

NUEVO TIPO DE SECCION PARA DIQUES EN TALUD CON ESPALDON

Por **A. AGUADO GALLEGO (*)**
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vicente SANCHEZ NAVERAC ()**
Ingeniero Técnico Industrial

1. INTRODUCCION

EL proyecto de diques de abrigo para puertos deportivos o de defensas de explanadas ganadas al mar para urbanizaciones turísticas, obras en las que la estética tiene gran importancia, lleva consigo la preocupación por diseñar espaldones con cotas suficientemente bajas como para que, sin dejar de cumplir su función frente a los rebases del oleaje, impidan la vista del mar lo menos posible y no produzcan sensación de encierro tras una muralla de hormigón.

El Laboratorio de Puertos «Ramón Iribarren» realizó, hace unos años, ensayos en modelo reducido sobre los diques de abrigo para algunos puertos de embarcaciones menores en la provincia de Málaga (Fuengirola, Marbella y Torre del Mar). En todos estos ensayos, uno de los tipos de solución estudiados fue a base de secciones de escollera artificial, que se salían de la forma tradicional tratando de conseguir los fines indicados anteriormente.

2. EL NUEVO TIPO DE SECCION

La sección más frecuentemente adoptada, para los diques en talud con espaldón, consiste en rematar la parte su-

perior del talud con una berma horizontal apoyada en la cara exterior del espaldón.

La definición geométrica de tal tipo de sección suele hacerse de acuerdo con los criterios expuestos por Iribarren en su libro «Obras Marítimas-Oleaje y Diques» (Editorial Dossat, S. A. Madrid, 1964). Dichos criterios son:

- Cota de coronación de la berma: $0,75 H_c$ sobre P.M.V.E.
- Cota de coronación del espaldón: $1,50 H_c$ sobre P.M.V.E.

H_c es la altura de ola para la que se calcula el dique. La anchura de la berma se suele tomar igual al espesor del manto principal de protección.

El nuevo tipo de sección, que se estudió en los casos indicados anteriormente, consiste en disponer un dique de defensa ligeramente avanzado respecto al espaldón que da lugar a la

formación, entre ambos, de un cuenco enrasado a una cota por encima del nivel de la máxima pleamar previsible (ver fotografías y figura 1).

Hidráulicamente, la idea básica para el funcionamiento de esta sección consiste en que el dique de defensa sea rebasado parcialmente por el oleaje incidente, el cual al llegar al cuenco disipa parte de su energía en turbulencias. La función del espaldón es hacer frente a la energía restante y, mediante el botasolas, reducir los rebases y las salpicaduras.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos de los ensayos para el dimensionamiento de las secciones estudiadas y se comparan con los valores deducidos al aplicar los criterios de Iribarren antes indicados. Debe advertirse que la carrera de marea en los tres puertos es de 0,80 metros y que la anchura de la coronación de la defensa avanzada es igual al espesor del manto principal de bloques de hormigón.

Las reducciones en las cotas de coronación de los espaldos-

		COTAS DE CORONACION (en m. sobre B.M.V.E.)			Anchuras Cuenco (m.)
		Defensa	Espaldón	Cuenco	
FUENGIROLA ($H_c = 6,00$ m)	Tipo Tradic.	+ 5,30	+ 9,80	—	—
	Nuevo Tipo	+ 4,50	+ 6,20	+ 1,50	7,50
MARBELLA ($H_c = 4,85$ m)	Tipo Tradic.	+ 4,44	+ 8,08	—	—
	Nuevo Tipo	+ 4,00	+ 5,20	+ 1,50	6,00
TORRE DEL MAR ($H_c = 4,65$ m)	Tipo Tradic.	+ 4,29	+ 7,78	—	—
	Nuevo Tipo	+ 3,80	+ 5,00	+ 1,50	5,80

(*) Subdirector de Experimentación del Laboratorio de Puertos «Ramón Iribarren».

(**) Jefe de Programa del Laboratorio de Puertos «Ramón Iribarren».

NUEVO TIPO DE SECCION PARA DIQUES EN TALUD CON ESPALDON



nes, referidas a la B.M.V.E., son superiores al 35 %, porcentaje que, evidentemente, sería mayor aún si el plano de comparación se tomara en los muelles.

Queda, por último, un aspecto importante a considerar, que es el económico. En la figura 2 aparece, dibujada en trazo grueso, la sección tipo definida mediante los ensayos para el puerto de Fuengirola y, dibujada en trazo fino, la tradicionalmente proyectada de acuerdo con los criterios anteriormente expuestos.

