

LA PRESA DE LA VERDEJA.

Una presa representativa de principios de siglo rescatada de las aguas del embalse del Castro de las Cogotas.

Moisés Rubín de Célix Caballero

Ingeniero de Caminos

Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Medio Ambiente

Isidro Lázaro Martín

Ingeniero de Caminos

Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Medio Ambiente

María García Martín

Diego Saldaña Arce

Ingenieros de Caminos

Universidad de Burgos

“El envejecimiento, al igual que en los seres vivos, es un término impreciso; las presas empiezan a envejecer desde que nacen, bien con ritmos muy diferentes en cada caso”.

Guillermo Gómez Laá.

1. INTRODUCCION

La construcción del embalse del Castro de Las Cogotas -a finales de los años 80- implicaba la desaparición, bajo las aguas del mismo, de la denominada presa de La Verdeja. Esta obra, de elegantes formas e impecable acabado, fue construida entre 1900 y 1901. En esa época, España se encontraba en la fase de “electrificación incipiente” en la que se comenzaba a desarrollar, a la par que nuevas aplicaciones industriales, la electrificación de determinadas poblaciones. Predominaban en las centrales eléctricas de la época las turbinas de vapor, que comenzaron a ceder parte del terreno frente a las turbinas hidráulicas, debido al incremento del coste del carbón y la disminución de las dificultades técnicas para el transporte económico de la energía eléctrica.

La distribución de energía -en la España de la época- era realizada por un sinfín de pequeñas compañías independientes que operaban de forma aislada unas de otras, siguiendo criterios propios y localistas y sin respetar criterios uniformes y preestablecidos en la calidad del servicio.

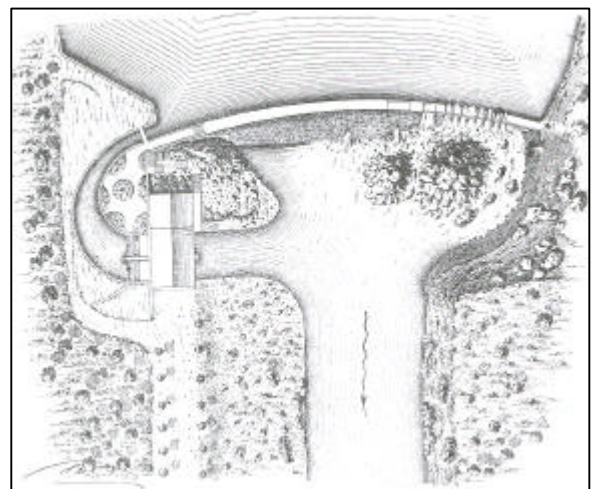


Figura 1

Dentro de este contexto, la Compañía General Abulense realizaba el suministro de energía eléctrica para el alumbrado de la capital, mediante una central que disponía de dos turbinas de vapor que suministraban 250 CV. Debido a la pérdida de rentabilidad de la instalación existente, como consecuencia de los factores citados anteriormente, la Compañía encarga al Ingeniero de Caminos Canales y Puertos D. Emilio Ortuño el estudio del aprovechamiento hidroeléctrico del río Adaja en las proximidades de la capital. El objetivo es formar un salto bruto de 8 m. que, turbinando un caudal de 5 m³/s, permitiera obtener una potencia de 400 CV.

Descartada la utilización del tramo más cercano debido a la existencia de unos molinos con sus correspondientes azudes, cuyo adquisición y recrecimiento hubiera resultado difícil y costoso realizar, se centra la atención en una cerrada situada 5 km aguas abajo de Avila y a 300 m del derruido molino de Verdeja. La inclinación pronunciada de las laderas y la naturaleza granítica de la roca, presentan la configuración ideal para el emplazamiento de una presa de las características perseguidas.

El salto hidroeléctrico de La Verdeja (figura 1) inició la producción de energía el 20 de Junio de 1901. La titularidad de la concesión fue cambiando de propietario, a la par de las sucesivas fusiones de las compañías eléctricas, hasta que en 1969 -siendo titular Unión Eléctrica Madrileña S.A.- su escasa rentabilidad provocó el cese definitivo de la producción y el abandono de la presa.

En 1983 se inicia el expediente de expropiación -originado por la construcción del Embalse de Mingorría, posteriormente Castro de las Cogotas (figura 2)- pasando la titularidad a nombre de la Confederación Hidrográfica del Duero.

A principios de 1989, viendo próximo el cierre y primer llenado de la presa de Las Cogotas, el Servicio de Vigilancia de Presas y la Confederación Hidrográfica del Duero proceden al inventario, desmontaje, transporte y acopio de los elementos básicos de la obra, que permitan su futura reconstrucción en una ubicación diferente.



Figura 2

2. LA PRESA DE LA VERDEJA COMO REPRESENTATIVA DE LAS CONSTRUIDAS EN ESPAÑA A PRINCIPIOS DE SIGLO

Dejando a un lado las realizaciones innovadoras y más avanzadas, se puede identificar - para cada fase de la evolución de la Ingeniería de Presas- una serie de construcciones representativas del estado de conocimiento *general* de la propia Ingeniería, que es de normal aplicación a las presas que podrían denominarse *habituales* en de cada período.

