

PRESA DE ALLOZ: ESTUDIOS SOBRE EL APROVECHAMIENTO, CONSTRUCCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA OBRA

MIGUEL FERNÁNDEZ RUIZ
JOSÉ LUIS GASCÓN Y MARÍN DE LA PUENTE
FERNANDO FRAGA RIVAS
LUIS ESTERAS ALDEA
IGNACIO ESCOLAR LÓPEZ

Alumnos de sexto curso de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

RESUMEN: El presente artículo desarrolla las actuaciones y proyectos realizados desde los primeros estudios sobre el aprovechamiento del río Salado hasta las últimas modificaciones efectuadas en la presa. Así pues, se exponen los aciertos y errores cometidos inicialmente y que fueron motivo en su día de un artículo aparecido en esta misma publicación.

PALABRAS CLAVE: PRESA BÓVEDA. ALIVIADERO "MORNING GLORY". YESOS. DESLIZAMIENTOS DE LADERA.

ABSTRACT: The present article describes the work and projects carried out ever since the first studies were made into the harnessing of the river Salado right up to the most recent modifications made to the dam. The article details both the successful decisions as well as the errors which were initially made and which were also the subject of an article in their day within the pages of this journal.

KEYWORDS: ARCH DAM. MORNING GLORY SPILLWAY. CHALKS. LANDSLIDES.

1. INTRODUCCIÓN

La presa de Alloz se encuentra emplazada sobre el río Salado (Navarra), al sudoeste de Pamplona, en los términos del valle del Yerri y Guesalaz. Siendo una de las primeras presas bóveda supuso un hito en la construcción de presas en su época; debido, por un lado, a su delgado espesor y, por otro, al novedoso diseño de su aliviadero. Con el paso del tiempo diversas modificaciones han tenido que ser realizadas para actualizarla, garantizar su estabilidad y adecuarla a las normativas vigentes en cada momento.

2. EVOLUCIÓN DEL APROVECHAMIENTO DEL RÍO SALADO

Se tiene constancia de la existencia de estudios sobre el aprovechamiento hidroeléctrico del Río Salado que se

remontan al año 1910⁽¹⁾. En esa fecha se constituyó la Sociedad Hidroeléctrica de Alloz, cuyo presidente, Alvaro Galbete obtuvo la concesión de la explotación del citado río, para derivar hasta 4.000 l/sg.

En 1912, dicha Sociedad presentó un proyecto de aprovechamiento realizado por Emilio Azarola, en el que se pretendía utilizar la potencia generada por un caudal de 1300 l/sg en un salto útil de unos 26 m. mediante la construcción de un simple azud de 2,20 m. de altura situado unos 500 m. aguas arriba de la cerrada actual del embalse.

Posteriormente, el 15 de septiembre de 1916 la mencionada sociedad presentó un nuevo proyecto de Emilio Azarola: "Proyecto de aprovechamiento del agua del Río Salado para fuerza motriz". Esta vez se proyectaba una

(1) La historia de la presa se obtuvo en su mayoría del documento: Uceda Jimeno, José Luis, "Documento XYZT, clave 09803.152/0411, doc.04/86, Yerri-Guesalaz", 1986, archivo de la presa de Alloz.

gran presa de gravedad de unos 40 m. de altura en el cierre de las Peñas de Tarrabia, lugar donde se terminó construyendo la presa definitiva.

La tipología de presa proyectada se comenzó a materializar y, así, en 1918 se inició la construcción de esta presa de gravedad de planta curva. Pero los aforos realizados durante los inicios de la construcción dieron caudales superiores a los estimados por E. Azarola, y se pasó a realizar un nuevo proyecto de embalse, con una mayor capacidad.

En ese mismo año se redactó también el proyecto de Carlos Laffitte, "Proyecto de aprovechamiento del Río Salado", en el que se definen las actuaciones a realizar para obtener potencia no sólo en el propio salto de la presa, sino también en el desnivel existente entre el desagüe de la presa y la desembocadura en el río Arga del río Salado.