Las superficies correspondientes a los distintos elementos que constituyen las secciones, en su parte no común (desde la cara exterior del espaldón hacia el mar), son las siguientes:

	Sección tradicional	Nueva sección
Manto de bloques	93,4 m ²	94,2 m ²
Manto de escollera	26,8 m ²	41,5 m ²
Núcleo (todo uno)	28,5 m ²	83,7 m ²

Vemos, pues, que la nueva sección requiere mayor volumen tanto de escollera clasificada, como de núcleo, siendo prácticamente el mismo para los bloques de hormigón.

En cuanto a la sección transversal del espaldón, el construido tiene una superficie aproximada de 20 m². El que correspondería a la sección tradicional, calculado con los métodos recomendados por Iribarren en su libro antes citado, tendría una superficie superior a los 40 m².

La economía que se obtiene en el espaldón contrarresta el mayor gasto de escollera por lo que, en términos generales, el nuevo tipo de sección resulta competitivo frente al tradicionalmente proyectado.

La mayor anchura de la nueva sección hace que, para tener

NUEVO TIPO DE SECCION PARA DIQUES EN TALUD CON ESPALDON

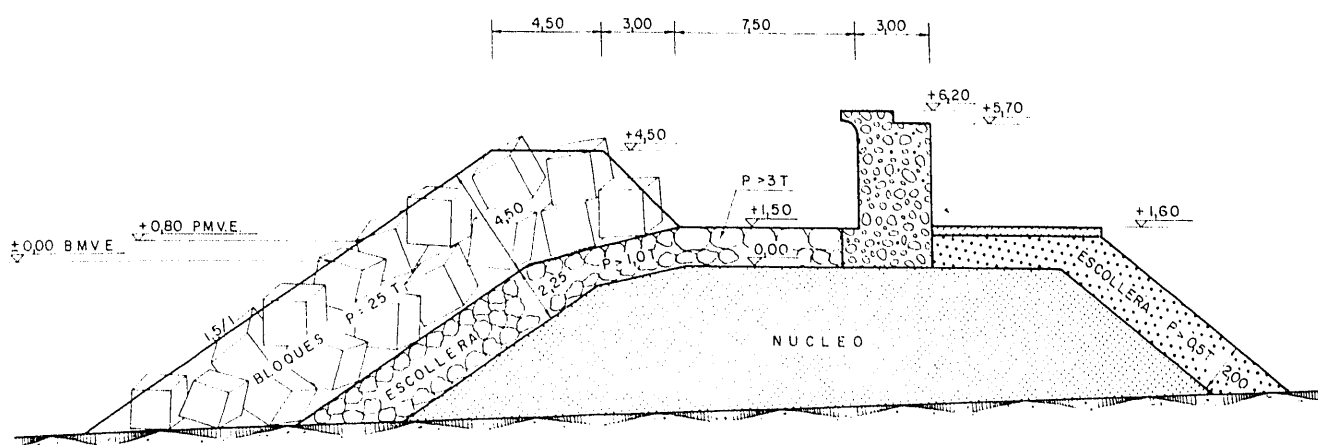


Figura 1 - SECCION TIPO DEL DIQUE DE ABRIGO
DEL PUERTO DE FUENGIROLA

FUENGIROLA

