

EL AGUA CONSIDERADA COMO ELEMENTO MATERIAL ESTABILIZADOR EN LA CONSTRUCCION DE MUROS DE CONTENCION

Por JUAN J. GOMEZ-CORDOBES HERNANDEZ,

Ingeniero de Caminos.

Propone el autor un tipo de presa de pequeña altura, con destino a riegos, formada por cajones de hormigón armado, y en la que el agua actúa como elemento estabilizador, con la consiguiente y notable reducción de su coste, comparado con el de una presa maciza.

I. Consideraciones preliminares.

Consideremos (fig. 1.^a) un cajón con dimensiones exteriores a , b , c , y el mismo espesor e uniforme en las paredes y en el fondo.

Designando por $V = abc$ el volumen total del cajón, suma del volumen V_1 de la parte hueca del mismo y del volumen V_2 del material de que está construido,

$$\begin{aligned} V_1 &= (a - 2e)(b - 2e)(c - e) = \\ &= V - [(ab + 2(a+b)c)e - 2(a+b+2c)e^2 + 4e^3] \\ V_2 &= (ab + 2(a+b)c)e - 2(a+b+2c)e^2 + 4e^3. \end{aligned}$$

Supongamos que la densidad del material del cajón es δ , y que una vez llenado con un líquido o árido de densidad γ , lo sometemos a una presión uniforme por una de sus caras, de dimensiones a , c , indicada en la figura por las flechas.

El momento volcador producido en el cajón por la presión de p Kg./m.², es:

$$M_v = acp \cdot c/2 = 1/2 \cdot ac^2p.$$

El momento estabilizador producido por los pesos de los volúmenes V_1 y V_2 del líquido o árido y del material del cajón es:

$$M_e = (\gamma V_1 + \delta V_2) \cdot b/2.$$

$$\text{La relación de ambos momentos } \mu = \frac{(\gamma V_1 + \delta V_2) \cdot b}{ac^2p}$$

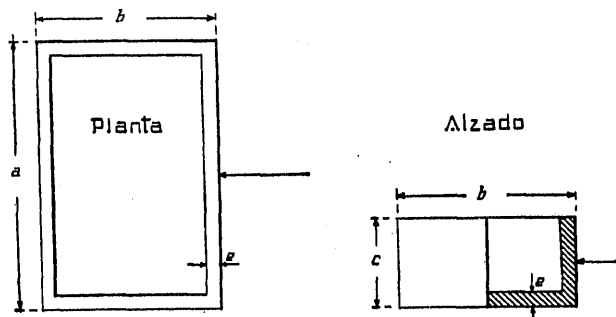


Figura 1.^a

nos da una indicación de la estabilidad estática del cajón lleno con el líquido o árido.

Haciendo aplicación a un caso concreto, cajón de hormigón armado, $\delta = 2500$ Kg./m.³, lleno con agua dulce, $\gamma = 1000$ Kg./m.³, sometido a la presión de $p = 2000$ Kg./m.² por una de las caras de dimensiones a , c , fijemos las dimensiones del paralelepípedo correspondiente tal como ha sido definido:

$$a = 6 \text{ m.} \quad b = 4 \text{ m.} \quad c = 2 \text{ m.} \quad e = 0,20 \text{ m.}$$

y sustituyendo en las expresiones anteriores, se tiene, sucesivamente:

$$\begin{aligned} V &= 6 \cdot 4 \cdot 2 = 48 \text{ m.}^3 \quad V_1 = 36,288 \text{ m.}^3 \quad V_2 = 11,712 \text{ m.}^3 \\ M_v &= 1/2 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 2000 = 24000 \text{ m.-Kg.} \\ M_e &= (36288 + 11,712 \cdot 2500) \cdot 4/2 = 65568 \cdot 2 = \\ &= 131136 \text{ m.-Kg.} \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{M_e}{M_v} = \frac{131136}{24000} = 5,5.$$

Interesando conservar para el cajón las dimensiones $a = 6$ m. y $c = 2$ m., reduciendo o aumentando la otra dimensión, b , podemos reducir o aumentar el cociente μ hasta obtener el valor que pueda ser exigido en el proyecto de construcción de una obra por el procedimiento que acabamos de iniciar, consistente en utilizar el agua como elemento material estabilizador. Se comprende que si el cajón se construye con la técnica correspondiente, resultará irrompible, y si el contenido no falta en cualquier momento que pueda actuar la presión a que se le someta, existirá garantía absoluta en la estabilidad del mismo.

