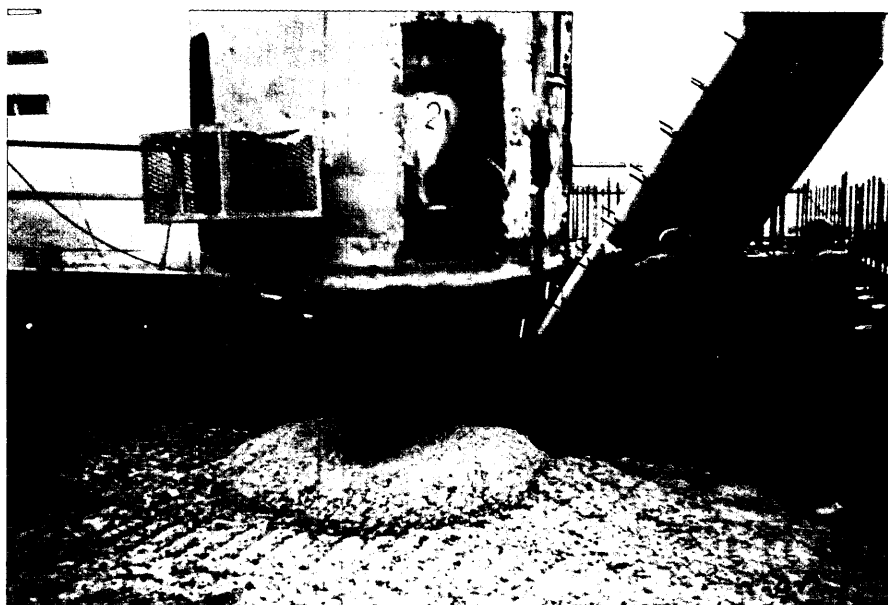


Figura 16. Puesta en obra del hormigón.

El material se pasaba, mediante una cinta transportadora, por encima de la carretera Na-172 hasta el acopio primario, un silo con una capacidad de 1.000 t, que servía para «laminar» el exceso de producción de la instalación del primario sobre el resto de la planta.

El molino secundario, también de impactos, tenía una producción de 120 t/h y una potencia de 125 CV. Los tamaños máximos de entrada y salida eran 200 y 40 mm respectivamente.

La producción del molino de impactos terciario era de 90 t/h, con una potencia de 125 CV y un tamaño máximo de entrada de 80 mm.

En el mismo edificio donde se ubicaban los molinos secundario y terciario se encontraban las cribas que separaban los cinco tamaños ya mencionados y que llenaban las tolvas desde las que se cargaban los camiones. La carga de los vehículos de transporte se realizaba preferentemente desde las tolvas y, únicamente cuando éstas se encontraban llenas, unas cintas transportadoras conducían los áridos hasta cinco acopios dispuestos en forma de estrella con una capacidad unitaria de 10.000 t. El acopio de arena estaba cubierto para impedir un exceso de humedad en caso de lluvia.

Unas cintas, que tenían su entrada bajo el centro de los acopios, cargaban los camiones (bañeras) cuando las tolvas estaban vacías. Todo el movimiento de material en la planta se realizó, con la excepción de la carga del material último que quedó en los acopios, sin la necesidad de utilizar retroexcavadoras o cargadoras frontales.

Como instalación accesoria había un desfillerizador que eliminaba finos del árido. Durante toda la obra se ha controlado la cantidad de finos en el hormigón y su calidad por el

procedimiento del azul de metileno. Otros equipamientos complementarios, con el objeto de proteger el medio ambiente, han sido un captador de polvo, el carenado de las cintas de transporte y una balsa de decantación. Si bien todo el proceso se realizó por la vía húmeda el motivo de la balsa ha sido la eliminación de los finos arrastrados en el agua de limpieza de la planta evitándose así la contaminación de los cauces fluviales.

### INSTALACIONES PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN

Las instalaciones para la fabricación de hormigón se ubicaron en el estribo derecho de la presa contemplando varios aspectos simultáneamente, tales como la ubicación de la planta de machaqueo y el recorrido de transporte de los áridos, la disposición del sistema de puesta en obra del hormigón (andariveles o blondines), la existencia de espacio para las instalaciones, etc.

