

II CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LAS PRESAS Burgos, 20, 21 y 22 de octubre de 2005

La presa de Camporredondo

JOSÉ IGNACIO DÍAZ-CANEJA RODRÍGUEZ
Jefe de Área de Proyectos y Obras de la Confederación Hidrográfica del Duero

1.- INTRODUCCIÓN

Los primeros estudios del Canal de Castilla datan del siglo XVI. Las obras se iniciaron con cargo al Estado en 1753. En 1831 se otorgó una concesión a una compañía privada, que las terminó en 1849. De acuerdo con las condiciones de la concesión, en 1919 revirtió al Estado, al Ministerio de Fomento, integrándose en 1927 en la Confederación Hidrográfica del Duero cuando se creó este organismo. Hasta su reversión al Estado, el Canal de Castilla se dedicó a navegación, aprovechamiento de la energía de los saltos de las esclusas, y pequeños regadíos. Al no existir hasta entonces ningún embalse de regulación, en algún período de tiempo no se conseguía el suficiente caudal de agua en los ríos que lo alimentaban (Carrión y Pisuerga) como para permitir la navegación.

Mediante Real Orden de 6 de febrero de 1909, se creó la “Jefatura del Canal de Castilla y sus Pantanos y Canalización del Manzanares”, traspasando a esta Jefatura las funciones de las Divisiones de Trabajos Hidráulicos del Duero y Tajo. Esta Jefatura estudió y proyectó las presas de Cervera (Entonces Entrepeñas), de Camporredondo (entonces Hoz de Alba), de Compuerto (Entonces Otero), de Requejada (Entonces Recozones), y de Aguilar de Campoo (Entonces Peña Caballera). Todas estas presas, situadas en las cuencas de los ríos Carrión y Pisuerga, tenían por objeto la regulación para garantizar la navegación y satisfacer las demandas del Canal de Castilla. Antes de esta fecha estos embalses ya figuraban en el plan Gasset de 1902 (Plan General de Canales de Riego y Pantanos).

La Ley de 7 de mayo de 1909 autorizó al Gobierno para construir con cargo a los Presupuestos Generales del Estado los pantanos y obras necesarias para la transformación del Canal de Castilla en canal de riego, respetando la fuerza motriz y la navegación. Con esta Ley el Estado se adelantaba en diez años a la reversión del canal, que se produciría en 1919, con la intención de ir ejecutando las presas necesarias para la regulación de estas cuencas.

La creación de la Confederación Hidrográfica del Duero mediante Real Decreto de 22 de junio de 1927 supuso pasar de considerar exclusivamente la regulación necesaria para el Canal de Castilla a un planteamiento más amplio, contemplando dotar de dotación suficiente a los regadíos de las vegas existentes entre Saldaña y Carrión de los Condes, en el río Carrión, en esos momentos muy infradotados, y en nuevas zonas regables que se fueron estableciendo posteriormente en las cuencas del Carrión y del Pisuerga. (Canales de Villalaco, Palencia, Retención, Pisuerga, Carrión Saldaña, Bajo Carrión, Nava de Campos y Macías Picavea, este último en la cuenca del Sequillo)

La presa de Cervera (Se ha denominado anteriormente Entrepeñas, Príncipe Alfonso e Infante Jaime) se construyó entre 1914 y 1923, la de Camporredondo (Se ha denominado anteriormente Hoz de Alba, Infante Jaime y Príncipe Alfonso) entre 1914 y 1930, la de Requejada (Anteriormente Recozones y Príncipe Alfonso) entre 1925 y 1940, La de Compuerto (Anteriormente Otero) entre 1949 y 1960, y la de Aguilar de Campoo (Anteriormente Peña Caballera e Infante Jaime) entre 1953 y 1961. La situación actual de estas tres últimas no coincide con la prevista en los proyectos iniciales.

La presa de Camporredondo figura en el inventario de presas de 1986 con el número 160. Con una altura de 76 metros, solamente existen cuatro presas anteriores con una altura superior, El Burguillo (91 m), Talarn (86 m), Camarasa (103 m), y Montejaque (84 m). La altura media de las presas anteriores a la de Camporredondo es de 24 m.