Veamos la forma de aplicación de este principio al proyecto de una pequeña presa de embalse de doce metros de altura con tomas de agua en su parte alta, media y baja para servir a tres turnos de regantes. Con el embalse que se crea, los regantes de los dos turnos inferiores podrán reforzar el caudal del río en las horas de riego, acumulando en el embalse creado el caudal no consumido en las horas de descanso. Como se indica en la figura 2.^a, que representa una sección transversal de la obra, podemos formar, sir-

viéndonos de tabiques, una serie de compartimientos numerados, 1, 2, 3, 4, 5, en los que el nivel del agua tenga una variación constante de dos metros, y por causa de la pendiente natural del terreno en el emplazamiento de la obra, resulta un sexto compartimiento, que figura con el número 6. Cuando la garganta en que se sitúa la obra sea muy cerrada o de poca luz, los tabiques se encajan directamente en la roca reforzada convenientemente, en ambas márgenes que sirven de estribos, y cuando la cerrada tenga una mayor longitud, una solución consiste en crear los contrafuertes, como se representa en planta en la figura 3.^a, formando los tabiques con los contrafuertes series o baterías de cajones o silos, cuyas estructuras reticulares están estudiadas, por lo que nos remitimos a los estudios existentes. Cuando la longitud de la cerrada sea de alguna consideración, al considerar los efectos térmicos y análogos, se hará indispensable establecer juntas de dilatación o disposiciones equivalentes. A estas baterías de silos daremos una estabilidad tranquilizadora, como se la dimos al cajón de la figura 1.^a.

Examinando las figuras 2.^a y 3.^a, se descubre que en la fábrica de este tipo de presa el elemento predominante es el agua, por lo que la subpresión, tan temida en otros tipos, ha sido prácticamente eliminada y se puede utilizar como presa-vertedero, sin que ésta utilización sea de tipo forzoso. En el caso de que se utilice como presa-vertedero, tanto para el caudal de aguas claras como para el caudal de avenidas, los elementos finos del caudal sólido arrastrado se irán depositando lentamente en los compartimientos, y de no quitarlos periódicamente, acabarán por llenarlos, lo que puede convenir en algunos casos en los que no exista interés en mantenerlos totalmente llenos con agua y, naturalmente, en estos casos, llenos los silos con arcillas y arenas finas, aumentará notablemente la estabilidad de la presa. Se puede utilizar como vertedero para el caudal normal del río y evacuar las avenidas por un aliviadero, como se descubrirá más adelante. Se presentarán casos en los que convendrá que los compartimientos estén ocupa-

dos por el agua hasta cierta profundidad: 1.º, cuando existan canales o acequias de riego, que tomarán el agua del compartimiento correspondiente al origen de los mismos; 2.º, cuando existan peces en el río e interese el establecimiento de una piscifactoría, y 3.º, cuando se den simultáneamente los dos casos anteriores.

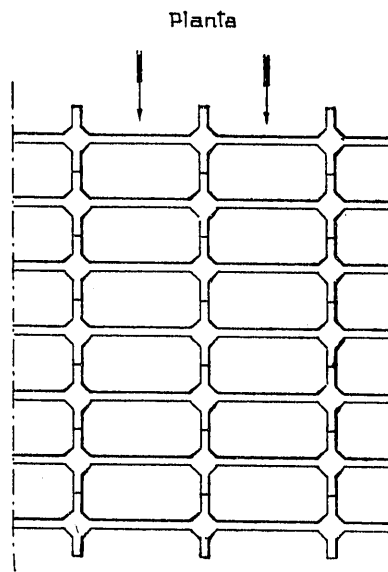


Figura 3.^a

Por último, para terminar estas consideraciones generales, se puede, como en las presas de gravedad, establecer en la parte superior de la presa el paso de una vía de comunicación, carretera o ferrocarril, como se representa en las figuras 5.^a, 6.^a, 7.^a y 8.^a.

Un triple interés se descubre para este tipo de obra: agrícola, piscícola y de comunicaciones, que pueden quedar servidos simultáneamente con gran economía, pues del cubo total de la obra resultará, aproximadamente, como para el cajón de la figura 1.^a, del que tomamos los volúmenes:

$$V = V_1 + V_2; \quad 48 = 36,288 + 11,712;$$

el 75 por 100 de agua que llenaría sin gasto alguno los compartimientos y el 25 por 100 de hormigón armado más el hormigón ciclópeo de la fundación, que aproximadamente será poco mayor que para otro tipo de presa.