Debido a la poca superficie disponible en el estribo derecho, fue preciso realizar una importante excavación para la creación de la plataforma donde se ubicó la planta.

Para la fabricación del hormigón se ha trabajado con una dosificación por metro cúbico que contaba con 584 kg de arena 0/6 mm (se ha utilizado arena fabricada en la propia planta de machaqueo y arena comprada en plantas comerciales), 382 kg de árido 6/20, 415 kg de árido 20/40, 516 kg de árido 40/80 y 348 kg de árido 80/120. Se han utilizado 180 kg de un conglomerante compuesto por cemento y cenizas por cada metro cúbico de hormigón. La cantidad de agua fue de 115 kg/m<sup>3</sup>.

La entrada de los áridos a la planta se realizaba mediante dos tolvas, una para la arena y otra para los áridos gruesos. Desde las tolvas, mediante dos cintas transportadoras, se llevaba el material hasta la parte superior de los ocho silos que, con una capacidad unitaria de 1.000 t, se cargaban por la parte superior.

Los silos se descargaban por debajo y mediante cintas transportadoras se conducían a los sistemas de dosificación de áridos que eran dobles. La dosificadora disponía de seis tolvas dobles, dos para las arenas y cuatro para los otros tipos de áridos. Se realizaba un premezclado en la propia dosificadora al verterse los áridos en cada una de las dos cintas que transportaba el material hacia las amasadoras.

Al lado de la planta de hormigón había cuatro silos de 500 t de capacidad, dos para el cemento y dos para las cenizas y un depósito para el agua de 650 m<sup>3</sup>.

Las amasadoras fueron dos dobles de eje horizontal que, con una potencia total instalada de 650 CV, eran capaces de fabricar 380 m<sup>3</sup>/h de hormigón. El tiempo de amasado fue de 20 s y la duración total del ciclo de 72 s.

## INSTALACIONES PARA EL TRANSPORTE Y LA PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

Para el transporte en general de la obra (maquinaria y encofrados, nunca personal) y para la puesta en obra del hormigón se instaló un sistema de tres andariveles (blondines) con una capacidad unitaria de 20 t. Los cubilotes de hormigón podían transportar 6,5 m<sup>3</sup>.

Cada uno de los tres blondines contaba con dos cables carriles que, con un diámetro de 62,5 mm, salvaban un vano de 801 m; un cable de traslación que formaba un bucle y un cuarto cable de elevación. La velocidad de traslación que se podía obtener con esta instalación era de 7,0 m/s en traslación y 2,5 m/s en elevación. La potencia total instalada fue de 6.350 kVA.

Como ya se ha dicho, los blondines instalados fueron tres (con colores diferentes: blanco, verde y naranja), cada uno contaba con un equipo distinto compuesto por un maquinista y un señalista, conectados mediante una frecuencia exclusiva de radio.

Tres cintas transportaban el hormigón desde la planta hasta los silobuses de carga de los cubilotes de los blondines. Cada una de las dos amasadoras descargaba en una de las cintas extremas y la intermedia era alimentada por una u otra de las amasadoras obedeciendo las instrucciones de un ordenador.

Los cables carriles se apoyaban, por un lado, en las «torres fijas» de la margen derecha, y por el otro, mediante unos carretes, que discurrían sobre el «camino de rodadura» de la margen izquierda.

Los cubilotes se descargaban por el fondo en la zona de colocación del hormigón, a continuación, éste se extendía con un bulldozer y se vibraba con un pulpo, dotado de seis vibradores, montado en una retroexcavadora.

El hormigón de presa, de 120 mm de tamaño máximo, tenía una consistencia seca, cono de Abrams cero. En los casos en que el hormigón procedía de plantas ajenas a las obras el tamaño máximo de árido fue 80 mm.

El espesor de tongada fue de 2,00 m en la presa principal y está siendo de 1,50 m en la auxiliar. La tongada de 2,00 m se extendía en tres subtongadas, o cuatro cuando el tiempo era muy caluroso. La máxima temperatura absoluta admitida ha sido de 40° y el máximo incremento de temperatura, medido como la diferencia entre la máxima alcanzada y la obtenida en el momento de la puesta en obra, ha sido de 22°. Entre cada dos tongadas se extendía un «mortero de retoma» constituido por un hormigón más rico en conglomerante y con un tamaño máximo de árido de 40 mm. Todos los paramentos verticales o pseudoverticales se han realizado con hormigón de tamaño máximo 120 mm salvo el paramento de aguas abajo (0,75H/1,00V) y el de aguas arriba correspondiente al tacón japonés (0,40H/1,00V) que se ejecutaron con un tamaño máximo de árido de 40 mm y una consistencia más húmeda.