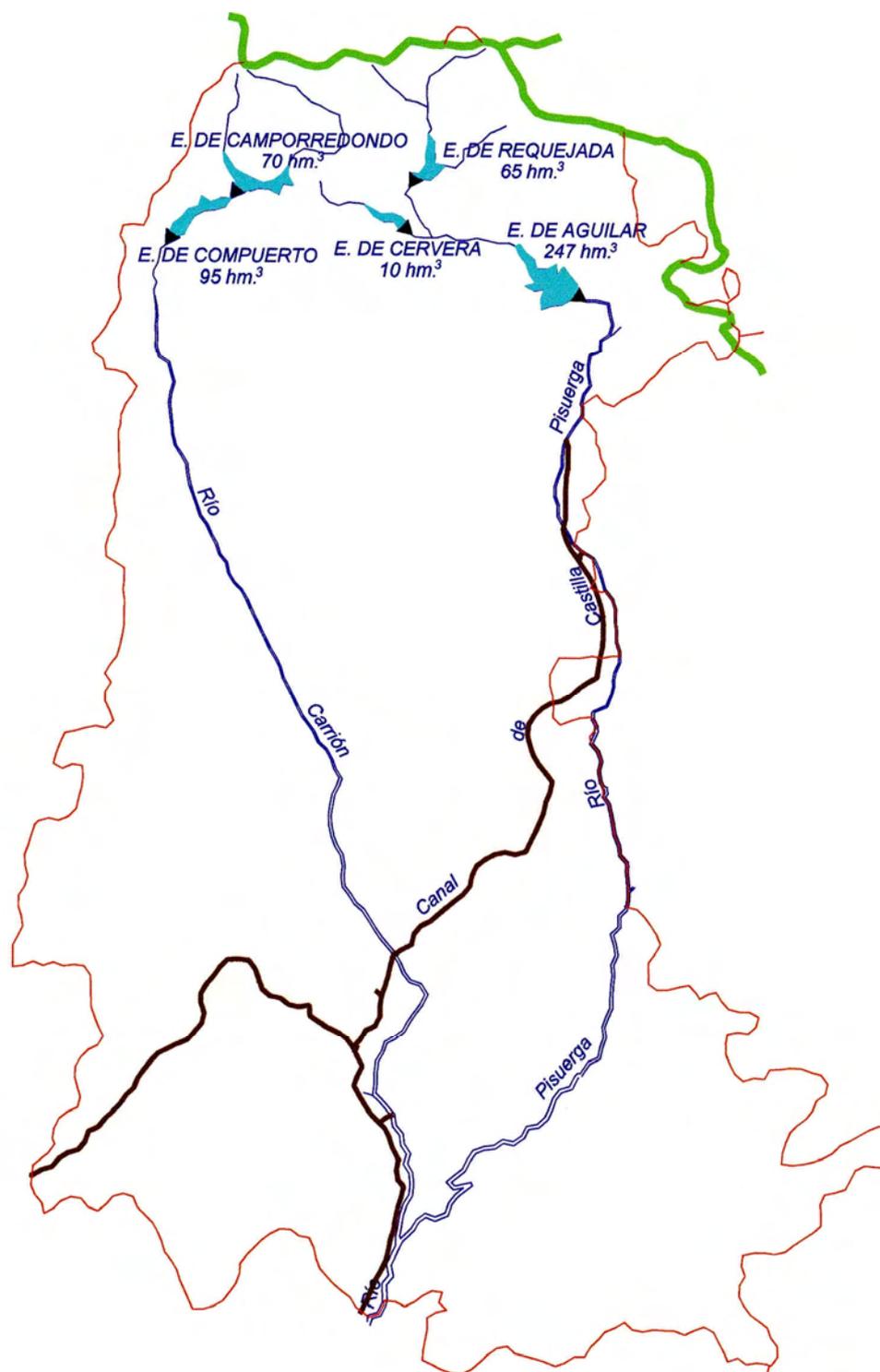


Figura 1: Provincia de Palencia: El Canal de Castilla y los embalses del Sistema Carrión-Pisuerga

Las características de esta presa, de gran tamaño para la época, su situación geográfica, en una zona muy aislada, mal comunicada y muy poco poblada, a una cota bastante alta (1.224,70 m en el río), en un río con grandes aportaciones, en un porcentaje alto de origen nival, hacen de esta presa una obra singular. Aunque posteriormente se han ido haciendo obras para modernizarla y mejorarla, su aspecto actual no difiere sustancialmente del original.

2.- EL PROYECTO

El proyecto, fechado el 16 de julio 1914, es de D. Vicente Valcárcel. Su presupuesto era de 5.200.000 pta. En ese momento se llamaba Pantano del Infante Jaime, que después se asignó al actual Embalse de Cervera. Anteriormente a la presa de Camporredondo se la denominó de Hoz de Alba.

Se proyectó una presa de gravedad, de planta curva de 150 m de radio, sin juntas. El perfil adoptado era el triangular de Levy, con paramento de aguas arriba con talud 1/20, y paramento de aguas abajo con talud 0,73. La densidad prevista para la obra de fábrica era de 2,98 (Mampostería de caliza).

La cerrada está formada por una cuarcita durísima. La pendiente de la ladera derecha es muy acentuada. La ladera izquierda es casi vertical.

La altura de la presa era de 66 m. La anchura de coronación de 4 m.

En el proyecto se dice “La forma en arco de círculo de 150,00 metros de radio, bien entendido que esta disposición no tiene por objeto referir el empuje a las laderas, puesto que la sección adoptada resiste por su propio peso y si únicamente evitar o minorar los efectos de dilatación y contracción de la presa en su parte alta a embalse vacío, evitando o reduciendo al mínimo las fisuras producidas por la oscilación térmica”.

Para el cálculo del aliviadero se partió de una avenida de 800 m³/s. Éste era de labio fijo, con vertido lateral, con canal de desagüe por la ladera de la margen derecha. La longitud del vertedero era de 170 m. El espesor máximo de la lámina vertiente era de 1,50 m, y su capacidad de desagüe de 555 m³/s.

Para las tomas de agua, se proyectaron tres tomas dobles de 1 m de diámetro, situadas a diferentes cotas, obturadas aguas abajo con llaves de guillotina.

Para los desagües, se proyectaron dos dobles, situados uno a cota intermedia y otro en el fondo, más otro sencillo situado en la galería de desvío, obturados por compuertas. Con esta disposición se pretendía que se maniobrasen las válvulas con menor carga.

La ataguía definitiva era de mampostería de 12 m de altura, de ellos 1 m en roca, 8 m en los acarrees y 3 m por encima del terreno. El espesor en coronación era de 2 m, y el de la base 8 m. La ataguía provisional era de pedraplén con pantalla de arcilla.

El proyecto es muy detallado. Como estudio de posibilidades de tipo de presa, se mencionan las de fábrica y de materiales sueltos (tierra y escollera), decantándose por la primera, por la escasez de materiales para las de materiales sueltos, y por la dificultad de ejecutar una presa de este tipo, en una cerrada tan estrecha con avenidas importantes. El estudio geológico de la cerrada y del vaso es muy completo. Ya se detectó la posibilidad de que una zona localizada del vaso fuese permeable, en la zona del Arroyo Miranda, realizándose algún sondeo en esa zona. Cuando se ha llenado el embalse se ha comprobado que era así, con un paso de agua relativamente importante hacia la cuenca del Pisuerga a través de un karst, que se ha resuelto en la década de los 50 con un canal y una pequeña presa de mampostería que aíslan el karst

3.- COLOCACIÓN DE LA PRIMERA PIEDRA

La primera piedra de esta presa se colocó simultáneamente con la del Embalse de Cervera (Entonces del Infante Jaime) el 25 de septiembre de 1914 con un acto que se celebró en esta última, debido sin duda a su mayor facilidad de acceso. Es de suponer que no se había ejecutado la carretera de acceso a la de Camporredondo, por lo que para llegar a ésta habría sido necesario recorrer un camino de varios kilómetros.

Al acto asistieron numerosas autoridades de Palencia y Valladolid, encabezadas por el entonces Director General de Obras Públicas D. Abilio Calderón, palentino que fue posteriormente Ministro de Fomento en 1919, y de Trabajo en 1922. El Obispo de León bendijo las obras. Las autoridades firmaron “tres primorosas actas caligráficas, en pergamino”.



Foto 1: Dibujo de la presa sobre foto de la cerrada



Foto 2: Colocación de la primera piedra. Año 1914

4.- DESARROLLO DE LAS OBRAS

Por Real Decreto de 5 de diciembre de 1914 se autorizó al Ministerio de Fomento la ejecución de las obras por el sistema de Administración, estableciendo que “se adquirirán por subasta o concurso, a juicio del expresado Ministerio, los medios auxiliares de importancia y los materiales, como el cemento, cales hidráulicas y elementos metálicos, pudiendo acudirse por los ingenieros encargados de la obra para los demás materiales, para los transportes y para las obras de explanación en que sean aplicables a concursos hasta la cifra de 25.000 pesetas”. Así se hizo la obra, siendo objeto de concurso específico el suministro de cemento y los elementos de los órganos de desagüe.

La obra ejecutada no coincide en su totalidad con la proyectada, habiéndose introducido modificaciones respecto al diseño primitivo. A continuación se enumeran las características de la presa tal y como quedó cuando se inauguró, el 4 de agosto de 1930. Más adelante se describirán las obras que se han ido ejecutando en años posteriores, que básicamente han afectado a los órganos de desagüe (Aliviaderos, tomas y desagües de fondo), y al drenaje de la presa. Además se han realizado varias campañas de inyecciones del cuerpo de la presa.