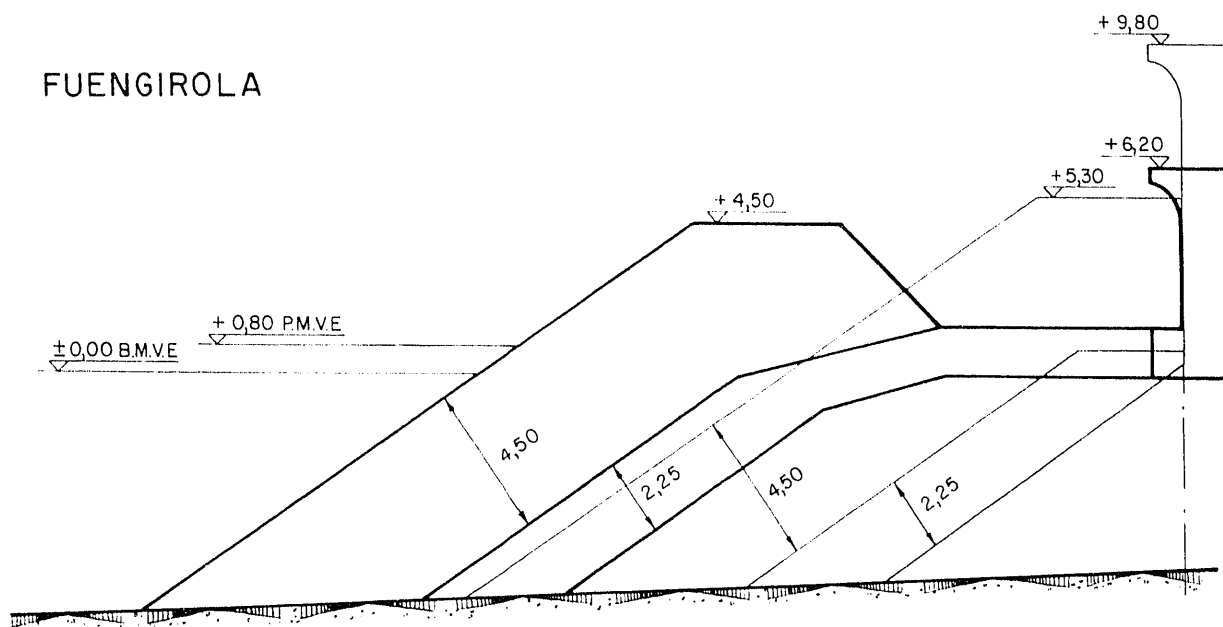


Figura 2 - COMPARACION ENTRE EL NUEVO
TIPO DE SECCION Y EL TRADICIONAL

la misma superficie de agua abrigada o de explanada, sea necesario irse a fondos más profundos que con la tradicional. Sin embargo, aquella ofrece ventajas, tanto desde el punto de vista constructivo como de conservación de la obra, por la facilidad de circulación de medios auxiliares sobre el dique, estando construido o sin construir el espaldón y pudiendo contar con la protección de la defensa avanzada.

3. ENSAYOS GENERALES SOBRE EL NUEVO TIPO DE SECCION

A la vista de todo lo anterior, se consideró interesante estudiar de una forma sistemática este nuevo tipo de sección, por lo que se firmó un convenio entre la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas y el Laboratorio de Puertos «Ramón Iribarren» para la realización de ensayos en modelo reducido.

En la figura 3 se indican todas las variables consideradas para la definición geométrica de la sección. Son las siguientes:

- a: cota de coronación de la defensa avanzada sobre el nivel de reposo del agua.
- b: anchura de la berma de coronación de la defensa avanzada.
- c: anchura del cuenco amortiguador.
- d: profundidad al pie de la de-