Así se presentó en 1920 un nuevo proyecto: "Proyecto de pantano y salto en el río Salado" firmado esta vez por el Ingeniero Industrial Carlos Laffitte, de características semejantes al anterior de 1916. Se trataba también de una presa de gravedad en arco pero esta vez de 50 m. de altura². También este proyecto empezó a realizarse, pero entonces surgieron problemas económicos en la Sociedad Hidroeléctrica de Alloz y tan sólo se llegaron a construir unos 3 m. de esta presa. Es lo que hoy se conoce como "antigua presa" y todavía existen restos de la misma. Su ubicación se pensó unos metros aguas abajo del emplazamiento de la presa finalmente construida.

Si en el año 1920 la Jefatura de Obras Públicas había dado la concesión para un plazo de 65 años y el permiso para la realización de un embalse de 47,55 Hm³ de capacidad; en el año 1927 se amplía el plazo hasta los 99 años y se conceden prórrogas a la construcción (que estaba paralizada por los problemas económicos antes mencionados). También ese mismo año la Sociedad presentó la solicitud de modificación del perfil, proponiendo un proyecto de una presa bóveda de Alfonso Peña.

Finalmente la Sociedad Hidroeléctrica de Alloz se ve obligada a ceder todos los derechos de explotación del aprovechamiento a una nueva sociedad: Fuerzas Eléctricas de Navarra S.A. (FENSA) que, por medio de su presidente, Toribio López, presenta a fecha del 4 de octubre de 1928 una solicitud de auxilio a la recién creada Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro (actualmente Confederación Hidrográfica del Ebro³ creada en el año 1926).

En esta misma petición se solicita además elevar 10 m. la altura de la presa. Con dicha solicitud Toribio López adjuntó el "Proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico del Embalse de Alloz en el río Salado, en el término de Alloz" firmado por Esteban Errandonea y Larrache³.

Así pues, se transfirieron los derechos de la Sociedad Hidroeléctrica de Alloz a FENSA y se aprobó la concesión de auxilios por R.O. del 16 de octubre de 1928. De esta forma, la presa de Alloz pasaría a ser proyectada por ingenieros de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, que sería la encargada de la explotación del embalse en todo lo referente a riegos. El embalse, inicialmente concebido para la obtención de potencia para la zona, pasaba a regular todos los regadíos de la zona situada junto a la desembocadura del río Salado en el río Arga; y pasaba, por otra parte, a ser propiedad del Estado. En la concesión quedaron muy claros los aspectos relativos a la financiación: las obras serían inicialmente sufragadas por el Estado, y la sociedad FENSA se tenía que hacer cargo del 61,5% del coste total, pero a cambio se beneficiaba del aprovechamiento hidroeléctrico del salto.

Se habían presentado hasta esa fecha dos proyectos que fueron la base de la construcción del embalse: el ya nombrado de Esteban Errandonea y Larrache y un proyecto de presa bóveda de Enrique Becerril. Las obras comenzaron en realidad en abril de 1928 (ya se había presentado el proyecto de Enrique Becerril y la antigua sociedad ya había conseguido la autorización para el cambio de perfil a una presa bóveda de planta en arco).

Los citados proyectos mas ciertos estudios y soluciones sobre el aliviadero y otros temas no tratados con anterioridad, constituyeron el "Proyecto del Pantano de Alloz" presentado en diciembre de 1929 por el ingeniero Francisco Caballero Ibáñez, de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro. En estos documentos se define una presa de unos 69 m. de altura y con una capacidad de 84 Hm³, es la presa definitiva, tal y como la podemos ver ahora.

