

SOBRE DESAGÜES DE FONDO EN LOS GRANDES EMBALSES

Por ANGEL M. LLAMAS, Ingeniero de Caminos.

En el presente artículo se apunta la idea de sustituir el desagüe de fondo por un dispositivo más económico, en aquellos casos en que su utilización sólo ha de tener lugar en circunstancias muy especiales.

Aunque sea muy sabido, recordaremos, para entrar en materia, que con tres fines principales se construyen los desagües de fondo: primero, en los pantanos para riegos, con el fin de poder utilizar la total capacidad del vaso; segundo, para la evacuación de fangos y depósitos de arrastre, manteniendo la capacidad del embalse; tercero, para poder dejar el terreno en seco y realizar reconocimientos, impermeabilizaciones, obras y, en casos de guerra u otros extraordinarios, como averías en la presa, poder asimismo realizar un vaciado completo.

Las válvulas y compuertas de tipo metálico que se vienen empleando en los cierres de fondo están perfectamente justificadas en el primer caso; su funcionamiento es como el de una toma más de agua del embalse, que se usa cuando el nivel es inferior al de la más baja de las escalonadas con que se suele dotar a estos pantanos para riego, y siendo su misión análoga al de las otras tomas, han de abrirse, cerrarse y funcionar casi siempre al final de todas las temporadas de riego.

La práctica ha demostrado lo poco que se puede esperar de los desagües de fondo para la evacuación de arrastres y sedimentos, a los efectos de conservar la capacidad de los vasos, por lo que este propósito, por sí solo, no suele justificar una construcción tan costosa como es la de estos desagües.

En los embalses construidos con fines principalmente de regulación de caudales y acumulación y producción de energía hidroeléctrica, con tomas a la misma altura, relativamente grande, los arrastres y depósitos quedan por debajo, y las mermas en la capacidad del embalse no suele interesar en muchos años, sino que, por el contrario, hay interés, para no perder energía, en que el nivel del agua no esté nunca por bajo de una cierta altura, y la necesidad de los desagües de fondo se ha de considerar únicamente en cuanto puedan requerirlos aquellas obras, averías o exigencias imprevisibles, pero posibles, que hemos visto aconseja su construcción.

Para este solo propósito hay que reconocer que las disposiciones corrientemente empleadas con mecanismos y partes móviles metálicas, no resultan prácticas,

pues aun prescindiendo de su coste, que es elevado, exigen, para el buen funcionamiento, una conservación apropiada y continua atención, mientras que siendo su uso algo extraordinario, que puede no precisarse en largos años, da lugar a que, por creerlos inútiles, no se construyan, cometiendo una imprevisión que puede dar lugar a contratiempos y gastos mayores, y de ello hay ejemplo en nuestra propia Patria, o si se construyen, quedan con el tiempo olvidados, sin que sean suficientes prescripciones administrativas a conseguir se les preste la atención debida, pues las múltiples variaciones que el correr de los tiempos y la vida de las naciones lleva consigo, pronto las hace carecer de toda eficacia.

Por ello parece más indicado, para conseguir el fin que se persigue con estos desagües, adoptar disposiciones en las obras que, abandonadas a sí mismas y sin exigir cuidados delicados de conservación, si de un modo extraordinario se presenta la necesidad de evacuar rápidamente las aguas embalsadas, pueda hacerse con sencillez, así como restablecer el servicio del embalse una vez pasadas las circunstancias que aconsejaren la medida.

He aquí, pues, un problema que se presenta a todo Ingeniero encargado de proyectar obras de esta clase, para cuya solución ha de poner a prueba su genio y sacar el máximo partido de las circunstancias más o menos favorables que la Naturaleza ofrezca para encontrar una solución adecuada, sin soslayar la cuestión.

