

TRES SOLUCIONES DISTINTAS PARA UN MISMO PROBLEMA

Por FRANCISCO AYUSO AYUSO,

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Director del Grupo de Puertos de Castellón.

Bajo este título se presentan y justifican los perfiles tipos adoptados en las obras de abrigo de los puertos de Pinaroz, Benicarló y Burriana, que han resistido perfectamente los temporales del otoño último, y que ponen de manifiesto la gran labor desarrollada en el Grupo de Puertos de Castellón.

Durante la construcción de las obras de abrigo de los puertos del Grupo de Castellón, que tengo el honor de dirigir, y en especial en los de Vinaroz, Benicarló y Burriana, se planteó el problema, bastante general en los puertos del Mediterráneo, de la insuficiencia de la sección tipo prevista para resistir los oleajes que pueden combatirles, y como quiera que las diversas circunstancias que había que tener presente en cada uno de los puertos no permitían ni aconsejaban el empleo de la misma solución para resolver el problema planteado, hemos tenido que emplear tres soluciones completamente distintas para resolver el mismo problema, que vamos a exponer.

Puerto de Vinaroz.

En la figura núm. 1 se representa el perfil tipo del dique de Levante, que es el directamente combatido por los temporales. Como puede observarse, el manto exterior de escolleras, con talud de 2×1 entre $-6,00$ m., y el fondo, de 3×1 entre $-6,00$ m. y $+3,20$ m. y de $\frac{1}{2} \times 1$ entre $+3,20$ y $+7,00$ m.,

cota esta última la de la coronación, estaba formado por el 65 por 100 de esculteras de primera clase, cantos de peso superior a 4 000 Kg., y el 35 por 100 de escultera de segunda clase, cantos de peso comprendido entre 1 000 y 4 000 Kg.

Estudiados los planos de oleaje, resultó que podía preverse que olas de 5,40 m. de altura llegasen a azotar el dique. La densidad de la piedra es de 2,685.

Con estos datos, y como para el talud de 3×1 , $(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 = 0,254$, la fórmula del Profesor Iribarren nos da:

$$P = \frac{15 \times A^3 \times d}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 \times (d-1)^3} = \frac{15 \times 5,40^3 \times 2,685}{0,254 \times 1,685^3} = 5\,350 \text{ Kg.};$$

lo que nos demuestra que la sección tipo no era estable, ya que debía estar constituido el manto protector por cantos de peso superior a 5 350 Kg., y en realidad, y por estar mezcladas las escolleras de primera