3. CONSIDERACIONES SOBRE EL ARTÍCULO DE LA REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL RÍO SALADO EN ALLOZ⁴

3.1. INTRODUCCIÓN

En Noviembre de 1931 se publica el artículo de Esteban Errandonea y Larreche "Aprovechamiento del río Salado, en Alloz". Realmente, y como apunta dicho título no se trata de un artículo sobre la presa en sí (aunque evidentemente la comenta con todo detalle) sino del aprovechamiento del río Salado. De esta manera se comprende el origen de la presa, que no fue otro que el de procurar suministro eléctrico siendo secundario el de regulación para riego.

3.2. RECURSOS HIDRÁULICOS

Tras repasar de una manera somera la historia de la presa, pasa el artículo a describir el río y su cuenca receptora. Uno de

(2) Laffitte, Carlos, "Proyecto de pantano y salto del Río Salado", Pamplona, 1920, Archivo General de la Administración, sección de Obras Públicas, caja 14146, signatura 28.

(3) Errandonea y Larreche, Esteban "Aprovechamiento hidroeléctrico del río Salado, en Alloz", Revista de Obras Públicas, 1931, Noviembre, págs.3 a 17.

(4) Errandonea y Larreche, Esteban "Aprovechamiento hidroeléctrico del río Salado, en Alloz". Revista de Obras Públicas, 1931, Noviembre, págs.3 a 17.



Fotografía 1. Vista general de la presa, el vaso y el canal de descarga del aliviadero, situado en la margen derecha. También se observa la central hidroeléctrica a pie de presa.

los datos más destacables es que la cuenca que alimenta principalmente al río Salado es una sierra (la de Andía) de naturaleza calcárea, muy fisurada lo que origina gran cantidad de fuentes. Como puede comprenderse, las calizas fisuradas son un lugar excepcionalmente malo para emplazar un embalse, sobre todo si están carstificadas, debido a las grandes filtraciones que sufrirán. Dice Esteban Errandonea que el río Salado es de carácter torrencial como todos los afluentes del Ebro, no obstante dicha afirmación no es del todo rigurosa debido a su poca precisión y generalización. Más bien es el carácter irregular en las aportaciones de algunos ríos de cabecera de la cuenca del Ebro, entre los que puede incluirse el Salado, el que aconseja su regulación.

3.3. GEOLOGÍA

Antes de comentar otros aspectos, parece aconsejable describir el conocimiento que se tenía de la geología del vaso y de la cerrada. Por aquel entonces (1929) se realizó un estudio geo-

lógico del vaso a cargo de Primitivo H. Sampelayo, conocido ingeniero de Minas y de prestigiosa reputación. Dicho informe⁵ llega a una serie de conclusiones las cuales son muy interesantes comentar:

- 1ª) El vaso es prácticamente impermeable y de resistencia indefinida.
- 2ª) Las calizas eocenas del cierre, junto a las margas cretáceas aguas abajo y a los yesos aguas arriba reúnen las condiciones de resistencia e impermeabilidad para encajar en ellas una presa de cierre.
- 3ª) Los yesos oligocenos del estribo izquierdo podrían inflarse y agrietarse y para evitar esa "remota contingencia" convendría un paramento enarcillado en los asomos.

5) H. Sampelayo, Primitivo "Informe relativo a la impermeabilidad del vaso y geología de la zona", 1929, Archivo de Alcalá, Sección de Obras Públicas, signatura 28, caja 14147.

- 4º) Los yesos del estribo derecho no necesitarán ese refuerzo ya que han sufrido su hidratación y el interior del vaso está recubierto de cuaternario."

Con estas conclusiones, Primitivo Hernández estima que no debería existir ningún riesgo para la estabilidad y durabilidad de la obra.

