

SÍNTESIS DE LA ACTIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE PRESAS EN ESPAÑA EN EL TRIENIO 1997-1999

Francisco Sacristán Gárate

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Area de Presas – Ministerio de Medio Ambiente

M^a Gabriela Mañueco Pfeiffer

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

División de Obras Hidráulicas y Gestión del Agua – Intecsa-Inarsa, S.A.

RESUMEN

En el presente artículo se ha plasmado la actividad en el campo de las presas en el trienio 1997/1999. En este tiempo ha continuado aumentando el ya importante número de presas. En el futuro, cobrará cada día mayor importancia el mantenimiento de estas estructuras, al mismo tiempo nuestra experiencia se verá abocada a desarrollarse cada día más en los proyectos y obras de recrecimiento y exportando nuestra técnica al extranjero.

ABSTRACT

The article summarizes dam construction between 1997 and 1999 in the intervening years between the Florence and Beijing Congresses. Over this period there has been a steady increase in the number of dams constructed in Spain and in the future the experience gained shall be put to use in the maintenance of these structures, on the development of more dam projects and heightening works and in the export of Spanish technology abroad.

INTRODUCCIÓN

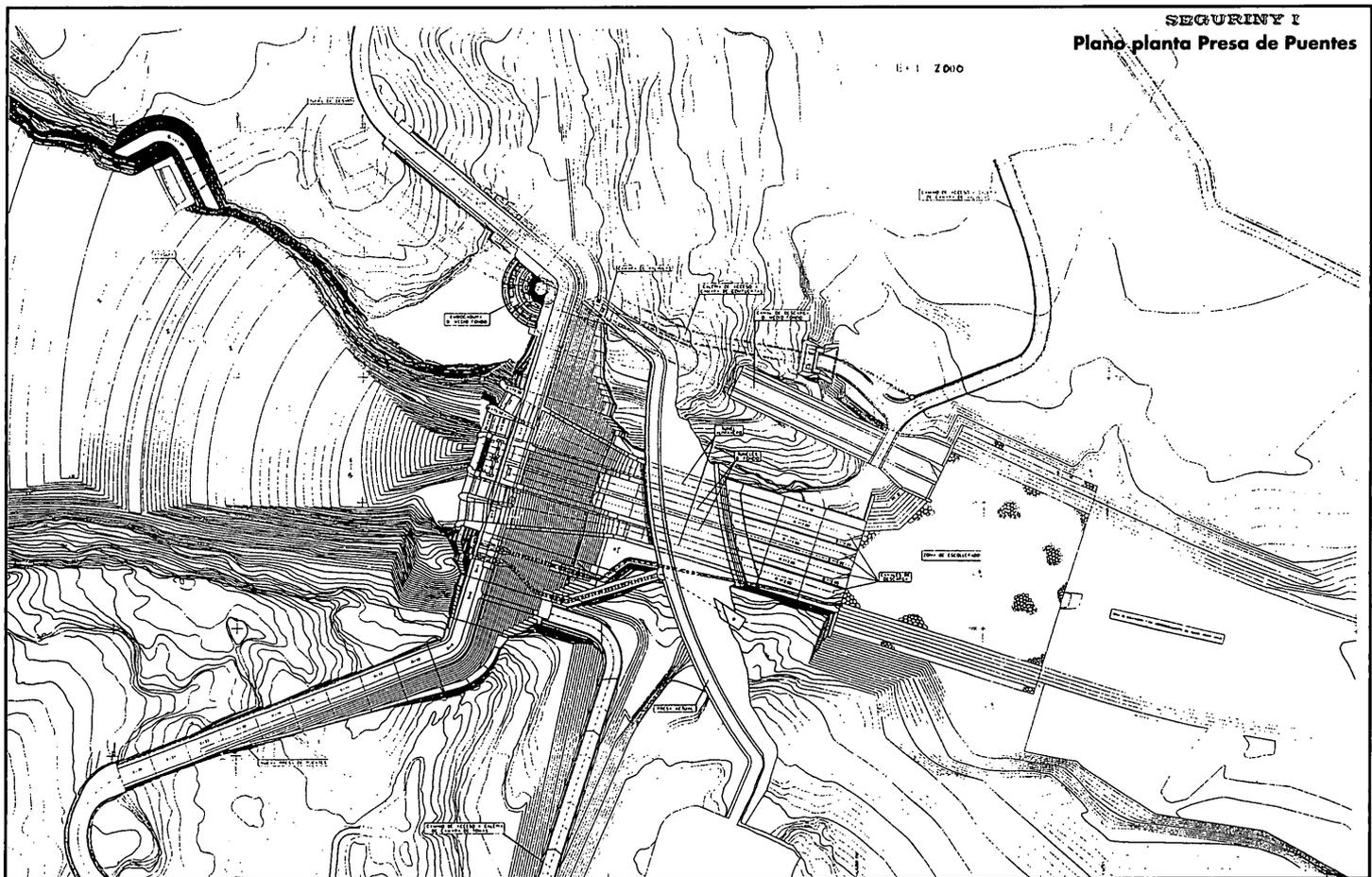
En este artículo se ha tratado de plasmar la actividad pre-sística en España en el trienio comprendido entre el XIX y el XX Congreso Internacional de Grandes Presas. Al igual que en ocasiones anteriores consta de dos partes bien diferenciadas, en la primera se describe la actividad en relación con las estadísticas, en la segunda se han incluido unas "fichas" con una selección de las presas en construcción.

En la primera parte se han separado, las presas puestas en explotación en el trienio y las presas en construcción. Como novedad se realiza un primer apunte de las obras de recrecimiento que están empezando a ser cada día más frecuentes. Por último, se incluye una breve reseña de las presas en el extranjero en cuya construcción intervienen empresas constructoras españolas.

PRESAS TERMINADAS EN EL TRIENIO 1997-1999

En el trienio comprendido entre 1997 y 1999 se han terminado en España un total de dieciocho (18) presas que son las que figuran en la tabla nº 1. Si analizamos las presas por Cuencas Hidrográficas dos de ellas pertenecen a la Cuenca del Duero (en realidad se trata de una presa y su collado de cierre), otras dos a la Cuenca del Ebro, tres a la del Guadalquivir, cinco a la del Guadiana, tres a la del Segura y tan solo una a la del Pirineo, una a la del Sur y otra a la del Tajo. Si trasladamos el análisis al ámbito provincial, la provincia en la que se han construido más presas es la de Cáceres con tres, seguida por Albacete, Huelva y Lérida con dos presas en cada una construidas en el último trienio.

Como se puede comprobar en la citada tabla nº 1, quince (15) de las presas concluidas son de titularidad estatal y repre-



sentan una gran mayoría frente a las otras tres que pertenecen respectivamente a la Autonomía de Extremadura, a la Generalitat de Cataluña y a Río Tinto. En lo que se refiere a la distribución por año de finalización se han terminado seis (6) en 1997, seis (6) en 1998 y otras seis (6) en 1999.

Si analizamos las tipologías que se presentan, tenemos tan solo una presa bóveda construida en el trienio, la presa de La Llosa del Cavall. Mientras que las presas de escollera son un total de cuatro (4) y las de tierra otras cuatro (4) frente a siete (7) de gravedad de hormigón vibrado y dos (2) de hormigón compactado, es decir ocho de materiales sueltos y nueve de hormigón con una notable igualdad entre tipologías. Únicamente dos de las presas, La Aguzadera (104,50 m), La Llosa del Cavall (122,30 m), superan los 100 m de altura.

El incremento de la capacidad de los embalses españoles en este trienio representa un total de 1007,75 hm³. En cuanto a los usos a los que se destinan los mismos está cubierto prácticamente todo el espectro puesto que van desde la defensa de crecidas, tan necesaria en nuestro país, hasta los usos industriales pasando, claro está, por los riegos. Tres (3) de las presas se dedicarán a abastecimiento juntamente con riegos mientras que otras cinco (5) tienen como objetivo único las reservas de agua para riegos.

El incremento de embalse en la cuenca del Duero es de tan sólo 12,8 hm³ frente a 402 hm³ en la cuenca del Ebro lo que pone en evidencia las grandes diferencias existentes entre cuencas por no mencionar los 0,96 hm³ de la cuenca del Tajo. En el Guadalquivir se ha conseguido un aumento del volumen de embalse de 171,48 hm³ gracias a la importancia de los volúmenes embalsados por la presa de Vadomojón y en el Guadiana 282,75 hm³ que se deben fundamentalmente a la presa de Torre de Abraham.

PRESAS EN CONSTRUCCIÓN

En el momento de concluir el período analizado, se encontraban en construcción un total de 29 presas como se recoge en la tabla nº 2. La mayoría de ellas pertenecen al estado, y son presas de hormigón tanto vibrado (8) como compactado (6). La distribución por cuencas hidrográficas es de 6 en el Duero, 11 en el Ebro, 2 en el Guadiana, 2 en el Júcar, 3 en el Segura, 2 en el Guadalquivir y una en cada una de las cuencas del Norte, Sur y Tajo.