II. Consideraciones mecánicas.

En la figura 4.^a representamos, por una línea recta gruesa, uno cualquiera de los tabiques (ver figura 2.^a), que forman los compartimientos ocupados por el agua estabilizadora. Continuamos los razonamientos con la misma altura de presa, doce metros, a la que se refieren las figuras 2.^a y 3.^a, con sus seis órdenes de compartimientos de las mismas dimensiones horizontales,

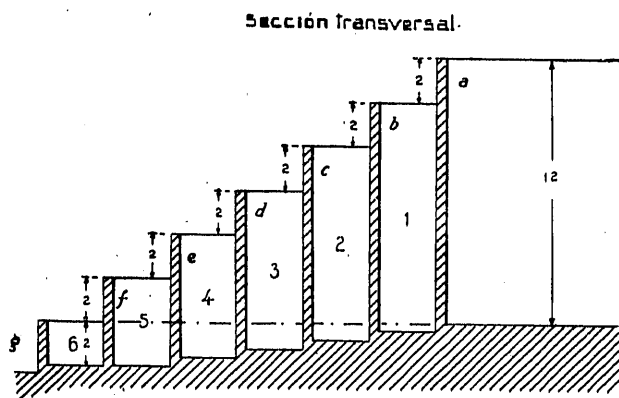


Figura 2.^a

El tabique sufre presión hidráulica por sus dos paramentos: dos líneas rectas inclinadas el ángulo $\pi/4$, representan las leyes de variación correspondientes que se componen a partir de la profundidad de dos metros, dando una resultante de $2\,000\text{ Kg./m.}^2$, constante hasta el fondo o pie del tabique que lo somete a trabajo de flexión, y una compresión hidráulica, variable con la profundidad, con ley lineal con el máximo en el pie del tabique. Aunque en los dos primeros metros superiores la presión es inferior a los $2\,000\text{ kilogramos/m.}^2$, variando linealmente, para tener en cuenta otros efectos, que, de producirse, será precisamente en la parte alta de los tabiques correspondientes a dicha variación lineal, consideramos dicha presión máxima resultante de $2\,000\text{ Kg./m.}^2$, actuando en todo el tabique, y la representamos por un rayado horizontal entre el tabique y una paralela al mismo a dos metros de distancia. Una carga de agua tan pequeña se tiene en muchos de los pequeños depósitos de cualquier forma que con frecuencia se nos presentan a la vista, muchos de ellos elevados en torres o castilletes de bastante altura y que indistintamente contemplamos con la misma tranquilidad.

Disponemos de abundantísima experiencia de obras hidráulicas construidas, que nos permiten recibir la obra que presentamos con toda tranquilidad, máxime si tenemos en cuenta que el suelo de fundación en los lugares en que ha de ubicarse está generalmente formado por rocas de elevada resistencia.

Todos los tabiques, cualquiera que sea su altura, se hallan igualmente situados hidráulicamente considerados, y podemos dejar establecido que la presión hidráulica en trabajo de flexión no puede pasar, en ningún punto del alzado o cuerpo de la presa, de la carga de $2\,000\text{ Kg./m.}^2$, correspondientes a una altura de agua de dos metros. En los contrafuertes, la resultante de las presiones hidráulicas en sus dos paramentos es nula, por lo que en éstos no existe tra-

bajo de flexión producida por la acción directa del agua; únicamente tienen la flexión producida por la carga transmitida por los tabiques que en ellos se apoyan y la correspondiente compresión hidráulica. La compresión hidráulica, tanto en los tabiques como en los contrafuertes y en el suelo de fundación, es muy pequeña para una altura de agua de doce metros.

En diversos momentos del funcionamiento de esta obra, puesta en servicio, la carga hidráulica máxima de $2\,000\text{ Kg./m.}^2$ puede actuar por uno u otro de los paramentos de los tabiques, por lo que conviene proyectar éstos con armadura horizontal simétrica. Los contrafuertes se pueden considerar como ménsulas empotradas en el suelo de fundación, trabajando a flexión al resistir a las cargas hidráulicas a ellos transmitidas por los tabiques, siendo la armadura resistente correspondiente vertical y, por consiguiente, perpendicular a la armadura resistente de los tabiques, por lo que la armadura de repartición de los tabiques, empotrada en el suelo de fundación, contribuirá como armadura resistente de las ménsulas. En el trabajo de conjunto, se pueden considerar las ménsulas integradas por los tabiques y por los contrafuertes, formando vigas complejas que tienen los tabiques por forjados transmisores de las cargas y los contrafuertes como almas de las mismas, estando una parte de los forjados en la zona de compresiones de las ménsulas y los demás en la de tracciones. El peso propio de los tabiques, cuando se adopte para ellos la posición vertical, como en el caso de las figuras 2.^a y 6.^a, por estar apoyados en el suelo de fundación, produce solamente trabajo de compresión, que adquiere su valor máximo en el pie de los mismos. El peso de los contrafuertes, apoyados como los tabiques en el caso de las dos citadas figuras, en el suelo de fundación, produce solamente trabajo de compresión, con valores máximos en los puntos en que es máxima la altura.

