

PRESA DE MONTEARAGÓN

THE MONTEARAGÓN DAM

EDUARDO NOVELLA JACOBO. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Confederación Hidrográfica del Ebro. *e.novella@chebro.es*
MIGUEL ZUECO RUIZ. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Confederación Hidrográfica del Ebro. *m.zueco@chebro.es*

RESUMEN: El Embalse de Montearagón tendrá una capacidad de 51,5 hm³, con lo que hará posible el riego de 6.350 ha y el abastecimiento de la ciudad de Huesca. También permitirá la laminación de las avenidas del río Flumen. La presa de Montearagón, localizada en el río Flumen, es una presa de gravedad de hormigón, tiene 86 m de altura sobre cimientos y 338 m de longitud de coronación. Las obras están constituidas por la presa y el resto de las obras auxiliares.

PALABRAS CLAVE: FACIES SOMONTANO, FLUMEN, DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES, INSTALACIONES, BLONDINES, INYECCIONES

ABSTRACT: The Montearagon reservoir will have a capacity of 51.5 hm³ which will serve to irrigate 6,350 hectares of land and provide a water supply to the city of Huesca. The works will also serve to split the river Flumen freshets. The Montearagon dam, set on the Flumen river, is a 86 m high concrete gravity dam with a 338 m long topping. The works will be formed by a dam and appurtenant works.

KEYWORDS: SOMONTANO FACIES, FLUMEN, CONCRETE PROPORTIONING, INSTALLATIONS, CABLEWAYS, AUSCULTATION INJECTIONS

1. INTRODUCCIÓN

El agua es, sin ninguna duda, uno de los bienes más preciados por todos los altoaragoneses. Un recurso natural tratado con celo y cariño, que tiene especial protagonismo entre los grandes proyectos que afectan a las tierras oscenses.

Un buen ejemplo de ello, en la actualidad, es la construcción a escasos kilómetros de Huesca, del embalse de Montearagón. Una obra hidráulica demandada por todos los oscenses, que supone un excelente ejemplo del aprovechamiento de tan preciado recurso natural. Una realidad inminente, que conllevará una notable mejora en el suministro hídrico a la ciudad de Huesca, y revitalizará una parte de las tierras de la Hoya, mejorando el regadío de 6.350 hectáreas. Las naturales protagonistas del proyecto que se describe son las aguas del río Flumen.

Este embalse debe su nombre a un famoso castillo, estratégicamente enclavado para conseguir la reconquista de la ciudad de Huesca a los musulmanes; fue construido en el

año 1085, y cumplido su objetivo pasó a ser uno de los monasterios más ricos y poderosos de la Edad Media.

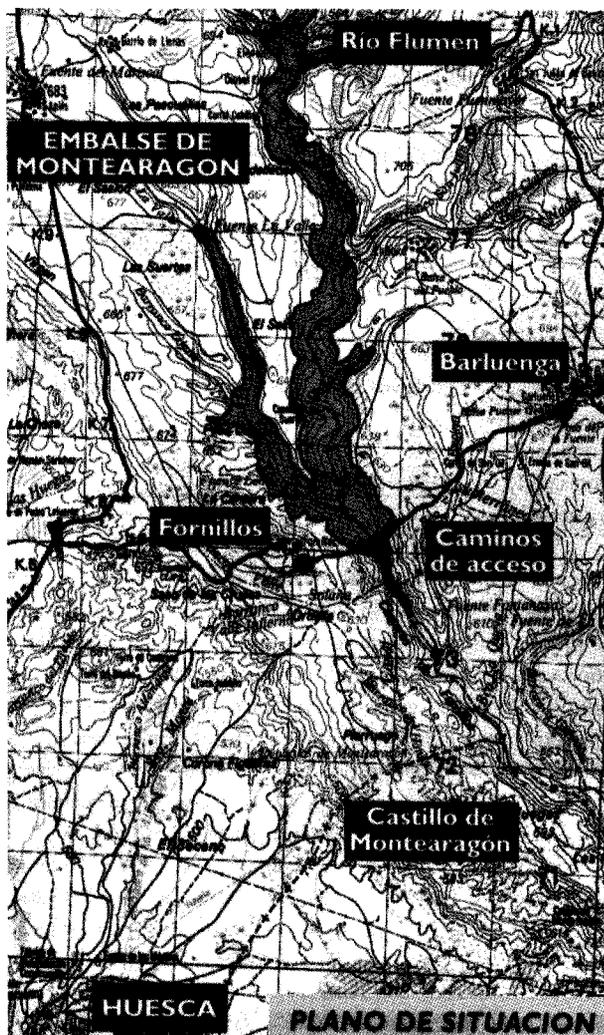
2. EL FLUMEN

Las primeras aguas de río Flumen emergen de la sierra de Javierre, muy cerca del nacimiento de uno de sus afluentes, el río Isuela. Tras un breve trayecto de cauce seco, las aguas de las sierras del Águila, Belarre y Gabardiella le proporcionan nuevos caudales, regulados en cabecera por los embalses de Santa María de Belsúe y Cienfuens; poco más abajo, el río toma sus tramos más difíciles, atravesando el paraje del Salto de Roldan y el barranco de las Palomeiras, acercándose a lo que serán sus últimos momentos de reposo en el embalse de Montearagón.

El Flumen es un afluente del río Alcanadre, con una superficie de cuenca este último de 3.386 Km², de los cuales 1.545 pertenecen al Flumen. Esta red fluvial tiene su fin al unir sus aguas con las de otro río, el Cinca.



Castillo de Montearagón. Siglo XI.



Situación del Embalse.

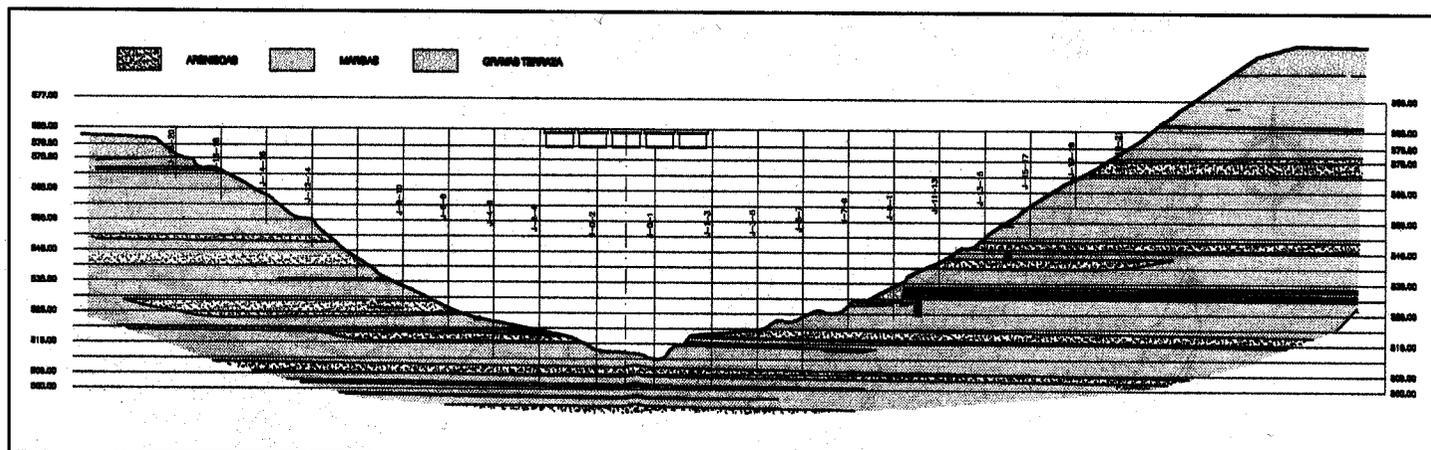
3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

El 16 de diciembre de 1994 se adjudicó definitivamente la ejecución de las obras del Embalse de Montearagón a la empresa ENTRECANALES Y TÁVORA, S.A, en la actualidad NECSO, S.A.

El conjunto de obras del Embalse de Montearagón que comprendía el proyecto de construcción adjudicado, constaba de una presa de hormigón compactado sobre el río Flumen, de tipo de gravedad, de planta recta, con una altura máxima sobre cimientos de 78 m y una longitud de coronación de 255 m. Sus taludes eran de 0,35 H: 1V aguas arriba, y 0,62 H: 1V aguas abajo, el volumen de excavación de 147.515 m³ y de hormigón total de 458.798 m³. Asimismo y como obras características, constaba de aliviadero, desagües de fondo, toma, desvío del río, caminos de acceso y una variante de la conducción de agua a Huesca.

Estudios posteriores llevaron a determinar unos valores de las características resistentes y deformacionales del cimiento que, en esencia, reflejaban un terreno más débil y deformable que el contemplado en el Proyecto, lo que aconsejó realizar cambios en la presa proyectada para aumentar su estabilidad al deslizamiento y mejoras de cara a deformaciones verticales y horizontales.

Tras este periodo de estudios complementarios de la cimentación, durante el que la obra estuvo suspendida temporal y parcialmente, se redactó un nuevo Proyecto de presa, de hormigón vibrado y planta curva, y tras su aprobación los trabajos se reanudaron el 28 de diciembre de 2000, con un presupuesto de ejecución por contrata de 31.740.078,55 €. El plazo de ejecución vigente finaliza el 27 de diciembre de 2004.



Corte geológico de la cerrada.

4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Cuenca hidrográfica: Ebro
 Río: Flumen
 Términos Municipales: Huesca y Loporzano
 Provincia: Huesca
 Comunidad Autónoma: Aragón

5. USOS PREVISTOS DEL EMBALSE

La Presa de Montearagón creará un embalse de 51,5 Hm³ de capacidad que, al regular los caudales del río Flumen cuya aportación media es de 45,10 Hm³, hará posible:

- El riego de 6.350 Ha con una demanda de 31,9 Hm³
- El abastecimiento a Huesca, hasta una demanda anual de 5 Hm³
- El caudal de mantenimiento del río con una demanda anual de 5 Hm³
- La mejora en el control y laminación de avenidas
- Otros posibles usos.

6. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA Y EMBALSE

6.1. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA

Cota máxima de la cuenca: 1520 m
 Superficie de cuenca en punto cierre: 142 Km²

Caudales máx. de riadas en punto cierre con período de retorno:

25 años. 238 m³/s
 50 años 298 m³/s

100 años 370 m³/s
 500 años 555 m³/s
 1.000 años 628 m³/s
 10.000 años 993 m³/s
 Aportación media en punto cierre: 45,10 hm³/año
 Caudal medio en punto de cierre: 1,43 m³/s

6.2. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

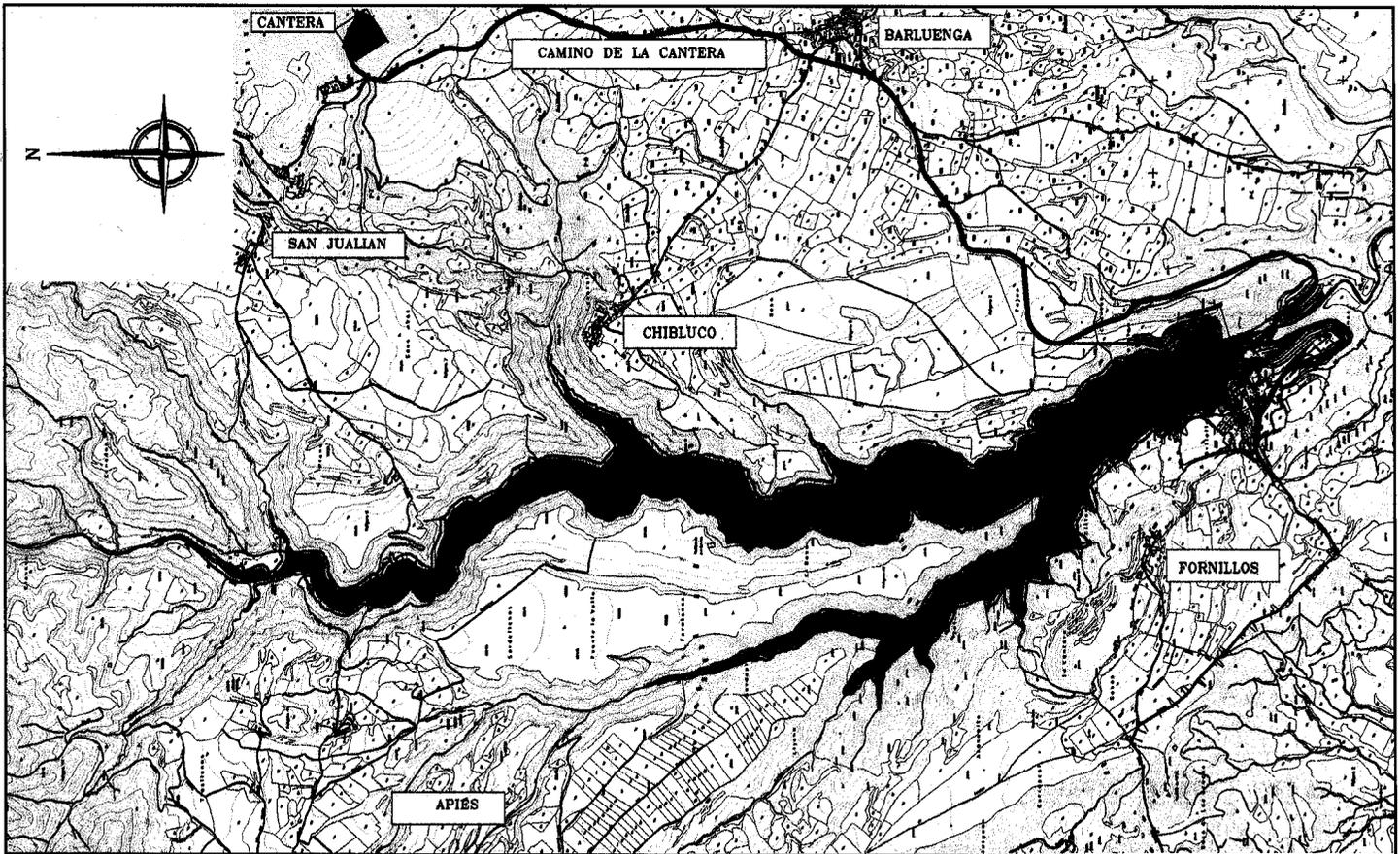
Cota de Nivel Máx.de Operación: 579 m
 Cota de Nivel Máx. Normal 579,5 m
 Cota de Nivel de Avenida Proyecto 582,65 m
 Cota de Nivel de Avenida Extrema 583,92 m
 Superficie a Nivel Máximo Normal 203,40 Ha
 Capacidad total Nivel Máx.de Operación 51,5 Hm³
 Capacidad por debajo de la toma: 8,32 Hm³
 Capacidad útil Nivel Máx. de Operación 43,18 Hm³

7. GEOLOGÍA

La cerrada y el vaso del embalse de Montearagón se ubican dentro de la denominada Facies Somontano del Mioceno Continental de la Depresión del Ebro, depósitos de naturaleza detrítica generados al pie de las Sierras Exteriores pirenaicas.