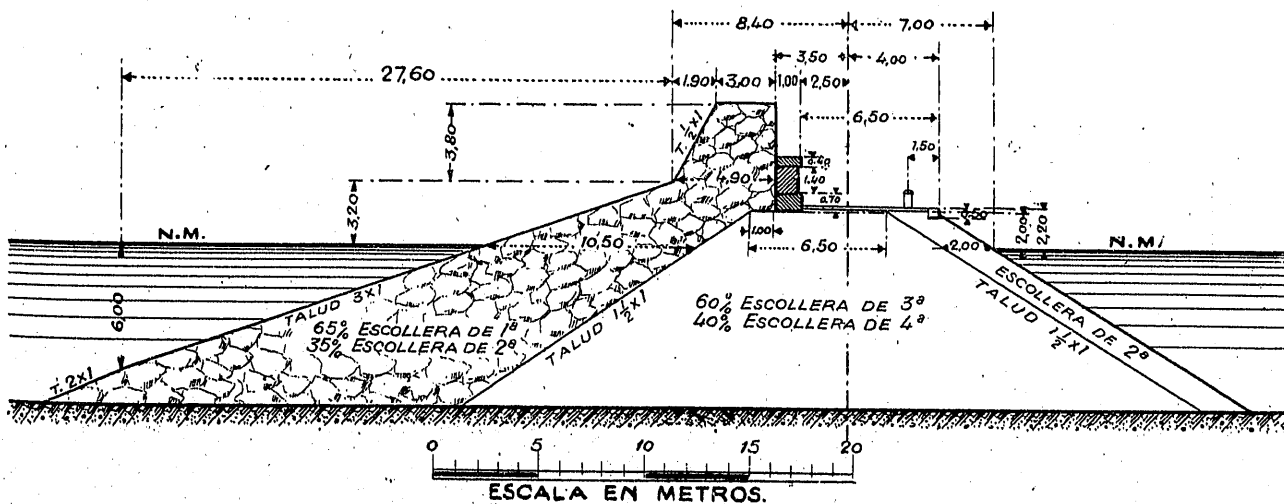


Figura 14

y segunda clase, había en el manto cantos de poco más de 1 000 Kg. de peso. Así, los temporales del otoño de 1942, que fueron muy violentos, pero que con seguridad la altura de la ola no rebasó de los 5,40 m. deducidos de los planos de oleaje, arrasaron por completo la parte que se tenía construída, dejándola prácticamente en la forma de un escollero muy irregular enrasado al nivel del mar.

En este caso, y como la obra estaba a medio ejecutar, se disponía de buena cantera, así como de un ferrocarril para el transporte de escolleras en bastantes buenas condiciones; el contratista disponía de buenos medios auxiliares y había la posibilidad de utilizar las escolleras menudas en el núcleo de la parte de dique aún no construída, así como en ciertos rellenos en la playa del puerto, incluidos en proyecto independiente.

Todo ello nos permitió proyectar una nueva sección tipo (fig. núm. 2), que fué aprobada por la Superioridad, disponiendo un manto exterior con talud de 3×1 entre $-6,00$ m. y $+4,00$ m., de 2×1 entre $-6,00$ m. y el fondo y de 1×1 entre $+4,00$ y $+6,00$ m., que se forma con cantos mayores de 5 500 Kg. entre $-4,00$ y $+6,00$ m. y con escollera de segunda clase (cantos entre 1 000 y 4 000 Kg.) desde $-4,00$ m. hasta el fondo; también es de escollera de segunda clase el manto intermedio entre el de cantos de 5 500 Kg. y el núcleo. El espesor del manto exterior, 9,50 m., es capaz para tres cantos. Se mejoró aún más la sección (detalle que está pendiente de resolución superior) con un parapeto de hornigón de 5 m. de altura y 3 de espesor, enrasado a la cota $+7,00$ m. El aumento de anchura de la plataforma, que por resolución superior queda reducido a 13,50 m. en total, obedece a otras causas que no tienen nada que ver con lo que exponemos.

La cota de enrase del parapeto, $+7,00$ m., está de acuerdo con lo que el Profesor Iribarren aconseja al fijarla en los $\frac{5}{4} \times A = \frac{5}{4} \times 5,40 = 6,75$ m.

La cota en que por la parte alta termina el talud de rotura $+4,00$ m., también coincide con los $\frac{3}{4} \times A = 4,05$ m.

Desde la profundidad de 4 m. hacia el fondo se ha sustituido el manto de cantos mayores de 5 500 Kg. por escolleras de segunda clase. Ello es perfectamente admisible, según se deduce a continuación.

Para la altura de ola, deducida $A = 5,40$ m., se había deducido que $L_0 = 60$ m. Pues bien:

$$\frac{H}{L_0} = \frac{4,00}{60,00} = 0,066.$$

Entrando con este valor en la columna (4) del cuadro del artículo de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de enero de 1941 se deduce de la columna (5)

$K = 2,283$, y en la (3), $\frac{L}{L_0} = 0,438$. Por tanto:

$$L = 0,438 \times L_0 = 0,438 \times 60 = 26,28 \text{ m.},$$

y se deduce:

$$\frac{\pi \times H}{L} = 0,479 \gg \sinh \frac{\pi \times H}{L} = 0,50;$$

$$r = \frac{h}{\sinh \frac{\pi \times H}{L}} = 5,40 \text{ m.};$$

$$A' = \frac{2 \times \pi \times r^2}{L \times K} = 3,03 \text{ m.},$$

y

$$P' = \frac{15 \times A'^3 \times d}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 \times (d-1)^3} = 945 \text{ Kg.}$$

o sea que a partir de la profundidad de 4 m. pueden emplearse cantos de 1 000 Kg. y, por lo tanto, es suficiente con escolleras de segunda clase.