No obstante, la posterior evolución de la explotación ha mostrado que tal vez alguna de sus conclusiones no fuera del todo correcta, pues con el paso del tiempo surgieron una serie de problemas recogidos en diversos informes que indicaban ciertas complicaciones en algunas zonas del vaso:

- Las calizas del cierre. Una serie de informes (1940, 1942 y 1943) comentan diversos problemas debido a filtraciones que hubo en las calizas. Las características de las calizas fueron confirmadas por Angel García Yagüe quien trabajó en los diversos problemas geológicos de la cerrada y estableció el ángulo de rozamiento interno en 70 grados y la cohesión en más de 100 Kg/m² con un lento y poco preocupante proceso de carstificación. Posteriormente, año 1971, surgen inquietudes técnicas sobre la estabilidad del estribo derecho, encargando la Confederación Hidrográfica del Ebro un estudio tensional del estribo derecho a la empresa de ingeniería "Consulpresa", estudio dirigido por Florentino Santos García que ratificó el estado aceptable del mismo.
- Los yesos del estribo derecho. Los yesos no son del oligoceno como indica este artículo, sino del triásico como fue verificado posteriormente. Fueron reforzados como dijo Primitivo Hernández pues las fugas en los yesos tienen el problema de erosionar el collado derecho, sin embargo la pantalla propuesta fue insuficiente y sufrió una serie de remodelaciones y correcciones (1935, 1937 y 1938). Dichas remodelaciones en las pantallas fueron realizadas durante más de 30 años y además se inyectaron miles de toneladas de cemento. Los muros siguen existiendo en la actualidad.

Pero la geología no es sólo determinante de las filtraciones, sino que es un factor fundamental en el diseño de la obra y en la elección de su tipología estructural. Así pues, la angosta cerrada junto con la resistencia de la caliza ya podía favorecer que la presa fuera bóveda en vez de gravedad pero además hay un factor limitativo en la geología. La barrera de caliza es de apenas unos 40 metros de ancho, quedando a un lado margas cretácicas y al otro yesos oligocenos, una presa de gravedad habría requerido unos 50 metros de apoyo, con lo cual habrían sucedido dos cosas:

- Si se hubiera cimentado sobre caliza y yeso, el hormigón habría reaccionado con el yeso ocasionando la ruina del proyecto.
- Si se hubiera cimentado sobre caliza y margas, el distinto módulo de elasticidad de ambos materiales habría provocado apoyar una parte de la presa sobre un material casi inde-

formable (calizas) y la otra sobre un material muy deformable (margas), con lo cual la presa volcaría.

3.4. TIPOLOGÍA

A partir de los estudios geológicos, se diseñó y se construyó una presa bóveda de 69 metros de altura de un reducido espesor (1,5 metros de anchura en coronación), uno de los menores de la época. La presa era parecida a las de Broc (Suiza) y Montejaque. La presa se calculó por el método de Stuky⁶, puede considerarse todo un lujo dicho cálculo para una presa en aquella época, pues presas de mayor altura se habían calculado simplemente con el arco superior, además los estribos sufrieron un refuerzo adicional lo que da una idea del esmero y cuidado que se puso en el cálculo de la estructura. La ejecución de la obra también fue muy cuidada y se procuró una dosificación del hormigón⁷ que otorga gran impermeabilidad al paramento de aguas arriba, además de haber sido revestido con una capa de "Inertol".

Todos estos datos indican el gran trabajo que se puso en el cálculo de la presa, superior al esfuerzo de la época, lo cual es posiblemente motivado por el delgado espesor de la bóveda comparada con sus contemporáneas, que podía originar algunas desconfinanzas. No obstante los resultados han sido magníficos pues el cuerpo de la presa continúa ahí y no ha tenido que ser reforzada.