Al analizar la distribución en función de la altura se detectan 3 grupos claros, las presas de más de 100 metros que son

TABLA 1. PRESAS TERMINADAS EN 1997-1999

Nombre	Río	Cuenca	Provincia	Propietario	Año Finalización	Tipo	Altura	Capacidad	Destino
1 Aguzadera, La	Aguzadera	Guadiana	Huelva	Río Tinto	1998	E	104,50	60,40	U/I
2 Almodovar (Collado) (RTO)	Almodovar	Guadalquivir	Cádiz	Estado	1997	G	0,00	0,00	F
3 Almodovar (RTO)	Almodovar	Guadalquivir	Cádiz	Estado	1997	G	47,00	6,48	F
4 Casasola	Campanillas	Sur	Málaga	Estado	1999	G	89,00	41,99	I
5 Cubilar	Cubilar	Guadiana	Cáceres	Estado	1998	T	18,00	5,90	I
6 Jarama	Jarama	Guadiana	Huelva	Estado	1999	E	42,10	31,20	F
7 Llosa del Cavall	Cardoner	Pirineo	Lérida	Generalitat Cataluña	1999	B	122,30	80,00	X
8 Navarredonda	Tamuja	Tajo	Cáceres	Auton.Extremadura	1997	G	16,00	0,96	S
9 Queiles (Azud)	Queiles	Ebro	Zaragoza	Estado	1998	G	11,50	0,57	D
10 Rambla de Bayco	Bayco u Ortigosa	Segura	Albacete	Estado	1999	E	43,00	13,50	C
11 Rambla de los Charcos	Charcos de Tobarra	Segura	Albacete	Estado	1999	HC	30,50	1,70	C
12 Rialb	Segre	Ebro	Lérida	Estado	1999	HC	96,30	402,00	I/S
13 Riobobos (Azud)	Riobobos	Duero	Salamanca	Estado	1998	T	19,80	12,80	I
14 Riobobos (Dique)	Riobobos	Duero	Salamanca	Estado	1998	T	3,20	0,00	I
15 Romeral, El (Collado)	Guadalentin	Segura	Murcia	Estado	1997	T	9,00	0,00	I
16 Ruelas (Azud)	Ruelas	Guadiana	Cáceres	Estado	1997	G	18,50	0,25	Z
17 Torre de Abraham (RTO)	Bullaque	Guadiana	—	Estado	1997	G	51,00	185,00	I
18 Vadomojón	Guadajoz	Guadalquivir	Córdoba	Estado	1998	E	75,00	165,00	I/N

SIGLAS UTILIZADAS

Tipo

B=bóveda-cúpula
 E=escollera
 G=gravedad
 HC=hornigón compactado
 T=tierra

Destino

C=defensa de crecidas
 F=riegos abastecimiento
 G=riegos regulación
 H=energía
 I=riegos
 S=abastecimiento
 U=usos industriales
 Z=regulación/riegos/abastecimiento/energía
 X=abastecimiento/regulación

1007,75

TABLA 2. PRESAS EN CONSTRUCCIÓN

Nombre	Río	Cuenca	Provincia	Propietario	Tipo	Altura	Capacidad	Destino
1 Algar	Palencia	Júcar	Valencia	Estado	HC	49,00	6,29	G
2 Andévalo	Malagón	Guadiana	Huelva	Estado	E	70,00	600	I
3 Arrieta	Arrieta	Ebro	Burgos	C-Regantes Berokia	E	24,50	1,40	I
4 Atance, El	Salado	Tajo	Guadalajara	Estado	HC	44,71	35,27	I
5 Bubones	Duero	Duero	Soria	Particular	T	10,00	1,1	H
6 Cigudosa / Valdeprado	Alhama	Ebro	Soria	Estado	HC	65,50	41,80	F
7 Colomera	Colomera	Guadaquivir	Granada	Estado	T	19,50	0,13	I
8 Enciso	Cidacos	Ebro	Logroño	La Rioja	HC	103,50	48	I/B/S
9 Ibiur	Ibiur	Norte	Guipuzcoa	Estado	HC	68,00	7,50	GS
10 Iruña	Agueda	Duero	Salamanca	Estado	AG	68,50	122,50	GS
11 Itoiz	Irtati	Ebro	Navarra	Estado	G	128,00	418,00	I/S/H
12 Itoiz (Collado)	Irtati	Ebro	Navarra	Estado	G	24,00	0,00	I
13 Lomilla de Aguilár	Reitobas	Duero	Palencia	Castilla-León	T	23,00	0,63	F
14 Loteta	Carrizal	Ebro	Zaragoza	Estado	T	29,00	96,73	Z
15 Montearagón	Flumen	Ebro	Huesca	Estado	E	78,00	51,50	I/S
16 Mora de Rubielos	Tosquillas	Júcar	Teruel	Estado	E	35,00	0,98	F
17 Palma d' Ebre	Mont Blanquet	Ebro	Tarragona	Generalitat Cataluña	T	29,70	1,35	F
18 Puentes II	Guadalentín	Segura	Murcia	Estado	G	62,00	29,50	I/C
19 Puentes II (Collado)	Guadalentín	Segura	Murcia	Estado	G	10,00	0,00	I/C
20 Queiles (Azud)	Queiles	Ebro	Zaragoza	Estado	G	11,50	0,57	D
21 Risca, La	Alharabe	Segura	Murcia	Esdtado	G	26,88	2,33	I/C
22 Ruelas (Azud)	Ruelas	Guadiana	Cáceres	Estado	G/T	18,20	0,43	Z
23 Rules	Guadalifeo	Sur	Granada	Estado	G	130,00	117,08	Z
24 San Fernando	Tormes	Duero	Salamanca	Salto de San Fernando S.L.	A	15,00	1,25	H
25 Tabuyo del Monte (Valtabuyo)		Duero	Avila	Junta de Castilla - León	E	28,70	3,18	F
26 Val	Val	Ebro	Zaragoza	Estado	HC	94,30	25,29	I
27 Viboras	Viboras	Guadaquivir	Jaén	Estado	B	48,50	19,11	S
28 Zapardiel de la Cañada	Arroyo de las pasaderas	Duero	Castilla - León	G/T	14,81	0,41	I	
29 Yalde	Yalde	Ebro	La Rioja	La Rioja	T	55,00	3,58	GS
							1635,90	

SIGLAS UTILIZADAS

Tipo
 B=boveda-cúpula
 E=escollera
 G=gravedad

HC=hormigón compactado
 T=tierra
 A=arco

Destino

C=defensa de crecidas
 F=riegos abastecimiento
 G=riegos regulación
 H=energía

I=riegos

S=abastecimiento

UJ=usos industriales

Z=regulación/riegos/abastecimiento/energía

TABLA 3

Nombre	Comunidad	Cuenca	Provincia	Propietario	Altura recrecimiento (m)	Aumento capacidad total (hm ³)	Uso
La Breña II	Andalucía	Guadalquivir	Huelva	Estado	71	698	U/I
Yesa	Aragón	Ebro	Zaragoza Navarra	Estado	38	1054	U/I

3, las de menos de 20 que son 5 y el grupo más importante que es el de las comprendidas entre 20 y 100 metros que son 19 con 11 de ellas de menos de 50 m.

En cuanto al incremento de volumen regulado que supondrán se trata de un total de 1635 hm³ regulables por los embalses en ejecución.

En lo que se refiere a los usos de los embalses en construcción estos serán mayoritariamente destinados a abastecimiento y riegos al igual que en los últimos años.

RECRECIMIENTOS

Al ir agotándose las cerradas con mejores características de cimentación, se proyecta cada día mayor número de recrecimientos, con una altura considerable y un gran volumen de embalse. Tras haberse concluido Torre de Abraham en el trienio 97-99, a finales del 99 se encontraban en licitación y a punto de licitarse los recrecimientos de Yesa y La Breña II cuyas características son las que figuran en la tabla 3.

Conviene reseñar que muchos de estos recrecimientos se están proyectando mediante presas exentas, como en el caso de La Breña II y en algunas de las soluciones ofertadas para Yesa, debido en la mayoría de los casos al temor a excavar el pie de presa de la existente sin perjudicar a su estabilidad, y,

en el resto, a las necesidades de aprovechar la topografía o a la falta de confianza en el comportamiento de la antigua presa o de la unión entre fábricas.

ACTIVIDAD DE EMPRESAS ESPAÑOLAS EN EL EXTRANJERO

También como nueva aportación a este resumen de actividad presística española parece necesario reseñar la actividad de las empresas constructoras españolas en el extranjero puesto que estas obras sirven como escaparate de la técnica española en el extranjero y sobre todo, porque se trata de obras de gran relevancia internacional con una altura y volumen importantes cuya construcción supone una muy buena experiencia para nuestros técnicos. Actualmente están en construcción las cinco presas indicadas en la tabla, todas ellas de hormigón, tres de compactado con rodillo y dos de vibrado (Tabla 4).

A continuación se incluyen las fichas de algunas presas terminadas y en construcción en España, con una breve descripción, una foto y un plano de cada una de ellas. Se trata de las presas de: ALGAR, ANDÉVALO, EL ATANCE, IRUEÑA, ITOIZ, LA LOTETA, LA RISCA, MORA DE RUBIELOS, MORATALLA, PUENTES, RIALB, RULES, SAN FERNANDO Y VÍBORAS.