El encofrado de ambas presas ha sido trepante con unas dimensiones de tablero de 6,00 m de anchura por 2,00 m de altura (espesor de tongada) en la presa principal y 1,50 m en la auxiliar.

Se ha realizado un cuidadoso curado del hormigón manteniéndolo, después de su puesta en obra, húmedo, más bien mojado, bajo una lámina de agua, mediante el empleo de aspersores, «pajaritos», que se abastecían desde el mismo depósito que, a una cota superior a la de la planta de hormigón, suministraba a ésta el agua. Estas reservas se rellenaban mediante una bomba cuya toma se encontraba inmediatamente aguas abajo del final del canal de hormigón del desvío del río.

## CONTROL DE LAS OBRAS

Durante la ejecución de las obras se ha mantenido un laboratorio en obra en el que se ha realizado el control de los materiales y una asistencia técnica para la vigilancia de aquéllas.

Para la determinación de las características del hormigón se han fabricado dos tipos de probetas: las convencionales cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura y otras cúbicas de 300 mm de lado. De las cilíndricas se han hecho 25.129 hasta el momento (está prevista la ejecución de 200 más) y de las cúbicas 198. La resistencia característica exigida ha sido de 20 MPa a 90 días. Se han roto probetas a 1 y 3 días (para decidir el momento en que se podía proceder al desencofrado), 7 y 28 días (para extrapolar resultados y tomar medidas correctoras sin necesidad de esperar a los 90 días), 90 días (edad de la resistencia característica) y a 180 y 360 días (para determinar la evolución futura del hormigón).

También se han probado (mediante ensayos físicos, químicos y mecánicos) las calidades de los componentes del hormigón: cemento, ceniza, mezcla de ambos, áridos (tanto los gruesos como las arenas) y el agua.

## MEDIDAS CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL

Durante toda la ejecución de las obras se han cumplido todos los condicionantes de la Declaración de Impacto Ambiental. Se ha constituido una Comisión de Seguimiento Ambiental que ha integrado miembros de la Dirección de Obra, del Contratista principal de las obras, de la Asistencia Técnica y del Gobierno de Navarra, del que han acudido representantes de las direcciones generales de Obras Públicas, Medio Ambiente, Agricultura y Cultura.

En las proximidades del embalse hay tres reservas naturales a ninguna de las cuales les afecta el llenado del embalse. Una de las tres reservas, concretamente la el Poche de Chinchurrenea, se ubica en las proximidades de la cantera que se ha utilizado para la extracción de los áridos que se han utiliza-



Figuras 17 y 18. Vertedero de Aoiz antes y después de las obras.



do en la fabricación del hormigón. El objetivo de la mencionada reserva es la protección del buitre leonado. Por ello, se ha debido tener una exquisita precaución con esta especie. En todas las voladuras durante el período de nidificación de las rapaces se ha realizado un exhaustivo seguimiento de las reacciones de estas aves por un ornitólogo especialista que ha estado presente en la práctica totalidad de aquéllas.

Otras especies a las que, entre otras, se ha dedicado una especial atención han sido la trucha, la nutria, cuya subida por el río, atravesando la cerrada, parece haberse confirmado, y el desmán del Pirineo, especie no incluida en la Declaración de Impacto Ambiental.

Se han realizado variantes en los principales núcleos urbanos, Aoiz y Orbaiz, con el objeto de aminsonar las molestias que el tráfico, principalmente de transporte de áridos, pudiera producir en los habitantes.

Se ha buscado, en todo lo factible, que el impacto de las obras sea el menor posible, hasta el punto de que en algún caso se ha podido producir un efecto positivo. Por ejemplo, con los materiales procedentes de la excavación se ha recuperado un antiguo vertedero de residuos sólidos de Aoiz.

En las fotografías se puede comprobar el estado del vertedero antes y después del vertido de los estériles de la obra. ■