

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

La evolución de los grandes diques

PARA LAGOS ARTIFICIALES

El ingeniero-jefe de Puentes y Calzadas, M. Jacquinot, extracta y comenta en los *Annales des Ponts et Chaussées* una Memoria del inspector general de Ingeniería civil M. Luigi Luiggi sobre la evolución de los grandes diques para lagos artificiales. La

lo han demostrado tantos accidentes, y en particular, en 1910, los de los diques de Jucesbúrg y de Turkey Creek.

Los diafragmas de cemento armado, recientemente ensayados, no valen mucho más, a menos de recibir una armadura metálica y entonces son muy costosos.

Diques de doble diafragma.—La Casa Ambursen ha adoptado recientemente en América un nuevo diafragma central de cemento armado; en lugar de una sola pared, este diafragma tiene dos paredes convenientemente contrapuestas entre sí y separadas por

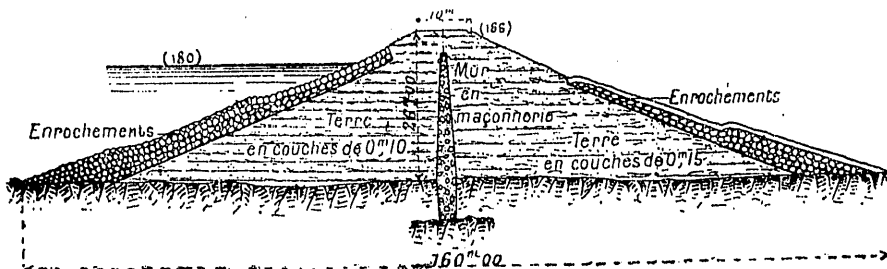


Fig. 1.ª

presente nota es un resumen del artículo publicado en la mencionada revista.

DIQUES DE TIERRA.—El autor cita los diques indios, los diques franceses modernos, cuyo macizo entero es una masa impermeable, los diques ingleses, cuyo diafragma central impermeable es una masa más arcillosa y más plástica, sostenida por macizos permeables, y finalmente los diques alemanes y americanos que,

un intervalo suficiente para que se pueda pasar por él y verificar el estado de la pared de agua arriba, pudiendo reparar en seguida cualquier desperfecto antes de que se produzca un perjuicio de importancia.

Este tipo, llamado Ambursen (fig. 2.ª), es el ideal para un dique de tierra.

Su precio es más elevado que el de los tipos adoptados hasta

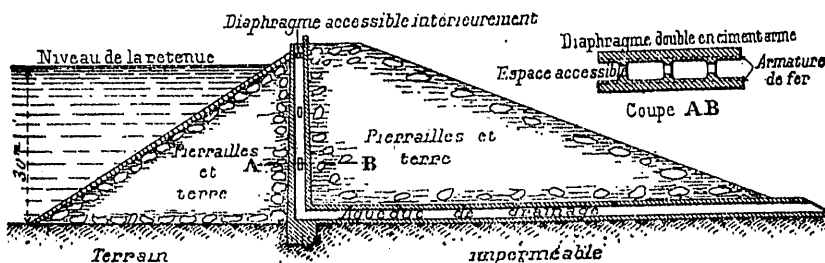


Fig. 2.ª

adoptando el diafragma central de los diques ingleses, han preferido construirlo de mampostería los primeros y de hormigón los segundos, como lo muestra el ejemplo reciente del importante dique de Ashokan (fig. 1.ª).

No parece que ha sido este un perfeccionamiento feliz, como

aquí; pero, en cambio, asegura el máximo de estabilidad, puesto que permite descubrir y reparar a tiempo toda quiebra del diafragma.

Diques construídos por el procedimiento llamado «Hydraulic sluicing».—Cuanto más elevado es un dique, menos pendientes

Se ejecutó en seguida el de Bear-Valley, en California, de una altura de 14,60 metros, con un espesor de 97 centímetros solamente en la coronación, y 2,57 metros en la base y que ha dado excelentes resultados hasta el presente, bajo una carga de agua de 13 metros, próximamente, que hacen que trabajen las

mamposterías, de excelente granito y mortero de cemento, a una presión que se aproxima a 60 kilogramos por centímetro cuadrado.