TABLA 4

Presa	País	Propietario	Constructor	Altura	Volumen (hm ³)	Uso
Beni Haroun	Argelia	Ministere de l'Equipement	Dragados	118	1.900.000	I/S
Sa Stria	Italia (Cerdeña)	Consorzio di Bonifica de la Sardegna Meridionale	Dragados/FCC/ Grandi Labetri	87	518.000	I/S/H
Porce	Colombia	Empresas Públicas de Medellín	Dragados(Con Concreto)	123	1.450.000	H
Caruachi	Venezuela	EDELCA	Dragados/ICA	79	1.705.000	H
Alqueva	Portugal	EDIA (filial de Electricidade de Portugal)	Dragados/Necso/ Somague/Bento Pedroso	96	1.100.000	I/S/H

PRESA DE ALGAR

La presa de Algar se sitúa en el río Palancia, en el término municipal de Algar de Palancia (Valencia) y se apoya sobre terrenos del triásico correspondientes al Muschelkalk inferior y medio, presentado primordial y respectivamente por dolomías y margas.

La cuenca tiene una superficie de 781 km² y una aportación media anual de 46 hm³. La cota de NAP es 213,50 m.s.n.m. y la cota de NMN es 207,00 m.s.n.m., siendo la capacidad a esta última cota de 6,29 hm³ y la superficie de lámina de agua de 69,40 ha.

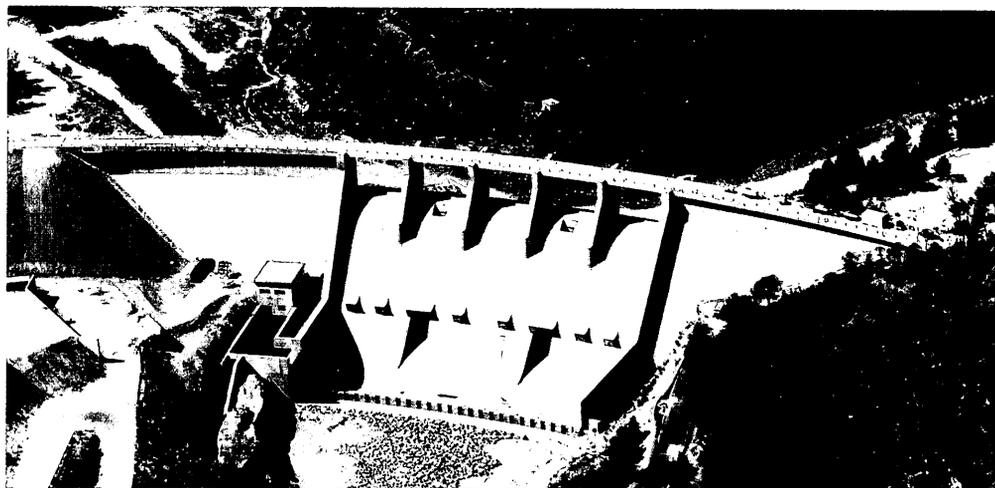
La presa responde a la tipología mixta de gravedad con planta circular, con radio de curvatura de 350 m y con una parte de gravedad en hormigón convencional, con taludes 0,05 H : 1 V aguas arriba y 0,75 H : 1 V aguas abajo, y otra parte de materiales sueltos con núcleo central constituido por una pantalla bituminosa de 60 cm. Los espaldones de esta parte están constituidos por zahorras recubiertas externamente por un rip-rap y sus taludes son 2 H : 1 V aguas arriba y aguas abajo. La cota de coronación de la presa es 217,00 m.s.n.m., la altura máxima sobre cimientos es de 49 m y la longitud y anchura de coronación son, respectivamente, 484,42 y 5 m.

El aliviadero de superficie es de labio fijo y se sitúa sobre la presa en su tramo de hormigón. Tiene 5 vanos y una longitud de vertedero de 74 m, situándose el umbral a la cota 207,00 m.s.n.m. El canal de descarga termina en un cuenco amortiguador. Su capacidad de desagüe máxima es de 2650 m³/s.

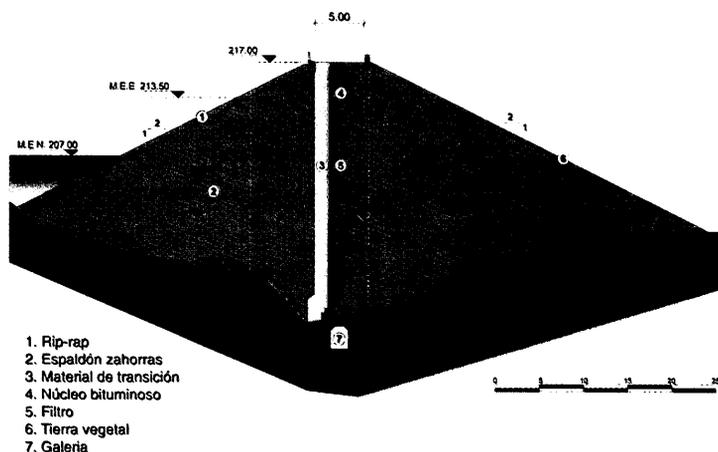
Existen 2 desagües de fondo que atraviesan el cuerpo de presa, también en el tramo de hormigón. Se trata de conductos rectangulares controlados por 2 compuertas tipo Bureau de 2,00 x 3,00 m² cada uno. La cota del eje de la embocadura es 184,5 m.s.n.m. y el caudal total desaguado a NMN es de 240 m³/s.

Las unidades de obra más representativas son:

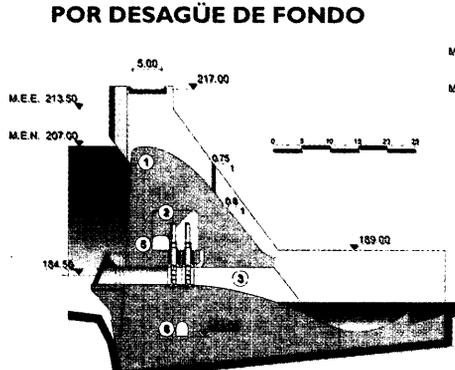
- Volumen de hormigón 120.304 m³
- Volumen de materiales sueltos ...203.259 m³
- Superficie núcleo bituminoso..... 3.374 m²



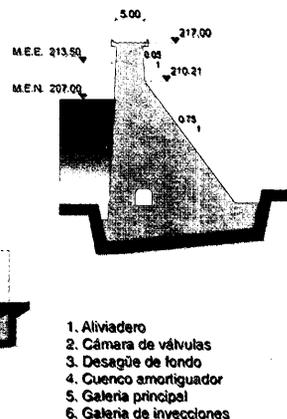
SECCION TIPO MATERIALES SUELTOS



SECCION TIPO POR DESAGÜE DE FONDO



SECCION TIPO POR ESTRIBOS





PRESA DE ANDÉVALO

La presa de Andévalo, de escollera con núcleo central de arcilla, está situada en la confluencia de los ríos Malagón y Cobica, afluentes a su vez del Chanza en la cuenca del Guadiana. La superficie de la cuenca, que tiene una precipitación media anual de 649,5 mm, es de 738 km² y tiene una aportación anual variable entre 0 y 350 hm³ con una media de 120 hm³. El caudal punta de la avenida de 500 años de período de retorno es de 1220 m³/s y el de la máxima probable es de 1660 m³/s. El volumen de embalse a la cota del NMN, 112 m.s.n.m., es de 634 hm³ con un embalse muerto de 16 hm³.

La altura máxima de la presa sobre cimientos es de 69,50 m. La coronación de la presa está a la cota 116,50, 1 m por debajo de la del núcleo y 3 m por encima del NAP. La longitud de coronación es de 1830 m con un ancho de 44 m. Esta última dimensión poco usual se debe al hecho de que debido a la declaración de impacto ambiental se planteó un proyecto de presa recrecible, cuya primera fase es la que se está construyendo en la actualidad.

La sección tipo de presa dispone de taludes 1,8H : 1V y 2H : 1V. El cambio de pendiente se produce a la cota 95 en el paramento de aguas abajo y a dicha cota se dispone de una

berma de 7 m de ancho, el mismo que a la cota 65 m.s.n.m. a la que se sitúa la otra berma. En el paramento de aguas arriba el cambio de pendiente tiene lugar en el nivel de coronación de las ataguías (recordemos que existen 2 cauces) en el que existe también una berma de 7 m de ancho.

El volumen de excavación de proyecto es de 0,69 · 10⁶ m³ y el volumen de los materiales que conforman la presa es de 6,1 x 10⁶ m³ el de la arcilla del núcleo y 0,48 x 10⁶ y 0,44 · 10⁶ m³ respectivamente el del material de transición y en el filtro.

El aliviadero tiene una longitud libre de 104 m distribuidos en 8 vanos. La cota del umbral del vertedero es la 112 m.s.n.m. siendo 1,51 m la altura de la lámina de diseño para un caudal de vertido de 417 m³/s que se restituyen a un barranco aguas abajo del collado lateral en el que se ha proyectado el aliviadero.

Los desagües de fondo son dos conductos de 2 m de diámetro que disponen de 2 válvulas Bureau de seguridad y 1 válvula Howell-Bunger para regulación en cada línea. Estos desagües se alojarán en la galería de desvío y tendrán una capacidad máxima de desagüe de 123 m³/s y permiten el vaciado del embalse en 90 días. ■

PRESA DE EL ATANCE

La presa de El Atance se sitúa sobre el río Salado en la Alcarria. Este río ha formado un valle en el que se encuentra el pueblo de El Atance, situado a pocos kilómetros del río Henares al que vierte sus aguas el Salado.

La función principal de la construcción de la presa es la de complementar los volúmenes de aguas requeridos por los regadíos de la cuenca del Henares que actualmente se abastecen con los caudales regulados por los ríos Bornova y Cañamares en los embalses de Alcorlo y Pálmaces respectivamente.