La Facies Somontano está formada por una alternancia rítmica de capas rojizas y grises, más o menos calcáreas, de espesores centimétricos a métricos, dispuestas horizontalmente y con límites rugosos y mal definidos entre sus diferentes estratos. Entre estas capas margosas se disponen paleocanales de extensión lateral métrica a hectométrica constituidos por arenitas.

Predominan las margas y areniscas finas, con un contenido muy variable de arcilla, y arcillas margosas. La variación del contenido en arcilla se observa lateralmente en la sedimentación, pero el color se conserva generalmente gris o rojizo, con tonalidades ocres, amarillas. Localmente se



Planta general del Embalse.

pueden identificar niveles más carbonatados, asemejándose a una marga calcárea finamente arenosa, compacta y más resistente.

Los materiales que componen los paleocanales son areniscas: generalmente de grano fino a medio, localmente grueso. Su análisis petrográfico las clasifica como Arcosa con matriz calcárea.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

7.1. DESVÍO DEL RÍO

Para realizar los trabajos de excavación de presa, ha sido necesaria la construcción de un canal en la margen izquierda que desvía el cauce natural del río.

El canal se compone de una embocadura inicial, un tramo en túnel hasta la presa, un túnel a lo largo del bloque nº 5 del cuerpo de presa, un canal aguas abajo del cuerpo de presa y un cuenco amortiguador para restituir las aguas nuevamente a su cauce natural.

Al quedar el nivel de cimentación más bajo que el cauce, se hace necesaria la construcción de una ataguía que desvíe el río hacia el canal con el resguardo necesario fren-

te a avenidas con un periodo de retorno de 13 años, unos 220 m³/s, y contra ataguía final.

La sección hidráulica del desvío es de 25 m² con una pendiente uniforme del 1,5 % y una longitud total es de 255 m.

La obra de embocadura ha sido proyectada para que funcione siempre como sección de control del canal. Para grandes caudales esta embocadura trabaja en carga, por lo que está dotada por un fuerte dispositivo de aireación. La cota de entrada es la 512,72.

El desnivel necesario para producir la carga de diseño está encomendada a una ataguía de materiales sueltos con su coronación a la cota 527,50 y provista de un núcleo de material arcilloso con espaldones de gravas seleccionadas de las existentes en el entorno.

La longitud de coronación de la ataguía es de 161 metros, con un volumen total de materiales de 62.000 m³, de los que 41.000 m³ son de material impermeable.

7.2. PRESA

La presa de Montearagón es del tipo de gravedad construida con hormigón vibrado. Tiene planta ligeramente curva con un radio de 500 metros medidos sobre el eje

de referencia de la presa y una longitud de 338,18 m en coronación, situada a la cota 585. La cota de pie de presa aguas arriba es la 499,40 lo que supone una altura de 86 metros sobre cimientos. Está constituida por tres zonas bien diferenciadas: la zona central donde se ubica el aliviadero y las dos zonas de los estribos. El volumen total de hormigón es de 597.000 m³.

La sección tipo de las zonas en estribos está constituida teóricamente por un perfil triangular cuyo vértice superior se encuentra a la cota 579,50. Partiendo de este vértice, el paramento de aguas arriba tiene un talud de 0,37 H: 1V, hasta la cota 529,00 y a partir de esta cota el talud es de 0,50 H: 1V. La cimentación tiene pendiente ascendente hacia aguas abajo de tres centésimas (0,03). El paramento de agua abajo tiene talud constante de 0,74 H: 1 V.

La parte superior de los estribos es vertical en ambos paramentos por debajo de la coronación, situada a la cota 585,00 con un ancho de 6,00 m. La coronación se completa mediante sendos voladizos de un metro (1,00) de ancho que conforman las aceras.

7.3. JUNTAS

Las juntas de la presa se han previsto cada 15 m en estribos y cada 19 m en el aliviadero, se realizan encofradas empleando el mismo sistema que en los paramentos de la presa, resultando en total 21 bloques limitados por 20 juntas.

La impermeabilización de las juntas de bloques se hace durante el hormigonado con tapajuntas de PVC de 40 cm, delimitando recintos estancos.

Los tapajuntas, además de impedir el paso del agua a través de las juntas, sirven para materializar los espacios en que quedará confinada la inyección de las juntas con cemento.

Estas inyecciones se realizarán desde las galerías de la presa, a través de conductos colectores y cañas de inyección de 10 y 7 cm de diámetro respectivamente.

El resultado después de inyectar las juntas será que la presa se comporte como un cuerpo monolítico, lo que mejorará las condiciones de estabilidad de la misma, al permitir el funcionamiento de los arcos y por lo tanto descargar a las ménsulas o, podría decirse también en este caso, perfiles de gravedad.

Las juntas horizontales entre tongada que se realizan cada dos metros se tratan con un mortero de retoma.

7.4. GALERÍAS EN LA PRESA

En el interior de la presa existe una red de galerías necesarias para el acceso a los distintos niveles de juntas, cámaras de válvulas, pantallas de impermeabilización y drenaje,



Atagüía.

auscultación, etc, pudiéndose agrupar en galerías horizontales y perimetrales.

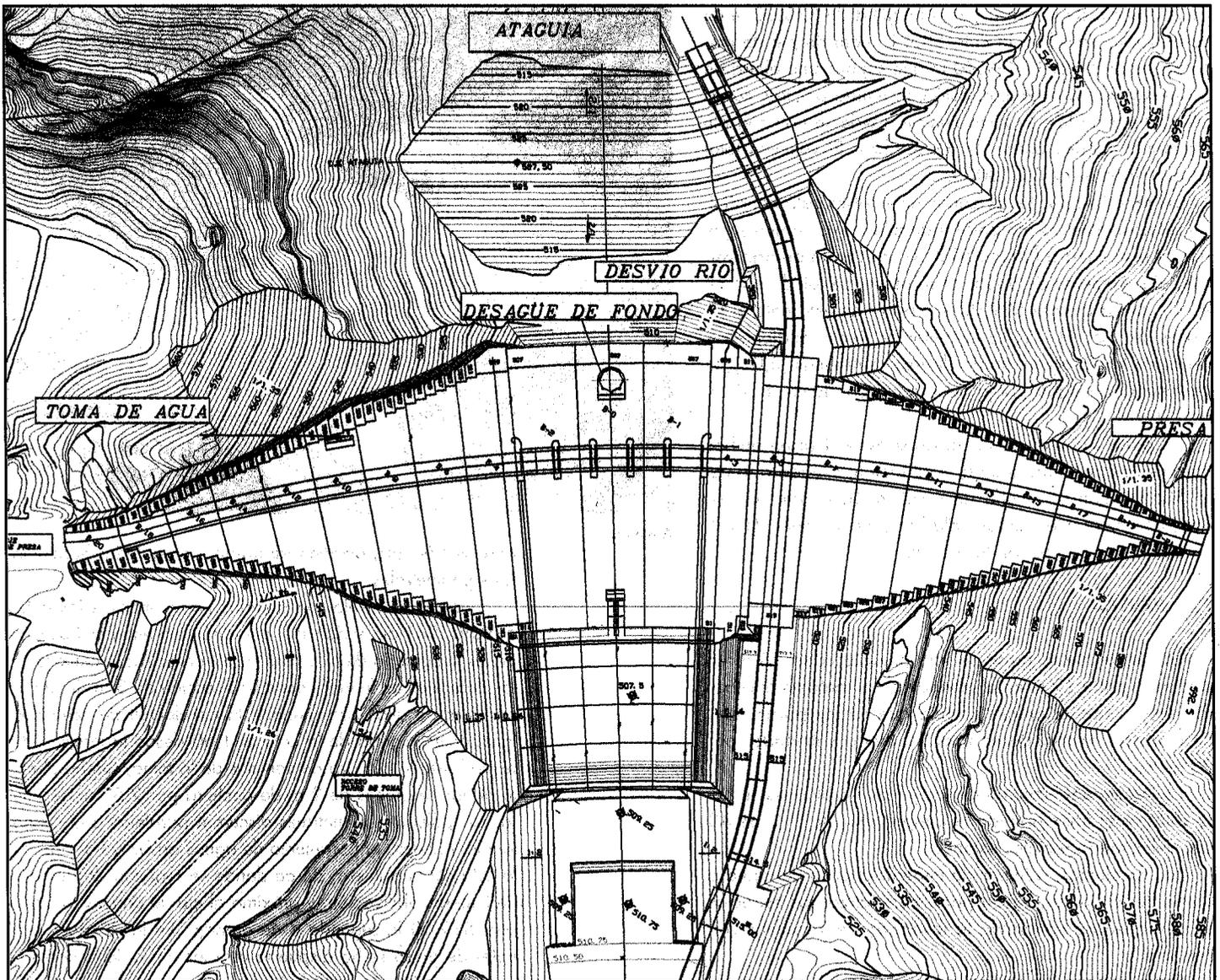
Existen tres niveles de galerías horizontales a las cotas 519,60, 541,60, y 561,60, que discurren entre ambas márgenes. La galería de la cota 519,60 accede a la cámara de los desagües de fondo y tiene una sección de 3 m de ancho por 3 m de alto, para permitir la circulación de vehículos. Igual ocurre con la de la cota 541,60 desde la margen derecha hasta la cámara de válvulas de la toma, siendo el resto de las secciones de 2 m de anchura por 2,50 m de altura. Las galerías perimetrales discurren paralelas a la cimentación, próxima al paramento de aguas arriba y hasta la cota 573,60 la primera, desde donde se realizará la pantalla de impermeabilización, y próxima al eje de presa y hasta la cota 519,60 la segunda o de drenaje. En los bloques centrales de presa se ha dispuesto otra tercera galería horizontal de drenaje, próxima al pie de aguas abajo.

7.5. ALIVIADERO

La sección tipo de la zona de aliviadero es idéntica a la descrita para los estribos, si bien la parte superior se remata adecuadamente para dar lugar al vertedero.

La longitud total del vertedero es de 53 m; consta de 5 vanos de 9 m cada uno, separados por pilas de 2 m de anchura. Su diseño se ha realizado para una avenida de Proyecto correspondiente a 1.000 años de período de retorno, con un caudal laminado de 506 m³/s. La avenida extrema considerada ha sido la de 10.000 años de período de retorno, con un caudal laminado de 836,5 m³/s.

En planta el aliviadero es ligeramente convergente, alcanzando una anchura de 47,274 m a la entrada del cuenco amortiguador, situada a la cota 507,50.



Planta de Presa.

Los cajeros del aliviadero tienen una altura de 2,50 m, medidos normalmente al paramento. Sobre el vertedero, se ha dispuesto una pasarela, apoyada en las pilas, para dar continuidad a la calzada que discurre por los estribos de la presa.

La pasarela consta de 5 tramos iguales apoyados isostáticamente, siendo la luz entre apoyos de 9,50 m. La sección transversal consta de una calzada de 6 metros de anchura y de sendas aceras de 1 m.

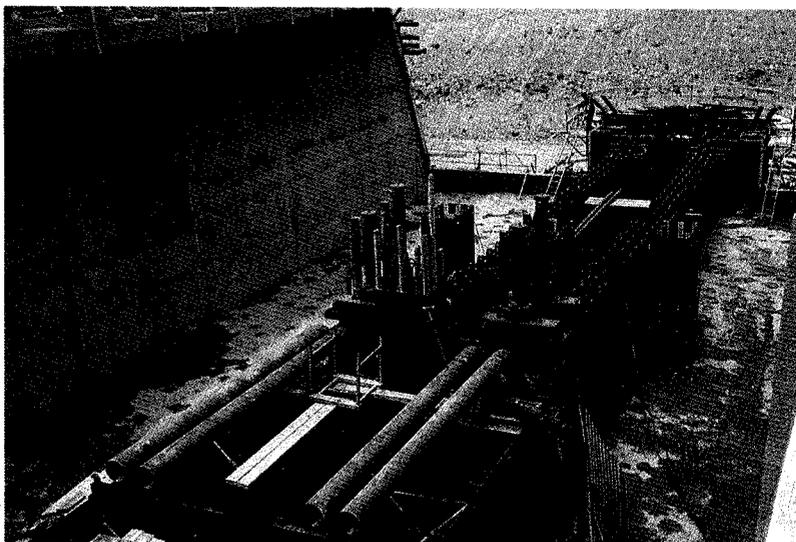
El tablero está formado por 5 vigas prefabricadas, de 72 cm de canto cuyos ejes están separados 1,89 m, sobre las que se vierte hormigón fabricado «in situ» para formar la losa de compresión. El canto de la losa es de 20 cm.