3.5. APROVECHAMIENTO PRINCIPAL

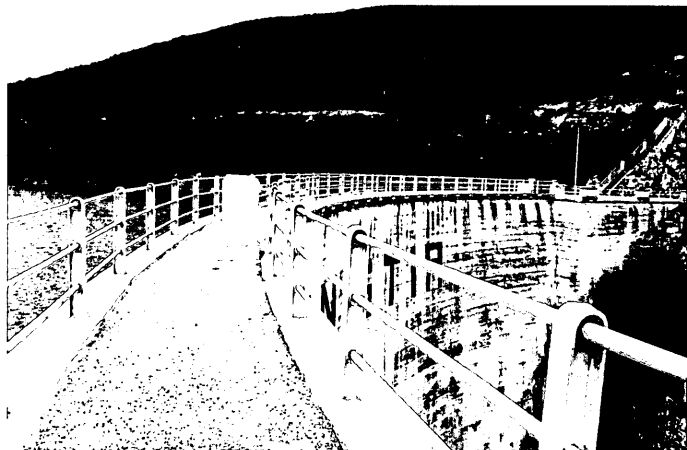
El siguiente punto importante que trata el artículo de Esteban Errandonea y Larreche es el aprovechamiento hidroeléctrico del río Salado. La explotación para producir energía es el principal destino de la presa y su razón de existir. Originalmente se dispuso una central a pie de presa de 12000 CV, una en el contraembalse de 10 metros de 1400 CV y, finalmente, una en el canal de conducción al río Arga de 8000 CV. Se ha procurado no dar demasiados datos a lo largo de este comentario del artículo, pero éstos son importantes para tener una idea del orden de magnitud de lo construido y su composición en los distintos elementos. Como se puede apreciar más de la mitad de la energía la producía la central del pie de presa.

Para una explotación óptima del río, se estableció que la presa debería llenarse por completo en invierno y descargarla para producir más electricidad en verano.

Estrechamente ligado con el aprovechamiento del río se encuentra el estudio de los recursos hidrológicos del mismo. Aquí ha de llamarse la atención sobre un punto fundamental, el estudio hidrológico del río se hizo basándose en los aforos de los años 1917 y 1918 para determinar las aportaciones medias y extre-

6) Reparto de cargas que origine iguales deformaciones en la presa considerando ésta compuesta por arcos y ménsulas.

7) La empresa suministradora del cemento para la construcción de la presa fue la Fábrica de Cementos "El Cangrejo", la cual se debió de elegir además de por su calidad (la fábrica sigue hoy en día funcionando) posiblemente por la proximidad de la misma a la obra, ya que la fábrica se encuentra en Alsua a unos 30 kilómetros de la presa.



Fotografía 2. Coronación de la presa, donde se puede ver el poco espesor de la misma.

mas. Desde el punto de vista actual esto es prácticamente inconcebible, pues los diseños de los aliviaderos y cálculo extremo de la presa se realizan basándose en las avenidas del río (junto con el nivel de seguridad de la presa que en Alloz es "A"). Así pues las avenidas extremas con las que se diseña actualmente pueden ser de hasta 5.000 años en este tipo de presas (aún mayores en las de materiales sueltos). Por lo tanto ha de extrapolarse con los datos conocidos a esos períodos de tiempo. Pero Alloz se construyó en 1930, casi 40 años anterior a la "Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas", aprobada por Orden Ministerial de 31 de Marzo de 1967 y 70 al "Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses" aprobado por Orden Ministerial de 12 de Marzo de 1996. Por lo tanto se diseñaba con un criterio distinto al actual y desde luego con muchos menos medios y series de datos, no obstante y a pesar de no existir registros temporales continuos, visitando los pueblos cercanos y preguntando hasta dónde había llegado el nivel del agua en las riadas de años e incluso siglos anteriores estimaban cómo debían ser las crecidas y su magnitud. Desgraciadamente, quizás ese sentido de la ingeniería se haya marginado en la actualidad y se de más credibilidad al resultado de extrapolar y ajustar distribuciones matemáticas que al de ver el comportamiento en sucesos relevantes anteriores.