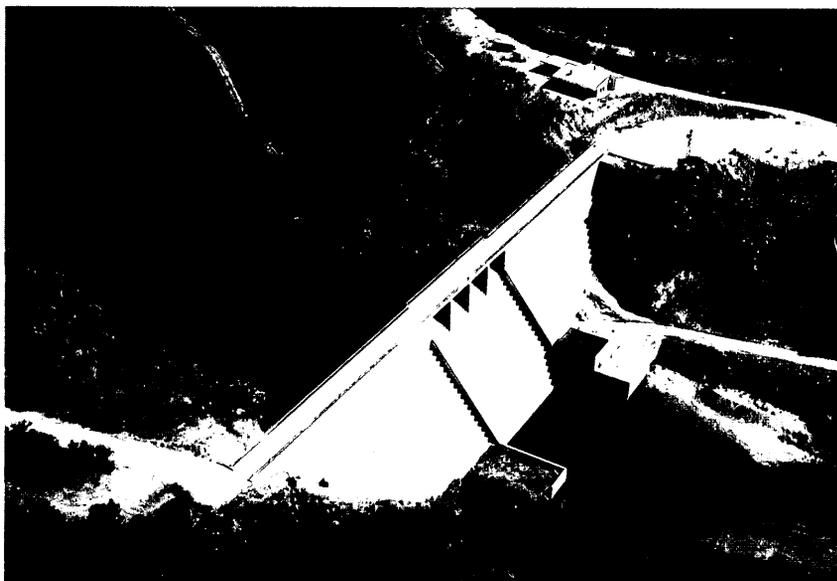
Se proyectó y construyó una presa de gravedad de hormigón compactado con rodillos, de planta recta, con el paramento aguas arriba vertical y el de aguas abajo escalonado, según un talud teórico de 0,8H : 1V, con una altura de escalones 1,20 m tanto en los estribos de la presa como en el canal de descarga del aliviadero. La altura máxima sobre el cimiento es de 45 m y la altura sobre el cauce del río de 34 m. La longitud de coronación es de 185 m, estando a la cota 911,14. Las juntas transversales, cuatro en total, dividen el cuerpo de presa en bloques de anchura variable, con un máximo en el bloque central, que aloja el aliviadero, de 50 m.

Como avenida de diseño del aliviadero se ha tomado la correspondiente a un período de retorno de 1000 años, con un caudal laminado de 128 m³/s. El aliviadero adoptado es de labio fijo, formado por cuatro vanos de 8 m separados por pilas de 1,05 m de espesor, y está sensiblemente centrado en el cauce del río y en la presa. El perfil del labio es Bradley, liso en la cresta. A partir de un punto del paramento aguas abajo empieza un escalonado variable creciente, que sirve de transición hasta el primer escalón de altura 1,20 metros.

El caudal unitario efluente en la avenida milenaria resulta de 4 m³/s/m, relativamente pequeño para el escalonado proyectado, lo que hará que en el canal de descarga, o rápida del aliviadero se disipará una gran parte de la energía de la lámina antes de su entrega al cuenco amortiguador, que por esta razón tiene una longitud de sólo 11 m.

Los desagües de fondo consisten en dos conductos de 1,00 m de diámetro, controlados mediante dobles válvulas de compuerta, con una capacidad unitaria de 13,35 m³/s, estando situados a la cota 882,00 m.s.n.m. La descarga se produce al cuenco amortiguador, de forma oblicua, desde el muro cajero izquierdo de aquél.

Las tomas de agua están formadas por dos conductos circulares de 0,90 m de diámetro, embocaduras a las cotas 886,70 y 896,70 m.s.n.m., que se unen mediante un pantalón



justo antes de la descarga al cuenco amortiguador a la cota 882,00 m.s.n.m. Los dispositivos de maniobra son una válvula de compuerta por conducto y una válvula Howell-Bunger en la salida común. La capacidad de desagüe máxima de la toma es de 12,57 m³/s.

En abril de 1997 comenzó la ejecución del hormigonado del cuerpo de la presa. Este se planteó considerando a la presa como un solo bloque, sin juntas encofradas, trabajando de ladera a ladera en todo momento (excepto en las dos semicoronaciones de los estribos), obteniendo las máximas ventajas del método HCR y asimilando la construcción a la de una presa de materiales sueltos.

Se empleó un encofrado por módulos de 5 m de ancho dividido en varios paneles de 0,60 m de altura, que se iban trepando sucesivamente cada dos tongadas de 0,30 m, operación que se efectuaba para todo el paramento en un tiempo menor que el de ejecución de una tongada, condición necesaria para no interferir en la realización del hormigón compactado con rodillos.

Trabajar en un único bloque facilitó alcanzar un ritmo medio de un metro en altura por día de trabajo, con gran número de ocasiones en las que la presa "crecía" 1,20 m (4 tongadas de 0,30 m) en 24 h. La semicoronación izquierda, a 45 m de altura sobre el cimiento, se alcanzó en 45 días de trabajo efectivo, interrumpidos únicamente por las paradas obligadas por cinco juntas frías (motivadas bien por la necesidad de trepar el sistema de cintas de transporte de hormigón o bien por inclemencias meteorológicas). La ejecución de la semicoronación del estribo derecho condujo a un total de 53 días de trabajo efectivo para realizar el 100% del cuerpo de presa. ■

PRESA DE IRUEÑA

La presa de Irueña está situada sobre el río Agueda (Salamanca) en una zona de pizarras arenosas y areniscas preordovícicas. La cuenca de aportación al embalse tiene una superficie de 460 km² y una precipitación media anual de 1053 mm/año, la aportación media anual es de 289 hm³ y el volumen de embalse de 110 hm³. El caudal de avenida para un periodo de retorno de 500 años es de 1450 m³/s.

El embalse de Irueña se consigue mediante una presa arco gravedad de 68,5 m de altura sobre el cauce del río Agueda y un dique lateral de gravedad en un collado de margen derecha.

El vértice del triángulo resistente se dispone a la cota 796,00 m.s.n.m., con paramentos vertical el de aguas arriba y 0,4:1 (H:V) el de aguas abajo.

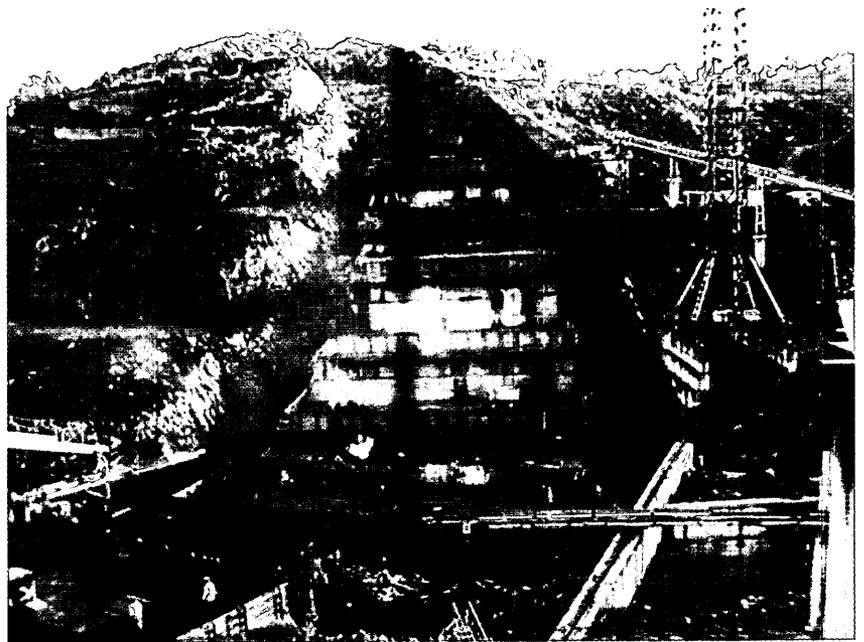
La coronación de la presa se sitúa a la cota 777,50 m.s.n.m., tiene un ancho de 8,00 m correspondiente a la calzada, con dos aceras en voladizo de 1,50 m cada una.

El paramento aguas arriba es un cilindro de eje vertical, con generatriz formada por arcos de tres centros. El arco central tiene un radio de 150 m y ángulo en el centro de 40°. A ambos lados del arco central, y de forma simétrica, se define el paramento mediante arcos de 200 m de radio y ángulos en el centro de 15°. Cada uno de estos arcos se prolonga mediante sendos arcos de 400 m de radio y ángulo en el centro de 10°, que a su vez se prolongan mediante rectas tangentes hasta encontrar la ladera correspondiente.

El intradós del arco de coronación se define mediante arcos de tres centros, concéntricos con los anteriormente descritos, y por lo tanto, con los radios de 142,00 m, 192,00 m y 392,00 m. De esta forma el ancho de coronación tiene un espesor constante de 8,00 m en la parte que corresponde a la zona de curva del trasdós, siendo en la zona de estribos de espesor variable con un ancho mínimo de 8,00 m.

La presa se compone de 23 bloques de 16,00 m y dos bloques extremos de 18,00 m de ancho. En todas las juntas se dejan moldeadas las ranuras inyectoras y colectoras, tapajuntas de borde e interzonas y demás dispositivos para inyección. Todas las bandas de caucho para tapajuntas son de 0,50 m de ancho.