NUEVO TIPO DE SECCION PARA DIQUES EN TALUD CON ESPALDON

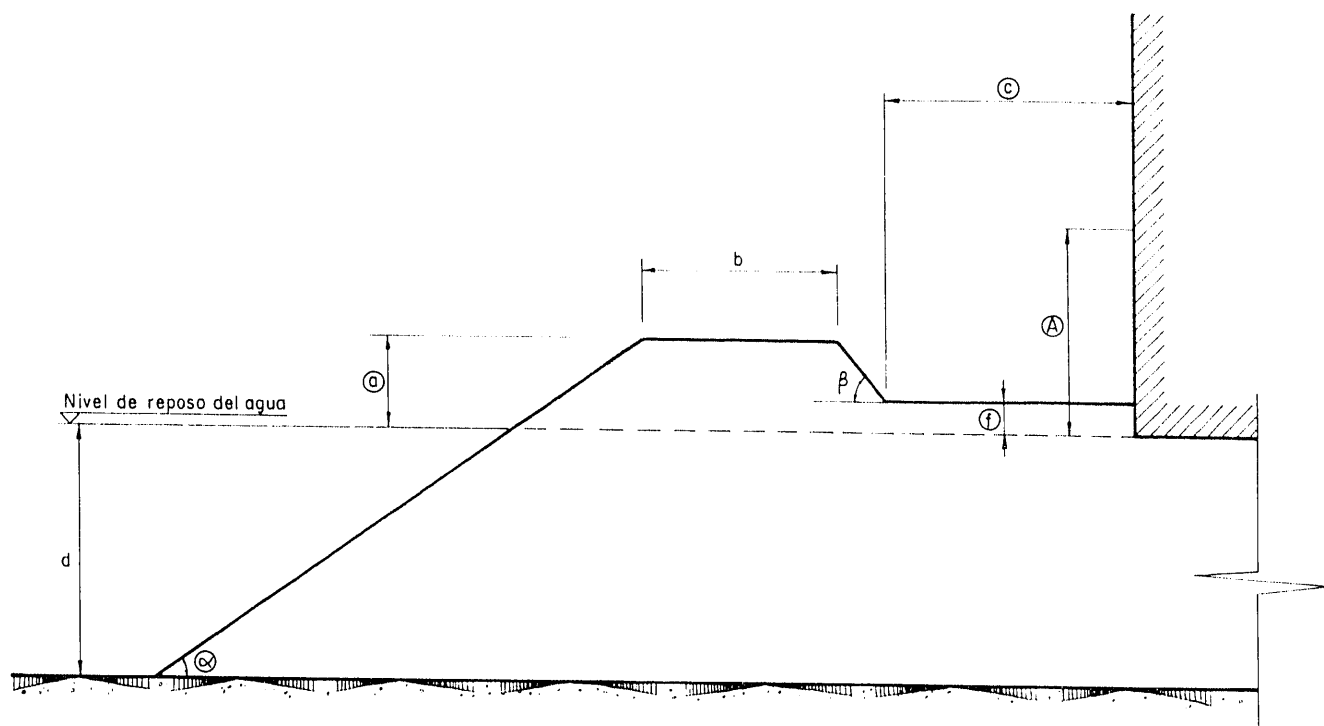


Figura 3 — TIPO DE SECCION ENSAYADA

fensa, referida al nivel de reposo del agua.

f: cota de enrase del cuenco amortiguador sobre el nivel de reposo del agua.

α : ángulo del talud exterior de la defensa.

β : ángulo del talud interior de la defensa.

A: altura media del afloramiento alcanzado por el agua sobre el espaldón, referida al nivel de reposo del agua.

Además de las anteriores era necesario tener en cuenta las variables siguientes:

- Altura de ola que aborda al dique.
- Periodo del oleaje.
- Características (tipo, peso y densidad) de los elementos que constituyen el manto principal de protección.

El objeto de los ensayos era determinar, en función de las variables anteriores, la altura, A, del afloramiento del oleaje sobre el espaldón. Este resulta-

do es, en definitiva, el que condiciona la cota de coronación del espaldón.

Ante el gran número de variables en juego fue necesario hacer constantes las que parecían de menos importancia en unos ensayos de tipo general: la profundidad al pie del dique, d, se fijó con la condición de que el oleaje no rompiera nunca ante el dique; la anchura de la berm superior, b, se tomó igual al espesor del manto principal; y el ángulo del talud interior de la defensa, β , se consideró siempre de 45° .

En cuanto al segundo grupo de variables, se decidió realizar los ensayos, por el momento, sólo para diques de escollera natural. A efectos de proyecto, la altura de ola que aborda al dique y las características de los elementos del manto principal están relacionadas por las fórmulas de cálculo al uso (Iribarren, Hudson, etc.). Por ello se adoptó el criterio de definir la

altura de ola que incidiría sobre el dique en cada ensayo como aquella que, para las características de cada sección, se dedujera de la aplicación de la fórmula de Iribarren.

Respecto al periodo del oleaje, se consideraron tres valores del mismo.

4. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

En este momento únicamente se han realizado los ensayos correspondientes a diques de escollera natural con talud exterior de la defensa $\text{ctg } \alpha = 1,25$.

Los modelos se construyeron con piedra de densidad $2,9 \text{ Tm/m}^3$. El manto principal, de tres cantos de espesor, estaba constituido por elementos de 200 gramos de peso. El lecho del cuenco amortiguador, formado por una sola capa, era de piedras de 100 gramos de peso.

NUEVO TIPO DE SECCION PARA DIQUES EN TALUD CON ESPALDON

Por debajo del manto principal y del lecho del cuento se dispuso un segundo manto, de tres cantos de espesor, a base de escollera de 10 gramos de peso.

Los ensayos se llevaron a cabo en canal de oleaje de un metro de anchura utilizando trenes de ondas monocromáticas iguales. La duración de cada uno de los trenes venia limitada por la condición de que la primera onda generada no llegase al modelo nuevamente tras reflejarse en él y en la paleta productora de oleaje.