La presa de la Verdeja es, pese a sus reducidas dimensiones, representativa del conocimiento *habitual* -en su sentido más amplio- de los presistas españoles de principios del s.XX. Esta representatividad se la otorga el hecho de ser diseñada y construida por un Ingeniero consciente de los recientes fracasos obtenidos en Europa -con la aplicación estricta de los principios de la Mecánica Racional- y conocedor de las últimas teorías, fundamentalmente de Le Rond y de M. Levy. Por otro lado, el ser un proyecto impulsado por una compañía del sector privado -en expansión y con amplios recursos- que necesita reducir al máximo el tiempo de ejecución, asegura el empleo de los materiales, medios y técnicas, si no los más punteros, al menos considerados como avanzados en ese momento.

2.1. El terreno de apoyo

Como era habitual a principios del siglo, el estudio geológico previo a la construcción de una presa se reducía a un estudio geológico general del emplazamiento y la zona más próxima al mismo. En las presas de mayor tamaño o riesgo se realizaban puntualmente algunas catas, con el objetivo de determinar la profundidad y naturaleza del banco de cimentación. De esta forma, en el caso que nos ocupa, la única referencia a la cimentación que se realiza en la memoria del proyecto es la existencia de un afloramiento del filón granítico formando unas escarpadas laderas, que se suponen “*muy buenas para cimentar debido a su gran solidez y economía*”[3?].



Figura 3

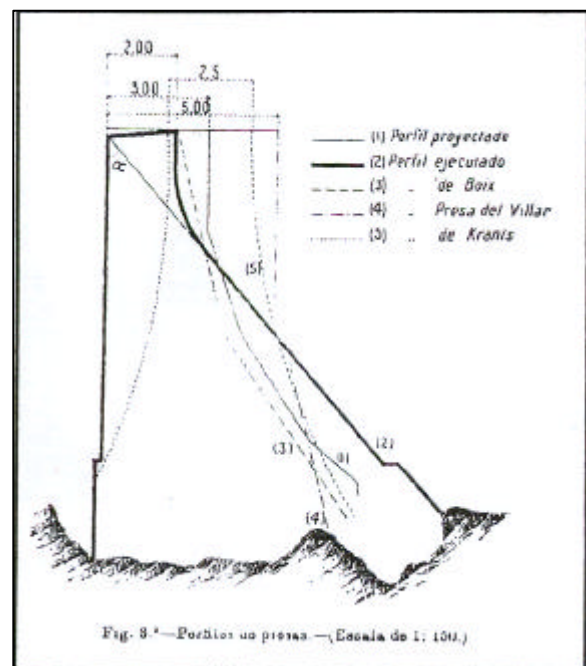


Figura 4

2.2 La presa

La presa se diseñó con un perfil de gravedad y -tal como era habitual en esa época y anteriores- se dio en planta una forma ligeramente curva, con el objetivo de garantizar mejor su estabilidad. Esta manera de proceder era frecuente entre los ingenieros y, aunque hoy puede parecer evidente con el objetivo de lograr mayor seguridad, en aquel momento se revela como imprescindible para hacer frente a unos esfuerzos de subpresión que empiezan a identificarse y, aunque no son ni perfectamente comprendidos ni directamente cuantificables en ese momento, se intuye que intervienen de forma decisiva en la estabilidad del conjunto.

Este sentimiento refleja la inseguridad y la desorientación que, entre los ingenieros de la época, había provocado la rotura de varias presas modernas -fundamentalmente la de Bouzey 1895 y del Habra en 1881- y los signos preocupantes que mostraban otras muchas. La rotura de estas presas, construidas siguiendo los criterios estrictos de la mecánica racional y las teorías elaboradas por Sazilly y Delocre, fue debida al fenómeno de subpresión cuyos efectos no fueron identificados y cuantificados hasta 1895, por Le Rond, siendo Levy quien dio cuerpo matemático a la nueva doctrina.

La presa de la Verdeja se dimensionó siguiendo los criterios expuestos por E. Boix en su libro “Estabilidad de las construcciones de mampostería”. Constructor de la presa del Villar -primera realización en España siguiendo los criterios de la mecánica racional- Boix se muestra a lo largo de su trayectoria más conservador que los ingenieros franceses, criterio que se ve avalado por las últimas teorías aportadas por Levy a finales de siglo.

El perfil definido en el proyecto original (figura 4) consiste en una presa de 11 m de altura máxima sobre cimientos.

El espesor en coronación es de 3 m, siendo el paramento aguas abajo vertical los 3 primeros metros que se continúan con una poligonal de tres lados -cuyo objetivo es facilitar la construcción y mejorar la estabilidad- disminuyendo la pendiente progresivamente hasta alcanzar en la base un ancho de 7,35 m. De las curvas de presión obtenidas a embalse lleno y vacío -tomando un peso específico para la mampostería de $2,2 \text{ T/m}^3$ - se obtienen unos resultados “*muy satisfactorios*” a criterio del proyectista [3], pues las mismas se encuentran contenidas dentro del núcleo central. La compresión máxima generada en la fábrica resultaba inferior a $2,82 \text{ kg/cm}^2$, muy por debajo de los límites más conservadores considerados en ese momento.