A continuación de estos dos ejemplos, verdaderamente atrevidos, los diques en bóveda se han extendido cada día más, allí

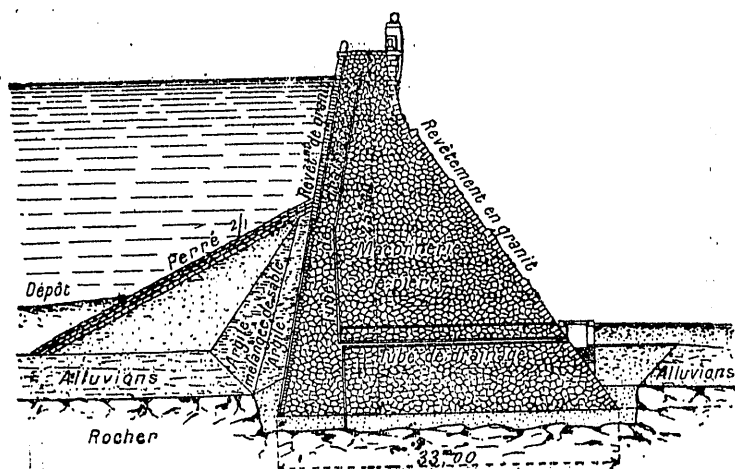


Fig. 5.ª

donde los valles estrechos permitían trazar obras con cuerdas que no excedían de 50 a 60 metros; este es el máximo a que podía llegar el arte del ingeniero hace algunos años. Recientemente, para los puentes de Morbegno, Placcen, Saccano y otros, se han adoptado tiradas de 70 a 84 metros y aun de 92; la abertura de los diques en bóveda ha seguido este aumento, y en Austra-

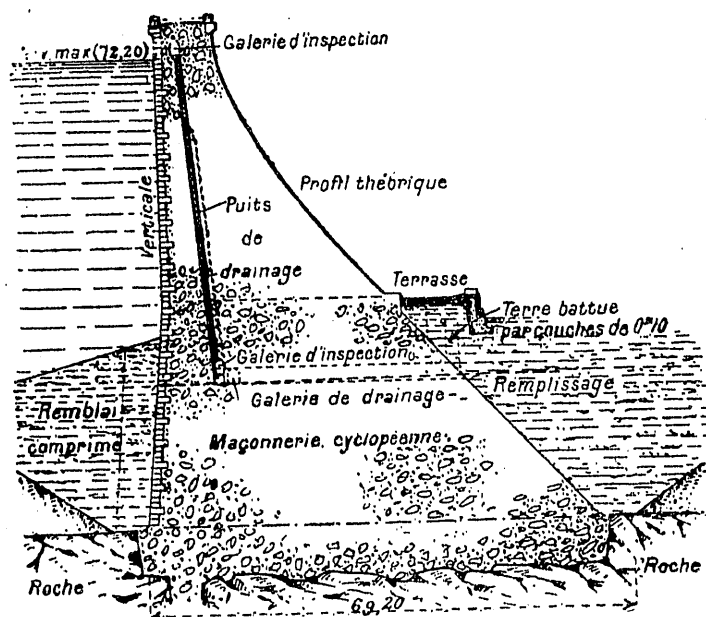


Fig. 6.ª

lia, el ingeniero Wade, ha llegado a 90 metros, próximamente, para el dique de Mudgee y hasta 112 para el de Barossa. Al mismo tiempo ha crecido la altura del embalse: el dique de Barossa (fig. 7.ª) tiene una altura de 29 metros, y progresos sucesivos han llevado hasta los grandes diques en bóveda de Pothfinder sobre el Wyoming, de 64,05 metros de altura sobre las fundaciones y Shoshone-Wyoming de 94,05 (fig. 8.ª).