EMBALSE Y CUENCA

Superficie de cuenca	228 km ²
Altitud máxima de la cuenca	2.530 m
Aportación media anual	242 hm ³
Precipitación media anual	1.350 mm
Cota de máximo embalse normal	1.290,70
Cota de máximo embalse extraordinario	1.291,20
Capacidad de embalse	70 hm ³
Superficie de embalse	388 ha

PRESA

Tipo: Gravedad con planta curva	
Radio de curvatura	220 m
Talud aguas arriba	vertical
Talud aguas abajo	0,80
Longitud de coronación	160 m
Altura sobre cimientos	75,50 m
Altura sobre cauce	67,50 m
Cota de coronación	1.292,20
Ancho de coronación	3,30 m
Volumen de fábrica	172.400 m ³

ALIVIADERO

Situado en estribo derecho.

Cierre: Compuerta de sector flotante de hormigón armado, de 15,00 x 4,80 m², dotada de automatismo para apertura en función de la cota de la lámina de agua en el embalse.

Canal de descarga En ladera derecha, con canal excavado en la roca y muro de mampostería como cajero en margen izquierda del canal. Tiene dos alineaciones rectas y una curva.

La capacidad teórica de desagüe de este aliviadero era de 275 m³/s para máximo nivel del embalse.

TOMAS INTERMEDIAS

Una situada en el canal de la central hidroeléctrica construida para producir energía para obra. (Diámetro 800 mm, con una válvula de compuerta de accionamiento manual) Permitió seguir produciendo energía cuando la presa sobrepasó la cota de este canal.

Otra para la central hidroeléctrica, dotada de tres conductos de 1.200 mm de diámetro, cerrados por válvulas de compuerta situadas en una caseta adosada al paramento de aguas abajo, y ataguías situadas en el paramento de aguas arriba, accionadas mediante cabrestantes desde coronación. El mecanismo de accionamiento permitía también accionar las rejillas.

DESAGÜES DE FONDO

Tres, dos de ellos idénticos situados en el cuerpo de la presa, y el tercero en la galería de desvío. Los tres, con unas dimensiones de 1,00x1,50 m², tenían idéntico sistema de cierre, con doble válvula rectangular, accionadas por émbolos hidráulicos. El fluido era agua, a una presión de trabajo de 200 atmósferas.

A la vista de estas características, se pude comprobar que se cambiaron los taludes del cuerpo de presa, el radio de curvatura y la anchura de coronación, el aliviadero que pasó de ser de labio fijo a ser con compuerta, y la distribución y mecanismos de las tomas y de los desagües de fondo.

Para construir esta presa fue necesario realizar una serie de obras accesorias, que se describirán más adelante con mayor detalle. Las principales fueron la carretera de acceso a la obra, la carretera de acceso a los pueblos próximos al vaso del embalse, una central hidroeléctrica para producir energía para la obra, un ferrocarril para transportar la piedra, y edificios para viviendas de

personal, oficinas y almacenes. Además se hicieron caminos para restituir el acceso a fincas que iban a quedar incomunicadas de su núcleo urbano por el embalse.



Foto 3: La cerrada desde aguas abajo



Foto 4: La cerrada una vez iniciada la excavación

Desvío del río

El desvío del río se hizo mediante un túnel excavado en la margen izquierda de la cerrada, de fuerte pendiente y $2,00 \times 2,50 \text{ m}^2$ de sección. La ataguía definitiva era de fábrica de 12 m de altura, como figura en el proyecto, con los tres metros superiores por encima de los acarrees. Previamente se hizo la preataguía de escollera con núcleo de arcilla. No se tiene constancia formal de si durante las obras se produjo algún vertido importante por encima de la ataguía. Conociendo las características del río, seguro que sí. No obstante, considerando las características de la roca y el material de la ataguía, no se habrían producido daños importantes.

El agotamiento se hizo con motobombas de 6 CV.



Foto 5: Túnel de desvío, preataguía y ataguía



Foto 6: Ataguía vertiendo

Materiales

La piedra procede de una cantera abierta para esta obra en la falda del pico Espigüete. Es una caliza de excelente calidad, muy compacta y homogénea, con una densidad de 2,8. Se transportó a obra por un ferrocarril que llegaba a la presa a la cota 22.

Para la arena se abrió una cantera en las inmediaciones del núcleo urbano de Camporredondo, a una distancia de 1,5 km de la presa. La arena procede de la milonita producida por la trituración de cuarcita en la Falla de Ventaniella, que desde Avilés (Asturias) llega hasta la Sierra de la Demanda en Burgos. Su aspecto es el de una roca bastante dura, de color blanco, que

hay que atacar con martillos, pero que se disgrega con facilidad por la acción de la lluvia, hielo y cambios de temperatura. Una vez abierto el frente de cantera, durante el invierno se disgregaba el material, que se podía extraer con pala. La calidad y granulometría de la arena son excelentes. En el túnel que trasvasa agua del río Besande al embalse de Compuerto, de 3 km de longitud, en cuarcitas idénticas, próximo a esta presa, nos hemos encontrado un material muy semejante en 70 m de avance, que ha habido que ejecutar excavando a mano con entibación continua a medida que se avanzaba. La presencia de agua disgregaba totalmente el material, convirtiéndolo en una arena.

El cemento Portland fabricado por Asland llegaba a la obra por el ferrocarril de vía estrecha de Bilbao a la Robla. En la estación de Guardo se pasaba a camiones en muelles de descarga construidos para la obra. La distancia de transporte por camión era de 20 km.



Foto 7: Cantera de arena (zona blanca) detrás del núcleo urbano de Camporredondo



Foto 8: Pico Espigüete, en donde se situó la cantera de caliza. En primer plano el ferrocarril

Construcción de la presa

Aunque en la cerrada los estribos son de una cuarcita durísima, el espesor de acarreo en la zona del cauce era importante. Se llegó a excavar hasta una profundidad de entre 6 y 12 m, correspondientes a los acarreo más el saneamiento de la roca.

La excavación en roca se hizo con explosivos. Se instaló un compresor de 40 CV para el funcionamiento de seis martillos.

El relleno de la cimentación se hizo con mampostería ciclópea recibida con mortero con una dosificación 500 kg/m^3 de cemento. Se trata de una mampostería con grandes bloques puestos a mano con poco volumen de mortero, el necesario para unir los bloques sin huecos.



Foto 9: Excavación en la cimentación. Se distingue la ataguía de lo que es excavación en roca



Foto 10: Excavación en la cimentación. Detalle

El cuerpo de la presa se hizo construyendo recintos con muros longitudinales de mampostería de 1,80 m de altura y 1,50 m de espesor, separados a una distancia entre ejes de 5,50 m, y muros transversales también de mampostería de 1,80 m de altura y 0,50 m de espesor, separados a una distancia entre ejes de 7 m. De esta forma se conseguía un volumen de recinto de unos 50 m³. Sobre los muros longitudinales se instalaban vías Decauville de 7 kg/m de peso y 0,60 de distancia entre ejes para la circulación de vagonetas que transportaban el material.