7.6. CUENCO AMORTIGUADOR

El cuenco es de anchura variable, desde 46,38 m al pie del aliviadero, hasta 41,42 m en su extremo final. La longitud total es de 45 m y la solera se sitúa a la cota 507,50, con un espesor de 2 m. La solera está cimentada sobre una base de hormigón poroso de 50 cm de espesor dispuesto sobre un geotextil.

El cuenco está limitado lateralmente por muros de gravedad que coronan a la cota 518,70, situándose la cimentación a la cota 505,50.

Tanto los muros como la solera del cuenco se drenan convenientemente. Los muros con mechinales en dos alturas, mientras que en la solera se dejan conductos de 100

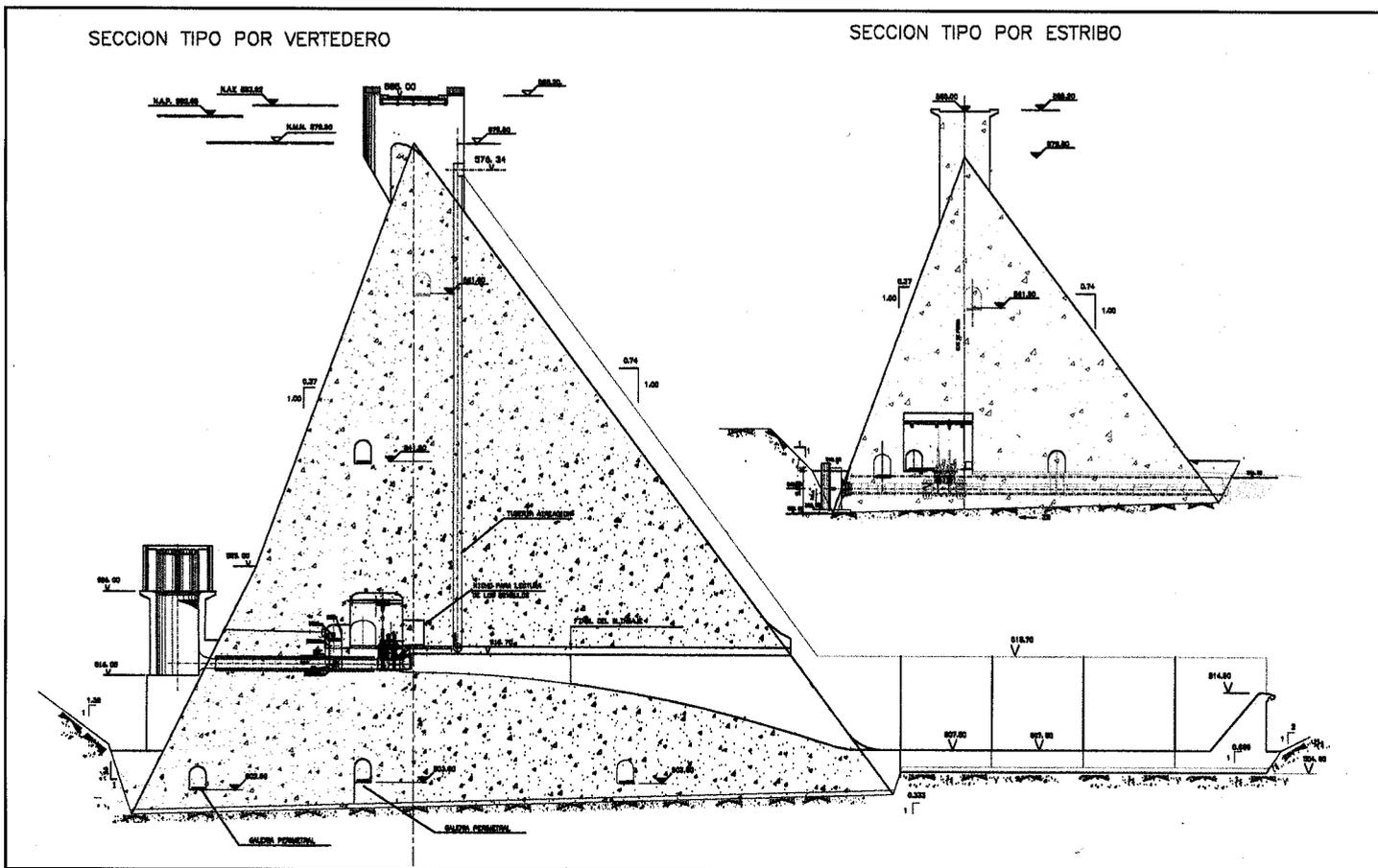


Desagües de fondo.

mm cada 3 m, al tresbolillo, rellenos de hormigón poroso.

Al final del cuenco propiamente dicho se sitúa un vertedero contra azud para la creación del resalto, de 7,00 m de altura y 6,75 m de anchura que vierte sobre el cauce.

Secciones de Presa.



Tras el final del cuenco, y con el fin de evitar erosiones en el cauce, se dispone una zona de escollera, en una altura de 2 m, hasta el nivel 510,00.

7.7. DESAGÜES DE FONDO

El desagüe de fondo está integrado en el cuerpo de la presa y su posición coincide con el eje del aliviadero. Su capacidad es de 60,6 m³/s a plena carga. La alimentación de agua se realiza a través de una torre de toma, construida al efecto, adosada al paramento de aguas arriba.

La torre es de sección interior en arco de medio punto de 5 x 5 m y su espesor es de 80 cm. En la parte superior se aloja la estructura metálica de la reja, formada por ocho parejas de paneles de 2,40 m de ancho por 2,50 m de altura. Están dispuestas entre ocho pilas de sección hidrodinámica, formando un octógono regular con las pilas en los vértices.

Sobre el fondo de la torre y en el plano interior vertical se empotran los dos conductos metálicos de los desagües de fondo, que son idénticos, con sección rectangular de 1,00 m de anchura por 1,10 m de altura.

Ambos discurren paralelos, con su eje a la cota 517,40. Su longitud total es de 24,50 m. Cada conducto



Tomas.

es autorresistente, construido con palastro y está dotado de dos válvulas. La de agua arriba, de seguridad, tipo Bureau, es rectangular de dimensiones interiores 1 m de ancho por 1,10 m de alto. La de aguas abajo, de maniobra, es del mismo tipo y dimensiones y están unidas directamente mediante brida.

Las válvulas se gobiernan desde una cámara de 8 m de longitud, 6,25 m de anchura y 6,60 m de altura con el piso a la cota 519,6.

Se accede a la cámara por la galería longitudinal inferior de la presa que acaba en la misma cámara y también desde el exterior.

La descarga de los desagües se hace a través de una galería de sección rectangular, adaptándose la solera de ésta en curva descendente desde el plano de salida de los conductos hasta el exterior sobre el cuenco amortiguador del aliviadero.

Para prevenir el efecto de la cavitación se blindan la solera y hastiales de la galería, en una longitud de 20 m en el inicio.

La solera de la galería tiene un trazado parabólico en tanto que la clave se mantiene horizontal a la cota 518,70 de este modo la altura de la galería se hace progresivamente creciente hacia la salida.

Se ha previsto un sistema de aireación del flujo de descarga de agua, formado por dos conductos de 1 m de diámetro embebidos a ambos lados de la galería, que comunican con el exterior en las dos pilas centrales del aliviadero y suministran el aire necesario.

7.8. TOMAS

Las tomas de agua se sitúan en el estribo derecho. La estructura de embocadura, cámara de válvulas y conduc-

tos, se desarrollan e integran en el bloque nº 10. Las tomas están constituidas por dos conductos independientes de 10,3 m³/s de capacidad conjunta a plena carga. La estructura que soporta las rejillas y embocadura se apoya directamente sobre el tacón recrecido a tal efecto en el bloque. Tras la embocadura, que es abocinada pasando de una sección circular de 2,45 metros de diámetro a otra también circular de 1,30 metros de diámetro y 10,92 m de longitud se disponen dos válvulas, una de seguridad y otra de maniobra, rectangulares tipo Bureau, de 1,10x1,30 m. Las válvulas se alojan en una cámara de dimensiones de 8,20 m de largo por 6,25 m de ancho y 6,70 m de alto, con el piso al nivel 542,15.

El acceso a la cámara se realiza por la galería horizontal superior de la presa y también por una galería transversal de sección rectangular de 3 x 3 m, que, desde el exterior, discurre por encima de los conductos de toma hasta la cámara.

A partir de la cámara los conductos circulares atraviesan el estribo y salen al exterior, a una arqueta donde ambos conectarán con las futuras tuberías que alimentarán la conducción para el regadío y el abastecimiento de Huesca. De uno de estos conductos, mediante una derivación de 500 mm de diámetro se suministrará el caudal ecológico al cuenco amortiguador.

8. OBRAS ACCESORIAS

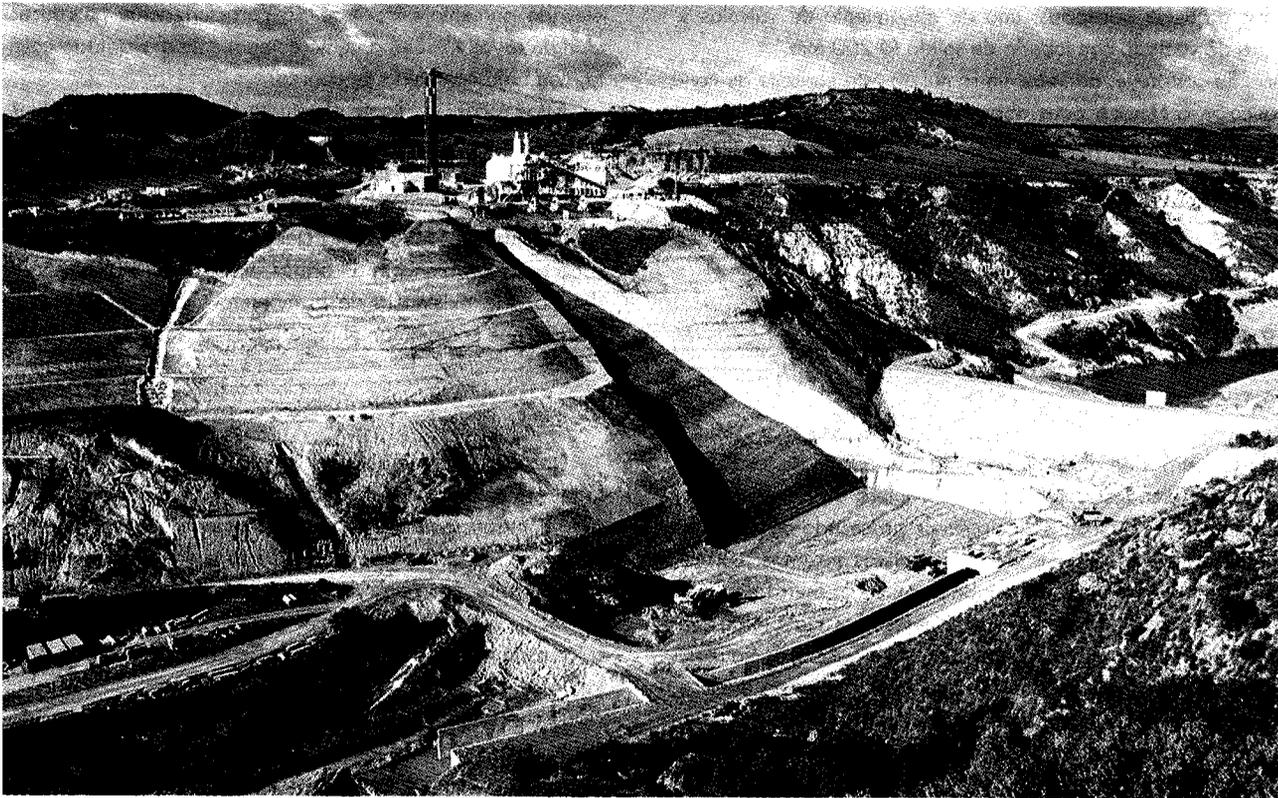
8.1. CAMINOS DE ACCESO

Los caminos de acceso incluidos en el presente proyecto permiten alcanzar la coronación de la presa desde la margen derecha y desde la margen izquierda, caminos que denominamos accesos desde Fornillos y desde Barluenga, respectivamente. Además proporcionan un enlace directo entre ambas márgenes del Flumen, lo que se considera constituye una mejora decisiva en las comunicaciones, respecto a las pocas posibilidades que existen en la actualidad. También se proyectan caminos de acceso a la toma de agua, y al edificio de oficinas.

El acceso desde Fornillos tiene su origen en el camino que comunica dicho pueblo con Huesca con una longitud total de trazado de 2.585,50 m. El de Barluenga tiene su origen prácticamente en este pueblo. La longitud total del trazado es de 2.868,55 m.