El aliviadero se sitúa en el centro de la presa, con un eje sensiblemente coincidente con el cauce. La geometría del aliviadero se ajusta a los resultados del ensayo en modelo reducido del aliviadero de la presa de Fuenteguinaldo (ahora Irueña) realizado por el CEDEX. El vertedero es frontal de labio fijo, con umbral a la cota 772,50 m.s.n.m. y formado por

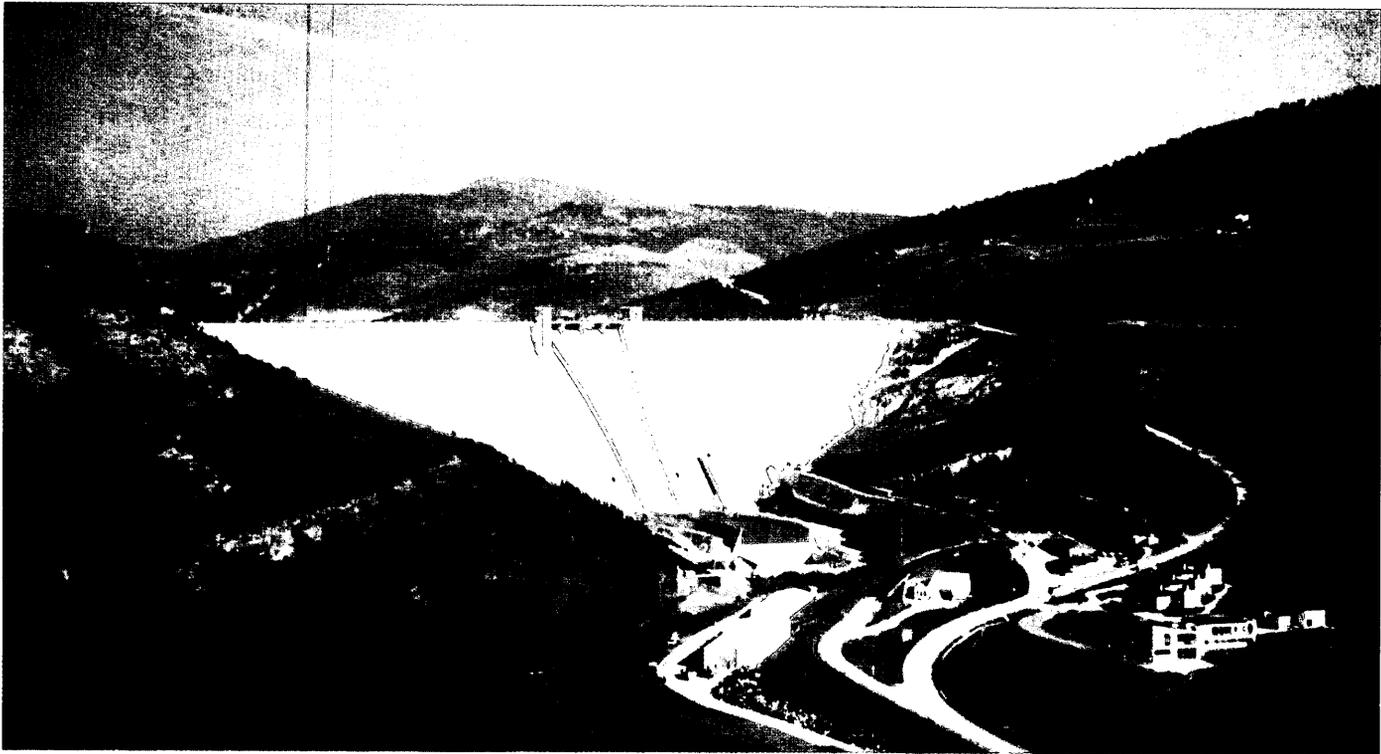


cinco vanos de 13,00 m en el eje de la presa, separados por pilas radiales de 1,50 m de ancho. La restitución al río se realiza mediante un trampolín de lanzamiento, adosado al paramento de aguas abajo de la presa, de 5,144 m de radio, ángulo de 121,5°, cota inferior de solera 731,387 y cota de salida del chorro 732,54.

El desagüe de fondo está formado por dos conductos horizontales blindados de sección rectangular de 1,20 x 1,50 m² con el eje a la cota 717,50 m.s.n.m. y desaguando en el tramo del aliviadero. La embocadura es común para los dos conductos y está constituida por una estructura de hormigón armado adosada al paramento de aguas arriba de la presa. Protegiendo la entrada se dispone una rejilla desmontable. En cada conducto se dispone triple cierre. Un primer cierre podrá realizarse mediante una ataguía de 1,30 x 1,60 m² para lo cual se dejan colocadas unas guideras en el paramento. El segundo y tercer cierre de cada conducto se realiza mediante válvulas de compuerta tipo Bureau de 1,20 x 1,50 m² alojadas en una cámara situada en el cuerpo de presa.

Se ha proyectado una toma ecológica y de servidumbre, constituida por un conducto metálico de 500 mm de diámetro, con triple cierre mediante válvulas de compuerta, cuya toma se realiza a la cota 719,25 m.s.n.m..

El desagüe de medio fondo está constituido por dos conductos horizontales blindados de 3,20 m² de sección, con ejes a la cota 732,00 m.s.n.m. Cada uno de los conductos se sitúa embebido en cada uno de los cajeros del trampolín del aliviadero. ■



PRESA DE ITOIZ

La presa de Itoiz se sitúa sobre el río Irati y apoya sobre un flysch eoceno constituido por turbiditas y margo calizas. En el punto de cierre de la cuenca vertiente tiene una superficie de 510 km², con una capacidad del vaso para el nivel extraordinario, cota 590,43 m.s.n.m., de 445 hm³ (para esta cota la superficie de embalse es de 1150 ha). La capacidad útil es de 409,5 hm³, y el embalse muerto de 8,5 hm³. El volumen regulado es de 630 hm³/año.

La presa es de gravedad hormigón vibrado. Por encima de la cota 515 m.s.n.m., sus taludes son 0,75H:1V en el paramento de aguas abajo y 0,05H:1V en el de aguas arriba, por debajo de esta cota el talud es de 0,4H:1V. La cota de coronación es la 592 m.s.n.m.; la longitud de coronación es de 525 m y las alturas sobre cimientos y cauce son, respectivamente, de 122 y 111 m.

El aliviadero de superficie es de labio fijo y se sitúa sobre la presa, con el umbral a la cota 588 m.s.n.m.; lo conforman 4 vanos, con una luz libre de 12,50 m cada uno y una capacidad de desagüe total de 410 m³/s.

El desagüe de fondo consta de dos conductos equipados cada uno con dos compuertas, una deslizante de 1,75 x 2,15 m² y otra Taintor de 1,75 x 2,10 m². La capacidad conjunta de desagüe es de 282 m³/s.

Para la toma del canal de Navarra se ha dispuesto un túnel de toma en margen derecha, con pozo de compuertas. La longitud del túnel es de 1186 m y su capacidad de 112 m³/s.

Además de la presa principal, existe un collado lateral en la margen derecha cuyo cierre se ha proyectado mediante una presa auxiliar de gravedad hormigón vibrado con taludes de 0,75H:1V aguas abajo, y 0,05H:1V aguas arriba; su altura sobre cimientos es de 24 m y su longitud de coronación de 132 m. Esta presa se encuentra actualmente en construcción.

Los volúmenes más representativos de la obra son:

Excavaciones

en presa principal	797.117 m ³
en presa auxiliar	10.500 m ³
en accesos	200.254 m ³

Hormigón

en presa principal	1.337.460 m ³
en presa auxiliar	11.300 m ³

La colocación de hormigón se ha efectuado con tres blondines de 20 toneladas, obteniéndose rendimientos medios diarios en la colocación del hormigón en torno a los 4.500 m³. ■



PRESA DE LA LOTETA

La presa de La Loteta apoya sobre margas miocenas en las cotas superiores. La cuenca tiene una superficie de 25 km² y una aportación media anual de 370 hm³.

La presa responde a la tipología de materiales sueltos, con sección diferenciada con núcleo central arcilloso de unos 60 m de anchura en base, que conecta con un tapiz bajo el espaldón de aguas arriba de 300 m de espesor. Los espaldones están constituidos por zahorras recubiertas externamente por una capa de escollera de 1,50 m de espesor y con drenes horizontales de 0,50 m de espesor cada 7,50 m. Tiene una altura máxima sobre cimientos de 34 m y longitud de coronación de 1469,80 m.

Al tratarse de una presa en derivación y tener una cuenca muy reducida. El aliviadero de superficie es realmente un re-

bosadero. Es de labio fijo, situándose el umbral a la cota 282 m.s.n.m.. Su capacidad de desagüe para el espejo de agua situado a nivel de máximo nivel extraordinario es de 0,53 m³/s.

Los desagües de fondo ubicados en un falso túnel que discurre por la margen izquierda, realmente se trata de la propia conducción desde el Canal Imperial, constan de dos conductos con una capacidad a plena carga de 27,25 m³/s. Además se ha diseñado un desagüe de fondo complementario constituido por un conducto de 1,25 x 1,50 m² hasta la cámara de compuertas y un canal en lámina libre de 2,25 x 1,50 m² a partir de esta. La capacidad de este desagüe con embalse a nivel de NMN es de 25,48 m³/s. La capacidad conjunta de estos desagües es por lo tanto de 52,73 m³/s. ■

PRESA DE LA RISCA

La presa de La Risca se encuentra sobre el río Alharabe, en la cuenca del Segura en el término municipal de Moratalla. La superficie de la cuenca de aportación es de 77 km² con una aportación anual media de 3,8 hm³ siendo el caudal medio en el río de 0,120 m³/s.