La preocupación por la estabilidad, unida probablemente al condicionante hidráulico -como se verá posteriormente- hizo necesario modificar el perfil de la presa durante la construcción, para adecuarse a las recientes teorías expuestas por Le Rond y M. Levy.

Se adoptó un perfil triangular con paramento suso vertical y una inclinación aguas abajo, que cumplía la relación:

$$\text{tga} \approx \sqrt{\frac{1}{k} - 1} \approx 0,86 \quad ; \quad \frac{H}{V} \approx \frac{0,86}{1}$$

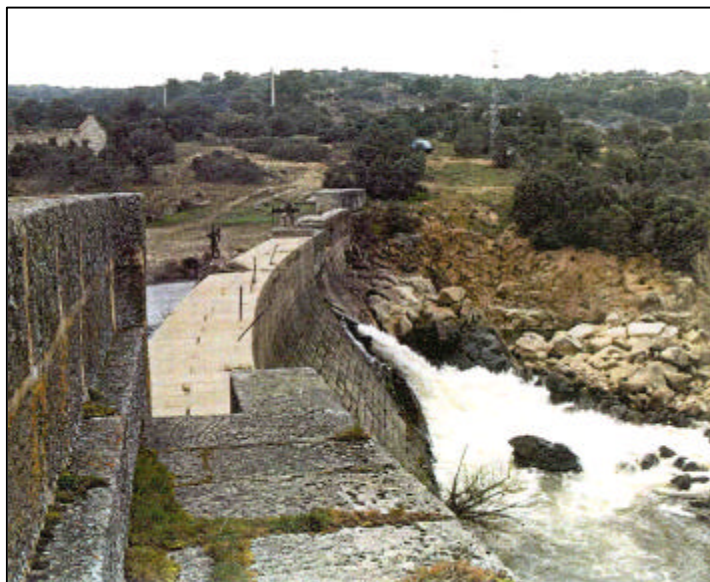


Figura 5

para asegurar una presión en el paramento aguas arriba igual -en cada punto- a la hidrostática para embalse lleno, y así eliminar el riesgo de aparición y propagación de fisuras. El prisma de coronación se redujo a una anchura y altura de 2 m, con una transición curva hacia la alineación recta del paramento yuso [2]

En planta (figura 5), la presa se compone de tres alineaciones con un desarrollo total de 90,7 m. La parte central consiste en un arco de 33 m. de desarrollo y cuyo radio -que inicialmente era de 200 m- se redujo a 150 m para aumentar la estabilidad del conjunto. La alineaciones laterales son rectas, de 43,5 m. en la margen izquierda -en la que se sitúa el aliviadero- y 14,2 m. de longitud en la margen derecha, en la que se encuentra el canal de toma de la central. El ancho de coronación varía desde 2 m en el centro de la presa hasta alcanzar un espesor de 2,8 m. en los arranques.

Para aumentar la solidez de la obra, y evitar cualquier posibilidad de deslizamiento por el plano de cimentación, se dispusieron unos ranjales o retalles en los bancos excavados en la roca, que no se habían considerado inicialmente en el proyecto.

2.3. El diseño hidráulico

El diseño de los órganos de alivio de las presas presenta, a principios de siglo, dos problemas fundamentales. Por un lado, el ingeniero dispone de unos conocimientos hidrológicos simples, cuando no erróneos, y una escasez casi total de datos -entre ellos de aforo- que permitan interpretar correctamente las diferentes variables del ciclo hidrológico, lo que lleva en algunos casos a un dimensionado claramente insuficiente de los órganos de alivio. El segundo inconveniente proviene de la no existencia de estudios teóricos y prácticos, relativos al efecto del vertido por coronación en presas de tamaño medio-grande, lo que hace imposible abordar algunas realizaciones.

Dentro de este contexto, el proyectista de esta presa cuenta tan sólo con las estimaciones personales que puede realizar -a partir de los aforos realizados por él mismo y de referencias aportadas por gente del lugar- llegando a las siguientes conclusiones:

- * De los foros directos, practicados en Febrero y Marzo de 1899, se deduce un Q_{medio} de $15 \text{ m}^3/\text{s}$.
- * Caudal máximo estimado a partir de referencias anteriores ajenas, Q_{max} de $60 \text{ m}^3/\text{s}$.
- * Caudal medio superior a $5 \text{ m}^3/\text{s}$ durante siete meses al año.
- * Caudal de estiaje muy reducido o prácticamente nulo durante tres meses al año.

Los órganos de desagüe proyectados consisten en una galería de fondo de $0,8 \times 1,0 \text{ m}$ y un aliviadero -situado en la ladera izquierda- de labio fijo de 5 m. de longitud y altura máxima de lámina 1 m. De esta forma el caudal máximo que se podría evacuar sería de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ repartidos de la siguiente forma:

- * Derivación central: $5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- * Galería de fondo: $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
- * Aliviadero: menos de $15 \text{ m}^3/\text{s}$.