En Alloz, para determinar el coeficiente de escorrentía se estudió la relación entre lluvias y caudales en el río Arga, que se consideró hidrológicamente afín. El coeficiente de escorrentía resultó ser mayor de 0,7 lo que parecía indicar una alta permeabilidad de la cuenca debido a esas calizas fisuradas que podían provocar una interconexión con cuencas vecinas, siendo por lo tanto la cuenca receptora real mayor que la topográfica, extremo que parecía ser confirmado por la existencia de diversas fuentes. A partir de los datos disponibles de caudales medios obtuvieron los caudales de avenida para los cuales se diseñó el aliviadero. Este aliviadero, según Florentino Santos, fue modelo para España y para el resto del mundo durante muchos años.



Fotografía 3. Muros de fábrica para reforzar los yesos de la margen derecha.

No obstante el aliviadero ha sufrido una serie de reformas tanto en su estructura como en sus cierres y demás elementos a lo largo de su vida (1933 ,1935 ,1938 ,1939,...) y fue finalmente estudiado y reformado en profundidad por el CEDEX (Centro de Estudios Experimentales) debido a la obtención de valores más precisos de los caudales de avenida gracias a la utilización de modelos matemáticos programados más potentes (HEC-1).

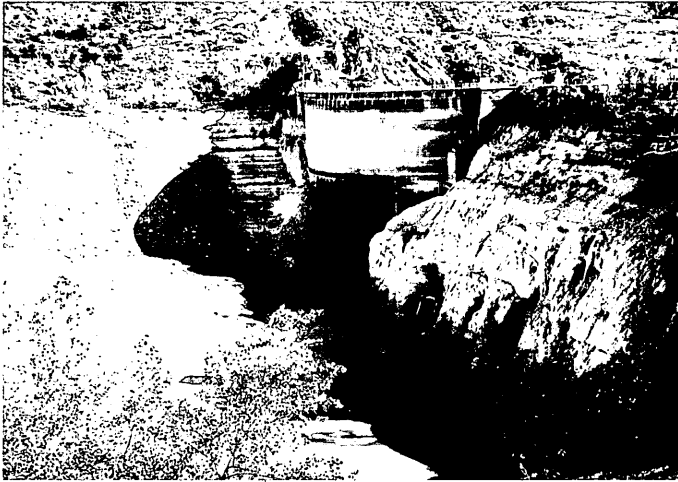
Por último el artículo describe una serie de piezas del sistema hidráulico y del sistema eléctrico de la presa. Sin entrar a comentar las características técnicas de las mismas, es interesante destacar la tubería forzada que se utilizó, ideada por Emilio Azarola con gran economía de material. Dicha tubería fue sustituida debido a problemas de cavitación y actualmente se expone un tramo de la misma en la coronación de la presa.

4. EVOLUCIÓN Y MODIFICACIONES HASTA NUESTROS DÍAS

Desde el final de la construcción de la presa hasta la actualidad, las modificaciones se han dado principalmente en dos aspectos: en cuanto a la construcción definitiva del aliviadero y en cuanto al taponamiento de las filtraciones. El primer tema quedó zanjado en los primeros años, los problemas con las filtraciones han sido una constante hasta casi los años 70.

4.1. ALIVIADERO

Debido a los problemas que, como ya vimos, aparecieron en el canal de descarga, se procedió a realizar un ensayo con un modelo en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid por parte de Enrique Becerril (por aquel entonces catedrático de Hidráulica de la misma). El ensayo vino a confirmar que las aguas no se acoplaban bien al canal en su salida de la galería, por ello Francisco Caballero presentó en



Fotografía 4. Cuerpo de la presa visto desde el vaso. Se observa la rejilla del nuevo desagüe de fondo.