El acceso a las cámaras de maniobra del desagüe de fondo y de las tomas, tiene lugar mediante un ramal que parte del camino de acceso desde Fornillos. La longitud total de estos accesos a las instalaciones es de algo más de 1.500 m.

La sección que se ha utilizado en los caminos tiene una calzada de 6 m de ancho más dos arcenes de 0,5



Excavación de Presa.

m. El firme está compuesto por una sub-base de zahorra natural de 20 cm de espesor, una base de zahorra artificial de 30 cm de espesor y un doble tratamiento superficial.

8.2. VARIANTE DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA A HUESCA

La conducción existente de abastecimiento de agua a Huesca desde el embalse de Vadiello, cruzaba la cerrada en que se construye la Presa de Montearagón mediante un sifón acueducto, por lo que se ha visto afectada por la nueva infraestructura, y por ello, este Proyecto incluye la variante de la citada conducción.

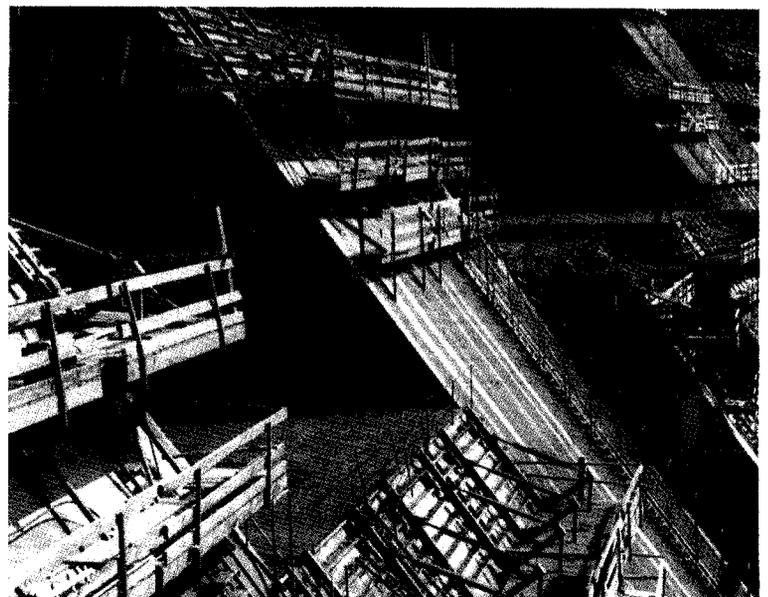
Por condicionantes topográficos y teniendo en cuenta que ha de evitarse que la variante pudiera verse afectada por el funcionamiento del embalse, el nuevo trazado se ha desplazado sensiblemente hacia el sur respecto al existente. Concretamente, tiene su origen en el Barranco de la Encina, de la margen izquierda, y enlaza directamente con el depósito desde el que se atiende el suministro de agua a la ciudad de Huesca.

El caudal de diseño es de 400 l/s y es conducido por una tubería en presión, de fundición dúctil y de 500 milímetros de diámetro, que toma de una cámara de carga situada en la obra de enlace a la cota 635 m, suficiente para permitir la correcta puesta en carga de la tubería. La cota fi-

nal de la tubería en su reintegro al depósito municipal es la 606 m. La longitud total es de 3.067 m

El cruce con el río Flumen se soluciona enterrando la tubería en una zanja de 3,50 m. de profundidad (1 más que la socavación prevista), embebida en un dado de hormigón, de 90 cm de canto y en toda la anchura de la zona de inundación. En el punto más bajo se proyecta un desagüe con

Presa.



dos arquetas adosadas: una de alojamiento de válvulas y otra de vaciado con tubería de salida Ø 200 mm.

Se construye, además, un ramal de esta variante de conducción a Huesca para abastecimiento de la población de Fornillos. La tubería es de PVC de Ø 140 mm de diámetro exterior y presión de trabajo 10 atm y una longitud de 3.058 m. De ella parte otro ramal de polietileno de Ø 40 mm para abastecimiento del edificio de oficinas.

9. HORMIGONES

9.1. CANTERA

La extracción de áridos para la fabricación de los hormigones empleados se realiza en la cantera de Barluenga, situada a 8 km de las instalaciones de procesado de árido. El material que se obtiene son unas calizas eocenas, correspondientes a las primeras estratificaciones de la Sierra de Guara en contacto con la Hoya de Huesca. Los materiales que se explotan son, concretamente, una alternancia de calizas, calizas dolomíticas, y margas, que se disponen en estratos de orden métrico-decimétrico para las calizas y calizas dolomíticas y masivas para las margas, con una potencia máxima conjunta de 50 m.

El estudio petrográfico realizado pone de relieve que los materiales pétreos estudiados son rocas de tipo calizo, con

elevado porcentaje fosilífero. La caracterización por difracción de rayos X muestra como componente mayoritario calcita, con bajo contenido de cuarzo.

Estas rocas, mediante el estudio de la reactividad álcali-carbonato, se han clasificadas como "áridos no reactivos".

El volumen de material extraído hasta la fecha para la fabricación de hormigón y obtención de zahorras artificiales, ha sido de 550.000 m³. Del volumen de material procesado para la obtención de áridos, el 30 % se ha rechazado debido a la existencia de la montera y a la aparición de margas que contaminan el material.

9.2. DOSIFICACIONES

Después del análisis de los ensayos realizados durante la puesta en marcha del equipo de maquinaria instalada para la construcción del embalse de Montearagón, se procedió en enero de 2002 a diseñar las distintas dosificaciones a utilizar en obra. Los parámetros de diseño contemplados en el proyecto obligaban a alcanzar una resistencia característica a 90 días de 175 Kg/cm² y una densidad superior a 2,35 ton/m³.

El cemento utilizado es del tipo I-42,5R, con una composición potencial como la que puede observarse en el cuadro adjunto. Las cenizas elegidas son las procedentes de la central térmica de Andorra (Teruel), utilizadas en las últimas Presas de la Confederación Hidrográfica del Ebro y estando sancionado su comportamiento ampliamente por la experiencia.

El agua utilizada en el amasado y curado del hormigón, procedente del río, se ha analizado en numerosas ocasiones, considerándose apta para su utilización.

Después de realizar pruebas con los distintos aditivos facilitados por los fabricantes para el hormigón a diseñar, se consideró que el que mejor se adaptaba a las exigencias propuestas era el denominado plastificante reductor de agua.

La estructura y composición del árido se analizó en el "Instituto Eduardo Torroja" con una muestra representativa del material de la cantera, realizándose además ensayos de reactividad álcali-árido con los conglomerantes a utilizar en obra.

A la vista de los granulométricos y producción iniciales, y después de modificar los parámetros necesarios en los tamices, tanto de planta como del primario, se determinó 80 mm como el tamaño máximo de árido más adecuado. Los cortes granulométricos se fijaron en cuatro, siendo sus tamaños 0-5, 5-20, 20-40, y 40-80 mm.

La arena 0-5 mm es la que presentaba una curva alejada considerablemente de la deseada, ya que además de presentar módulos de finura muy altos (>3.5) presentaba un alto contenido de filler, que normalmente superaba el 17 %. La referencia tomada ha sido la del Huso de la Instrucción de Grandes Presas.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRIDOS

| ENSAYOS | ARENAS | ÁRIDO GRUESO | |
|---|---------------------|----------------|-----|
| Equivalente de arena | >80% | | |
| Azul de metileno (aranda 0.5) | <0.8 | | |
| Densidad real (s.s.s.) | 2,59 g/cm³ | 2,71 g/cm³ | |
| Coefficiente de absorción | 1,83% | 0,90% | |
| Desgaste de los ángulos | | 27% | |
| Coefficiente de forma | | 0,21-0,23-0,28 | |
| Partículas blandas | | <1% | |
| Partículas ligeras | 0 | 0 | |
| Tirrones de arcilla | 0 | <5% | |
| Com. azúfre | 0 | 0 | |
| Materia orgánica | No | No | |
| Reactividad de los árido-álcali | No reactivo | | |
| A. mineralógico y petrográfico del árido grueso | BIÓCLASTOS | Foraminíferos | 60% |
| | | Equinodermos | 10% |
| | | Algas | 10% |
| | PELÓIDES MICRÍTICOS | 10% | |
| TERRÍGENOS | 10% | | |

TABLA 2.
CARACTERÍSTICAS DE LOS CEMENTOS

| TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CEMENTOS | | |
|---|---|-------|
| CONSTITUYENTES MINERALÓGICOS | C ₃ S (%) | 57,58 |
| | C ₂ S (%) | 11,64 |
| | C ₃ A (%) | 8,58 |
| | C ₄ AF (%) | 10,35 |
| ANÁLISIS QUÍMICO | SiO ₂ (%) | 19,18 |
| | Fe ₂ O ₃ (%) | 3,41 |
| | Al ₂ O ₃ (%) | 5,5 |
| | CaO (%) | 62,97 |
| | MgO (%) | 2,03 |
| | K ₂ O (%) | 0,91 |
| | Na ₂ O (%) | 0,2 |
| | CaO libre (%) | 1,13 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | Pérdida por calcinación, PF (%) | 2,62 |
| | Trióxido de Azufre, SO ₃ (%) | 3,3 |
| | Cloruros, CL (%) | 0,01 |
| | Residuo Insoluble, RI (%) | 0,42 |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | Expansión de Le Chatelier (mm) | 0,3 |
| | Inicio de fraguado (minutos) | 119 |
| | Final de fraguado (minutos) | 178 |

Las limitaciones impuestas en el proyecto a la temperatura máxima a alcanzar por el hormigón en tiempo caluroso, unido a la necesidad de obtener muy baja retracción para evitar la fisuración en bloques con las dimensiones previstas, obligan a diseñar hormigones de consistencia

TABLA 3.
CARACTERÍSTICAS DE LAS CENIZAS

| TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CENIZAS | | |
|--|------------------------------------|-------|
| CENIZAS VOLANTES CT DE ANDORRA (&ERUEL) | SiO ₂ (%) | 41,31 |
| | Al ₂ O ₃ (%) | 26,49 |
| | Fe ₂ O ₃ (%) | 20,07 |
| | CaO (%) | 6,12 |
| | MgO (%) | 1,23 |
| | SO ₃ (%) | 0,6 |
| | K ₂ O (%) | 1,2 |
| | Na ₂ O (%) | 0,12 |



**Molinos primarios
en cantera.**

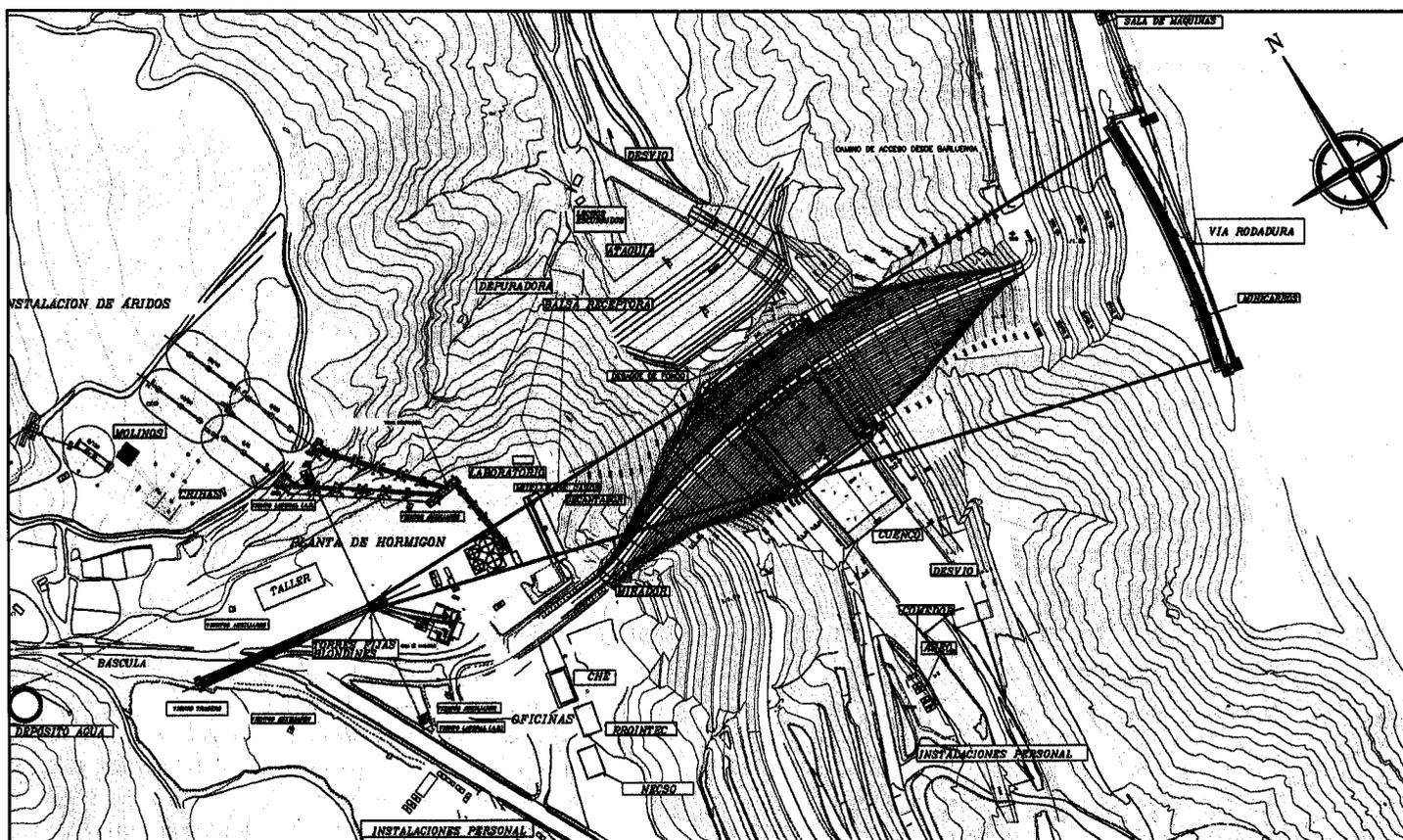
seca con baja relación a/c, contenidos de conglomerantes no superiores a los 200 Kg, altos contenidos en cenizas, etc, obligando a ser exigente con las curvas granulométricas, especialmente la de las arenas, planteándose, a la vista de las curvas obtenidas en la instalación inicialmente planteada, la necesidad de fabricar una arena correctora de la fracción 0-5 mm.