La falta de capacidad de alivio se debía -pasando por alto que el caudal máximo estimado era muy inferior al real- a que en el proyecto se evaluó la capacidad del canal natural de la ladera izquierda en $60 \text{ m}^3/\text{s}$, sin reparar en que el labio del vertedero no podía desaguar ese caudal.

De esta forma, la consideración recogida en la memoria “...creemos que ni en las crecidas mayores ha de saltar el agua por encima de la coronación de la presa” [3], se vio rebatida de forma natural durante la construcción de la presa, al registrarse una avenida –

acaecida en Marzo de 1901 con un Q_{\max} de $170 \text{ m}^3/\text{s}$ - que provocó un vertido por coronación de 76 cm de altura de lámina, cuando el cuerpo de presa se elevaba una altura de 8 m. sobre cimientos. Posteriormente, en 1902, se presentó una avenida que provocó un vertido por coronación de 1,10 m de altura.

La demostración natural de que los caudales de avenida eran muy superiores a los que inicialmente se habían considerado -debido a las limitaciones del conocimiento reflejadas anteriormente- provocó un cambio profundo en el esquema de los órganos de alivio que se refleja en:

- * La aceptación de la incapacidad de dimensionar un aliviadero lateral con longitud de labio suficiente -dispuesto en dirección perpendicular al cuerpo de presa como era habitual en la época- debido posiblemente al gran aumento de volumen de fábrica y a la dilatación de los trabajos que supondría.
- * Modificación del aliviadero de superficie y creación de un desagüe intermedio, que permitieran de forma conjunta el desagüe de las avenidas de periodicidad inferior a la anual.
- * Convencimiento de que el alivio de las crecidas extremas, con periodicidad superior a la anual, debería necesariamente realizarse mediante vertido por coronación.

La capacidad total de los órganos de alivio construidos se puede estimar alrededor de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, que se desglosan en:

- * Aliviadero de superficie que consiste en un vano de 3,15 m de longitud y 1,15 m de altura de lámina con capacidad de $12 \text{ m}^3/\text{s}$, y un grupo de ocho vanos de 1 m de longitud y altura de lámina de 0,40 m con una capacidad de $6 \text{ m}^3/\text{s}$. El umbral del grupo de vanos de menor longitud se encuentra 0,6 m por encima de labio de mayor longitud.
- * Desagüe intermedio de 1,1x1,8 m con una capacidad aproximada de $17 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 6).
- * Galería de fondo: $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
- * Derivación central: $5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 6

Para caudales de avenida superiores al citado se produce el vertido por coronación, que no se consideraba en la redacción del proyecto. Por tanto, no puede interpretarse esta realización como un vertido intencionado de un caudal elevado por coronación -hecho que debería haber sido estudiado con más detenimiento por la existencia, en un tramo relativamente corto del río, de varios azudes arruinados por esta causa- sino como la única solución posible, e inevitable, una vez que ya habían progresado en gran medida las obras del cuerpo de presa.

A pesar de la altura elevada y el considerable caudal de la lámina vertiente, no se produjeron daños aparentes -hecho que seguramente tranquilizó al ingeniero- por las crecidas acaecidas durante la propia construcción y en los años posteriores. Gracias al afloramiento en superficie del macizo granítico no se produjeron socavaciones en el pie aguas abajo durante la explotación de la presa, y se logró la supervivencia de la obra hasta su desmontaje. Posiblemente, la estabilidad de la presa no se vio comprometida en ningún momento gracias a la modificación introducida en el perfil -que en caso contrario hubiera sufrido posiblemente tracciones elevadas en el paramento suso y daños en el paramento yuso, al ser éste más vertical y menos adaptado a un vertido- y a la disposición de retalles en el plano de cimentación.

Otra medida adoptada para adecuar la presa al vertido, consistió en dar una pendiente del 15% de la coronación hacia aguas arriba y realizar un aparejo especial de las grandes losas que la formaban. Su finalidad era aumentar la estabilidad de dichos sillares frente a los efectos hidrodinámicos que pudiera provocar la lámina. A partir del levantamiento realizado, previo al desmontaje, se comprueba que fue necesario acudir a la reposición de al menos una parte de los sillares, aspecto que se podría haber evitado si se hubiera realizado un grapado metálico de los mismos, técnica conocida desde varios siglos antes.

Para proteger el edificio de la central y una zona más sensible a la erosión en la parte superior de la ladera izquierda -a la vez que para encauzar y contener el vertido- fue necesario realizar un recrecido de protección de la coronación en ambas márgenes. Estos muros, construidos en sillería y de espesor igual al de coronación, se elevan aproximadamente 1,20 m sobre coronación. En la zona cercana a la central se dispone un murete adicional de protección de 1,5 m, que se prolonga hasta el cajero derecho del canal de derivación, para evitar la entrada de caudales superiores al admisible en la cámara de carga de la central.