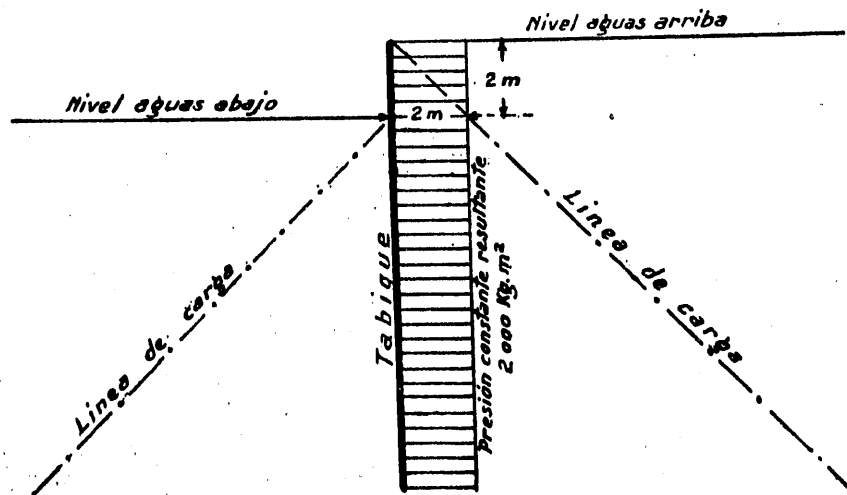


Figura 4.^a

Siguiendo las recomendaciones de los tratados de hormigón armado, tratándose de una obra hidráulica, adoptaremos para el acero de la armadura una carga moderada, $A = 800 \text{ Kg./cm.}^2$, para la que determi-

Por tratarse de una obra destinada a contener agua, parece ser que no es de temer la retracción producida por la desecación del fraguado.