Para diques más modestos, de una altura inferior a 30 metros, se ha desarrollado en Australia (principalmente en Nueva Gales del Sur) un tipo en bóveda con espesores muy reducidos; ha dado muy buenos resultados, gracias a lo perfecto de las fundaciones sobre la roca, a la forma en arco, a la composición de los hormigones ricos en cementos; éstos contienen 5 de cemento, 11 de arena, 23 de grava de un grosor de $\frac{1}{2}$ centímetro a $3\frac{1}{2}$,

centímetros para su mayor dimensión. Resisten a la presión de 150 kilogramos por centímetro cuadrado al cabo de veintiocho días. En los primeros de estos diques, construidos en 1896-97 se admitió que estos hormigones de cemento soportaban una carga que llegaba hasta 24 kilogramos por centímetro cuadrado; para los construidos en 1900 a 1905 se descendió a 15-20 kilogramos y para las obras posteriores a 1906, se fué más prudente todavía y se limitó la carga a 10-12 kilogramos por centímetro cuadrado.

Por otra parte, en el dique de Barossa, para resistir mejor a

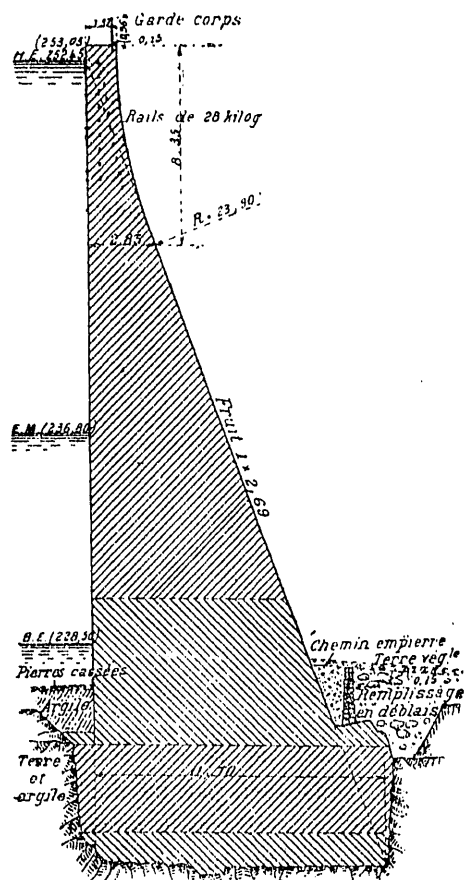


Fig. 7.ª

las contracciones térmicas de las mamposterías, se dispuso en la parte superior una armadura metálica constituida por un doble curso de viejos carriles.

En Italia existe un dique de este tipo que ha sido construido por el ingeniero Omodeo sobre el Corfino, afluente del Serchio;

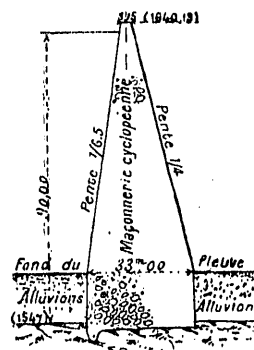


Fig. 8.ª

su altura es de 34 metros, con un espesor reducido de 1,50 metros en la coronación y de 7 en la base; su radio de curvatura es de 23,50 metros, con un ángulo en el centro de 140°, próximamente.

Otro dique en bóveda se comenzó en 1914 por el ingeniero Forti, sobre el Maña (Frioul); debe tener una altura de 70 me-

tros, próximamente, y una sección análoga a la de los diques americanos.

Diques de arcos múltiples.—Los diques en bóveda tienen forzadamente un límite de longitud; para sobrepasarle, los ingenieros han ideado subdividir el valle por grandes muros paralelos a su eje, espaciados de 15 a 30 metros, como si se tratase de grandes pilas de puente; una serie de bóvedas de generatrices verticales se apoyan sobre la arista de agua arriba de estos muros o espolones, constituyéndose así un dique de arcos múltiples.

Una obra de este tipo, la de Meer-Alun, cerca de Hyderabad, está construída desde 1801; su longitud es de 900 metros, próximamente; comprende 21 arcos de 44,75 metros de luz, apoyados sobre espolones de 7,40 metros de espesor y de 12,30 de longitud paralelamente al río.