Como elemento de comparación, que permite valorar la falta de conocimiento del condicionante hidrológico a principios de siglo, se acompañan los caudales máximos de avenida previstos en el estudio hidrológico correspondiente al proyecto de la presa del Castro de las Cogotas, que supone una cuenca vertiente con una extensión un 6% superior:

T	3	5	50	100	500
Q _{max} (m ³ /s)	121	193	617	723	978

Del estudio de los aforos -recogidos en la estación nº 46 del Adaja a su paso por Avila desde 1942- se observa un caudal máximo registrado de 230 m³/s.

2.4. Construcción

Para la construcción del cuerpo de presa se empleó mampostería hidráulica, mientras que los paramentos y los remates de coronación, aliviaderos y conductos de desagüe se realizaron con sillería de cuidadoso acabado. El material empleado para la obtención de sillares y mampuestos es el granito leucocrático, a veces rosado, extraído de los afloramientos del entorno del emplazamiento. El conglomerante empleado en la ejecución de la mampostería del cuerpo de presa es el denominado entonces *cal ó cemento de Zumaya*, cuyo uso fue muy habitual -para la fabricación de morteros en presas y otras obras hidráulicas- en todo el norte de España desde la segunda mitad del s. XIX. hasta las primeras décadas del presente.

La escasa producción y el coste elevado de este conglomerante -considerado como uno de los de mejor calidad- condujo a su uso con el objetivo de mejorar la calidad de las cales próximas al emplazamiento de las presas, y sólo en el caso de obras como la que nos ocupa -localizada en un macizo granítico y demasiado lejos de posibles canteras de caliza- se empleaba como único aglomerante. Este cemento natural, que toma el nombre de la zona guipuzcoana de fabricación, se obtiene por calcinación de margas muy puras que no precisan ninguna adición para dotarlo de hidráulidad.

Debido a lo extendido de su uso, algunos Ingenieros del Cuerpo fueron profundizando en su conocimiento y describiendo sus características:

“...color amarillo verdoso, textura compacta, 26,11 por 100 de arcilla, peso del m³ 1195 kilogramos, fraguado a los pocos momentos, endureciéndose a los 4 ó 5 minutos...Además el de Zumaya retarda mucho su fraguado después de algunos días de fabricado, aún cuando se toma la precaución de embarrilarlo.” [7].



Figura 7

El conocimiento de las variables que definen el comportamiento del cemento artificial, y las condiciones que se deben exigir en su fabricación y suministro, había avanzado en gran medida en las últimas décadas del s. XIX. Los experimentos de adecuación de la finura, dosificación de los morteros, evaluación y evolución de resistencias, determinación de la compacidad y su influencia en la durabilidad, vulnerabilidad frente al ataque en medios agresivos, etc. se encuentran muy desarrollados a nivel europeo y americano. En España se van realizando pequeños avances -debido a las iniciativas personales de algunos ingenieros y a pesar de la limitación de recursos- que permiten realizar en 1887 una propuesta de pliego de recepción de cementos. El resultado de estos estudios evidencia las ventajas que presentan los cementos artificiales, respecto de los naturales, debido en gran medida al alto grado de manipulación, mezcla, selección y control realizado en fábrica, que otorgan al producto una elevada homogeneidad, aspecto éste más relevante que la propia diferencia de resistencia, que era -en esa fase incipiente de los hormigones- relativamente pequeña.

Pero la escasa industrialización de España, así como la falta de competencia entre fabricantes, provocaron que -a diferencia de otros países europeos y fundamentalmente Estados Unidos- tuvieran que transcurrir un par de décadas hasta que se generalizase el uso de los cementos artificiales, en la fabricación de la mampostería hormigonada inicialmente y del hormigón ciclópeo, del cuerpo de presa, posteriormente. Éste es el caso de la presa de la Verdeja en la que, al igual que numerosas realizaciones de esta fase de transición, el uso del cemento pórtland para la fabricación de morteros se redujo al rejuntado de los sillares de los paramentos.

Las dimensiones de los sillares del paramento aguas abajo oscilan entre 0,4 y 0,5 m de altura, y entre 1 y 2 m de longitud y anchura, alcanzando alguna de las losas -del aliviadero

lateral o de la zona de toma de la central- los 4,6 m de longitud. Para mejorar la estabilidad de la coronación frente a los fenómenos hidráulicos, producidos por el paso de la lámina de agua durante los vertidos, se alteró el aparejo de los sillares -disponiéndolos en forma de cola de milano y dobles trapecios alternativamente- cuyas dimensiones alcanzaban los 2 m del ancho de coronación y una altura de 0,33 m.