El caudal de avenida en el emplazamiento de la presa para 500 años de periodo de retorno es de 574,3 m³/s. En el Nivel Máximo Normal de explotación situado a la cota 1076 m.s.n.m., la superficie y volumen de embalse son de 35,42 ha y 2,33 hm³ respectivamente.

Se trata de una presa mixta cuyo cuerpo de presa y estribo izquierdo son de hormigón vibrado mientras que el estribo derecho es de tierras. La sección tipo de la parte de hormigón tiene taludes 0,05H:1V y 0,75H:1V aguas arriba y aguas abajo

respectivamente. Los taludes tanto de yuso como de suso de la sección de tierras son 2,5H:1V. La altura máxima de la presa sobre cimientos es de 26,88 m. La cota de coronación de la presa, cuya longitud es de 291 m, es la 1080 m.s.n.m.

El aliviadero de labio fijo y perfil Creager está obviamente proyectado sobre la sección tipo de hormigón y constituido por 3 vanos de 15,33 m de ancho. La cota del umbral está emplazada a la cota 1076 n.s.n.m. y el aliviadero tiene una capacidad de evacuación de 435 m³/s.

El desagüe de fondo tiene 15,72 m de longitud y lo conforman dos conductos de trazado parabólico en lámina libre de 1,20 x 1,00 m² de sección controlados mediante 2 compuertas tipo Bureau. La capacidad máxima de desagüe es de 36,2 m³/s. ■





NUEVA PRESA DE PUENTES

La nueva presa de Puentes actualmente en construcción es de gravedad en hormigón vibrado con una planta definida por tres alineaciones. El tramo central es perpendicular al cauce del Guadalentín y tiene una longitud de 144 m. Los bloques laterales dirigidos hacia aguas arriba realizan el cierre de la presa contra las laderas. El bloque derecho forma un ángulo de $141,5^\circ$ respecto a la alineación central de la presa y tiene una longitud de 140,92 m. Mientras que por la parte derecha tiene una longitud de 140,91 m.

La sección tipo de presa es triangular con el vértice a la cota 474 m.s.n.m. y taludes del paramento de aguas arriba 0,05 H : 1 V por encima de la cota 443 m.s.n.m. y 0,3 H : 1 V por debajo de ésta. El paramento de aguas abajo tiene talud 0,8 H : 1 V. En coronación se ha proyectado un ancho de 5 m con un remate de aceras en voladizo.

El aliviadero situado sobre el cuerpo de presa en los bloques centrales consta de cuatro vanos de 7,50 m y tiene el umbral a la cota 465 m.s.n.m. El perfil del vertedero corresponde a una parábola de tipo Bradley con una altura de diseño de 20 m y coeficiente exponencial 1,85.

El canal de descarga del aliviadero pasa bajo la presa actual (presa de Puentes III) a través de dos túneles de 6 m de vano que terminan en sendos cuencos. El caudal de diseño ha sido de 2020 m³/s que corresponde a la avenida máxima probable (PMF) laminada.

Los desagües de fondo consisten en sendos conductos que parten del paramento de aguas arriba y disponen de compuertas vagón de seguridad de 4,50 x 5,00 m² alojadas en una torre adosada al paramento. La regulación se realizará mediante 1 compuerta de sector de 2,75 x 5,00 m² en cada conducto. ■

PRESA DE RIALB

La presa de Rialb se sitúa en el río Segre, en el término municipal de Tiurana (Lleida). La superficie de la cuenca afectada por la presa es de 3320 km² y la aportación media anual de 1108 hm³. El caudal, para un período de retorno de 1000 años, es de 3081 m³/s. Las cotas más características del embalse son: máximo embalse normal, 430 m.s.n.m.; máximo nivel de la avenida de 1000 años, 433,60 m.s.n.m.. La superficie del embalse es de 1505 ha, la longitud de costa, de 100 km y el volumen de embalse, 402 hm³.

La presa responde a la tipología de gravedad, con sección optimizada que se ha ejecutado en hormigón compactado con rodillos. Su longitud de coronación es de 595 m y su altura sobre cimientos de 101 m, coronando a la cota 436 m. Dada la singularidad de la sección de presa, se incluye la misma en figura adjunta.

El vaso y la cerrada del embalse de Rialb se desarrollan sobre materiales oligocenos, constituidos por una alternancia de margas, limolitas calcáreas y areniscas en

bancos subhorizontales. Esta formación alcanza en la zona de la cerrada una potencia próxima a los 1000 m.

El aliviadero de superficie se sitúa sobre la presa, centrado con el cauce. Consta de cinco vanos, los dos extremos de labio fijo, con el umbral situado a la cota 430 m.s.n.m., y los tres centrales equipados con compuertas Taintor con su borde inferior a la cota 422. La longitud total de vertido es de 69 m y su capacidad de 1395 m³/s.

Los desagües de fondo discurren a través del cuerpo de presa, y están constituidos por tres conductos de 1,90 m de diámetro con el eje situado a la cota 366,26 m.s.n.m.; en cada uno se dispone un doble cierre: compuertas tipo Bureau aguas arriba y Howell Bunger aguas abajo. La capacidad máxima del conjunto es de 205 m³/s.

La obra se concluyó en el trienio considerado aunque su inauguración no se produjo hasta el año 2000. Aunque ya se había incluido al igual que las de Itoiz y Rules en los artículos correspondientes a Congresos anteriores parecía importante incluirlas aquí adjuntando una fotografía de la obra completada. ■



PRESA DE MORA DE RUBIELOS

La presa de Mora de Rubielos se sitúa sobre el arroyo de las Tosquillas, en la cuenca hidrográfica del río Mijares (Teruel) y se apoya sobre terrenos del cretácico inferior (facies weald) constituidos por areniscas, microconglomerados, argilitas y margo calizas y calizas grises con niveles lignitosos.

La cuenca tiene una superficie de 21,1 km². La cota del NAP es 1123,50 m.s.n.m. y la cota de NMN es la 1122,00 m.s.n.m., siendo la capacidad de embalse a esta última cota de 975.000 m³ y la superficie de lámina de agua de 12,04 ha.

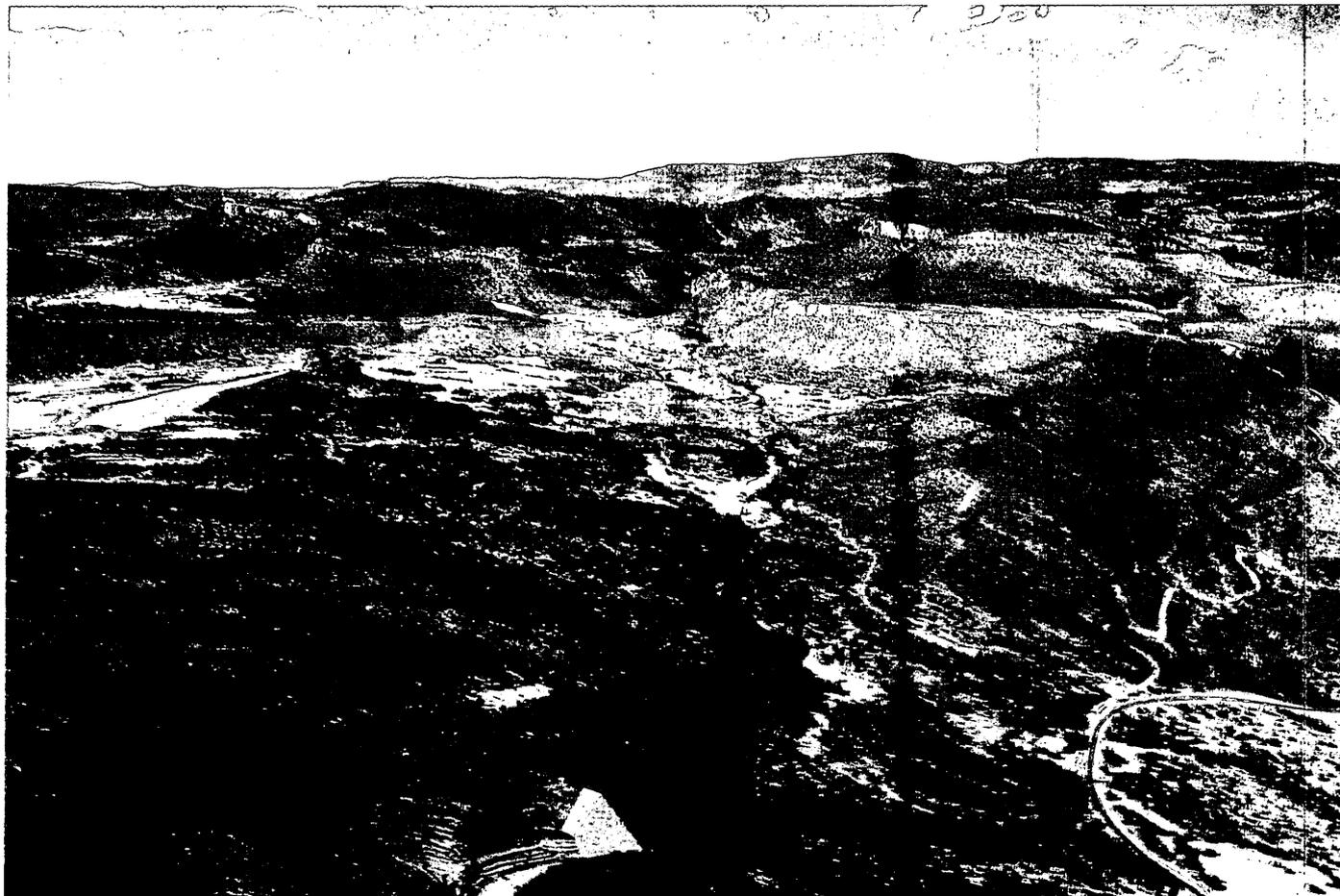
La presa responde a la tipología de materiales sueltos, con un núcleo central constituido por una pantalla bituminosa de 50 cm de espesor. Los espaldones se construyen mediante gravas recubiertas externamente por una capa de escollera. Sus taludes son 1,5 H : 1 V aguas arriba, con una berma de 10 m de ancho a la cota 1105,00 m.s.n.m. y 1,5 H : 1 V aguas abajo, con una berma de 10 m de ancho a la cota 1098,00 m.s.n.m. La cota de coronación es 1.125,00 m.s.n.m., la altura máxima sobre cimientos es de 35 m y la longitud y anchura de coronación son, respectivamente, 215 y 8 m.