En lo expuesto, hemos adoptado la sección rec-

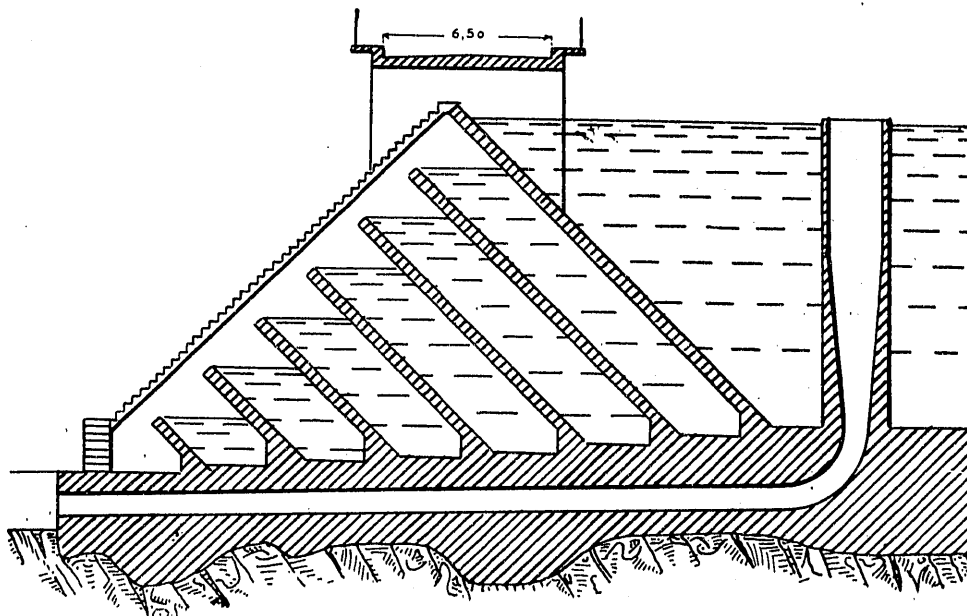


Figura 5.ª

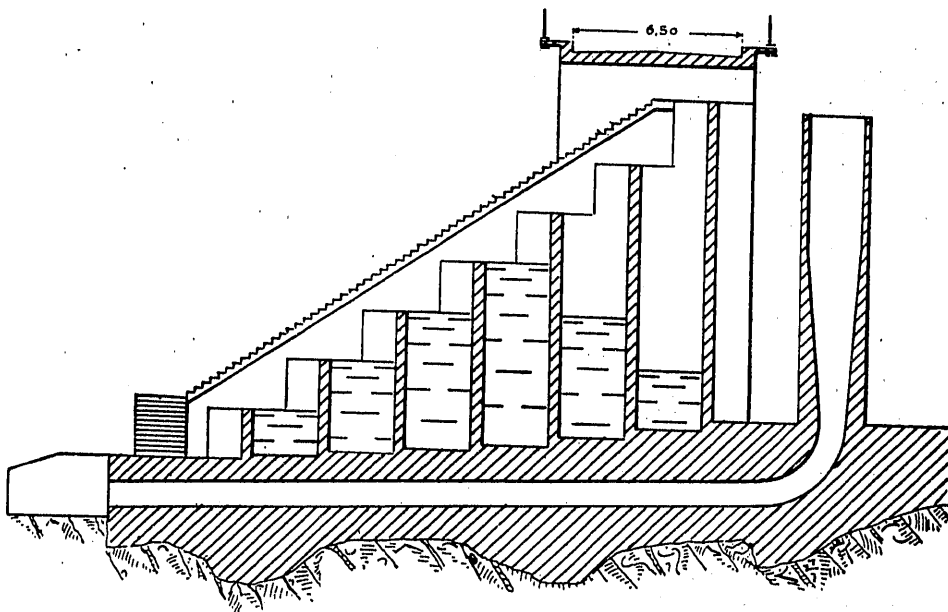


Figura 6.ª

naremos los elementos de cálculo necesarios, y nos resultará, naturalmente, para el trabajo de flexión simple, una compresión máxima moderada, bastante mayor que las otras compresiones mencionadas, en el caso de una presa de la pequeña altura considerada.

tangular para los silos, formados por losas planas. Se puede adoptar la sección circular, etc., etc. En cada caso particular se escogerá la disposición más conveniente a la vista de las circunstancias locales en cada obra de este tipo que se proyecte.

III. Consideraciones constructivas.

Los tabiques, considerados verticales en la figura 2.^a, pueden tener la posición inclinada el ángulo $\pi/4$, representada en la figura 5.^a, u otra inclinación intermedia entre las dos consideradas. Con esta disposición aumenta la longitud de los tabiques en la $\sqrt{2}$, y el peso propio de los mismos se fracciona en dos componentes iguales, de las que una de ellas se suma con la carga hidráulica para aumentar el trabajo de flexión y la otra produce trabajo de compresión, como cuando son verticales. La presa representada en esta figura 5.^a con el embalse lleno, supone que la totalidad o parte de los caudales sobrantes serán evacuados por un aliviadero de superficie, representado aguas arriba de la misma por una chimenea con desagüe a través del suelo de fundación. En el caso de que sea factible pasar una carretera por encima de la presa, se construirá un puente sobre los contrafuertes, el que contribuirá con su peso a la estabilización de la misma.

Una escalera de servicio se ha representado en el paramento de aguas abajo de uno de los contrafuertes, necesaria para el acceso a los compartimientos y para la inspección, reparación y maniobra, en caso necesario, de los aparatos de paso del agua de unos compartimientos a otros.

La presa representada en la figura 6.^a, con el embalse vacío, supone, como en la anterior, que los caudales sobrantes serán evacuados total o parcialmente por un aliviadero de superficie. Cuando los usuarios del embalse precisen reducir la altura del agua en el mismo, deberá el nivel del agua bajar simultáneamente en los compartimientos números 1 y 2, al objeto de que en los tabiques correspondientes la presión hidráulica no pase en ningún momento de los 2 000 kilogramos por metro cuadrado, lo que es sencillo conseguir, siendo la variación de nivel en el embalse la que automáticamente abra y obture las válvulas de paso del agua. Designando los siete tabiques por las siete primeras letras minúsculas del alfabeto nuestro, correlativamente, comenzando por el más alto, para vaciar el embalse, una solución consiste en poner una compuerta de fondo que servirá también para la limpieza del vaso cuando exista interés en conservar la cubicación del mismo, e incluso aumentarlo; compuerta de flotador que situamos en una chimenea análoga a la del aliviadero, cuya pared tiene espesor constante y se apoya inferiormente sobre cuatro o más pilares, entre los que quedan otros tantos vanos por los que penetra el agua en el interior de la chimenea y por los que, cuando se abre la compuerta, escapa el agua por un desagüe análogo al del aliviadero, a través del suelo de fundación. En

las figuras 7.^a y 8.^a se descubren, respectivamente, a escala pequeña, la situación de las chimeneas del desagüe de superficie y de la compuerta de fondo y las bocas de salida de los desagües de los mismos. La figura 7.^a representa una planta o proyección horizontal de un fragmento de la presa, y la figura 8.^a representa un alzado o proyección horizontal del mismo fragmento aumentado en dos grupos de com-