Los sillares se colocaban en seco, para posteriormente rellenar las juntas con lechada de mortero fabricado con cemento Pórtland. Las juntas así logradas oscilaban entre 1 y 3 cm de grosor. Durante la construcción se persiguió con empeño la calidad de ejecución de las fábricas, pues ya se intuía el efecto negativo, que la falta de impermeabilidad y la aparición de fisuras representaba para la garantía de estabilidad del conjunto (figura 7). El resultado obtenido fue altamente satisfactorio y prueba de ello es el picado enérgico -de la mampostería- necesario durante los trabajos de demolición del núcleo de mampostería. El único deterioro apreciable en la fábrica, en el momento de su desmontaje, era la pérdida en el paramento de aguas abajo de la presa, de parte del mortero de rejuntado y de algunos sillares.

El plazo de ejecución de los trabajos -al igual que el proyecto cuya fecha de encargo fue el 1º de Marzo de 1899- fue muy reducido, dándose comienzo las obras el 15 de Agosto de 1900 de forma apresurada, para realizar la excavación del cimientó durante los meses de estiaje en los que el caudal del Adaja es muy reducido. De esta forma, y dividiendo longitudinalmente el cauce en dos partes, se consiguió ejecutar siempre en seco la colocación de los sillares de cimentación en las cajas escalonadas abiertas en el banco granítico.

El ritmo de construcción se vio retrasado por las fuertes crecidas acaecidas durante el invierno, que, superando con creces a las previstas en proyecto, vertieron por encima de la obra durante ocho días cuando ésta se elevaba 2 m de la cimentación. El 3 de Marzo de 1901, cuando el cuerpo de presa alcanzaba los 8 m, se produjo un nuevo vertido con una lámina de 76 cm. Las obras quedaron terminadas esa misma primavera, entrando la central en funcionamiento el 20 de Junio de 1901.

No se han localizado referencias a los medios auxiliares empleados en la construcción de la presa, pero seguramente fueron muy reducidos debido al escaso volumen de fábrica - cercano a 4500 m³- y a que todavía no se habían producido los grandes avances en los procedimientos de puesta en obra y en los medios auxiliares de fabricación, que comenzarían dos décadas después ocasionados por la construcción de grandes aprovechamientos hidroeléctricos y embalses de riego.

La coordinación de las labores de construcción, realizadas directamente por el Redactor del Proyecto al haberse rescindido el contrato a petición del contratista, fue digna de elogio pues se logró la puesta en marcha de la explotación en un plazo de 10 meses con un ahorro del 20%, sobre el presupuesto de adjudicación inicial, a pesar del gran incremento de fábrica ejecutada. La plena dedicación, la excelente preparación y el buen hacer del Ingeniero fue - como tantas veces ha ocurrido a lo largo de la evolución de la Ingeniería de Presas en España- fundamental en la construcción de la presa, no sólo bella e integrada en su entorno, sino funcional y estable a pesar de las limitaciones de medios y de conocimientos en lo referente, fundamentalmente, al condicionante hidráulico y al comportamiento de los materiales.

3. LA RECUPERACIÓN DE LA PRESA DE LA VERDEJA: UNA INTERVENCIÓN EN NUESTRO PATRIMONIO

A lo largo de la evolución de la Ingeniería de Presas en España, se han sucedido numerosos casos en los que nuevas realizaciones han supuesto la desaparición de presas ya existentes, bien por la coincidencia de emplazamiento, o bien por quedar la obra más antigua bajo las aguas del nuevo embalse.

Existen ejemplos -muy cercanos en el tiempo- que han afectado a elementos bastante representativos de nuestro patrimonio hidráulico y, que en función de las características propias de cada caso, de los medios disponibles y los apoyos ofrecidos por los diferentes organismos implicados, han puesto de relieve diferentes criterios de intervención.

La presa de Castellar, elemento representativo del grupo de presas extremeñas de “contrafuertes”, quedó sumergida bajo las aguas del embalse creado por la presa que se construyó de forma contigua aguas abajo. Ante una situación similar a la anterior, y sin profundizar en los factores que lo han posibilitado, el emplazamiento de la moderna presa de Puentes se ha situado justo aguas arriba de la anterior presa Nueva de Puentes -cuya construcción data de finales del siglo XIX- permitiendo así salvar una presa cuyo valor histórico es indudable.

La construcción del embalse del Castro de las Cogotas suponía la desaparición de la presa de La Verdeja que, estando situada dentro del vaso a una distancia de 3,5 km aguas arriba de la nueva presa, quedaría bajo las aguas cuando se procediese al primer llenado del embalse. La elegancia de la presa, el buen estado de conservación y su evidente valor histórico, pesaron en el ánimo de los ingenieros del Servicio de Vigilancia de Presas y de la Confederación Hidrográfica del Duero, que procedieron a su desmontaje con la intención de que en un futuro se pueda reconstruir en una nueva ubicación.

Los factores que hicieron posible esta intervención, además de la concienciación de los ingenieros que participaron en la misma, fueron las reducidas dimensiones de la presa -que hicieron abordable el proyecto-, la ubicación de una población importante como Avila en las proximidades y la coexistencia en ese tramo del Adaja de numerosos molinos, cuya maquinaria hidráulica ya había sido desmontada, y que podría suponer un valor histórico añadido al que la futura reconstrucción de la presa pudiera representar para la población del entorno.