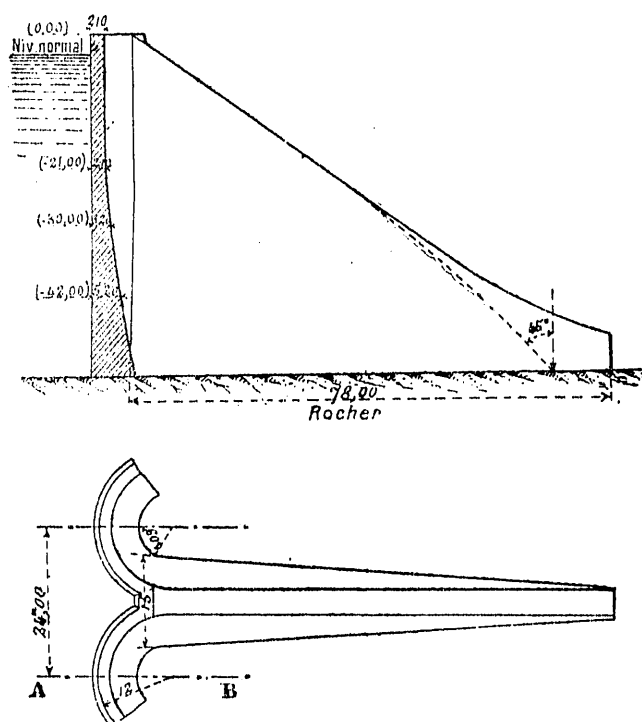
La altura de este dique no es considerable; no tiene más que 11,90 metros sobre las fundaciones; el agua en exceso se vierte por cima de la coronación; a pesar de esto, la obra se ha portado siempre bien y los gastos son muy moderados.

Este sistema se ha multiplicado después con mucha rapidez y se encuentran recientes ejemplos en las Indias, y, más recientemente todavía California, sobre el Bear Valley.

En Italia, sobre el Cismon, afluente del Brenta, el ingeniero Forti acaba de construir un dique de dos arcos de 10 metros de luz cada uno; su altura de embalse es de 30 metros.

El capitán Garret ha estudiado la mejor forma que debe darse a estas obras, tanto desde el punto de vista de la estabilidad como desde el de la economía de los materiales (fig. 9.^a).

Preconiza un tipo cuyos arcos tienen una ligera inclinación hacia agua abajo; ésta aumenta la presión sobre la base de los es-

Fig. 9.^a

polones del lado del agua para obtener en cada junta, cuando el dique está en carga, presiones un poco superiores a la del agua y para equilibrar así las sobrepresiones eventuales.

El ingeniero Ryves ha perfeccionado todavía esta clase de diques (fig. 10), dando a los arcos generatrices inclinados a 45°, teniendo los espolones la forma rectangular en el sentido longitudinal. De este modo, la resultante de las presiones del agua sobre dos semibóvedas próximas y del peso propio del espolón que las soporta, viene a caer en el centro de la base de este

espolón; resulta de aquí una presión unitaria uniforme y poco elevada.

Para un dique de 60 metros de altura sobre las fundaciones con arcos de 15 metros de luz, M. Ryves establece, por medio de cuidadosos cálculos, que la presión máxima sobre las fundaciones no excede de 1,10 kilogramos por centímetro cuadrado, lo que permite fundar la obra aun sobre la roca tierna.

Establece también que el volumen total, y, por consecuencia,

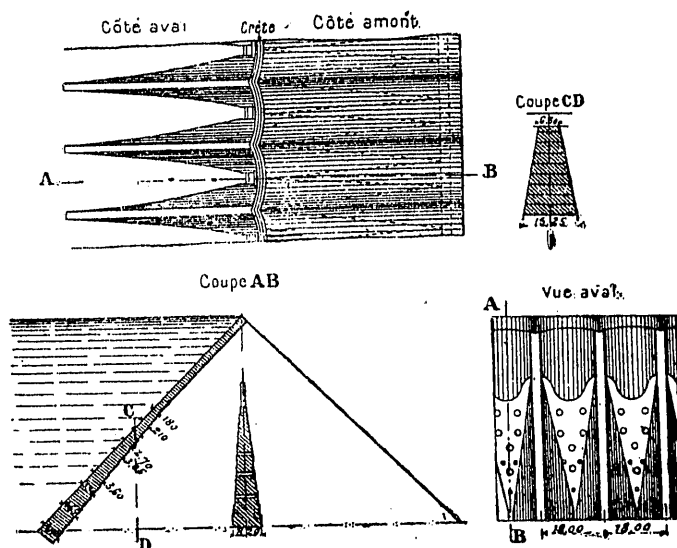


Fig. 10.

los gastos en esta clase de obras, no exceden de la mitad, a lo más, de los de un dique ordinario de la misma altura, y que la estabilidad está más asegurada que en éstos, porque los arcos resisten mejor y la presión es más débil en las mamposterías. Esta permanece inferior a 10 kilogramos por centímetro cuadrado en los espolones y a 15 kilogramos por centímetro cuadrado en las bóvedas.