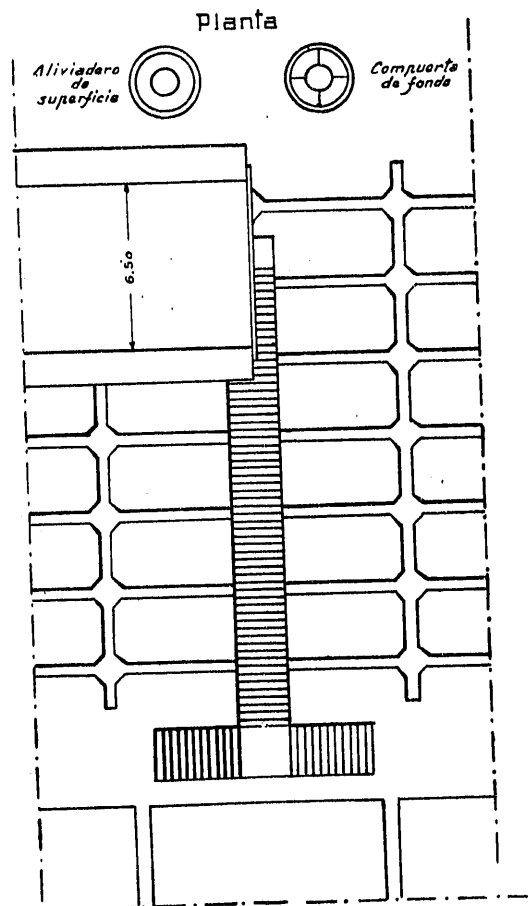


Figura 7.^a

partimientos. En las figuras 9.^a y 10 se representa, a mayor escala y esquemáticamente, la compuerta de fondo abierta.

Sobre la figura 6.^a vemos que, a embalse vacío, pueden quedar llenos los compartimientos números 3, 4, 5 y 6, y los números 2 y 1 con la misma altura de agua que los números 4 y 5, respectivamente, con relación al fondo del embalse que tomamos como plano de comparación en la proximidad del tabique más alto, *a*, del compartimiento núm. 1 (ver fig. 2.^a), o sea que los compartimientos 2 y 1 quedarán con cuatro y dos metros de altura de agua, respectiva-

mente. En el tabique más alto del compartimiento número 1, designado por la letra *a*, y en el tabique *b*, común a los compartimientos números 1 y 2, a las alturas indicadas de dos y cuatro metros, respectivamente, se colocarán válvulas de paso del agua, con cuya disposición, cuando se cierre la compuerta de fondo, en el momento en que tome el agua en el embalse la altura de dos metros, penetrará por el tabique *a* al compartimiento número 1, y cuando tome el agua simultáneamente la altura de cuatro metros en el embalse y en el compartimiento número 1, penetrará el agua por la válvula del tabique *b* en el compartimiento número 2, en el que irá subiendo el nivel hasta su máximo de ocho metros, en cuyo momento se cierra la válvula correspondiente a dicho tabique *b* para que continúe subiendo el agua hasta que alcance su nivel máximo de diez metros en el compartimiento número 1, en cuyo momento se cierra la válvula correspondiente del tabique *a* para que continúe ascendiendo el nivel en el embalse hasta su máximo de doce metros.

En la época de los riegos, los usuarios del turno más alto tienen forzosamente que iniciar el riego con el embalse lleno. Cuando terminen éstos, o simultáneamente, si no consumen todo el caudal disponible, abriendo la válvula del tabique *a*, pasará el caudal total disponible al compartimiento número 1, del que caerá escalonadamente, de compartimiento en compartimiento, hasta la toma o tomas intermedias de los regantes del segundo turno. Cuando terminen los regantes del segundo turno, o simultáneamente, si no consumen todo el caudal disponible, seguirá cayendo el agua escalonadamente hasta el río para alimentar las acequias inferiores de los regantes del tercer turno, o bien cerrando la válvula del tabique *a*, tomará el embalse su nivel máximo, para salir el agua por el ali-

viadero de superficie al río, y cuando sea preciso mayor caudal que el normal del río, se recurrirá a la apertura de la compuerta de fondo.