Si en la ejecución de los trabajos se ha de desviar el río, perforando túneles, y la naturaleza del terreno en que éstos se desarrollan es adecuada, quizá sea solución razonable y económica construir estas galerías y los tapones para cerrarlas cuando ya no sean precisas, de modo que estos tapones se puedan suprimir rápidamente con explosivos, sin deterioro grande de las galerías que podrían construirse con resistencia suficiente para las presiones a que hayan de estar sometidas y evacuación de los caudales necesarios para realizar la misión de los desagües de fondo. Proyectando, además, con cuidado las ataguías a utilizar en el taponamiento, con elementos

desmontables, sin mecanismos, de fácil colocación en obra y conservación en los almacenes de la explotación cuando no se utilicen, se podrá reconstruir con sencillez los tapones cuantas veces sea necesario.

No es posible, sin ensayos y experiencia de que

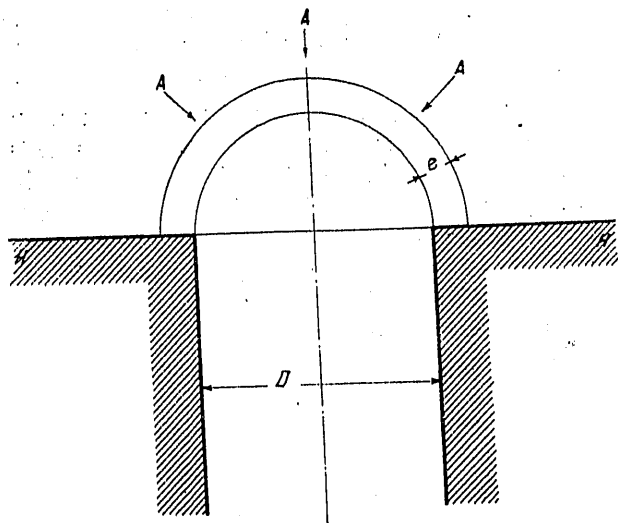


Figura 1.ª

hoy día carecemos, dar indicaciones más precisas, pero con objeto de estimular la investigación que permita esclarecer las posibilidades a que con esta orientación se pueda llegar, nos permitimos apuntar a continuación algunas ideas que pudieran servir para iniciar el estudio de una disposición de esta clase.

Teorizando, supongamos (fig. 1.ª) que hemos de cerrar una galería vertical cilíndrica, de sección circular de diámetro D , que termina en el plano horizontal H , por encima del cual existe una presión medida en altura de agua de A metros, y queremos cerrar esta galería vertical con una cúpula esférica de hormigón. Rápidamente se ve que esta cúpula está sometida a compresión simple en una dirección normal a los radios de la esfera y que en cualquiera de sus secciones máximas la presión total que ha de aguantar es: $\pi \frac{D^2}{4} 1000 A$.

En la sección del plano H , los e centímetros de espesor del anillo de apoyo de la cúpula quedan fijados por la necesidad de no sobrepasar la carga R por centímetro cuadrado a la compresión del material con que se efectúa el cierre, y así tenemos:

$$e \cdot \pi D \cdot R = \pi \frac{D^2}{4} 1000 A;$$

$$e \cdot R = 250 A D.$$

La Instrucción vigente admite en los hormigones cargas de rotura entre 75 Kg./cm.^2 y 325 Kg./cm.^2 .

Para formarnos una idea de los resultados aproximados a que puede conducirnos la fórmula anterior, aceptemos para R un valor menor de 50 kilogramos/cm.²; la fórmula se convierte en

$$e = 5 A D.$$

Concretemos más y admitamos que la galería tiene un diámetro $D = 6 \text{ m.}$ y que la altura de agua del embalse fuera $A = 50 \text{ m.}$; resultaría: $e = 1500 \text{ cm.}$, o sean 15 metros.