Es ciertamente la solución que ofrece más seguridad y economía. El único inconveniente provendría de las heladas en las países fríos, que podrían disgregar los morteros y causar perjuicios a causa del poco espesor de las paredes.

El ingeniero Figati, de Génova, ha propuesto una disposición semejante, pero modificada de manera de sufrir menos la acción de los hielos.

Diques de cemento armado.—Existen numerosos ejemplos de diques análogos a los que acaban de describirse, pero construídos de cemento armado; este material permite todavía una simplifi-

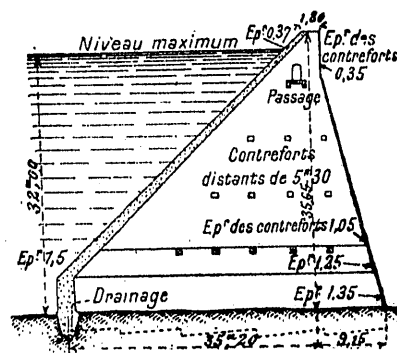


Fig. 11.

cación, a saber: la sustitución de las bóvedas entre los espolones por simples baldosas planas, cuya construcción es más fácil (fig. 11). Es este un tipo muy extendido en América para alturas de embalse inferiores a 20 metros y para los diques de fábricas hidroeléctricas; permite, en efecto, alojar la maquina-

ria en los intervalos de los espolones, de donde resulta una notable economía (fig. 12).

De este sistema de construcción existen también algunos ejemplos para obras importantes, entre los cuales merece una mención especial el dique de la Prele (Colorado), de 42,60 metros de altura, construido por la Casa Ambursen.

También parece muy interesante el tipo de cemento armado

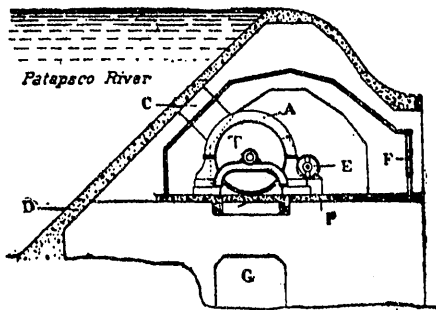


Fig. 12.

en arcos múltiples estudiado por el ingeniero español Sr. Zafra, para alturas de embalse de 60 metros.

Más recientemente, el ingeniero Ruthenberg, de Milán, ha propuesto constituir diques por una serie de tabiques transversales perpendiculares al valle que se ha de cerrar y de altura decreciente de agua arriba a agua abajo (fig. 13).

Los intervalos entre los tabiques se llenarían de agua a alturas variables, de manera que las presiones se equilibren a una y otra parte de cada tabique, salvo sobre la fracción emergente de la altura, es decir, sobre 10 metros a lo más.

Estos diques, que su autor llama «de carga fraccionada», son

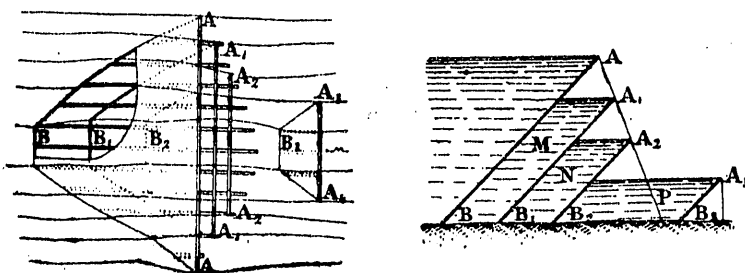


Fig. 13.

ciertamente ingeniosos y racionales; ofrecen tanta seguridad como los diques de arcos múltiples, y teóricamente deberían llegar al máximo de economía.