La arena correctora necesaria tendría que tener un bajo porcentaje de filler y un corte comprendido entre 0 y 1,7 mm. Con los tanteos previos realizados se estimó que el porcentaje necesario para conseguir la curva conjunta estaría entre un 30% y un 50%. Este tipo de requerimientos condujo al diseño de una planta complementaria de tratamiento de arenas por vía húmeda, con un proceso de machaqueo mediante molinos de barras que produce unas 60 ton/h.

La instalación diseñada ha permitido obtener una arena correctora, que mezclada en un porcentaje del 40%, con un 60 % de arena 0-5 mm, consigue encajar la curva total. El porcentaje de finos que se ha conseguido en la arena lavada oscila entre el 3 y el 5%, alcanzando la muestra conjunta entorno al 13%.

Al hilo de las modificaciones que se han presentado en el ajuste de la arena correctora, se han modificado las dosificaciones hasta la utilizada en la actualidad.

La dosificación actual utilizada en el cuerpo de presa tiene una cantidad de conglomerante de 200 Kg, con un 55% de cenizas y un 45% de cemento, la cantidad total de agua es de 115 litros, y se añade un 0,7% en peso de conglomerante de un aditivo plastificante reductor de agua. El volumen de mortero es de 425 litros, con una proporción de 60 % de arena 0-5 mm y un 40% de arena lavada 0-1,7 mm. Los 600 litros de árido tienen un 20%, 35%, y 45% de los tamaños gruesos respectivamente.



Planta de la obra.

Las resistencias medias obtenidas se han mantenido con valores superiores a los 240 Kg/cm² a 90 días. Para evitar oscilaciones en los resultados se realiza un control muy estricto en las humedades de los áridos, ya que las variaciones que presentan son debidas a diversos factores, como las variaciones horarias dependiendo de la climatología, ritmo de producción, procedencia, y fase de ajuste de las instalaciones, etc.

Además del hormigón de presa se han estudiado otras dosificaciones de distinto tamaño máximo de árido. Las vigentes actualmente son:

- Con tamaño máximo 40 mm.- DPR-15.
- Con tamaño máximo 20 mm.- DPR-12.
- Con tamaño máximo 5 mm.- MR-4.

Estas han sufrido transformaciones paralelas a las de presa para adaptarse a las exigencias en cada momento.

10. INSTALACIONES DE OBRA

Una obra de estas dimensiones requiere un gran esfuerzo para diseñar, instalar y poner a punto la compleja y es-

pecifica maquinaria precisa en su construcción. Paralelamente al desarrollo de las obras del desvío y excavación, se ha trabajado en el montaje y puesta a punto de las instalaciones, que han durado unos 15 meses.

La maquinaria a utilizar se puede agrupar en tres grandes grupos:

- Maquinaria de extracción, machaqueo, clasificación y acopio de áridos.
- Maquinaria para la fabricación de hormigón.
- Maquinaria para transporte y colocación de hormigón.

10.1. PLANTA DE ÁRIDOS

10.1.1. INSTALACIÓN PRIMARIA

La instalación de machaqueo de la Presa de Montea-ragón se compone de dos molinos primarios móviles sobre orugas, HARTL PT 405 PC, instalados en el frente de cantera, con una producción aproximada cada uno en roca caliza de 400 Tn/h, un tamaño de alimentación de 600x600 mm, su boca de alimentación es de 1560x1020 mm y el motor Diesel de accionamiento es de 375Kw de potencia, la masa aproximada del grupo es de 70 Tn y el tamaño de salida es de 0 a 120 mm. El



Planta de áridos.

tamaño producido en cantera se transporta por medio de camiones-bañera de 25 Tn hasta la instalación de clasificación y trituración secundaria y terciaria. Los camiones se desplazan con un recorrido de 8 Km por una carretera vecinal acondicionada, existente, de 7 m de anchura y sin atravesar núcleos urbanos.

10.1.2. INSTALACIÓN SECUNDARIA

– *Recepción del árido.* La instalación secundaria, situada en la zona de obras, recibe el material en dos tolvas de recepción metálicas de 30 m³ de capacidad cada una, desde donde se forma un acopio de regulación al aire libre de 3.000 m³, por medio de alimentadores de banda (CAL-DEHUSA, de 1900 Kg de peso, 7.5Kw y un rendimiento máximo de 550 m³/h) y cintas transportadoras. Este tipo de acopio permite, en caso de avería de tolvas o cintas, descargar directamente a los camiones en el acopio.

– *Clasificación y machaqueo.* El acopio se descarga por un túnel de 4 m de diámetro y 25 m de longitud situado bajo el mismo con el auxilio de dos alimentadores vibrantes (URBAR ARBS 90x150 dimensiones de bandeja 900x1500 mm, potencia absorbida de 2x2056 W y un rendimiento aproximado de 400 m³/h) y una cinta transportadora única de 42.5 m de longitud que, a su vez, y con un pantalón de descarga doble, vacía sobre dos cribas primarias TRIMAN CVT III 1.50 de 8 m²/piso/unidad, que llevan tres telas de 80, 40 y 20 mm, con lo que se fabrican los tamaños 20/40 y 40/80.

El tamaño superior a 80 mm o rechazo de esas cribas, se transporta hasta un molino impactor secundario HAZEMAG 10.13 con un rendimiento de 110 Tn/h, tamaños de

alimentación de hasta 250 mm, una boca de entrada de 350x1.360 mm, un peso de 9.000 Kg y una potencia de 110 Kw. El producto resultante se incorpora de nuevo a la línea de clasificación.

Los tamaños menores de 20 mm se transportan hasta la clasificación secundaria que se realiza con dos cribas TRIMAN CVT 2060 II de 12 m²/piso/unidad. En estas cribas se producen los tamaños 0/5 y 5/20.

Los excesos de tamaños respecto a las necesidades finales se transportan hasta el molino terciario HAZEMAG 10.10 de 90 Tn/h de rendimiento con un tamaño de alimentación de hasta 40 mm. Su boca de entrada es de 200x1010 mm, tiene un peso aproximado de 6300 Kg y una potencia de 130 Kw. El producto del molino terciario se incorpora a la línea de clasificación por medio de cintas transportadoras.

La alimentación de los molinos secundario y terciario se realiza con alimentadores vibrantes a través de tolvas de regularización.

– *Formación de acopios finales.* Los tamaños finales ya clasificados van a unos acopios al aire libre de aproximadamente 10.000 m³ cada uno que se forman por medio de cintas "tripper" apoyadas sobre estructuras metálicas de celosía. Los tamaños llegan hasta las cintas "tripper" con cintas transportadoras de aproximadamente 80 m de longitud que se cargan desde las canaletas de recogida de áridos en las cribas vibrantes.

La instalación está proyectada de forma que todos los tipos de tamaños pueden ser remachacados o clasificados, excepto el 0/5.

– *Alimentación de la dosificadora de la planta de hormigón.* Desde estos acopios al aire libre de tamaños clasificados y por medio de túneles enterrados bajo los mismos, similarmente al acopio primario de regulación, ya explicado, se cargan por medio de alimentadores vibrantes dos cintas transportadoras, cada una puede llevar dos tamaños distintos, que trasladan el material hasta la unidad dosificadora de la planta de hormigón.

10.1.3. LA PLANTA DE MACHAQUEO Y LAVADO DE ARENA

La arena 0-5, procedente de una de las cribas TRIMAN CVT 2060 II de la Planta de tratamiento de áridos, se sirve mediante un alimentador de banda de 3 Kw (con el fin de tener controlado el caudal de alimentación) a una cinta de transporte de 15 Kw y de ésta a una cubeta donde se mezcla con una corriente de agua mediante un tubo de 10" de Ø, donde se termina de conseguir una mezcla uniforme de arena y agua, y llega hasta un lavador-clasificador de arenas marca MINOBRA compuesto por dos cubas CU-25, dos bombas trasiego pulpa de 25 Kw/ud, dos escurridores ES-50-A, dos motovibradores de 1.5 Kw/ud, un tamizador y dos hidrociclones CI-50.



Instalación de lavado y machaqueo de arenas.

La arena 0-5 de entrada es lavada y clasificada en dos tamaños: 0-1,75 y 1,75-5 mm. El lavado se realiza mediante hidrociclonado y la clasificación mediante el tamizador. Con el fin de que estas dos arenas queden con la menor cantidad de agua posible, se pasan por sendos escurridores vibrantes.

El tamaño menor va directamente a un acopio de arena lavada final mediante un tren de tres cintas transportadoras de 15, 15 y 2x4 Kw respectivamente.

El tamaño mayor (1,75-5 mm) alimenta, por medio de una cinta transportadora de 11 Kw dos tolvas de regulación de 20 m³/ud las cuales, y a través de dos alimentadores de banda de 3 Kw/ud, de velocidad regulable, alimentan dos molinos de barras de 75 Kw/ud. El producto de salida del molino de barras es enviado nuevamente al lavador MINOBRA mediante una bomba de 22 Kw cerrando un circuito entre equipo de lavado y molinos.

Los rebosaderos de las cubas del lavador MINOBRA vierten agua con lodos por gravedad a una fosa de recogida, y a través de una bomba de arena de 22 Kw se alimenta de agua sucia un clarificador de agua TRIMAN de 9 m de Ø. Este clarificador tiene por misión separar el elemento sólido del agua y así poder recuperarla. El agua limpia es bombeada a un depósito de regulación de 30 m³ con una

bomba de 20 Kw. El clarificador dispone de un sistema de floculación al objeto de separar los sólidos del agua. El floculante se disuelve con agua limpia alimentada desde el depósito de regulación; esta disolución se realiza a través de un agitador de 560 w. El lodo en el fondo del clarificador es arrastrado por unas paletas movidas por un motorreductor de 3 Kw. Los lodos finales se envían a unas balsas de secado por medio de una bomba de lodos de 22 Kw y una tubería de 500 m de longitud y 6" de Ø. El depósito regulador de agua se llena del sistema de alimentación de agua general de la obra (depósito de 1000 m³) y con el agua recuperada de la clarificación.

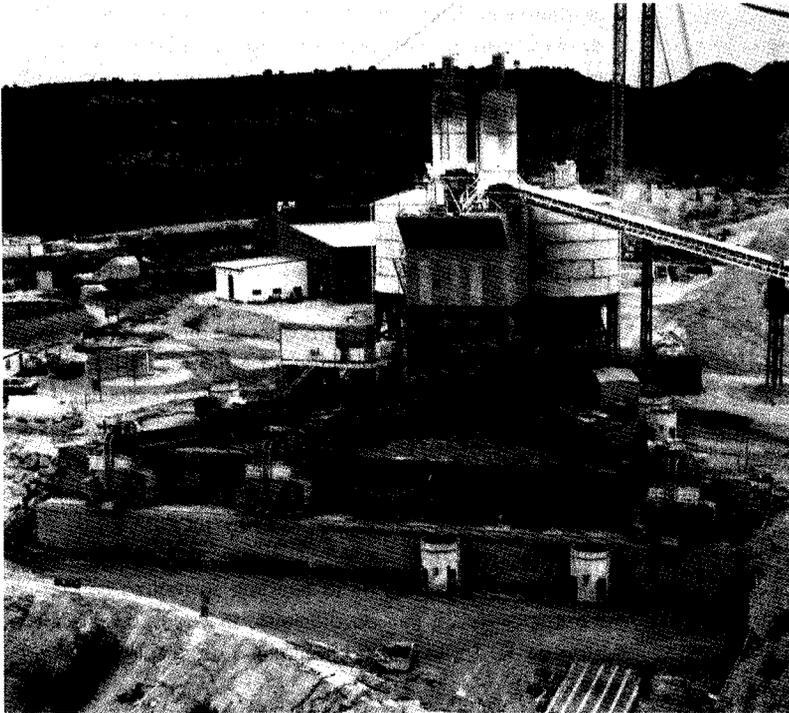
Del acopio de arena lavada final formado se alimenta la unidad dosificadora de la Planta de Hormigón. El sistema de alimentación de esta unidad dosificadora es el mismo que los utilizados en la planta de áridos: mediante túnel subterráneo. Por medio de dos alimentadores de banda de 3 Kw/ud situados en el túnel, debajo del acopio, se vierte la arena sobre una cinta de 4 Kw en el túnel debajo del acopio y ésta sobre otra de 2x11 Kw que descarga por fin en la tolva correspondiente de arena lavada de la unidad dosificadora.