Puede admitirse (fig. 2.ª) que un macizo de esta longitud sería suficiente para taponar una galería de seis metros de diámetro, con materiales de 50 kilogramos/cm.² de resistencia a la compresión, si las

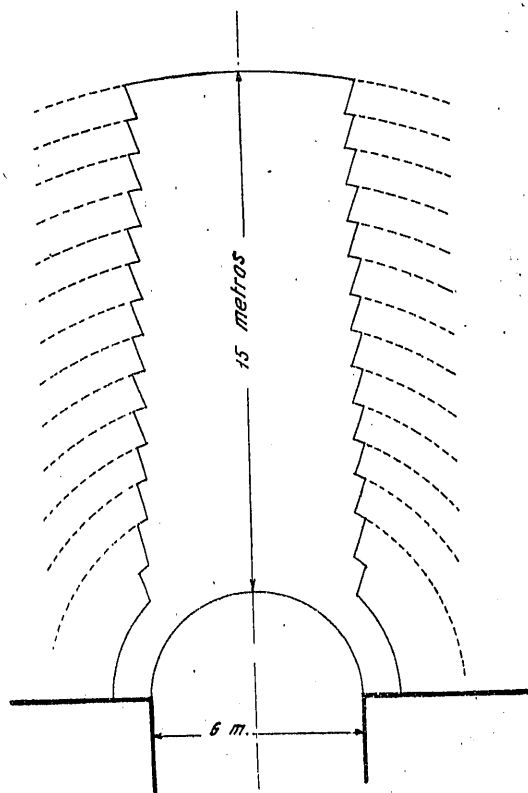


Figura 2.ª

rocas laterales en que está perforada la galería tienen también esa resistencia.

Y como si la perforación a cerrar, en vez de tener 6 metros de diámetro tuviera la quinta parte, $\frac{D}{5} = \frac{6}{5} = 1,20 \text{ m.}$, sería suficiente una longitud de

tapón $\frac{15}{5} = 3$ m., y así sucesivamente; a menor diámetro de galería, menor longitud de tapón.

Podríamos, pues, pensar para cerrar la galería de 6 m., con 50 m. de carga de agua, en una estructuración análoga a la de la figura 3.^a; es decir, de

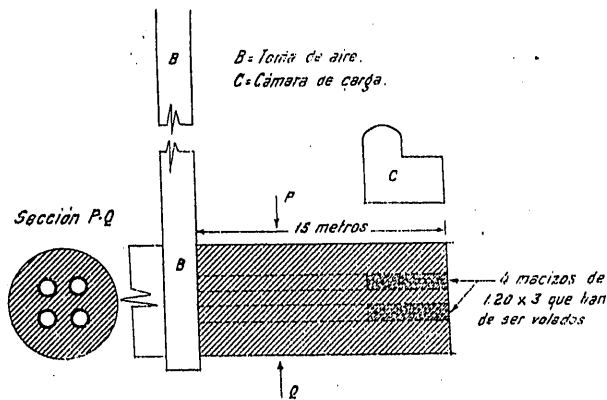


Figura 3.^a

15 m. de longitud, con cuatro perforaciones simétricas circulares de 1,20 m., cerradas aguas arriba únicamente en sus tres últimos metros.

Que podría convertirse en desagüe de fondo con

una sección de evacuación de $\left(4 \frac{\pi \cdot (1,2)^2}{4} = 4,5 \text{ m.}^2\right)$ cuatro y medio metros cuadrados, simplemente con quebrantar la resistencia de un volumen aproximado de trece y medio metros cúbicos de hormigón, lo que muy bien puede hacerse rápidamente, dejando perforados los taladros necesarios para colocar las cargas desde una galería superior, C (véase la figura).

En un régimen de evacuación en galería cerrada, con cargas de agua de 50 m., pudieron ser de temer arranques de revestimientos o bloques de piedra de la galería por aspiración, pero podrían prevenirse disponiendo en sitios apropiados las correspondientes tomas de aire, fáciles de calcular de un modo aproximado.

En resumen: podría pensarse en la sustitución de los desagües de fondo por estos tapones aligerados que, como suplemento de obra, podrían requerir unos pozos de toma directa de aire de la atmósfera y otro de acceso a la cámara de carga, que, convenientemente dispuesta, podría utilizarse también en la reconstrucción del tapón.

La experiencia que vamos teniendo de las disposiciones que se han venido usando y el anhelo natural de mejorarlas, nos ha conducido a estas ideas que ofrecemos a los que las consideren dignas de ensayo y, mejorándolas, quieran contribuir al perfeccionamiento de nuestras obras hidráulicas.