El autor estima, en efecto, que su volumen total sería más pequeño que el volumen sólo de mortero que entra en un dique ordinario; no sería así más que el tercio del volumen habitual de éste. Una obra de este tipo nuevo está en vías de ejecución en el lago Campo-Moro, en el valle de Malenco.

Se podrían hacer objeciones al uso del hormigón armado para este género de empleo, pero hoy día este material goza de mayor crédito que en otro tiempo, sobre todo si se adoptan dosificaciones de cemento suficientes (por lo menos 400 a 450 kilogramos por metro cúbico de mortero, a fin de obtener una buena impermeabilidad y una buena protección del metal).

Conclusiones.—El autor, después de haber expuesto lo que antecede, deduce de ello las conclusiones siguientes:

a) Los diques de tierra, particularmente los de diafragma central, con acueductos de drenaje del tipo Ambursen, reúnen la ventaja de la estabilidad y la de la economía para alturas que llegan hasta a 30 metros: son preferibles hasta este límite.

b) Para toda altura media, hasta 45 metros, los diques de

enrocamientos, con amplia superficie de apoyo en la base y con un revestimiento impermeable hacia agua arriba, constituyen, siempre que las circunstancias lo permitan, la mejor solución; además de ofrecer el máximo de estabilidad, aun en casos de terremotos, no están sujetos a las roturas súbitas que causan, con otros tipos, tan grandes desastres; son también menos costosos, sobre todo en los países en que falta la mano de obra para la mampostería.

c) Para alturas superiores a 45 metros y hasta 60 metros, próximamente, los diques de enrocamientos y los de mampostería, construidos con todo género de precauciones, producen gastos comparables, y la elección entre ellos depende de las condiciones especiales de cada región; se atenderá sobre todo a la gravedad y a la frecuencia de los movimientos sísmicos eventuales.

d) Especialmente para las alturas de 30 a 60 metros, las presas de mampostería trazadas en arco y apoyándose sobre los flancos del valle, o los diques de arcos múltiples apoyándose sobre contrafuertes inclinados de los tipos Figari, Ryves, Zafra o Garret, son los que ofrecen el máximo de seguridad con el menor gasto.

e) Para las alturas todavía mayores hasta 100 metros o más, en los casos excepcionales en que el gasto se considera como un elemento secundario, siendo el principal la seguridad absoluta de la obra, los diques de mampostería con perfiles «a gravedad», calculados de manera de resistir a las sobrepresiones y provistas de todos los perfeccionamientos (drenajes, galerías y pozos de inspección, juntas de contracción, terraplenes de protección en la base y eventualmente armaduras metálicas en la parte superior), trazados, en fin, según un plano en arco y con un radio de curvatura para el paramento de agua arriba decreciente desde la coronación hasta el pie, para que el ángulo en el centro permanezca constante, según el tipo del dique de Spaulding, son los que ofrecen las más grandes probabilidades de duración.

Naturalmente, los diques de mampostería ofrecen menos resistencia a los temblores de tierra que los de enrocamientos, pero puede obviarse este inconveniente en las regiones sujetas a movimientos sísmicos, armándolos fuertemente de una red de barras metálicas, como se ha hecho en la parte superior del dique de Barossa y en algunos otros.

f) En todos los casos, y sobre toda otra consideración, en el proyecto, como en la ejecución, se deben siempre tomar todas las precauciones posibles para impedir la rotura súbita del dique; es necesario aplicar los cuidados más minuciosos sin pararse en gastos; no se puede admitir que por razones de economía peligrase la existencia de las poblaciones situadas en el valle.

El río Negro y los riegos en su valle

(República Argentina.)

El ingeniero-jefe de Puentes y Calzadas, M. Imbeaux, publica en los *Annales des Ponts et Chaussées* un resumen de una obra del Sr. Soldano, profesor de Hidráulica agrícola en la Universidad de La Plata; tomamos de dicha revista los datos necesarios para redactar esta nota.

Así como el Nilo egipcio que, después de haberse construido por la unión del Nilo Blanco y el Nilo Azul, no hace más que correr a través de un desierto, lo mismo el río Negro, formado por la reunión en Cipoletti del río Neuquen y del río Limay, va a correr hacia el Este o Sureste por una región desierta durante