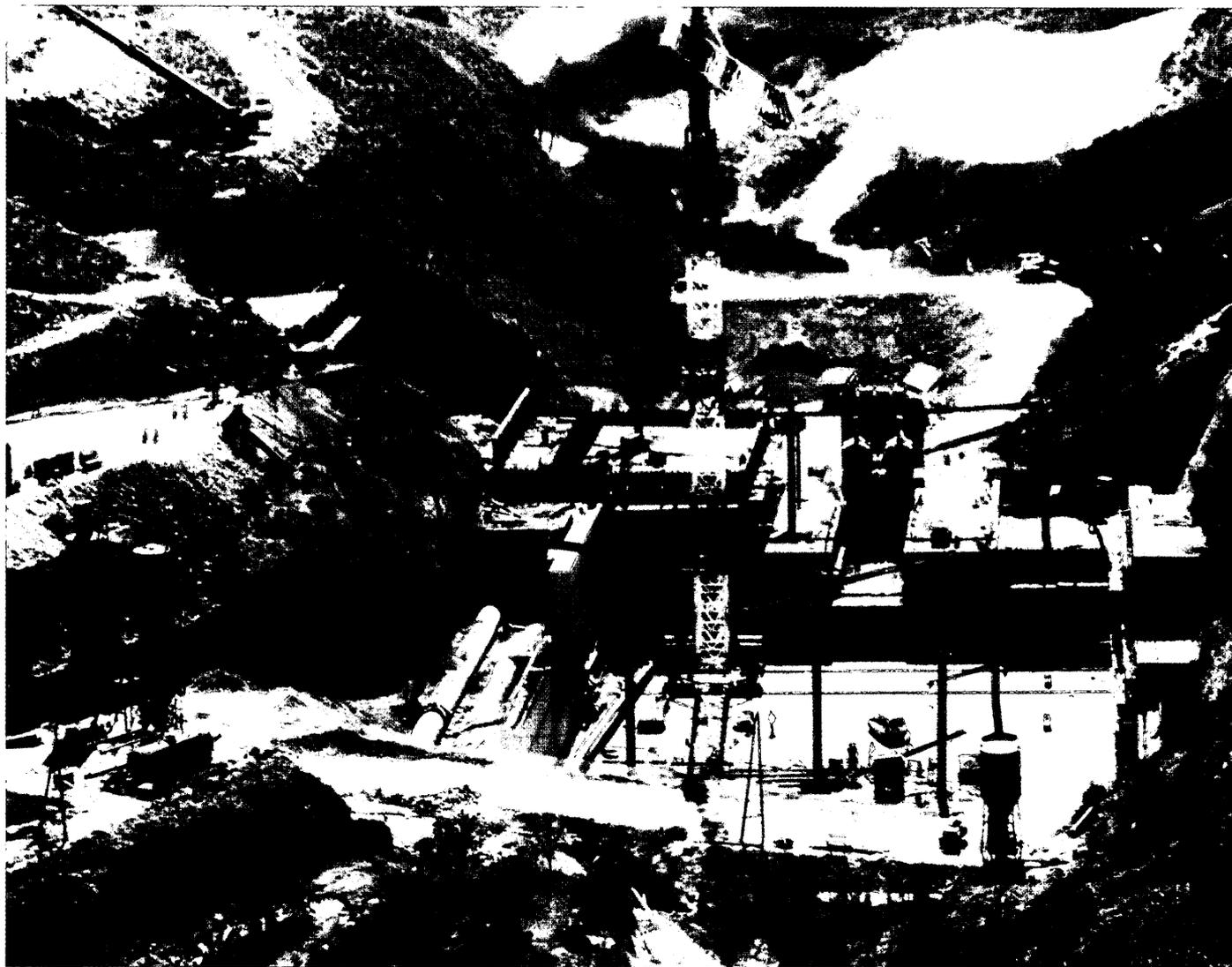
El aliviadero de superficie se ha dispuesto en un collado en la margen derecha. Es de labio fijo con 2 vanos y una longitud de vertedero de 39,40 m, situándose su umbral a la cota 1122,00 m.s.n.m. Su capacidad de desagüe para el espejo de agua situado a la cota de NAP es de 145 m³/s.

El desagüe de fondo atraviesa el cuerpo de presa y consta de 2 conductos de tubería de palastro de 800 mm de diámetro. La cota del eje de la embocadura es 1102,07 m.s.n.m. y el caudal máximo desagüado es de 11,2 m³/s.

Las unidades de obra más representativas son:

- Volumen de excavación72.300 m³
- Volumen de escollera.....151.600 m³
- Volumen de filtro10.100 m³
- Volumen de arcillas2.600 m³
- Superficie núcleo bituminoso.....3.140 m²
- Volumen de hormigón12.400 m³
- Revegetaciones12.224 ud





PRESA DE MORATALLA

La presa de Moratalla se encuentra, al igual que la de La Risca, en el término municipal de Moratalla sobre el río del mismo nombre en la C.A. de la Región de Murcia. La superficie de la cuenca, con una precipitación media anual de 421 mm y una aportación media del río de 0,254 m³/s.

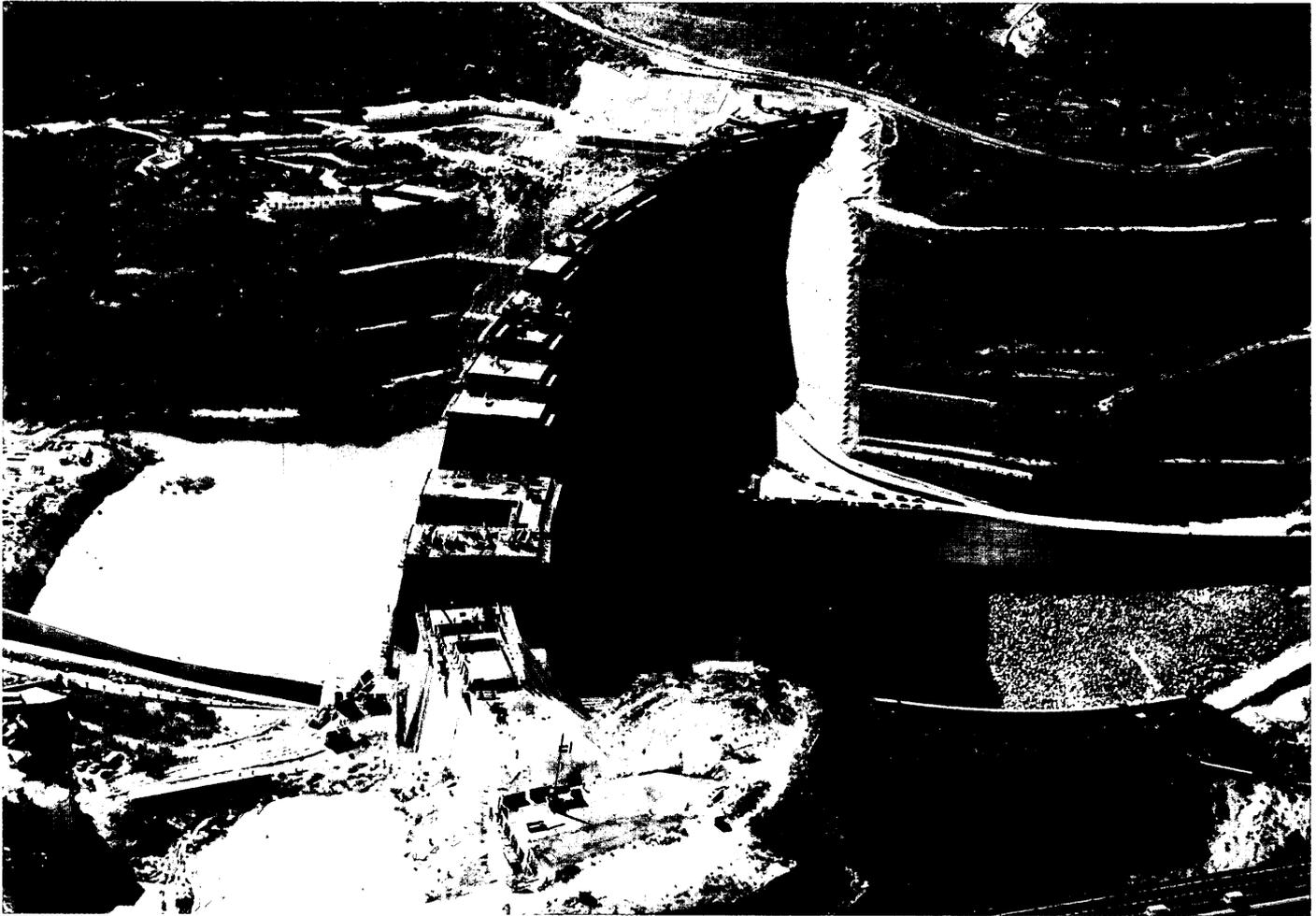
Dadas las características mediterráneas del cauce, la diferencia entre el caudal medio del río (<0,5 m³/s) y el caudal de la avenida de 500 años de periodo de retorno (1050 m³/s) es muy importante.