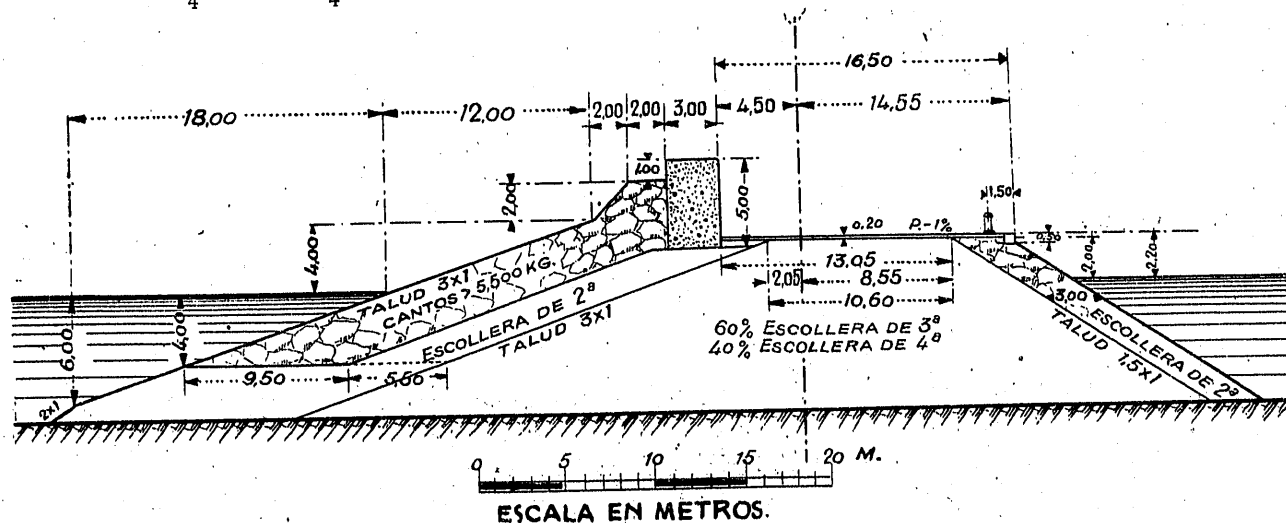


Figura 2.ª

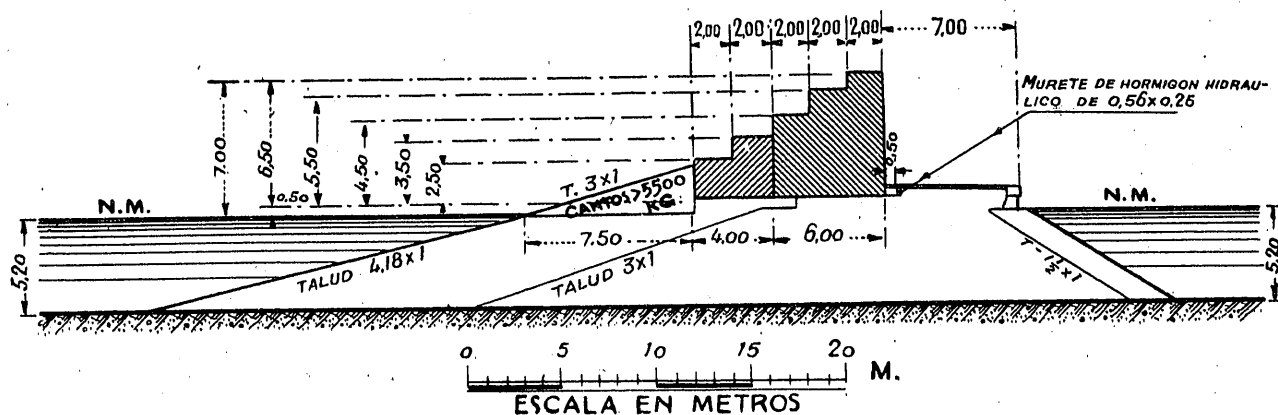


Fig. 4.^a—Sección tipo del dique de Levante, reforzado, del puerto de Benicarló.

grandes bloques de hormigón; el más inmediato, al largo de 4 m. de anchura, cimentado a + 0,50 m. sobre el nivel del mar y comprendiendo 2 escalones de 2 m., y el segundo, de 6 m. de anchura y con 3 escalones, quedando el más alto enrasado a la cota + 7,00 metros. Ello podía hacerse reduciendo el ancho de la plataforma de 12 a 7 m., en lo que no había inconveniente. Junto al bloque alto se dejó en la plataforma un cuneton para la salida del aire que la ola comprimiase. Longitudinalmente, los bloques tenían 6 m. y llevan sus juntas alternadas.