1933 el "Proyecto reformado del aliviadero", en el que sólo se mantenía del proyecto inicial el vertedero:

- Se sustituyó el tramo de canal escalonado por un rápido en forma de superficie cilíndrica de generatrices horizontales en su comienzo
- Se dispuso de dos tramos diferenciados de galería: uno, junto al canal de descarga de sección rectangular con arco de medio punto; el otro, el mismo de sección circular inicialmente planeado

Pero durante la ejecución de estas obras ocurrieron dos fenómenos que forzaron a Francisco Caballero a redactar el "2º Proyecto reformado del aliviadero" en 1938. Estos son:

- Sobrevinieron desprendimientos considerables en la zona de los taludes
- Las filtraciones en esa zona comenzaban a adquirir una magnitud preocupante

Después de este segundo reformado no volvieron a surgir más problemas en el aliviadero.

En 1964 se redactó el "Proyecto de acondicionamiento de las instalaciones del aliviadero de la presa de Alloz", de José María Bovio, en donde se planean obras muy variadas:

- Caseta sobre el hueco del pozo de acceso a la cámara del aliviadero
- Ampliación de la cámara e instalación de un puente grúa de 5 toneladas.
- Sustitución de la línea aérea existente por dos líneas subterráneas

Estas obras quedaron liquidadas en 1972.

Actualmente, el aliviadero de la presa de Alloz se encuentra en una etapa de transformación y actualización para alcanzar la capacidad de descarga asociada al caudal laminado de diseño (247 m³/seg), que se estableció en el "Proyecto de acondicionamiento, reparación y terminación de la Presa de Alloz" del año 1992. Este caudal correspondía a la punta de una avenida de 500 años de periodo de retorno, con un caudal asociado de 524 m³/seg.

Independientemente de las ulteriores modificaciones que sean preciso realizar, para adecuar la capacidad de descarga a las prescripciones del nuevo Reglamento Técnico, el estado actual del aliviadero presenta las siguientes peculiaridades.

La estructura de control, con los nuevos perfiles cilíndricos de acero inoxidable en las tres pilas del aliviadero, presenta un estado satisfactorio y con una capacidad de descarga próxima a los 250 m³/seg, según el modelo experimentado por el C.E.D.E.X. No obstante, teniendo en cuenta el pequeño periodo de tiempo transcurrido, desde su implantación, no se ha podido contrastar empíricamente con descargas naturales en el embalse.

Los tableros de las tres compuertas presentan un adecuado mantenimiento, aunque se aprecian los desperfectos puntuales propios de la antigüedad de las estructuras metálicas y de los mecanismos de accionamiento.

La estructura del cuenco amortiguador se está modificando siguiendo las recomendaciones del modelo del ensayo reducido. En la actualidad la construcción del dado deflector se encuentra paralizada debido a problemas constructivos.

El grado de apertura o cierre de las compuertas está registrado y controlado por el sistema S.A.I.H.

4.2. IMPERMEABILIZACIONES E INYECCIONES

Ya en 1930 aparecen fugas importantes en los dos estribos, existían filtraciones de pequeño caudal en ambos estribos y una mucho más peligrosa, de caudal regular, en la galería de desvío del río. La Compañía François Cementation Ltd. se encargó de realizar unas inyecciones con cemento y mortero que consiguieron atajar momentáneamente el problema. Estas inyecciones consiguieron disminuir el problema, pero no en su parte fundamental, la galería provisional de desvío. Así se recoge en el informe "Notas informativas" de 1931 realizado por el Asesor Geológico de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, José María de Pedro. En dicho informe se aconseja el taponamiento de la galería aguas arriba y nuevas inyecciones con cemento y gravilla. Después de estos trabajos, las filtraciones por el antiguo túnel de desvío se redujeron hasta unos valores aceptables.