La presa de gravedad de planta recta y construida en hormigón vibrado tiene 44 m de altura sobre cimientos y 37 m sobre el cauce siendo la cota de éste la 313 m.s.n.m. La sección tipo de la presa tiene un talud aguas arriba 0,05H:1V y talud aguas abajo 0,75H:1V. La longitud de coronación es de

165 m. La presa está dividida en 10 bloques de entre 15 y 20 m de ancho y tiene un volumen total de hormigón de 60000 m³.

El aliviadero es de labio fijo con 37 m de longitud de vertido distribuida en tres vanos. El caudal total que es capaz de evacuar este aliviadero es de 930 m³/s. Dispone de un cuenco amortiguador del tipo II de los de Bureau of Reclamation con una longitud total de 43 m.

Los desagües de fondo están formados por dos conductos rectangulares de 1,75 x 1,50 m² de sección con dos compuertas Bureau cada uno como elemento de cierre. La capacidad de desagüe de los mismos con el embalse en el nivel máximo normal es de 95 m³/s lo que posibilita el vaciado del embalse en 18 horas. ■



PRESA DE RULES

La presa de Rules, sobre el río Guadalfeo, se apoya sobre terrenos paleozoicos del manto de Murtas, constituidos por micas-esquistos, cuarzo-esquistos, cuarcitas y mármoles. La cuenca tiene una superficie de 1072 km². El caudal punta de avenida para el período de retorno de 1000 años y P.M.F. tiene un valor, respectivamente, de 3020 y de 6240 m³/s, y sus volúmenes aportados son de 205 y 462 hm³. El volumen máximo de embalse es de 117,07 hm³, y el embalse muerto de 4,83 hm³. Las cotas de máximo embalse normal y del embalse muerto son 243 y 171,275 m.s.n.m. En la actualidad la obra se halla en fase de hormigonado.

La presa es de tipología arco de 300 m de radio y es el resultado de un proyecto modificado. Las características geométricas de la obra son; cota de coronación, 250 m; planta curva con radio de 500 m; el talud de aguas arriba es de 0,18H:1V, con un acuerdo circular a la cota 165 m; el talud de aguas abajo es de 0,6H:1V; la longitud del contacto en la sección de máxima altura de presa es de 108,024 m; la altura má-

xima sobre cimientos es de 130 m, y sobre el cauce de 95 m. La longitud de coronación es de 610,43 m.

El aliviadero responde a la tipología de labio fijo y está situado sobre el cuerpo de presa. Su umbral se encuentra a la cota 243,00 m.s.n.m. y la longitud de vertido es de 132 m; su capacidad de evacuación es de 6100 m³/s sin agotar resguardos.

El desagüe de fondo está formado dos conductos de 2 m de diámetro, equipado cada uno con doble compuerta Bureau de 1,60 x 2,00 m², el eje se sitúa a la cota 171,275 m.s.n.m., siendo su capacidad máxima de evacuación de 187 m³/s.

Se están construyendo galerías de inspección en el cuerpo de presa a 5 niveles, con una longitud total prevista de 5700 m. Mientras que en el cimiento se dispondrán galerías en cuatro niveles, con una longitud total prevista de 665 m.

El volumen estimado de excavación es de 2.290.612 m³, con lo que será la presa de mayor volumen de fábrica en España. ■



PRESA DEL VIBORAS

La presa del Viboras pertenece a la cuenca hidrográfica del Guadalquivir, está situada sobre el río Viboras que es a su vez afluente del Guadajoz en el término municipal de Martos (Jaén). La cuenca vertiente al emplazamiento de la presa tiene 182,20 km² con una aportación anual media en el punto de cierre de 57,68 hm³ siendo el caudal medio del río de 1,83 m³/s.

El nivel máximo normal del embalse se ha establecido a la cota 544 m.s.n.m. siendo la superficie y capacidad de embalse a dicha cota 169,34 ha y 19,11 hm³ respectivamente. La avenida de 1000 años de periodo de retorno en el emplazamiento tiene un caudal de 471,90 m³/s.

La presa, ya concluida como se aprecia en las fotos, es de arco de curva simple con talud de yuso vertical y de su-

so 0,5 H : 1 V. La cota de coronación de la presa es la 545,70 m.s.n.m., la altura de presa es de 48,50 m, la longitud de coronación es de 197,577 m. El radio de la curva del eje es de 81 m con un ángulo central en coronación 100°.

El aliviadero de labio fijo dispone de cinco vanos de 12 m de longitud cada uno. La cota del umbral de vertido es la 544,00 m.s.n.m. La restitución al cauce se realiza a través de un trampolín de lanzamiento. La capacidad máxima de desagüe (cota 547,00 m.s.n.m.) alcanza 635,540 m³/s.

La presa dispone de sendos desagües de fondo que atraviesan el cuerpo de presa mediante 2 conductos rectangulares de 1,25 m² de sección. ■



PRESA DE SAN FERNANDO

La presa de derivación de la Central de San Fernando está situada sobre el río Tormes aguas arriba de la presa de Santa Teresa y pertenece a la empresa Salto de San Fernando, S.L. La cuenca vertiente tiene una superficie de 1.580 km², la aportación media anual es de 834 hm³ y el caudal de la avenida máxima es de 13,50 m³/s.

Se trata de una presa de gravedad, de planta curva, con vertedero de 100 m de longitud desarrollada y radio de curvatura de 100 m. De esa longitud, el tramo central de 36 m tiene su labio situado a la cota 908,70 m.s.n.m., siendo el caudal de la avenida de diseño de 1350 m³/s.

La sección tipo del vertedero es de gravedad aligerada interiormente, con un talud vertical en el paramento de aguas arriba y de 0,65 H : 1 V el de aguas abajo. El perfil superior de los vertederos en los tramos laterales y en la central tiene directrices parabólicas del tipo Bradley. La altura de la presa en el tramo de vertedero central, medida entre el nivel de cimentación a la cota 893,3 m.s.n.m. y el labio del vertedero, es de 15,10 m.

El escarpe del vertedero remata con un trampolín dentado. Está formado por una curva circular de radio 2,50 m y otra de 1,50 m, con ángulo de 30° con la horizontal. Este trampolín de salida sólo funciona como tal para caudales vertidos del orden o menores de 200 m³/s, con láminas inferiores a 0,25 m. Los dientes, situados en el pié, tienen un ancho de 0,50 m y una altura de 0,30 m.

La sección tipo de la presa está aligerada en su parte interior por una amplia galería de paramentos paralelos a los exteriores de la presa. Se ha dimensionado un sistema de achique

automático compuesto por dos grupos motobombas de 2 CV, capaces para bombear un caudal de 50 m³/hora, con una presión de 7 m.c.a. desde el nivel de cota 894 m.s.n.m. a la cota 901 m.s.n.m. Una de las bombas funcionará como reserva, si bien en caso de necesidad deberán funcionar conjuntamente.

La presa consta de 8 bloques de 12 m de ancho desarrollado medidos por el paramento de aguas arriba. Los planos de junta entre estos bloques se impermeabilizan perimetralmente con una banda de PVC de 40 cm de ancho en el paramento de aguas arriba y de 0,25 m en el resto del perímetro exterior y en perímetro de la galería interior. Estas juntas se colocan a 0,30 m del borde del hormigón y se empotran en unos pocillos, excavados entre los planos de junta, de 0,50 m de profundidad.

El desagüe de fondo se ubica en el bloque 13. Tiene un umbral inclinado, con una pendiente de 0,065 hacia aguas abajo. A una distancia de 0,20 m hacia aguas arriba del eje de referencia de radio 100 m, el nivel de solera se sitúa a la cota 900,20 m.s.n.m. En este punto se dispone un vano de 4 x 4 m² cerrado por una ataguía deslizante de accionamiento óleo hidráulico. El desagüe se controla con una compuerta tipo Taintor, de 4 m de ancho, 3 m de altura y 4,50 m de radio cuyo apoyo inferior se encuentra a la cota 899,93 m.s.n.m.

La toma de agua para el canal se sitúa en el bloque 15 y está protegida por una rejilla de tres paneles. El canal tiene una longitud total de 290 m, de los cuales los primeros y los últimos corresponden a tramos de transición. El canal tiene una sección interior revestida de hormigón, con ancho en solera de 5,80 m y taludes 1 H : 3 V hasta la cota 908,40 m.s.n.m., a partir de esta cota la roca excavada se deja sin revestir. ■