A continuación se describen los trabajos realizados hasta la fecha con el objetivo de preservar una obra tan significativa, así como los criterios básicos a seguir en la reconstrucción de la misma.

3.1. Labores previas al desmontaje

En primer lugar, se procedió a realizar un levantamiento topográfico del cuerpo de presa, así como de todos sus elementos, para mantener la obra referenciada respecto del entorno de la cerrada. Para ello se tomaron referencias desde cinco bases hacia la coronación, ambos paramentos y demás elementos singulares, que permitieron definir los diferentes perfiles transversales.



Figura 8

Con el fin de identificar individualmente cada uno de los sillares se realizó una numeración y marcado de los mismos con pintura. Para poder realizar el acopio, y posteriormente el montaje, era necesario referenciar la posición relativa de cada uno de los sillares, por lo que se dispuso sobre el cuerpo de presa una cuadrícula (figura 8), que se materializó mediante el tendido de dos series de hilos -una vertical y otra transversal- de forma que verticalmente dividiere la presa en 57 perfiles transversales, y horizontalmente las divisiones coincidieran con la cota sobre el n.m.a. en incrementos de metro.

Para almacenar la información generada con el procedimiento que se ha descrito, se realizó un reportaje fotográfico exhaustivo que recogió todas las cuadrículas marcadas, permitiendo de esta forma visualizar la numeración de cada uno de los sillares comprendido en las mismas. Este material, junto con los datos del levantamiento topográfico, permitió elaborar los planos finales de desmontaje de la presa con la precisión suficiente para garantizar la posibilidad de reconstrucción de la misma.

3.2. Desmontaje

Los trabajos de desmontaje, por las especiales características de los mismos, fueron realizados por la propia Administración a través del parque de maquinaria del entonces Ministerio de Obras Públicas y Transportes.



Figura 9

Las tareas comenzaron con la retirada de las grandes losas de coronación y del aliviadero de superficie. A continuación se procedió al desmontaje de los sillares de ambos paramentos, siguiendo hiladas horizontales (figura 9). El picado de la mampostería próxima a los sillares se realizó mediante martillos neumáticos manuales para evitar la rotura de los mismos. El resto de la mampostería hidráulica se demolió mediante retroexcavadora con martillo rompedor. El número final de sillares desmontados para su traslado ascendió a 4.380, mientras que la mampostería demolida y retirada totalizó un volumen de 3.240 m³.

Simultáneamente al desmontaje del cuerpo de presa, se fueron retirando los elementos mecánicos recuperables de los órganos de desagüe y mecanismos de la central.

El volumen de las excavaciones necesarias para eliminar los aterramientos del vaso – que llegaban hasta una altura de 6 m por encima del cauce- y formación de accesos para maquinaria se elevaron hasta los 36.800 m³. Para la formación de las plataformas de trabajo y accesos fue necesario ejecutar 3.240 m³ de terraplenes.

Aprovechando el desmontaje de la presa y, en su afán de profundizar en el conocimiento de aquellos aspectos que condicionan y determinan el envejecimiento de los materiales, el inolvidable maestro D. Guillermo Gómez Laá animó al Laboratorio de Materiales de la ETSICCP de Santander, a realizar un análisis del estado de las piedras y morteros de las diferentes zonas de la presa. A continuación se resumen las principales conclusiones de aquellos ensayos:

- * *Los sillares de ambos paramentos se encontraban en buen estado, incluyendo aquellos correspondientes a la parte aterrada del paramento aguas arriba.*
- * *Los grandes mampuestos del cuerpo de presa presentaban una meteorización inferior al 1%.*
- * *Los ripios de la mampostería interior –con tamaño inferior a 10 cm- se encontraban meteorizados en un 20%, afectando dicha alteración a los feldespatos y especialmente a la ortosa.*
- * *La porosidad al mercurio de la roca matriz de los sillares, lejos de las superficies alteradas, es del 1%, dato que contrasta con la porosidad centimétrica, con tendencia a concentrarse debajo de las piedras mayores.*
- * *En el mortero hidráulico de cal, se hallaron contenidos de portlandita, etringita y una masa amorfa de calcio, silíceo y óxidos de hierro.*
- * *La porosidad de dicho mortero se hallaba comprendida entre el 22 y 28%.*
- * *A pesar de las importantes filtraciones que había sufrido la presa, no se apreció la presencia de limos en el interior de la fábrica, lo que debe traducirse en un excelente comportamiento de la sillería que conformaba el paramento suso.*

3.3 Acopio de los sillares

El acopio de los sillares desmontados se realizó en una explanada de la margen derecha del embalse del Casto de las Cogotas, situada en las cercanías del estribo y de las oficinas de la presa (figura 10).

Para facilitar en el futuro la localización de los sillares, se dispusieron los mismos abatiendo los paramentos sobre el plano de coronación, de forma que se mantuviera la posición relativa entre sillares, y que la identificación de las diferentes zonas de los paramentos y coronación fuera rápida e intuitiva.

La disposición descrita se reflejó en un plano del emplazamiento (figura 11) que indica, mediante una leyenda, la ordenación de los sillares por grupos homogéneos.