Como se ve, así resulta un talud teórico, en la superestructura de 3×1 , y de $4,18 \times 1$ en la parte sumergida.

Ya hemos visto que los cantos de peso superior a 5 500 Kg. en la superestructura son estables. Debajo del agua, y para talud $4,18 \times 1$, la fórmula de Iribarren da un peso mínimo de 3 560 Kg., que está bien

con las escolleras de primera clase que allí se han vendido. A 4 m. de profundidad se deduce un peso mínimo teórico de 770 Kg. por canto, por lo que las escolleras de segunda clase allí arrojadas también son estables.

La obra, ejecutada a la perfección por el contratista D. Francisco Panadero Coello, ha resistido perfectamente los temporales del otoño de 1945, sin la menor avería.

Puerto de Burriana.

En la figura 5.^a se representa el perfil tipo con arreglo al que se construyó el dique de Levante, que es asimismo el directamente combatido por las marejadas. Hay también mezcla de escolleras en el manto en la proporción de $\frac{2}{3}$ de escolleras de primera clase

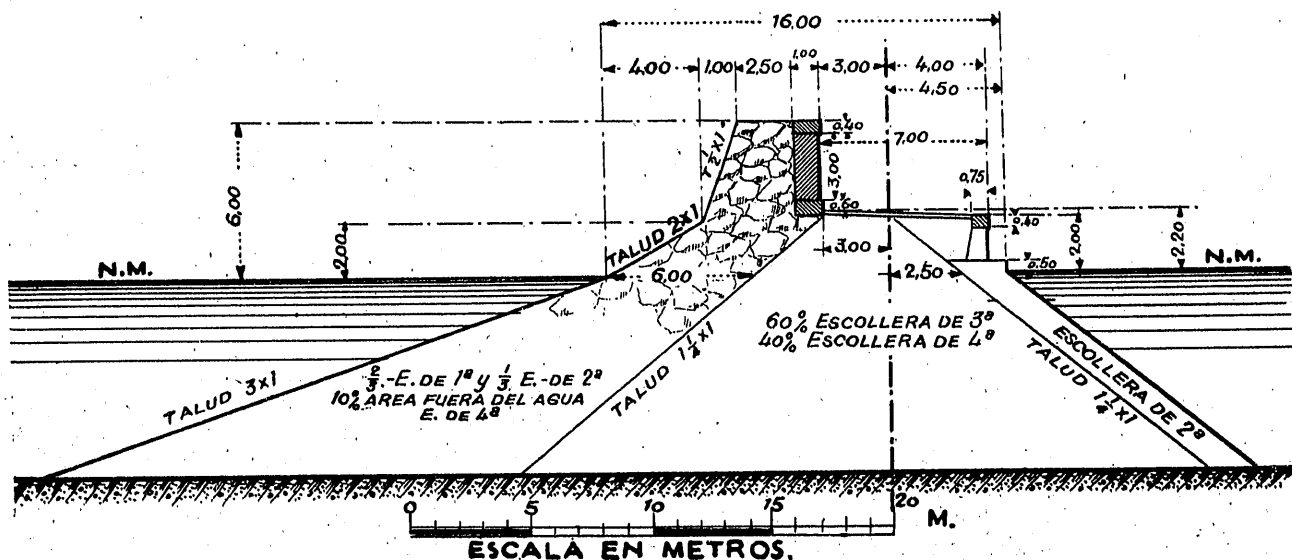


Fig. 5.ª — Sección tipo del dique de Levante, del puerto de Burriana.

(cantos de peso superior a 4 000 Kg.) y $\frac{1}{3}$ de las de segunda clase (cantos de peso comprendido entre 1 000 y 4 000 Kg.), y el talud, que era de 3×1 en la parte sumergida, era de sólo 2×1 entre cotas 0,00 y +2,00 m., y de $\frac{1}{2} \times 1$ entre +2,00 y +6,00 m.