11. PLANTA DE HORMIGÓN

La planta de hormigón tiene una producción de 380 m³/h y está compuesta de dos plantas adosadas, totalmente gemelas, que sólo tienen en común las tolvas de recepción de áridos, por lo que difícilmente la planta está totalmente parada a causa de averías.

– *La unidad dosificadora.* La unidad dosificadora se compone de 6 tolvas de recepción de áridos de 30 m³ de capacidad unitaria, doce básculas de pesaje de 2.500 Kg cada una y dos cintas colectoras de 1.000 mm de ancho por 23 m de longitud, que transportan los diferentes áridos, ya pesados. La unidad dosificadora se carga a través de tres cintas reversibles de 1.000 mm de ancho por 3 m de largo. Las tolvas disponen de niveles de máximo y mínimo que indican la situación de almacenaje de cada tolva.

– *Cemento y ceniza; almacenamiento.* El cemento y la ceniza se almacenan en cuatro silos de 500 Tn/ud. El llenado se realiza neumáticamente a través de uno o varios tubos de llenado con la boca de carga a nivel del suelo, donde se acoplan los camiones cisterna, las de descarga en la parte superior del silo. Cada silo dispone de un filtro de mangas para evitar la salida al exterior de cemento o cenizas durante la carga. Los silos de cemento disponen de fluidificación en la parte inferior para facilitar la descarga de los mismos. El cemento y cenizas se transportan hasta los silos nodriza de la planta de hormigón a través de sinfines, de rendimiento aproximado de 50 Tn/h, que alimentan unas válvulas rotativas ayudadas por soplantes de baja presión, con una potencia de 75 C.V. Existe una unidad de transporte de ce-



Planta de hormigonado.



Descarga de hormigón.

mento común a los dos silos de almacenamiento de cemento y otra unidad, también común, a los dos silos de cenizas.

– *Procedimiento de dosificación.* La dosificación de los diferentes hormigones se realiza por peso. Los áridos se pesan en básculas independientes suspendidas de células extensométricas para pesaje electrónico. La carga de básculas se realiza por la apertura y cierre neumáticos de cascos situados en la parte inferior de las tolvas de recepción de la unidad dosificadora. La apertura y cierre se controla desde la cabina de mandos. El cemento y cenizas se pesan en básculas de 1.000 Kg de capacidad, suspendidas de la misma forma y controladas también del mismo modo, cuyo llenado se realiza mediante sinfines helicoidales de 275 mm de diámetro. El recorrido de cemento y cenizas, hasta la mezcladora es totalmente estanco. El agua se pesa con básculas de capacidad de 1000 Kg y se utiliza el mismo sistema que con el cemento y las cenizas. El pesaje de agua se realiza en dos fases: la primera de llenado rápido y la segunda de afine para ajuste exacto de la pesada. La regulación del pesaje se realiza a través de válvulas de corte rápido. La descarga de agua se realiza a través de bomba para disminuir el tiempo de descarga y, por tanto, el tiempo del ciclo de amasado.

11.1. FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

Una vez realizada la dosificación de áridos, se transportan por medio de las cintas colectoras bajo tolvas a unas cintas elevadoras de 1.000 mm x 56 m, con un rendimiento de 1.200 Tn/h, que los depositan en tolvas de recepción con capacidad suficiente para admitir los áridos necesarios en amasadas de 4 m³; la apertura de estas tolvas es neumática y va mandada desde la cabina de mandos. Todo el sistema se encuentra totalmente automatizado e informatizado.

La mezcla de áridos, cemento, ceniza y agua se realiza en dos amasadoras marca BHS, con capacidad para realizar ciclos de 4 m³ de hormigón; estas amasadoras son de tipo forzado de doble eje horizontal y absorben una potencia de 130 Kw cada una.

La descarga de hormigón fabricado se realiza mediante un bypass, bien a unas tolvas de espera primarias de 8 m³ o bien a unas tolvas laterales de 6 m³ para carga de camiones hormigonera.

Las tolvas de espera principales de 8 m³ van provistas de células extensométricas que impiden la apertura de las amasadoras en el caso de que ya estuvieran llenas. Van provistas de cierres de casco de accionamiento neumático, para su apertura y cierre, y su accionamiento se realiza desde la cabina de mando.

11.2. DESCARGA DEL HORMIGÓN FABRICADO

Debajo de cada tolva de espera principal va una cinta extractora de 1 m de ancho por 4,9 m de longitud, que se



Vista de las obras.

mueve a una velocidad de 1,6 m/s, con un rendimiento de 420 m³/h de hormigón, y absorbe una potencia de 7,5 Kw. Estas cintas extractoras pueden girar horizontalmente alrededor de 33°, y descargan sobre tres cintas telescópicas que giran horizontalmente, por lo que con cada cinta extractora se puede cargar dos cintas telescópicas, la central y una lateral. Las cintas telescópicas en su cabeza van ancladas en los silobuses que se desplazan a lo largo del muelle de cazos. La parte fija de la cinta telescópica es una cinta de 800 mm de ancho por 18 m de longitud. La parte desplazable es una cinta de 800 mm por 15 m de largo.

Los silobuses son de 6 m³ de capacidad unitaria y se desplazan a lo largo del muelle de cazos de 40 m de longitud.

12. BLONDINES

Una instalación que destaca sobre el resto en el entorno de obra son las torres fijas del Blondín, ya que debido a

la diferencia de cota existente entre ambos márgenes, ha sido necesaria la construcción de dos grandes torres con 52 metros de altura que permitan su adecuado funcionamiento.

El transporte de hormigón fabricado hasta su puesta en obra en el cuerpo de presa, se realiza por medio de dos Blondines, o cables grúa, de 20 Tn de capacidad cada uno.

La carga se desplaza suspendida en una bicicleta o carro que rueda sobre dos cables carriles de 62 mm de diámetro, tipo cerrado OZZ, anclados en una torre fija de 52 m de altura y en un minicarro o torre baja, que tiene un recorrido radial con centro en la torre fija, de 168 m de longitud, con lo que el blondín abarca un sector circular desde el cual se puede hormigonar toda la presa. La distancia entre los amarres del cable carril es de 565 m. La cota de amarre del cable en la torre fija es la 646 y en el minicarro es la 618, existiendo, por lo tanto, un desnivel de 28 m entre amarres.

El desplazamiento de la bicicleta se realiza con un cable tractor de 28 mm de diámetro, tensado con un contrapeso de 10 Tn. La velocidad máxima de desplazamiento es de 7 m/s.

La elevación y descenso de la carga se realiza con un cable de acero de 32 mm de diámetro. La velocidad máxima de ascenso y descenso es de 2,5 m/s.

Para el desplazamiento de los minicarros se utiliza cable de acero de 36 mm de diámetro, tensado con un contrapeso de 25 Tn. La vía de rodadura por la que se mueven, a través de raíles, los minicarros, tiene un pendiente uniforme de 1,7 %. La velocidad de desplazamiento del minicarro es de 12 m/min.

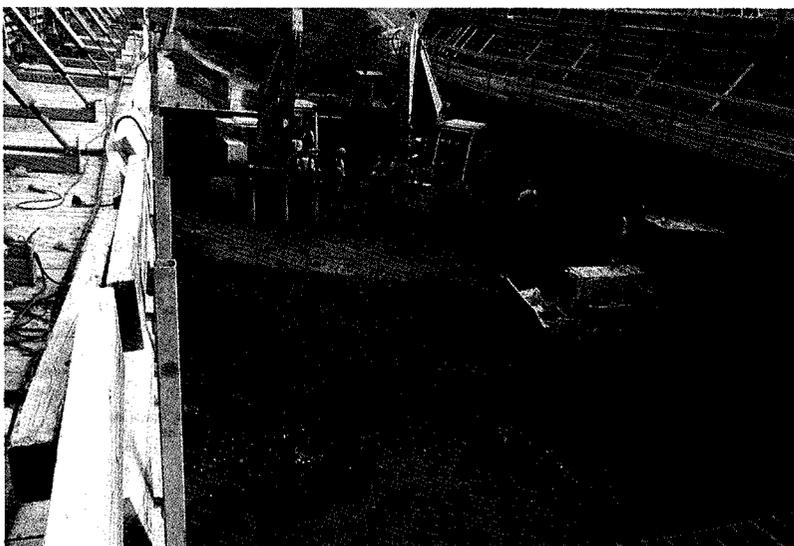
Las tensiones producidas en los cables carriles son equilibradas con unos vientos traseros formados por aparejos de ocho ramales de cable de acero de 42 mm de diámetro y unos vientos laterales formados con cables de acero de diámetro 62 mm.

La potencia del motor de elevación es de 580 Kw. Los motores son de corriente continua de 1.145 r.p.m. y la velocidad de subida y bajada de la carga es regulada desde 0 hasta 2,5 m/s por variadores de velocidad de cuatro cuadrantes de 1.850 A.

El motor de traslación tiene una potencia de 290 Kw, también de corriente continua y 1.145 r.p.m. alcanzando una velocidad de desplazamiento de la carga regulada desde 0 hasta 7 m/s. La intensidad de control de los variadores de velocidad es de 825 A.

Los motores de traslación del minicarro son de corriente alterna y 1.430 r.p.m. con una potencia del 100 Kw.

La posición de los cables de maniobra de la bicicleta (elevación de gancho y traslación de bicicleta) se mantiene en su posición relativa con respecto a los cables carriles por medio de distancias o jinetillas suspendidas de los mismos cables carriles.



Colocación y vibrado.

13. PUESTA EN OBRA

Una vez fabricado el hormigón se transporta al bloque mediante un cazo de 6 m³ de capacidad y 20 toneladas de peso total. Mediante el desplazamiento de los minicarros por el camino de rodadura se descarga en la zona del bloque que se está hormigonando y, una vez vertido, el hormigón se extiende con el bulldozer.

Los 2 metros de tongada se subdividen en tres subtongadas, que se realizan con el escalonamiento adecuado en función del ritmo de producción y condiciones ambientales, para que la unión entre ellas sea correcta. Posteriormente se vibra la capa extendida mediante una retroexcavadora que lleva acoplado un sistema de 6 vibradores de 150 mm de Ø, capaces de alcanzar una profundidad de vibrado de unos 80 centímetros.

En obra se dispone de tres equipos de extendido-vibrado, dos de los cuales son los que trabajan simultáneamente en el bloque a hormigonar, quedando el tercero de reserva.

14. AUSCULTACIÓN

Puede considerarse que el sistema de auscultación proyectado responde a un sistema clásico en esta tipología de presa. Es de destacar la importancia en el seguimiento del comportamiento de la estructura durante su construcción y puesta en carga, datos sin duda alguna muy valiosos para contrastar las hipótesis utilizadas en el diseño.

La utilización de unos parámetros geotécnicos de diseño conservadores, debido a las peculiaridades de la cerrada, ha llevado a diseñar un sistema de auscultación muy completo, que permita interpretar con mayor resolución el estado tenso-deformacional de la estructura en servicio. De esta for-

ma es posible conocer mejor el comportamiento de la solución adoptada, generando información de calidad para futuros estudios e investigaciones.

De forma muy general se puede resumir diciendo que existen cinco secciones de presa auscultadas densamente, con péndulos, extensómetros de varilla en el cimient, medidores de juntas internos, piezómetros, extensómetros de cuerda vibrantes, termómetros, etc. La auscultación térmica y extensométrica está presente en la mayor parte de los bloques, para poder realizar un seguimiento térmico y tensional a lo largo del tiempo.

15. TRATAMIENTOS DEL TERRENO

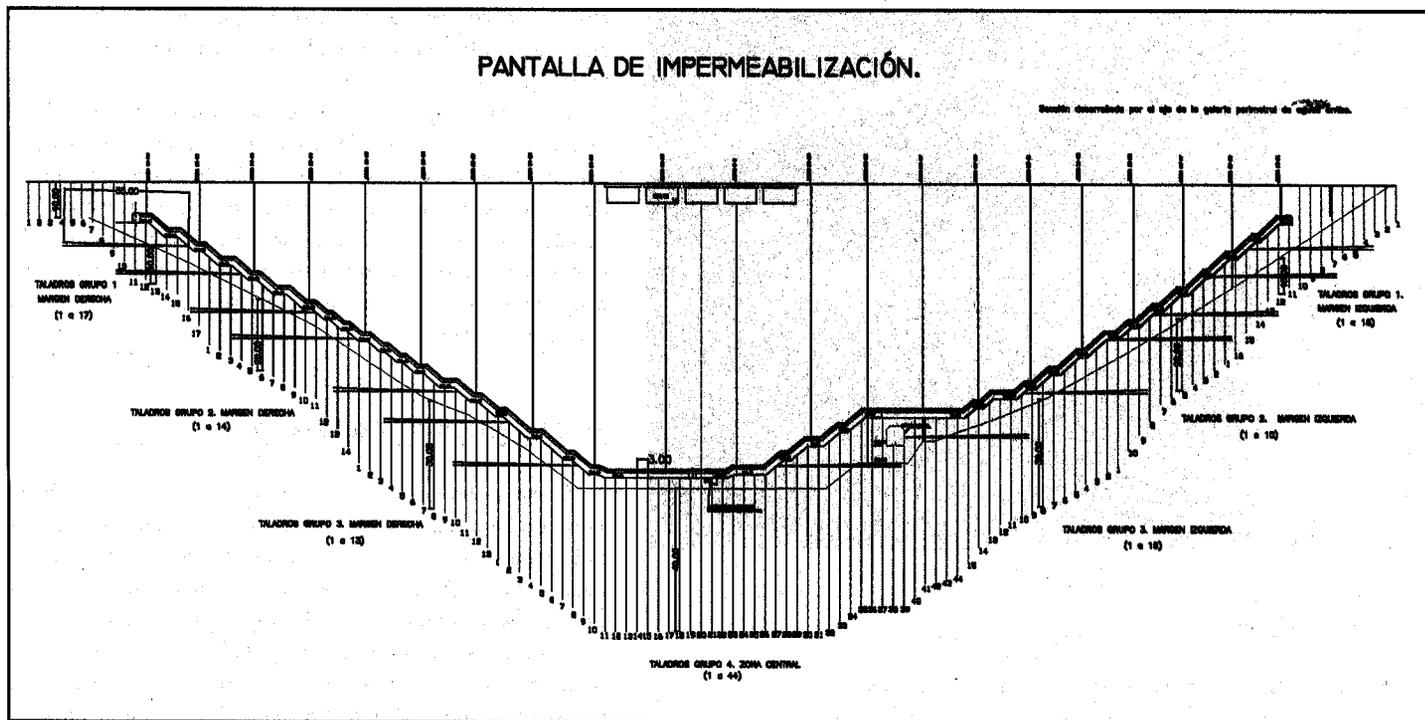
Como se ha comentado anteriormente la Presa de Montearagón se cimienta sobre una formación denominada "Facies Somontano del Mioceno Continental de la depresión del Ebro". La estratificación es horizontal, con escasa presencia de pliegues y ausencia de fallas de origen tectónico. Los fenómenos de descompresión y reajuste han originado una serie de fracturas, con predominio de las subverticales y con buzamientos según ladera, fracturas abiertas en la proximidad de la superficie que se cierran en profundidad.