Figura 10

En la actualidad, los sillares se encuentran perfectamente conservados. La mayor parte de la numeración original ha desaparecido pero, gracias a la rigurosidad de la documentación generada y del acopio realizado, este aspecto no supone ningún inconveniente para la reconstrucción. Entre los sillares se aprecia el crecimiento de vegetación baja que, sin tener

ninguna importancia, favorece la reflexión y anima al visitante a soñar con esos sillares cumpliendo de nuevo su cometido inicial (figura 12).

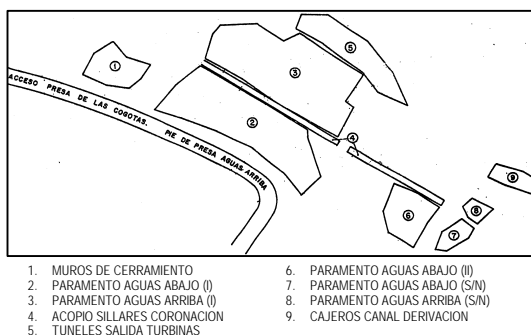


Figura 11



Figura 12

3.4. Emplazamiento definitivo. El montaje

Desde que finalizaron los trabajos de desmontaje, se han ido valorando diferentes emplazamientos para la reubicación de la presa que no se han podido materializar, por la imposibilidad de respetar los criterios considerados básicos para la reconstrucción.

Entre ellos se puede señalar, que el nuevo emplazamiento debe encontrarse cercano a su ubicación original -obligados por el condicionante histórico, social y de coste del traslado- y en la cuenca del Duero, preferiblemente en las proximidades de Avila. Por otro lado, para que la reconstrucción tenga sentido, es imprescindible mantener -dentro de lo posible- las dimensiones y el encaje de la presa, así como sus características funcionales.

Debe considerarse prioritario el empleo de los sillares originales en los paramentos -sustituyendo los excesivamente deteriorados por elementos de nueva labra y del material original- y la utilización de fábrica de hormigón en zonas nuevas de los paramentos y en el interior del cuerpo de presa. Así mismo, es necesario conservar la configuración de los elementos de alivio, si bien sustituyendo los mecanismos deteriorados. En el caso de representar insuficiente capacidad de desagüe, deberá procurarse el aumento de esta capacidad, mediante la disposición de un segundo aliviadero ó garantizando la integridad de la presa frente a un vertido por coronación.

Alguno de los destinos analizados -dejando a parte aquellos que suponían el empleo de parte de los sillares para la reparación de otras obras, que han sido totalmente descartados- comprenderían:

- * Utilización como azud de derivación para zona regable, desechado por no poder mantener apenas las características de la presa original.
- * Creación de un embalse de uso recreativo y de reserva de agua para instalaciones de ocio en las proximidades de Avila, donde existe una cerrada adecuada. En este caso sería necesaria la participación del interés privado.
- * Otros arroyos cercanos, tributarios del Adaja, en los que sería necesario definir algún uso concreto.

4. CONCLUSIONES

La presa de la Verdeja es una obra representativa de las construidas en España a principios de siglo. En su diseño se aplicaron los últimos conocimientos existentes relativos al comportamiento de presas, y se utilizaron los materiales y medios de puesta en obra más

habituales en ese momento. Tan sólo resultó un poco atípica en la concepción del aliviadero, pero el estudio de las razones que condujeron a su modificación ayuda, precisamente, a comprender la desorientación generalizada existente en ese momento.

Como ya ha sucedido en otras muchas ocasiones a lo largo de la historia, el incremento de las necesidades -o la aparición de otras nuevas- ha supuesto la inevitable pérdida de construcciones anteriores. Sólo la intervención decidida de la Confederación Hidrográfica del Duero, y el Servicio de Vigilancia de Presas, ha permitido salvaguardar y garantizar la futura reconstrucción de una obra de indudable valor histórico, que esperamos se pueda llevar a cabo en breve plazo.

5. BIBLIOGRAFIA.

- * [1? *Ingeniería de presas de fábrica*. Joaquín Díez-Cascón y Francisco Bueno. Universidad de Cantabria. En prensa.
- * [2? *Central Hidroeléctrica de Avila*. Manuel Maluquer. Revista de Obras Públicas. 1903.
- * [3? *Memoria para la construcción de una presa en Verdeja*. Emilio Ortuño. Ávila 1900
- * [4? *La Presa de la Verdeja y el Molino del Cubo*. Mario García, Raúl. Peña y Fernando Corralaza. Madrid. 1991.
- * [5? *Presupuesto de Desmontaje y acopio de sillares - Presa de la Verdeja (Avila)*. Confederación Hidrográfica del Duero. 1992.
- * [6? *Reportaje fotográfico y audiovisual del desmontaje de la Presa de la Verdeja*. Confederación Hidrográfica del Duero. 1992.
- * [7? *Notas sobre el cemento empleado en las obras...* J.V. y L.M. Revista de Obras Públicas. 1874.