Estos recintos se rellenaban con capas alternadas de hormigón en estado medio, ni muy seco ni muy fluido, de unos 30 cm de espesor, y grandes bloques de piedra, recolocando los bloques con barra. Los huecos entre bloques se iban rellenando con piedra de menor tamaño. Hemos tenido ocasión de ver el resultado al perforar en la presa dos galerías de 1,25x2,25 m² de sección y una longitud total de 197 m. Se ha comprobado que siendo la piedra de gran dureza, el hormigón no tiene nada que envidiarla. El espesor de hormigón entre piedras es mínimo, y no había diferencia entre atacar un bloque de piedra por el centro o por las juntas. Además, algún bloque de piedra ha llegado a ocupar casi la totalidad del frente de la galería.

La presa se construyó por franjas horizontales completas. La situación de los muros de los recintos se hizo de forma que se fuesen alternando, para que no coincidiesen los de una capa con los de la siguiente.

Los paramentos son de mampostería concertada, con piezas poligonales irregulares encajadas perfectamente, unidos por una capa de mortero de un espesor mínimo, como en una sillería. Más que mampostería, que es como se denomina en toda la documentación de la presa, se trata de una sillería con sillares irregulares.

Los paramentos se realizaban antes que los recintos, de tal forma que hubiese un desfase mínimo de 2 m.

Para pasar las vagonetas cargadas de piedra desde la estación de llegada del ferrocarril, situada a la cota 22, en la margen derecha, hasta el tajo, se instalaron dos grúas, que cambiaban de ubicación mediante pequeñas rampas a medida que la presa crecía.

La amasadora, de eje horizontal, se situó también en la margen derecha, cambiando su situación cada año, por encima del tajo, a medida que iba creciendo la presa. Su alimentación se hacía por medio de planos inclinados. Se descargaba a las vagonetas mediante tolvas que se iban acortando al ir creciendo la presa.

El rendimiento conseguido en un año de trabajo, con 180 días útiles ha sido de 30.000 m³, equivalente a 167 m³/día.

Respecto a la dosificación del hormigón ciclópeo, éste estaba formado por un 35% de bloques de piedra por cada metro cúbico de mortero, ocupando un volumen de 1,35 m³. Resulta una dosificación de 0,74 m³ de hormigón por m³ de hormigón ciclópeo. El hormigón tenía una dosificación 1 m³ de grava, 0,55 m³ de arena, y 192 kg de cemento obteniéndose un volumen de 1,15 m³, por lo que la cantidad de cemento por m³ de hormigón era de 167 kg. La cantidad de cemento por m³ de hormigón ciclópeo resulta ser de 123 kg. La dosificación en los paramentos era algo más rica en cemento.

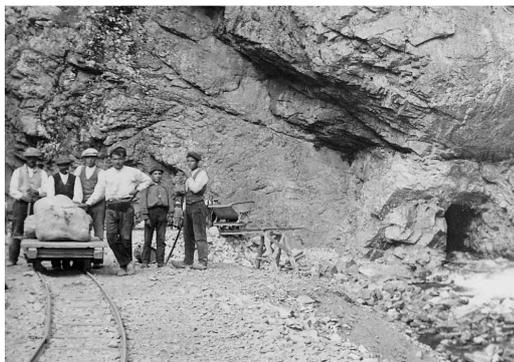


Foto 11: Transporte de piedra y salida del túnel de desvío



Foto 12: Presa por encima de la coronación de la ataguía.
Año 1920



Foto 13: Acceso a cámara y salida de desagües de fondo.
Año 1920



Foto 14: La presa a mitad de altura. Vista general



Foto 15: La presa a mitad de altura. Margen derecha



Foto 16: La presa cerca de la coronación

La coronación construida no coincide con la del proyecto. Existen planos originales con la forma de la coronación actual, a base de hornacinas, arcos, y pilares, todos ellos de sillería. Sin embargo no se ha utilizado la sillería. Se ha construido con mampostería, terminada con enlucido y pintura. La terminación de la coronación desmerece de la del resto de la presa, en piedra perfectamente rematada, con adornos de sillería almohadillada en la entrada de las galerías. Lo mismo puede decirse del remate de los elementos del aliviadero.



Foto 17: La presa cerca de coronación desde margen derecha

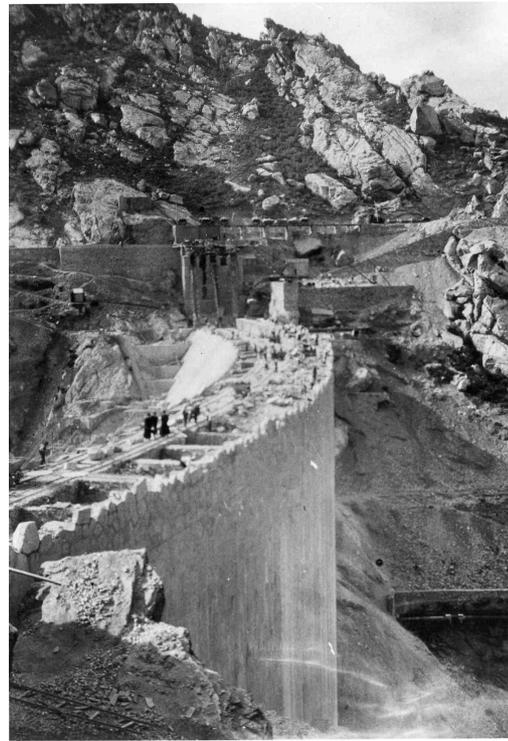


Foto 18: La presa cerca de coronación desde margen izquierda

No fue necesario expropiar ningún pueblo completo, pero sí uno de los tres barrios que constituían el núcleo urbano de Alba de los Cardaños y una ermita. Este barrio se denominaba del Río.

El coste de las obras fue de unos 10 millones de pesetas.

5.- INAUGURACIÓN DE LAS OBRAS

Las obras fueron inauguradas por Alfonso XIII el 4 de agosto de 1930, también como en la primera piedra con asistencia de numerosas autoridades, en un día en el que el tiempo no contribuyó a realzar el acto, ya que “las nubes vertieron agua a raudales”. Asistieron entre otros el Ministro de Fomento, Sr. Matos, el Ministro de Estado Duque de Alba, El Ministro de Hacienda Sr. Argüelles, el Ex Ministro Sr. Calderón, el Alcalde de Palencia, el Director General de Obras Públicas, etc. Antes de acercarse a Camporredondo, el Rey visitó el Embalse de Cervera (Entonces de Infante Jaime) y las obras del de Requejada. A continuación se desplazó a Camporredondo en donde inauguró la obra. El banquete oficial se celebró en el edificio de turbinas de la central eléctrica. Este año se habría podido celebrar el 75 aniversario de la inauguración.



Foto 19: Inauguración de las obras. Año 1930



Foto 20: Alfonso XIII en la zona de la central hidroeléctrica. Año 1930

6.- APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

El aprovechamiento hidroeléctrico del salto de pie de presa se otorgó a la Unión Española de Explosivos por Real Decreto Ley de 25 de junio de 1926. El proyecto correspondiente era de D. José Orbegozo, y en él figuraban tres grupos idénticos con un caudal cada uno de $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$, instalándose en principio dos, aunque se construyó el edificio de la central para tres.