En 1935 los problemas fundamentales pasaron a estar en la margen derecha: en la zona de los yesos. Las filtraciones en los estratos yesíferos aguas abajo de la margen derecha habían alcanzado unos alarmantes valores de más de 50 l/sg. Al bajar el nivel del embalse en el estiaje se pudo comprobar con claridad la causa de dichas filtraciones: las pantallas propuestas se habían deformado por los efectos expansivos de la mezcla de



Fotografía 5. Vista de las compuertas del aliviadero.

agua y yeso. Por ello se propuso el estudio del tema a una Comisión especial formada por tres grandes geólogos: Primitivo Hernández Sampelayo, Clemente Sáenz y José María Valdés. El estudio propuso una serie continua de sondeos e inyecciones que crearan verdaderas pantallas de impermeabilización, pero la realidad fue distinta, el nivel de las aguas volvía a subir y tan sólo se pudieron realizar actuaciones de emergencia.

Las anteriores medidas de urgencia no solucionaron el problema, sino que demoraron su nueva aparición. De este modo, en 1936, y nuevamente al bajar el nivel del embalse, se vio que la deformación de las pantallas iba en aumento. Otra vez sólo hubo tiempo de realizar operaciones de emergencia.

Los trabajos de impermeabilización se repitieron en 1937, 1940, 1941 y 1942; pero todas esas actuaciones no servían más que para tener un cierto tiempo de tranquilidad hasta las nuevas filtraciones, ninguna consiguió atajar el problema de forma definitiva.

Uno de los momentos críticos se alcanzó en 1954, cuando se pasaron de 10 l/sg a 90 l/sg en un breve período de tiempo. Ese

año la Jefatura de Sondeos (actual Servicio Geológico), llevó a cabo una nueva campaña de sondeos en la ladera yesífera.

La situación se normalizó hasta que en 1965 se alcanzaron otra vez filtraciones de 85 l/sg en la margen derecha del embalse. Angel García Yagüe, del Servicio Geológico estudió en profundidad el asunto y propuso un cambio de las directrices que se venían siguiendo en la impermeabilización de la zona. Su campaña de inyecciones resultó muy exitosa y prácticamente definitiva hasta nuestros días, en lo referente a la zona de yesos.

Actualmente existen dos puntos en donde existe filtración:

- 1. Junto a la actual caseta del desagüe de fondo, provenientes del estribo izquierdo y de la antigua galería de desvío del río, de unos 50 l/sg
- 2. En la zona de la margen derecha, en el estribo, a unos 400m. de la coronación de la presa, de unos 0,15 l/sg

4.3. DESAGÜE DE FONDO

El desagüe de fondo ha sufrido diversas incidencias durante el período de explotación del embalse. Entre ellas es destacable el tiempo que el mismo estuvo fuera de servicio debido a una obstrucción en la embocadura originada por la rotura del cable que sujetaba una bola de acero (que se utilizaba para taponar dicho desagüe de fondo) y que quedó encajada en el conducto. Dicha bola fue retirada en las obras de adecuación y terminación de la presa de Allos que concluyeron en 1998. Actualmente dicha bola se encuentra expuesta en la coronación de la presa. Además se instaló una nueva rejilla en la embocadura construyendo un conducto nuevo conectado al embebido en el cuerpo de la presa. También se dispusieron una válvula de cierre tipo Bureau y otra de regulación aguas abajo, tipo Howell-Bunger, además de un cuenco amortiguador de impacto y los dispositivos necesarios de control y regulación.

5. CONCLUSIONES

En el presente artículo se resume la evolución del aprovechamiento del río Salado, desde el primer azud de 2,2m. que se proyectó, hasta la presa de Allos de 69m de altura que se terminó de construir en los años treinta. Dicha presa fue una de las primeras presas bóveda construidas en España. Y fue diseñada con una tecnología de lo mas avanzada en su época.

El aliviadero de la presa, con su diseño novedoso, fue modelo, para España y el resto del mundo, durante muchos años. En la actualidad se han realizado modificaciones estructurales en él para aumentar la capacidad de desagüe y cumplir así con la Normativa vigente.

Así mismo se han expuesto las actuaciones que a lo largo de la vida de la presa se han realizado para intentar atajar el gran problema que ha tenido; las filtraciones, principalmente por su estribo derecho. ■