La altura de ola, deducida de los planos de oleaje, es de 5,90 m. de altura.

haber posibilidad de empleo para las escolleras pequeñas, se proyectó hacerlo a base de un manto de 3,60 metros de espesor — doble de la dimensión mínima de los bloques — con bloques de hormigón mampostado de $2,50 \times 2,00 \times 1,80$ m., que con la densidad de 2,2 dan un peso de 19,8 Tn. métricas y con un talud de 3×1 , cuyas características están de acuerdo con

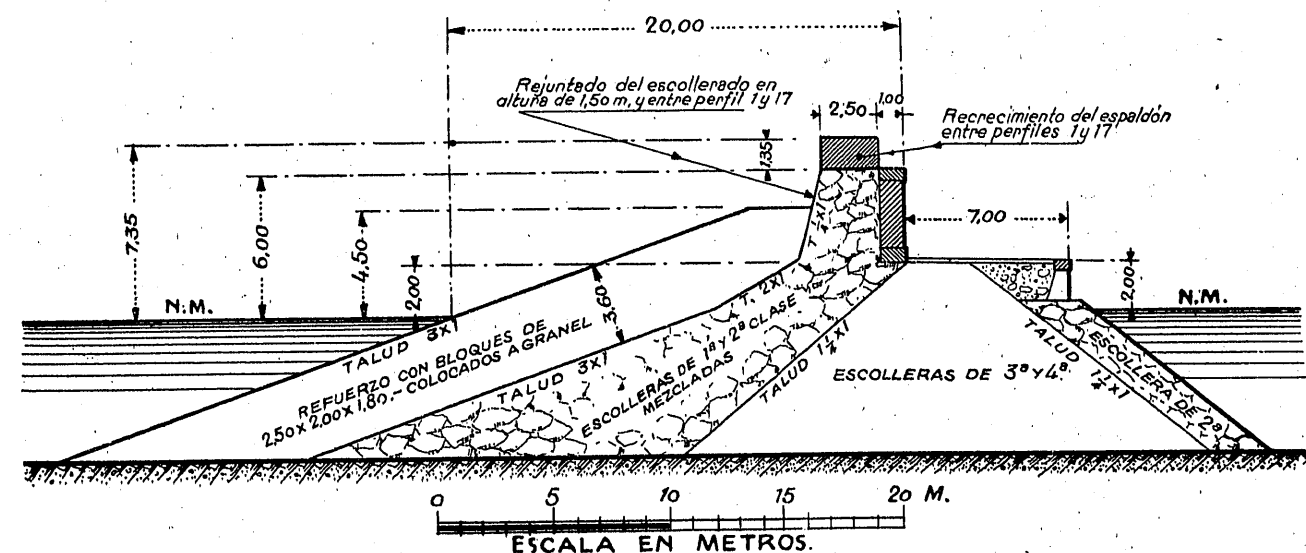


Fig. 6ª — Sección tipo del dique de Levante, del Puerto de Burriana, reforzado.

En los temporales de 1942 sucedió lo que era de esperar, o sea que el espaldón fué roto en la tercera alineación del dique, y en la segunda y en el morro se abrieron boquetes en el escollero, sin llegar a derribar el murete de revestimiento; para evitar males mayores, se procedió rápidamente a macizar con hormigón los boquetes abiertos para mantener la continuidad del dique, y para resolver el problema de una vez se proyectó el refuerzo del dique en sus dos alineaciones, segunda y tercera, pues en la primera incide muy oblicuamente el temporal y no sufre daños, y como no tenemos ferrocarril que una la cantera con el puerto, que resultó destrozado en la guerra, y aunque lo hubiera habido, por las mismas razones dichas al hablar de Benicarló, no habría sido posible hacer el refuerzo con cantos de escollera grandes por no

el resultado de la aplicación de la fórmula de Iribarren:

$$P = \frac{19 \times 5,90^3 \times 2,2}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 \times (2,2 - 1)^3} = 19\,693 \text{ Kg.}$$

Por la parte superior se eleva el manto a +4,50 metros ($\frac{3}{4} \times A = 4,42$ m.) y el espaldón o parapeto se recrece con hormigón hasta la cota +7,35 m. ($\frac{5}{4} \cdot A = 7,38$ m.).

Con este perfil tenemos ya reforzada toda la tercera alineación y morro, y aproximadamente la mitad de la segunda alineación, esperando que en el año 1946 quedará terminada la obra, la que en la parte ya construída ha dado un magnífico resultado.