Las obras se terminaron el 14 de julio de 1932, realizándose la puesta en marcha de la central el 28 de febrero de 1933. No obstante, la central no empezó a funcionar con normalidad hasta el año 1943, debido a que no se habían concluido las instalaciones de la fábrica de Guardo de la Unión Española de Explosivos, en donde se iba a producir todo el consumo. Durante muchos años, hasta la década de los 70, esta central, junto con la del embalse de Requejada, suministraron energía a esa fábrica. Con la reducción de actividad y posterior cierre de la misma, se pasó a suministrar energía a empresas distribuidoras de la zona. En la actualidad la titularidad de la concesión es de la sociedad Minicentrales Dos.

En enero de 1965 comenzaron las obras para instalar un tercer grupo, que se puso en funcionamiento ese mismo año. La potencia de este tercer grupo duplica la de cada grupo anterior. Está alojado en el mismo edificio de la central.

Resulta curiosa la disposición de válvulas, codos, pantalones y otras piezas especiales en la caseta adosada a la presa, donde están situadas las compuertas de cierre, ya que se pasa de tres tuberías de toma de $1,30 \text{ m}$ de diámetro embebidas en el cuerpo de la presa, con sus correspondientes válvulas, a dos tuberías forzadas de 2 m de diámetro.



Foto 21: Vista de la presa y de la central hidroeléctrica



Foto 22: Interior de la central hidroeléctrica con dos grupos

7.- OBRAS ACCESORIAS

Como se ha dicho anteriormente, la construcción de la presa obligó a realizar una serie de obras accesorias, imprescindibles para poder realizar una obra de tal entidad en un lugar muy aislado, en el que no existían los servicios imprescindibles. Hay que situarse en aquel lugar el año 1914 y anteriores, a partir de 1909, en los que se tomaron datos de campo y se hicieron sondeos. A continuación se describen las más significativas:

Oficinas y edificios para alojamiento del personal y almacenes

En el pueblo de Camporredondo no había ninguna posibilidad de alojamiento del personal, ni de almacenes, por lo que se construyeron un edificio para oficinas y residencia, edificios para alojamiento del personal de la obra, y otros para almacenes. Estos edificios aún se conservan, algunos siguen siendo utilizados por la Confederación Hidrográfica del Duero, otros se han cedido al Ayuntamiento.

Carretera de acceso a la presa

Para acceder a la obra se construyó una carretera de 14 km de longitud y 5 m de anchura, que remontaba el río Carrión en su primer tramo por su margen izquierda, que cruzaba el río en el puente romano de Compuerto, y seguía por su margen derecha hasta el núcleo urbano de Camporredondo, y a las obras, situadas a 500 m del mismo. Esta carretera fue afectada por el embalse de Compuerto, habiéndose restituido con una nueva carretera por la margen derecha de este embalse.

Central hidroeléctrica

Se construyó una central hidroeléctrica para producir energía para la obra. En aquella época no había ningún tipo de distribución de energía eléctrica en la zona, que no llegó a los últimos pueblos hasta la década de los 70.



Foto 23: Aliviadero de canal hidroeléctrico



Foto 24: Acueducto metálico del canal hidroeléctrico

Se construyó un canal de 2 km de longitud para un caudal de 800 l/s, con toma en el río Carrión. El cruce con el río Cardaño, afluente del Carrión, se hacía mediante un acueducto metálico. La potencia instalada era de 150 CV en corriente continua a 400 V. La central hidroeléctrica estaba situada a 40 m aguas abajo de la presa. Para poder mantenerla en funcionamiento cuando la presa sobrepasó la cota del canal, en el tramo de canal afectado por la presa se instaló una tubería con una

válvula de compuerta de 800 mm de diámetro. Esta tubería se anuló en la década de los 50, y posteriormente, en los 90, su conducto se ha ampliado considerablemente para utilizarlo para la toma intermedia.

Esta central funcionó durante todas las obras, y hasta 1943 suministró energía a las instalaciones de la presa, año en el que empezó a funcionar con regularidad el salto de pie de presa. Se desmontó y demolió a finales de los años 40, cuando se realizaron las obras de ampliación del aliviadero de la margen derecha.



Foto 25: Central hidroeléctrica para la obra

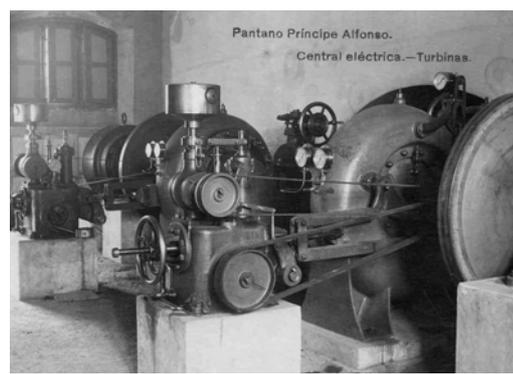


Foto 26: Turbinas de central hidroeléctrica para la obra

Ferrocarril para transporte de la piedra

Para extraer la piedra para la presa se puso en explotación una cantera de caliza en la falda del pico Espigüete, en las proximidades del núcleo urbano de Cardaño de Abajo. La caliza es muy homogénea, de extraordinaria calidad, con una densidad de 2,8. Está situada a 4,5 km de distancia de la presa. Se construyó un ferrocarril, con pendiente máxima de 0,018, siempre en descenso, con anchura de vía de 0,60 m y carriles de 10 kg/m. El accionamiento era con energía eléctrica procedente de la central que se construyó para ejecutar la obra.

En la actualidad, cuando baja el nivel del embalse, se distinguen con claridad sus terraplenes y las obras de fábrica.

Restitución de caminos de acceso a núcleos urbanos y a fincas.

Para restablecer el acceso a los núcleos urbanos de Cardaño, Alba y Triollo y dar otro acceso desde la cuenca del Pisuerga se construyó una nueva carretera, con origen en el núcleo urbano de Camporredondo y fin en Cervera de Pisuerga, de 39 km de longitud, que daba continuidad a la que venía desde Velilla del Río Carrión, que se hizo para dar acceso a la obra. Esta carretera en la actualidad es conocida como Ruta de los Pantanos, por bordear los embalses de Compuerto, Camporredondo y Cervera. Su longitud entre Velilla y Cervera es de 55 km. Esta obra fue ejecutada por la Jefatura de Carreteras.

Para restituir el acceso a fincas que habían quedado aisladas del núcleo urbano de Alba se planteó un viaducto. En el año 1929 se licitó mediante concurso, al que se presentó la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles, S.A, con dos soluciones firmadas por D. José Entrecanales Ibarra. Una consistente en un puente colgante de 102,5 m de luz, más siete arcos de hormigón en masa de 8 m de radio. La otra consistía en un puente Cantilever de luces 15/100/25 m. La anchura era de 2 m de calzada más 0,4 m en cada acera. Este viaducto no llegó a ejecutarse. En su lugar se construyó un camino de 1.300 m de longitud y un pequeño viaducto de mampostería. Esta solución obliga a dar un gran rodeo a los vecinos del pueblo, indemnizándolos por este motivo.