A pesar de ello, la excavación del cimient de los bloques de presa 0, 1, 2, 3 y 4, así como la correspondiente al cuenco amortiguador, ha dejado al descubierto el pliegue anticlinal. En este contexto geológico hay que añadir en la zona de la cerrada, la descompresión y posterior meteorización que se ha producido por motivo de la excavación del cimient, a pesar de las medidas adoptadas para minimizar los efectos mencionados.

Para conseguir un tratamiento de consolidación global del cimient, se ha dispuesto una cuadrícula de tratamiento de unos 25 m² por taladro, a una profundidad en el terreno de 5 metros, estos se realizarán desde el interior de las galerías y desde la superficie del bloque a una altura determi-

TABLA 4.
APARATOS DE AUSCULTACIÓN

| | |
|---|------|
| Roseta extensométrica tridimensional con corrector | .41 |
| Pareja extensómetros circunferenciales con conector | .9 |
| Extensómetro varilla | .28 |
| Termómetros definitivos + construcción | .190 |
| Medidor juntas electromagnético interno | .34 |
| Medidor juntas externo | .112 |
| Sismógrafo | .1 |
| Péndulos (directo + inverso) | .5 |
| Piezómetro cuerda vibrante | .36 |
| Extensómetro base larga | .20 |



Pantalla de impermeabilización.

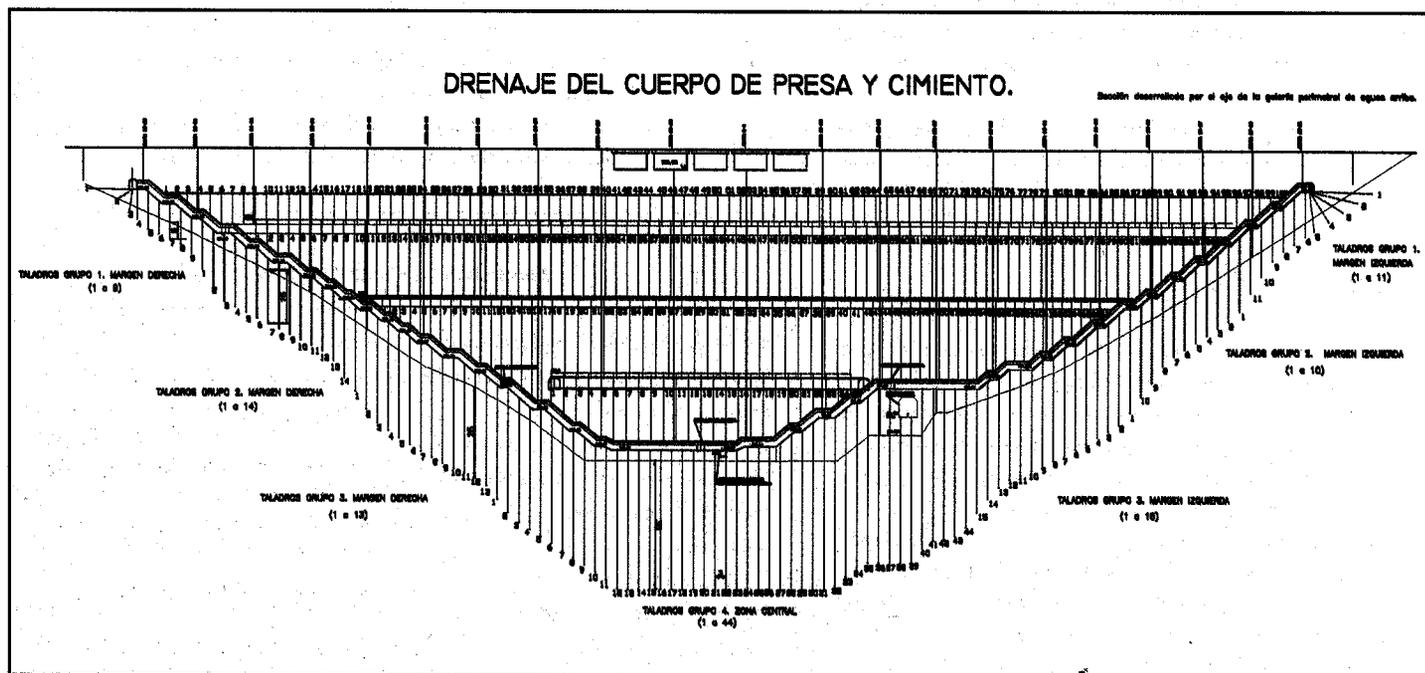
nada en cada caso, dependiendo de la configuración de cada bloque.

La pantalla de impermeabilización se realizará desde la galería de aguas arriba y alcanzará los 40 metros en la zona central con una separación de tres metros por taladro. La profundidad del tratamiento disminuye en los estribos,

donde pasa a ser, en función de la carga de agua, de 35, 30, 25, y 20 metros respectivamente, produciéndose la transición en los diferentes niveles de galerías horizontales presentes en la presa.

La responsabilidad de que la componente normal sobre el cimiento sea máxima al no ser contrarrestada por las sub-

Pantalla de drenaje.



presiones, está encomendada a la pantalla de drenaje, también servirá para comprobar el correcto funcionamiento de la pantalla de impermeabilización. Se ha diseñado en vertical desde la galería perimetral de aguas arriba, la misma galería donde se ejecuta la de impermeabilización. La profundidad de la pantalla principal es 10 metros inferior a la de impermeabilización. En la zona central hasta la cota 519, se refuerza con una pantalla de drenaje desde la galería perimetral de aguas abajo (25 metros), y con otra desde la galería de aguas abajo (15 metros).

El drenaje del cuerpo de Presa se realiza con taladros ascendentes entre galerías de tres pulgadas de diámetro, a una distancia de unos 5 metros del paramento. En la parte central consta de cuatro pantallas entre las galerías presentes, solapándose unas con otras para alcanzar la totalidad del cuerpo de presa. A medida que se avanza hacia los estribos y desaparecen niveles de galerías, los drenes se adaptan a las galerías existentes en cada sección, variando su inclinación y longitud.

16. CONTROL Y VIGILANCIA

El control y vigilancia se lleva a cabo por el equipo de Asistencia Técnica a la Dirección de Obra que PROINTEC S.A. ha dispuesto. Las labores que se desarrollan son la habituales en este tipo de trabajos, como la de la vigilancia en los distintos tajos, control topográfico, mediciones, supervisión de proyecto, auscultación, seguimiento geológico etc.

El control de calidad del hormigón y sus constituyentes se lleva a cabo mediante la elaboración de ensayos físicos y químicos, realizados en un Laboratorio instalado a pie de obra, y dotado de los equipos necesarios para garantizar el cumplimiento de las normas de aplicación y de las exigencias que le son requeridas por el Proyecto.

Durante la fase inicial, previa al hormigonado, su función principal ha sido el estudio de la idoneidad de todos los materiales, información necesaria para el diseño de las dosificaciones a utilizar en las distintas partes del cuerpo de presa, siguiendo la evolución de los parámetros involucrados en su diseño, así como del proceso de ajuste de las instalaciones en su conjunto.

Situado junto a la planta de hormigonado para facilitar la toma de muestras, el Laboratorio se encarga del análisis sistemático de los componentes del hormigón, así como del hormigón producido que constituirá el cuerpo de presa.

- 1) Sobre los componentes del hormigón, existen tres líneas de ensayos complementarias efectuadas en laboratorio: áridos, cementos y cenizas.

Los áridos son sistemáticamente analizados mediante granulometrías y determinaciones sobre la humedad, peso específico, absorción, equivalente de arena, coefi-



Paramento aguas abajo.

TABLA 5.
ENSAYOS LABORATORIO

| | | | |
|---|-------------------------------|--------------------|-----|
| ÁRIDOS PRODUCIDOS | ARENA (T) ARIDO GRUESO (T) | 203.040 568.080 | |
| CEMENTO CONSUMIDO 1 42,5-R (T) | | 34.200 | |
| CENIZA CONSUMIDA (T) | | 37.800 | |
| HORMIGÓN FABRICADO (M³) | | 360.000 | |
| Nº DE MUESTRAS ENSAYADAS | HORMIGÓN (nº de probetas) | 11.760 | |
| | CEMENTO | 150 | |
| | CENIZA | 110 | |
| | CEMENTO-CENIZA | 90 | |
| | ÁRIDOS | ARENA 0/1.7 | 227 |
| | | ARENA 0/5 | 205 |
| | | ÁRIDO 5/20 | 200 |
| | | ÁRIDO 20/40 | 200 |
| ÁRIDO 40/80 | | 200 | |



Laboratorio.

ciente de forma, terrones de arcilla, ensayo de azul de metileno y determinación del coeficiente de " Los Ángeles ".

Los cementos y cenizas son analizados por separado y, también, de manera conjunta en distintas proporciones.

En los cementos y mezclas de cemento-ceniza se determina, la densidad, humedad, finura de molido, resistencia, principio y final de fraguado y expansividad.

Sobre las cenizas se realizan los ensayos de densidad, finura de molido, índice de actividad resistente, pérdida por calcinación, humedad, contenido en sulfatos.

Para la determinación de la resistencia se realizan probetas de mortero prismáticas con las proporciones que se pretenden estudiar de cemento y ceniza, agua y una arena normalizada de características conocidas. Las probetas, al igual que en los hormigones, se ensayan a compresión uniaxial al cabo de los 2, 7, 28 y 90 días de su realización.

- 2) Respecto al hormigón, las muestras de hormigón son introducidas en moldes cilíndricos durante 24 horas, tiempo tras el cual son desmoldadas y almacenadas en una cámara húmeda donde se lleva a cabo el proceso de curado de las probetas bajo unas condiciones controladas de humedad y temperatura.

Las probetas confeccionadas son sometidas al ensayo de compresión uniaxial al cabo de 2, 7, 28 y 90 días, tomándose aleatoriamente muestras de 24 probetas para someterlas a roturas de 2, 7, 28, 90, 180, 360, y 720 días. Además de la resistencia, también son efectuadas sobre las probetas de hormigón los ensayos de tracción indirecta o ensayo brasileño y módulo elástico, a fin de tener un detallado conocimiento acerca de su comportamiento reológico. La consistencia del hormigón se determina mediante la realización del Método Vebe.

Aquellos ensayos no sistemáticos que debido a su complejidad no se pueden realizar en un laboratorio a pie

de obra son remitidos al Instituto Eduardo Torroja, con el cual se ha concertado un convenio de colaboración.

16. ACTUACIONES MEDIOAMBIENTALES

El proyecto de construcción del embalse de Montearagón, ubicado en los términos municipales de Huesca y Loranzo, afecta a los núcleos urbanos de Fornillos, Barluenga, Apiés, Chibluco y San Julián de Banzo. Este proyecto cuenta con Estudio de Impacto Ambiental y ha sido objeto de Declaración de Impacto Ambiental hecha pública mediante resolución de 10 de diciembre de 1992 de la entonces Dirección General de Política Ambiental, hoy Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.

En ambos documentos se definen un conjunto de medidas correctoras que pretenden minorar los efectos negativos que la construcción del embalse pueda originar al entorno medioambiental que le rodea.

Las actuaciones realizadas en materia medioambiental durante las obras de construcción del Embalse de Montearagón hasta la fecha, son las que se detallan a continuación:

- Actuaciones generales:

- Hasta el momento se ha realizado el desmontaje del Puente romano de Fornillos, al verse afectado directamente por la ejecución del desvío de río. Las piedras desmontadas se han trasladado a una nave cerrada para su correcta conservación hasta tanto se decida por los Organismos competentes su nueva ubicación.

- Asimismo se ha retirado y llevado a vertedero la tierra vegetal de las zona afectadas por las excavaciones en la zona de la ataguía del desvío de río, cuerpo de presa y cuenco amortiguador.