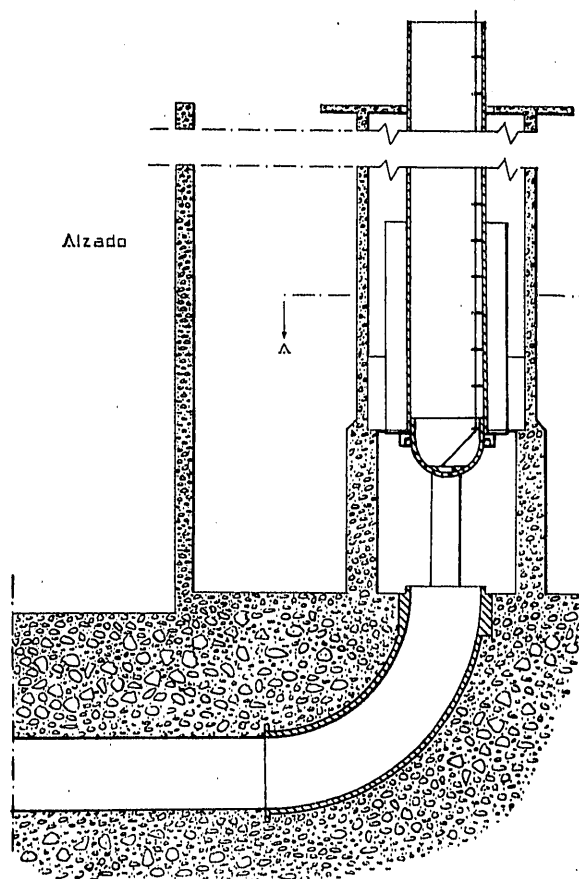


Figura 9.ª

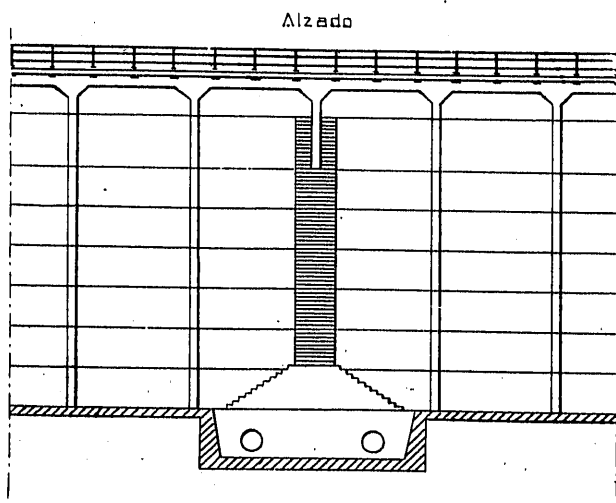


Figura 8.ª

Naturalmente, lo primero que se construirá en una obra de este tipo es la cimentación, en la que se encuentran los desagües del aliviadero de superficie y de la compuerta de fondo, cuando sean necesarios, pues se presentarán casos en los que convenga que funcione la presa como vertedero para todos los caudales, al no existir inconveniente que se llene el vaso con los acarreo de las avenidas del río. El primer desagüe que se construya servirá para dar paso a la corriente del río mientras se construye el segundo. Durante la construcción del aliviadero de hormigón armado se podrá dar salida al caudal del río por los dos desagües, y para favorecer la hidratación adecuada de las partículas del cemento, a fin de que resulte un hormigón duro y duradero, a medida que vaya subiendo la obra se echará agua en los compartimientos. Los relativamente pequeños espesores de los elementos de la estructura reticulada (tabiques y contrafuertes) favorecen la eliminación del calor de

hidratación del hormigón moldeado, a. diferencia de lo que ocurre con el hormigonado de las voluminosas presas de gravedad fabricadas con hormigón en masa, en las que, con las grandes velocidades de colocación del hormigón, el calor no puede escapar tan rápidamente como es engendrado en la primera edad del material y su temperatura se eleva rápidamente, lo que determina, al disiparse gradualmente el calor almacenado, una contracción que obliga a tomar precauciones contra la producción de grietas incontrolables mediante juntas de dilatación de todos conocidas.

Algo podríamos decir sobre las válvulas de comunicación situadas en los tabiques para establecer la comunicación entre los compartimientos; pero en honor a la brevedad y por estimar más oportuno el momento de tener que proyectar una presa de este tipo, nos limitamos a describir muy ligeramente la compuerta de fondo representada esquemáticamente en las ya citadas figuras 9.^a y 10.

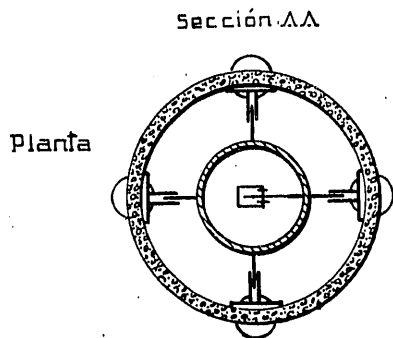


Figura 13.

La figura 9.^a representa una proyección vertical producida por un plano aproximadamente diametral, paralelo al plano vertical de proyección, y la figura 10, una sección proyección horizontal a la altura A-A. Una camisa de hormigón armado, soportada por pilares, contiene en su interior un flotador metálico, cilíndrico circular, concéntrico, dotado de un movimiento vertical, guiado como se indica esquemáticamente en las dos citadas figuras 9.^a y 10 y cerrado inferiormente. Por tratarse de un flotador, en el caso de no dotarlo de un mecanismo que lo fije en un momento determinado, cuando el embalse esté vacío quedará en posición de obturación del desagüe correspondiente; el agua subirá en el embalse para llenarlo, y suponiendo que interese llenarlo totalmente, antes de que ascienda el flotador, lo lastraremos con agua, mediante grifos de toma situados interiormente a distintas alturas o por otro procedimiento que se estime mejor. Cuando interese abrir la compuerta de fondo, maniobrando una pequeña válvula situada en el fondo del flotador, el agua lastrante escapará por el desagüe

y el flotador despegará suavemente para ser fijado a la altura conveniente relacionada con el caudal que pidan los regantes del tercer turno, cuando sea servido por esta compuerta, pues ya dijimos que podía ser servido por el aliviadero de superficie, cuando exista, o soltando el agua escalonadamente, de compartimiento en compartimiento, actuando como presa-aliviadero.