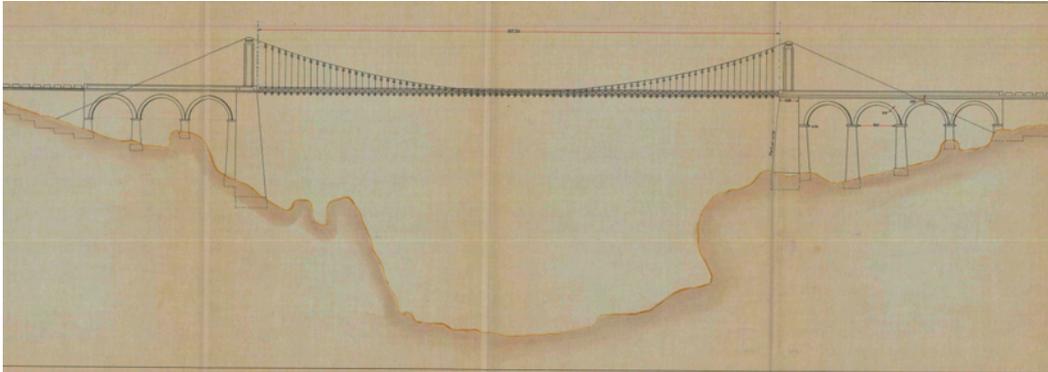


Figura 2: Plano del Anteproyecto del viaducto de Alba. Autor José Entrecanales Ibarra

8.- OBRAS POSTERIORES EN LA PRESA

A continuación se enumeran y describen brevemente las obras más significativas realizadas con posterioridad a la inauguración de la presa, en 1930.

Ampliación del canal de descarga del aliviadero

Aunque la capacidad teórica del aliviadero era de $275 \text{ m}^3/\text{s}$, en ensayo en modelo reducido realizado en la Escuela de Ingenieros de Caminos se comprobó la insuficiencia del canal de evacuación, cuya capacidad real se limitaba a $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Estos ensayos, interrumpidos por la guerra civil, se continuaron en el laboratorio de Hidráulica de la Confederación Hidrográfica del Duero en Valladolid. En ellos se comprobó la necesidad de ampliar apreciablemente la sección del canal de descarga, dotándolo de cajeros en ambas márgenes, revestir la solera, realizar un rebaje central en la solera, para dirigir mejor los filetes de agua, y cubrir el canal en la zona en curva, corrigiendo su radio, con una losa suficientemente armada y lastrada, dotada de ventanas superiores en las zonas en las que se producían depresiones. También se consideró necesaria la ampliación de la entrada de agua desde el embalse, y la construcción de un muro de planta curva en la embocadura. Con esta obra se conseguía ampliar la capacidad del aliviadero a los $200 \text{ m}^3/\text{s}$, que es la que realmente tiene la compuerta considerando la contracción lateral de la lámina de agua. Con una sobreelevación de la lámina de agua de $1,26 \text{ m}$, $0,24 \text{ m}$ por debajo de la coronación de la presa, se conseguiría evacuar un caudal de $275 \text{ m}^3/\text{s}$. Sobre la coronación había un pretil macizo de $1,20 \text{ m}$ de altura. Con una sobreelevación de 2 m se podría llegar a desaguar un caudal de $350 \text{ m}^3/\text{s}$, poniendo parcialmente en carga el pretil de aguas arriba.

Esta obra se hizo en dos fases. En la primera, ejecutada a partir de 1938, se consiguió ampliar la capacidad del aliviadero desde 40 a $60 \text{ m}^3/\text{s}$, realizando una excavación parcial en la embocadura, construcción del cajero de la margen izquierda, dando mayor anchura a la sección del canal, recrecimiento del cajero de la margen izquierda, regularización de las pendientes, y aumento del radio de la curva. En la segunda, realizada en la década de los 40 (el proyecto es de junio de 1943) se amplió la excavación de la entrada de agua, se construyó un muro de planta curva para mejorar la alimentación del aliviadero, se cubrió la curva, se revistió la solera del canal de descarga con el rebaje previsto, y se modificó el cruce del canal con las tuberías forzadas del salto de pie de presa. Además se realizó un acceso al pie de presa por debajo del aliviadero y se demolió la central hidroeléctrica auxiliar, ya que el vertido del aliviadero incidía en el edificio.



Foto 27: Aliviadero de la MD vertiendo, antes de la ampliación

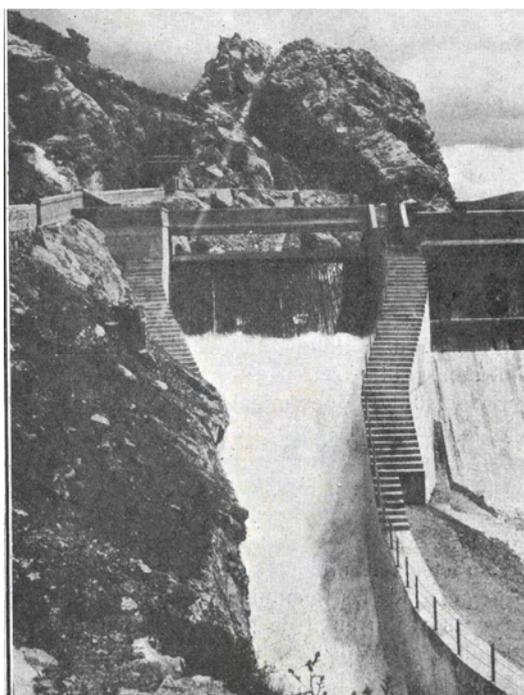


Foto 28: Aliviadero de la MD vertiendo, antes de la ampliación



Foto 29: Curva en planta en el aliviadero de la MD, antes e la ampliación



Foto 30: La misma curva, vista hacia aguas arriba

Hasta la modificación realizada en el aliviadero, obra que se terminó en 1948, la presa de Camporredondo ha funcionado durante unos años con una limitación importante en la capacidad

para desaguar avenidas. Hay que recordar que en el proyecto de 1914 se consideraba un aliviadero de labio fijo, que laminaba una avenida de 800 a 555 m³/s, y que el primer aliviadero construido tenía una capacidad teórica de 275 m³/s y real de 40 m³/s, capacidad real que se aumentó a 60 m³/s a finales de los 30, y a 200 m³/s en los 40. El 25 de diciembre de 1935 se produjo una avenida con una punta de 167 m³/s, y el 16 de enero de 1939 otra con una punta de 350 m³/s, que se pudieron resolver por encontrarse el embalse casi vacío, y con los desagües de fondo totalmente abiertos.