- Protección de la calidad de las aguas:

- Respecto a las medidas necesarias para preservar la calidad de las aguas fluyentes frente a todo tipo de vertidos provenientes de las instalaciones para la ejecución de las obras, se han adoptado las siguientes:

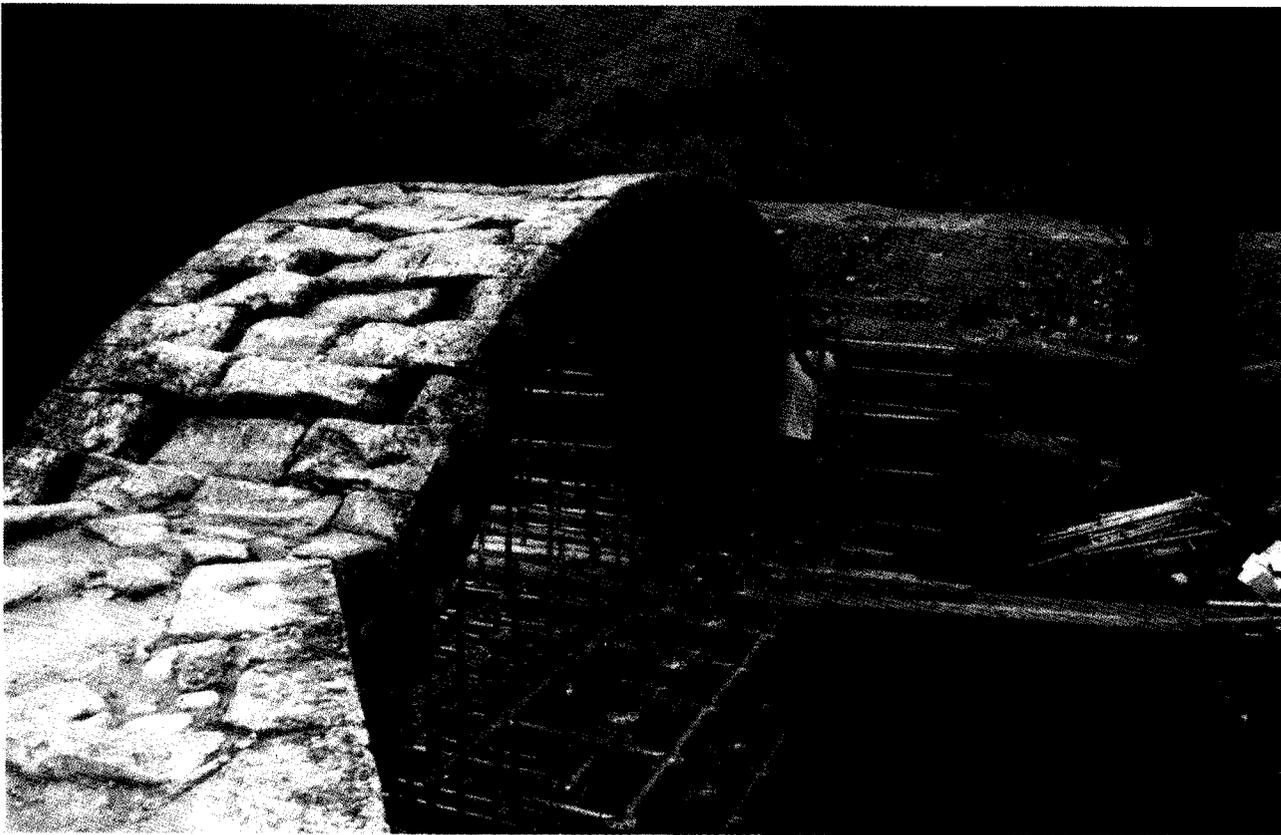
- Ejecución de una balsa decantadora.

- Construcción de dos fosas sépticas y traslado a depuradora de vertidos.

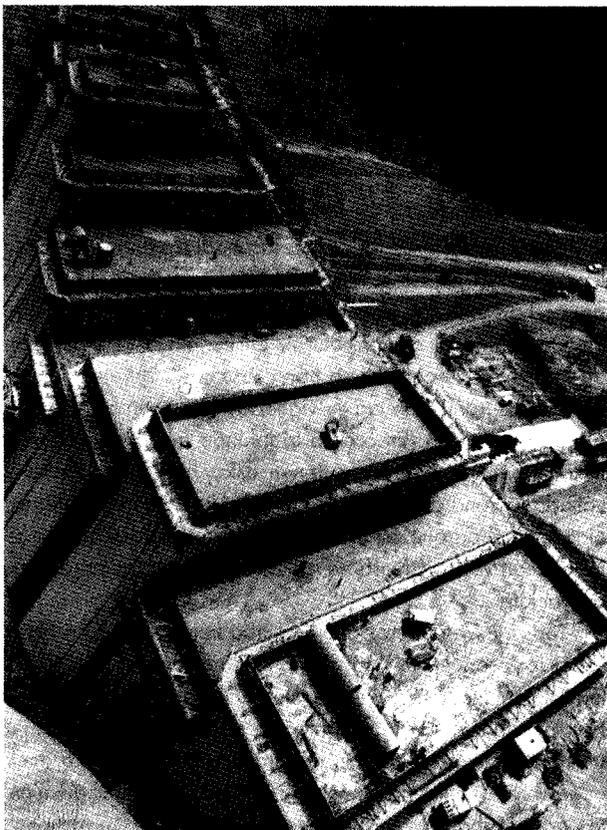
- Recogida de todo tipo de vertidos procedentes de máquinas e instalaciones y su traslado a plantas de tratamiento.

- Protección de ecosistemas fluviales y ribereños:

- La maquinaria empleada en obra cumple con los niveles de emisión sonora como medida de prevención de ruidos. Asimismo, durante las voladuras realizadas en las excavaciones de la presa se han tenido en cuenta las distintas recomendaciones para evitar afecciones a los ecosistemas existentes.



Desmontaje del puente de Fornillos.



- Recuperación ambiental e integración paisajística.
-Para conseguir la recuperación ambiental, se la redactado un proyecto que contempla las acciones a realizar para la integración en el entorno de los desmontes ejecutados en las obras y el tratamiento de todos los vertederos.

- Programa de vigilancia ambiental.

En este programa se establecen los tipos de informes y control y su frecuencia. El programa incluye durante las obras informes relativos al control de vertidos y al funcionamiento de los sistemas de tratamiento previstos.

Las medidas correctoras de aplicación durante las obras para minimizar los efectos negativos en materia medioambiental se dividen en:

- Medidas correctoras de carácter puntual, temporal, destinadas a paliar los efectos de impactos con estas características.
- Medidas correctoras de carácter permanente, destinadas a paliar efectos más duraderos (permanentes) de los impactos, recuperables, donde la intervención de factores ajenos es precisa.
- Medidas de evaluación final de los efectos de la obra en su entorno medioambiental y de control de la evolución de diversos factores y procesos ambientales.

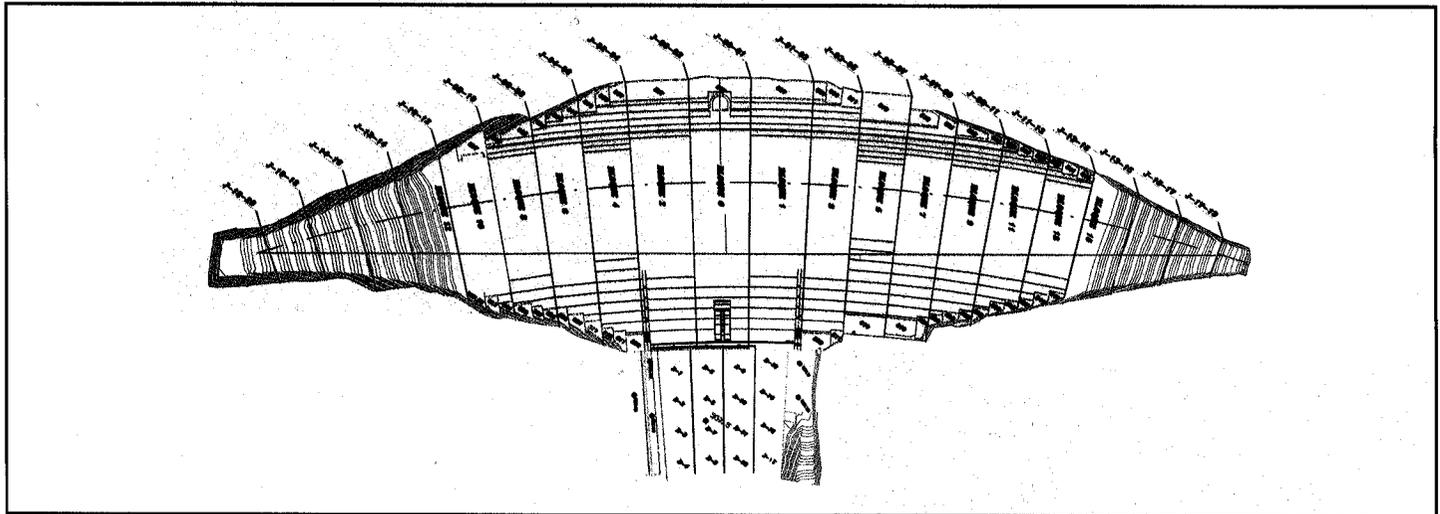
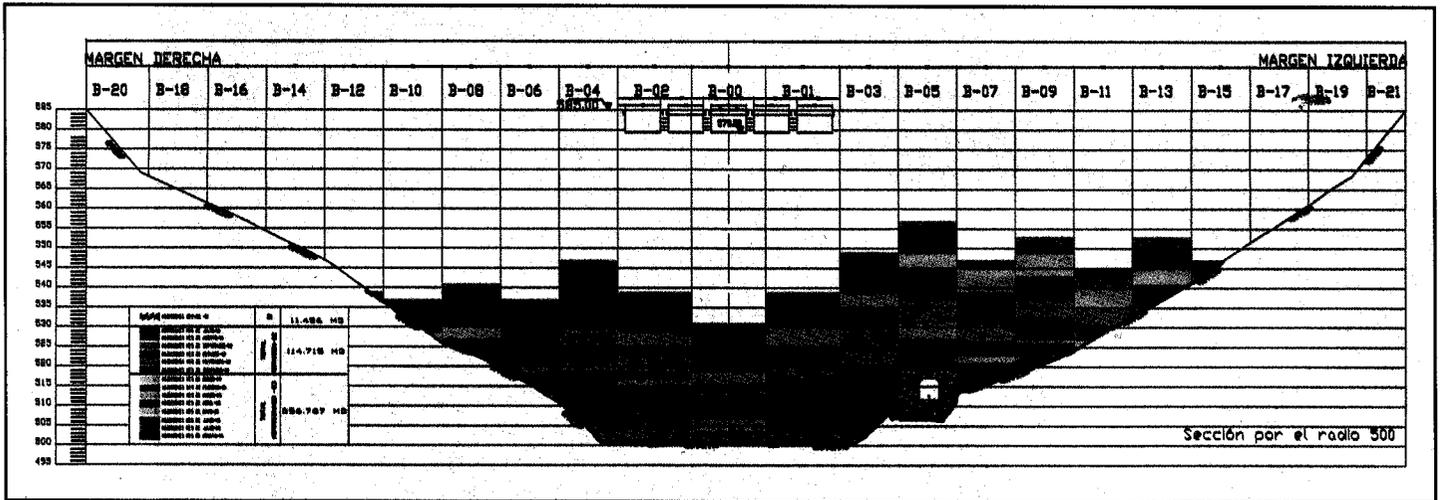


TABLA 6.
PRESUPUESTOS DE EJECUCIÓN MATERIAL

| | |
|---|-----------------|
| Capítulo 1. Presa | 17.149.982,82 € |
| Capítulo 2. Cuenca | 487.412,22 € |
| Capítulo 3. Desagües de fondo y tomas | 815.149,27 € |
| Capítulo 4. Desvíos del río | 494.292,28 € |
| Capítulo 5. Caminos de Acceso | 1.683.261,05 € |
| Capítulo 6. Variante Conducción Huesca | 494.865,72 € |
| Capítulo 7. Edificio | 70.315,66 € |
| Capítulo 8. Instalación eléctrica | 144.821,96 € |
| Capítulo 9. Sistemas de Auscultación | 137.193,09 € |
| Capítulo 10. Varios | 205.872,25 € |
| Capítulo 11. Seguridad y Salud | 308.881,62 € |
| Capítulo 12. Medidas medioambientales | 353.157,24 € |
| Capítulo 13. Seguimiento geológico-geotécnico | 123.874,72 € |

Desde el inicio de las obras, las medidas impuestas para la protección de los sistemas fluviales y de calidad de las aguas han sido las adecuadas, no habiéndose producido ningún vertido al cauce natural. En cuanto a la protección de la red de drenaje no se han presentado señales de erosión en los tramos de cauce vigilados aguas arriba y aguas abajo de la presa. En cuanto al jalonamiento de caminos e instalaciones auxiliares se tienen éstos bien señalizados y vallada la zona donde se ubican las instalaciones auxiliares, el taller y el parque de maquinaria controlándose que no se produzcan vertidos fuera de las zonas destinadas para estas operaciones.

Todos los vertederos que han sido necesarios para almacenar los productos sobrantes han sido convenientemente estudiados antes de su puesta en servicio, estando previsto su futura remodelación y revegetación para que no impacten y no destaquen sobre el entorno circundante. Por último decir que sobre la avifauna no se ha realizado ningún seguimiento por no trabajarse en zonas sensibles. ■