IV. Consideraciones finales.

Si consideramos vacío el cajón que nos sirvió al comienzo, en el apartado I, representado en la figura 1.^a, tendremos en el concreto caso considerado:

Momento volcador. $M_v = 24000 \text{ m.-Kg.}$

Momento estabilizador. $M_e = 11,712 \cdot 2500 \cdot 2 = 58560 \text{ m.-Kg.}$

$$\mu = \frac{M_e}{M_v} = \frac{58560}{24000} = 2,36.$$

El agua produce un aumento en el índice de estabilidad de:

$$5,50 - 2,36 = 3,14, \text{ que representa el 133 por 100.}$$

Recordemos que en el cubo total del cajón, el cubo del hormigón es, aproximadamente, el 25 %, y el de su contenido, el 75 % restante.

Indudablemente, de los resultados anteriores podemos considerar al agua como un material estabilizador contenido en cajones o silos, cuyo empleo puede tener aplicación en muros de contención del agua, o sea, en los ríos, etc., etc., esto es, en donde se encuentre el agua.

Y como los cajones o silos lo mismo pueden contener líquidos que áridos, se puede generalizar el sistema constructivo expuesto para el agua, a cualquier otro material inorgánico detrítico suelto que se encuentre abundante en el lugar de la obra (arena, etcétera), u orgánico (cereales, etc.).

En el caso de que interese, con carácter secundario, establecer en los compartimientos una piscifactoría, según la técnica correspondiente, se podrá hacer el relleno con materiales sólidos hasta cierta altura, dejando el resto para ser ocupado por el agua.

Al poner un obstáculo a la libre circulación de los peces por el río, examinaremos detenidamente si por los canales o acequias que toman el agua podrán circular libremente. En caso negativo, si el desagüe de fondo solamente se utiliza como tal desagüe, como los peces en sus emigraciones aprovechan los días de avenidas o de caudales abundantes, en presas del tipo de poca altura que presentamos se abrirá en tales días la compuerta de fondo, habiéndose acondicionado el desagüe creando un pequeño colchón de agua en su

boca de salida, con fácil acceso al mismo para los peces. Y en el caso de que sea indispensable establecer una escala salmonera con este tipo de presa, en el que el 75 % de su volumen es agua, se encontrarán indiscutibles ventajas sobre los tipos de presa construídos hasta el presente.

En las primeras consideraciones expuestas, apartado I, descubrimos para este tipo de presa un triple interés: agrícola, piscícola y de comunicaciones, poniendo en primer lugar el agrícola. Si tenemos en cuenta que la zona regable puede encontrarse a bastante altura sobre el nivel del mar, los regantes utilizarán el agua cuatro, cinco o seis meses al año. En los meses restantes se puede accionar una central hidroeléctrica de pie de presa, injertando tuberías de carga en uno u otro de los desagües, o simultáneamente en los dos.

De los tres turnos de riego que venimos considerando, el tercero puede ser el de mayor superficie regable, y, por consiguiente, el que requerirá mayor número de días, en los que se pueden armonizar los intereses agrícolas e industriales: si la energía producida se emplea por el día, los regantes se sujetarán a regar por el día, para almacenar en el vaso creado por la presa el caudal del río durante la noche, al objeto de regar con mayor caudal al siguiente, y si la energía se invierte en el alumbrado de pueblos inme-

diatos, los regantes tendrán que sujetarse a regar por la noche, para almacenar el agua del río durante el día. Para este tercer turno de riego, forzosamente hay que tomar el agua por la compuerta de fondo.

Cuando convenga proteger la presa con una cubierta, aparecerá al exterior como una presa de gravedad. Interiormente será totalmente visitable y en todos sus puntos conoceremos las cargas de trabajo de los materiales. Claro está que, aunque no se ponga la cubierta, seguirá siendo una presa de gravedad, pues su estabilidad se fía al peso del material hormigón armado y al peso del agua que llena los compartimientos.

Los Ingenieros Agrónomos, en sus proyectos de bodegas, llaman tinos a los depósitos de secciones rectangular y circular destinados a contener los caldos antes y después de la fermentación. Por analogía, a los depósitos que hemos llamado cajones o silos en el desarrollo de este trabajo, se les puede llamar de igual manera.

En nuestra presa hemos adoptado arbitrariamente el desnivel constante de dos metros entre dos tinos consecutivos. Este desnivel constante se puede determinar fijando el espesor de los tabiques. Con desnivel constante pequeño, es mayor el número de los tinos. Campo amplio tiene el proyectista en sus tanteos para fijar las dimensiones y forma de los tinos.