Si se pudo mantener esta situación por tanto tiempo era porque aunque la obra se inauguró en 1930, no empezó a funcionar con regularidad hasta 1933, y el salto de pie de presa hasta 1943. Hasta entonces, y considerando que la aportación (242 hm³) es muy alta en relación con la capacidad (70 hm³) se mantenía el embalse con un volumen muy bajo durante el invierno, embalsando en primavera el volumen imprescindible para garantizar los riegos y otras demandas. Gracias a esta estrategia se pudo salvar la situación en las dos avenidas citadas anteriormente. A partir de 1943 se pasó a explotar el embalse considerando que había que producir energía. Hay que tener en cuenta la circunstancia de que hasta el año 1943 había que regular el embalse con unos desagües de fondo que funcionaban con agua a una presión de 200 atmósferas, más una válvula de nuez de 800 mm de diámetro de accionamiento manual que se obligó a instalar al concesionario del salto de pie de presa en una de las tuberías forzadas de la central.



Foto 31: Compuerta de sector en aliviadero de la MD



Foto 32: Obra de ampliación del aliviadero de la MD

Sustitución de las compuertas del desagüe de fondo existente en la galería de desvío

En la década de los 50 se sustituyeron los elementos de cierre instalados en origen en el túnel de desvío, con accionamiento hidráulico, utilizando como fluido agua, por unas válvulas Bureau con accionamiento mediante motores eléctricos y husillos, y se hormigonaron unos tapones en los otros dos conductos, situados en el cuerpo de la presa. Las compuertas eran de 1,00x1,50 m². La aducción de aire se realizaba mediante ventosa. Este desagüe se ha utilizado en la década de los 90 para vaciar el embalse para rehabilitar los otros dos desagües de fondo.

Construcción de un nuevo aliviadero en el estribo izquierdo de la presa

Considerando insuficiente el aliviadero existente en la margen derecha, en la década de los 60 se construyó un nuevo aliviadero en la margen izquierda, alojado en la roca, inmediato a la presa. Después del vertedero, cerrado por una compuerta Taintor con accionamiento con motor, reductora y transmisiones mecánicas, de 14,00x4,00 m², el agua se conduce mediante un corto túnel de planta curva y 55 m de longitud, desde donde vierte por la roca de la ladera izquierda. El umbral de vertido está a la cota 1.282,47, siendo la cota del pie de la presa la 1.224,70. Con este nuevo aliviadero, se incrementó la capacidad de los aliviaderos de 200 m³/s a 410 m³/s para el Nivel Máximo Normal, que sería de 490 m³/s con una sobreelevación de 0,50 m.

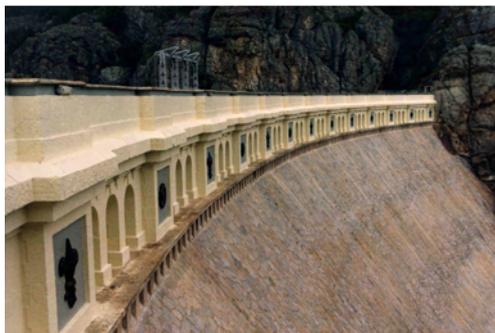


Foto 33: Coronación de la presa. Estado actual



Foto 34: Coronación de la presa y aliviadero de la MI

Sustitución de la compuerta de sector flotante (Aliviadero de la margen derecha)

La compuerta de sector flotante existente en el aliviadero de la margen derecha, de hormigón armado de $12,00 \times 4,80 \text{ m}^2$ era insegura. Tenía el eje roto, y se inundaba lentamente, lo que provocaba que bajase. En la década de los 70 se anuló, dejándola lastrada y alojada en el hueco existente. Encima se montó una compuerta Taintor del mismo tamaño. Se anularon todos los automatismos. El accionamiento de la nueva compuerta es oleohidráulico.

Perforación de dos galerías

En la década de los 80 se han perforado dos galerías en el cuerpo de la presa. La superior, situada a 31,70 m del cauce, tiene un acceso de 18 m, y una longitud paralela a los paramentos de 120 m. El hastial de agua arriba está a 5 m del paramento de aguas arriba. La inferior parte de la cámara de los desagües de fondo. Tiene un acceso de 10 m, y una longitud paralela a los paramentos de 49 m. El hastial está a 9 m del paramento. La sección de ambas galerías es de $1,25 \times 2,25 \text{ m}^2$. La excavación se hizo con martillos hidráulicos con empujadores y quebrantadores hidráulicos. Posteriormente se perforó desde coronación una pantalla de drenaje, con drenes cada 4 m que cortando a ambas galerías penetrase en la cimentación 5 m.

Coincidiendo con la ejecución de estas galerías, se instaló instrumentación, consistente en un péndulo inverso, 12 piezómetros colocados en taladros realizados desde las galerías, dos aforadores de filtraciones (uno en cada galería), y un limnómetro para control del nivel del embalse. Se centralizó y automatizó la lectura y almacenamiento de datos mediante una unidad de adquisición situada en la cámara de los desagües de fondo, conectada con un ordenador situado en la oficina de la presa.

Rehabilitación de dos desagües de fondo y de la toma intermedia

Se han rehabilitado los dos desagües de fondo existentes en el cuerpo de la presa, y el desagüe intermedio situado en el antiguo canal hidroeléctrico.

Para realizar esta obra fue necesario quitar los tapones que en la década de los 50 se habían hormigonado en los dos conductos situados en el cuerpo de la presa, vaciando totalmente el embalse y dejándolo vacío durante unas semanas, maniobra que se puede hacer sin afectar a los usuarios por la existencia del embalse de Compuerto inmediatamente aguas abajo del de Camporredondo. Para el vaciado se utilizaron las válvulas alojadas en el túnel de desvío del río.

En los desagües de fondo se han blindado los conductos en su totalidad entre ambos paramentos, en una longitud de 51 m cada uno, colocando rejillas en la toma y deflectores en la salida para evitar que el agua incida en la ladera. En cada conducto se han colocado dos válvulas

Bureau de $800 \times 1.200 \text{ mm}^2$, separadas 3 m entre ejes. El accionamiento es oleohidráulico, la aducción de aire se realiza mediante ventosas. La capacidad máxima de cada conducto es de $28 \text{ m}^3/\text{s}$.

En la toma intermedia, se ha ampliado el conducto que existía en el cuerpo de la presa, de 800 mm de diámetro, hasta las dimensiones necesarias para alojar un conducto blindado de $1.000 \times 1.500 \text{ mm}^2$. Nada más salir al paramento, se ha instalado una válvula Bureau de $1.000 \times 1.500 \text{ mm}^2$, con aducción de aire mediante ventosa. La válvula está alojada en una nueva caseta de hormigón armado, inmediata al paramento de la presa, pero independiente del mismo. A continuación de la válvula, continúa un conducto de 25 m de longitud, también blindado, alojado en una estructura de hormigón armado, con un tramo de $1.000 \times 1.500 \text{ mm}^2$ de sección, y otro de sección circular de 1.500 mm de diámetro, con una transición intermedia. Al final del conducto se ha dispuesto una válvula Howell-Bunger de 1.500 mm de diámetro, con concentrador de chorro. En este conducto entre válvulas y en las dos tuberías forzadas de la central de pie de presa se han instalado caudalímetros de ultrasonidos, que transmiten el dato de caudal a la oficina de la presa. La capacidad de este desagüe es de $26 \text{ m}^3/\text{s}$.

El desagüe de fondo que está alojado en la galería de desvío se ha dejado como estaba, con todos los mecanismos y sistemas de accionamiento. Se ha colocado una embocadura blindada y un escudo en la entrada de la galería, que se podría quitar si fuese necesario. No obstante, con los dos desagües existentes en el cuerpo de la presa, no es de prever que sea necesario utilizarlo.

Dentro de este contrato, se ha ampliado considerablemente el acceso al pie de presa, que era peatonal, pudiendo accederse actualmente con vehículos. Para ello se ha reconstruido el final del canal de descarga del aliviadero de la margen derecha, para dar paso al camino por debajo, aprovechando la ocasión para corregir ligeramente su rasante para alejar el impacto del chorro de agua.



Foto 35: Nuevas rejillas en desagües de fondo, detrás de la ataguía primitiva demolida parcialmente



Foto 36: Nueva toma intermedia

9.- CONCLUSIÓN

El aspecto actual de la presa es el de una obra antigua, en el que se puede apreciar un aire de modernidad en la toma intermedia, con una válvula Howell-Bunger sobre una nueva estructura de hormigón. Sin embargo, como se puede ver a lo largo de la presente comunicación, nunca se ha dejado de actuar. Con una fábrica excelente, en origen tenía dos problemas que se resolvieron posteriormente. El primero era la escasa capacidad del aliviadero. El segundo la poca fiabilidad de los mecanismos de los órganos de desagüe, debida sin duda a la poca experiencia que había entonces en mecanismos de este tipo, y a los materiales que se utilizaron, que no tienen nada que ver con los actuales. Además se han ido realizando obras que han mejorado sustancialmente la seguridad de la presa, como son la instrumentación, galerías de drenaje, drenes, inyecciones, etc, y

otras que no se han mencionado, como la renovación de la instalación eléctrica, iluminación, grupos electrógenos, instalación de alarmas, limpieza de paramentos.

Guillermo Gómez Laá, en un informe fechado el 29 de diciembre de 1988 decía sobre esta presa:

“Dejamos para el final el comentario sobre el trabajo exterior de limpieza de la presa e iluminación de paramentos, de coronación y de aliviadero, que constituyen un exponente de atención esmerada a la presa y que permite admirar una arquitectura de principio de siglo, con una belleza inusitada. No dudamos en considerar la reparación y adecuación de esta presa como ejemplar”

No se ha hecho mención al personal que trabajó en esta obra porque no se han encontrado datos, aparte de los nombres de los autores de los proyectos y de los ingenieros encargados. Es de suponer que la plantilla sería bastante amplia. En el pueblo de Camporredondo se cuenta que vinieron bastantes personas procedentes de Galicia. Es lógico, ya que la ejecución de la presa ha supuesto un trabajo importante de cantería. No se sabe qué pasaba en invierno, cuando las condiciones climatológicas impedían trabajar durante periodos largos de tiempo. Es de suponer que se trasladarían a otras obras.

El 11 de marzo de 1963 falleció como consecuencia de un accidente producido en la ejecución del aliviadero de la margen izquierda el encargado de la presa D. Venancio Bayón Martín. Tenía 40 años, y llevaba 15 años trabajando en la Confederación Hidrográfica del Duero.

Septiembre de 2005

DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

- REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS. 8 de octubre de 1914. EL CANAL DE CASTILLA. TRANSFORMACIÓN DE UNA REGIÓN. Autor: Manuel Maluquer y Salvador.
- REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS. 15 de septiembre de 1925. LOS EMBALSES DEL CANAL DE CASTILLA. Autor: Juan F. Moreno Augustín.
- EL DUERO Y SU CUENCA (Revista de la Confederación Hidrográfica del Duero). Año II, nº XX. Agosto de 1930. LA INAUGURACIÓN DEL PANTANO “PRÍNCIPE ALFONSO”. Archivo de la CHD.
- PROYECTO DEL PANTANO DEL INFANTE JAIME. Año 1914. Autor: Vicente Valcárcel. Archivo de la CHD.
- PROYECTO DE TRANVÍA ELÉCTRICO A LA CANTERA PARA EL PANTANO DEL PRÍNCIPE ALFONSO. Año 1915. Autor: José Togores. Archivo de la CHD.
- ANTEPROYECTO DE VIADUCTO DE PASO ENTRE LAS MÁRGENES DEL PANTANO DEL PRÍNCIPE ALFONSO FRENTE A ALBA DE LOS CARDAÑOS. SOLUCIONES DE PUENTE COLGADO Y DE PUENTE CANTILEVER. Año 1929. Autor: José Entrecanales Ibarra. Archivo de la CHD.
- PROYECTO DE VARIANTE DEL CAMINO DE TRIOLLO A GOBIJONES EN EL PANTANO DE CAMPORREDONDO. Año 1931. Autor: Luis Díaz-Caneja Pando. Archivo de la CHD.
- PROYECTO DE MODIFICACIÓN DEL CANAL DE DESCARGA DEL ALIVIADERO DEL PANTANO DE CAMPORREDONDO. Año 1943. Autor: Luis Díaz-Caneja Pando. Archivo de la CHD.

- PROYECTO CONCURSO PARA LA SUSTITUCIÓN DE COMPUERTAS DE FONDO EN LA GALERÍA DE LA IZQUIERDA DEL PANTANO DE CAMPORREDONDO. Año 1947. Autor: Luis Díaz-Caneja Pando. Archivo de la CHD.
- PROYECTO DE NUEVO ALIVIADERO DEL PANTANO DE CAMPORREDONDO. Año 1957. Autor: Luis Díaz-Caneja Pando. Archivo de la CHD.
- CONCURSO DE SUMINISTRO Y MONTAJE DE UNA COMPUERTA EN EL ALIVIADERO DE LA MARGEN DERECHA DEL EMBALSE DE CAMPORREDONDO. Año 1973. Autor: Aurelio Ramírez Gallardo. Archivo de la CHD.
- DOCUMENTO XYZT DE LA PRESA DE CAMPORREDONDO. Año 1989.
- PLIEGO DE BASES PARA EL CONCURSO DE PROYECTO Y MONTAJE DE VÁLVULAS EN LOS DESAGÜES DE FONDO DE LA PRESA DE CAMPORREDONDO. Año 1993. Autor: Pedro Matía Prim. Archivo de la CHD.
- De las fotos utilizadas, la mayor parte proceden del archivo de la CHD. Algunas se han reproducido del Plan de Obras y Servicios para 1928 elaborado por la Confederación Sindical Hidrográfica del Duero, aprobado el 22 de diciembre de 1927, y de la revista EL DUERO Y SU CUENCA.