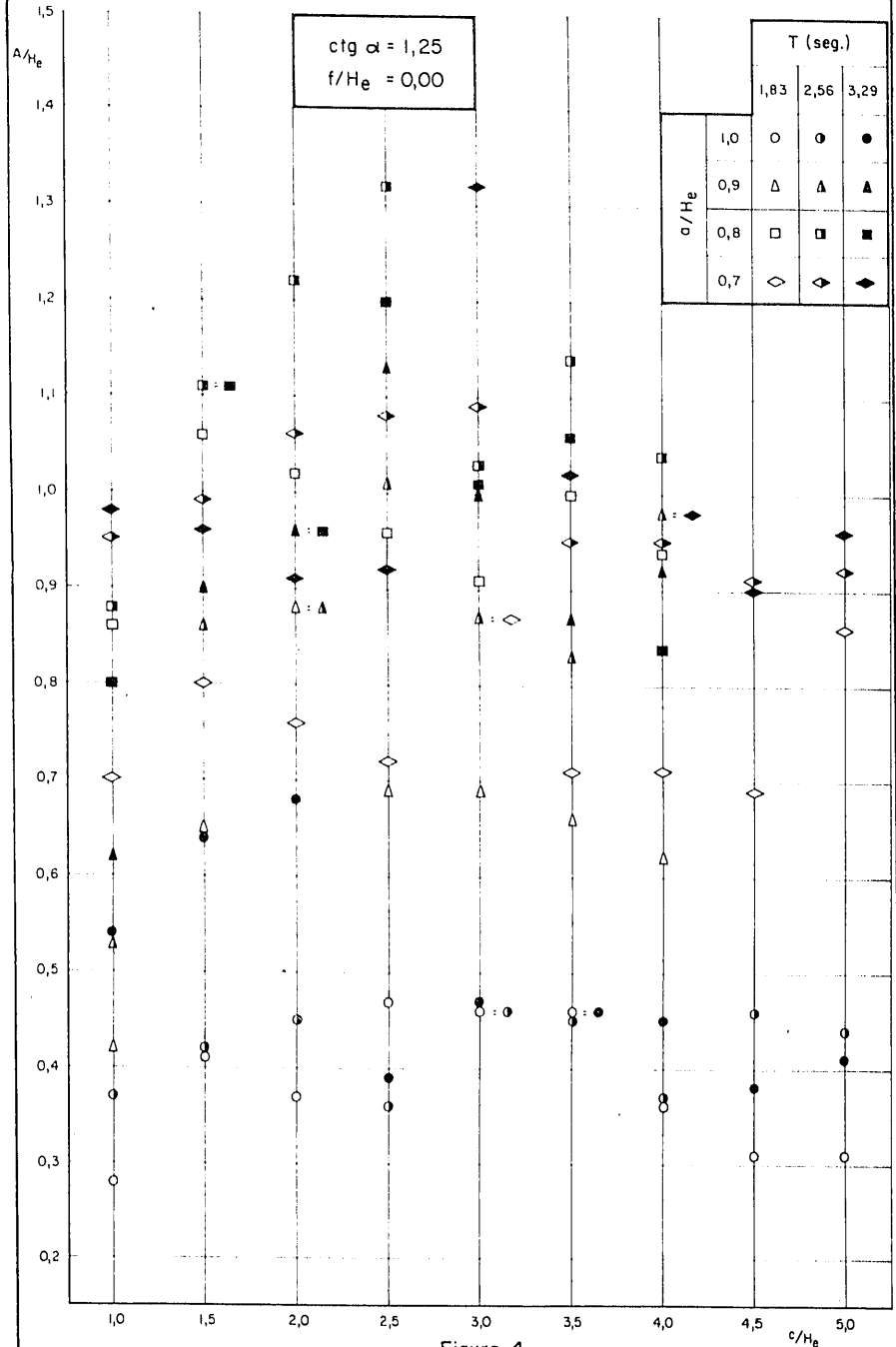
La altura del afloramiento sobre el espaldón se determinó colocando sobre la cara exterior del mismo, y en toda la anchura del canal, un papel sensible al agua que, al mojarse y tras su revelado, muestra las diferentes alturas alcanzadas por el agua sobre el espaldón a lo largo de la sección. El promedio de estas alturas definia el valor de la variable A en cada ensayo.

Con el fin de reducir en lo posible los errores derivados de realizar mediciones para una sola altura de ola, ésta se aumentaba desde valores inferiores a la de ensayo hasta valores superiores. Interpolando entre los resultados obtenidos, se definia el valor del afloramiento, A , correspondiente a cada altura de ola de ensayo.

El campo de variabilidad de los distintos parámetros se determinó teniendo en cuenta que, a las escalas normalmente utilizadas para ensayos bidimensionales, el estudio de tipo general realizado fuera representativo de casos reales.

En las figuras 4, 5 y 6 aparecen los resultados obtenidos en los ensayos, tomando como variables adimensionales A/H_e , a/H_e , c/H_e y f/H_e , y siendo H_e la altura de ola de ensayo.

Observando estos gráficos, se aprecia que los afloramientos A/H_e , cuando $f/H_e = 0,00$ (figura 4), tienden a presentar un máxi-



NUEVO TIPO DE SECCION PARA DIQUES EN TALUD CON ESPALDON

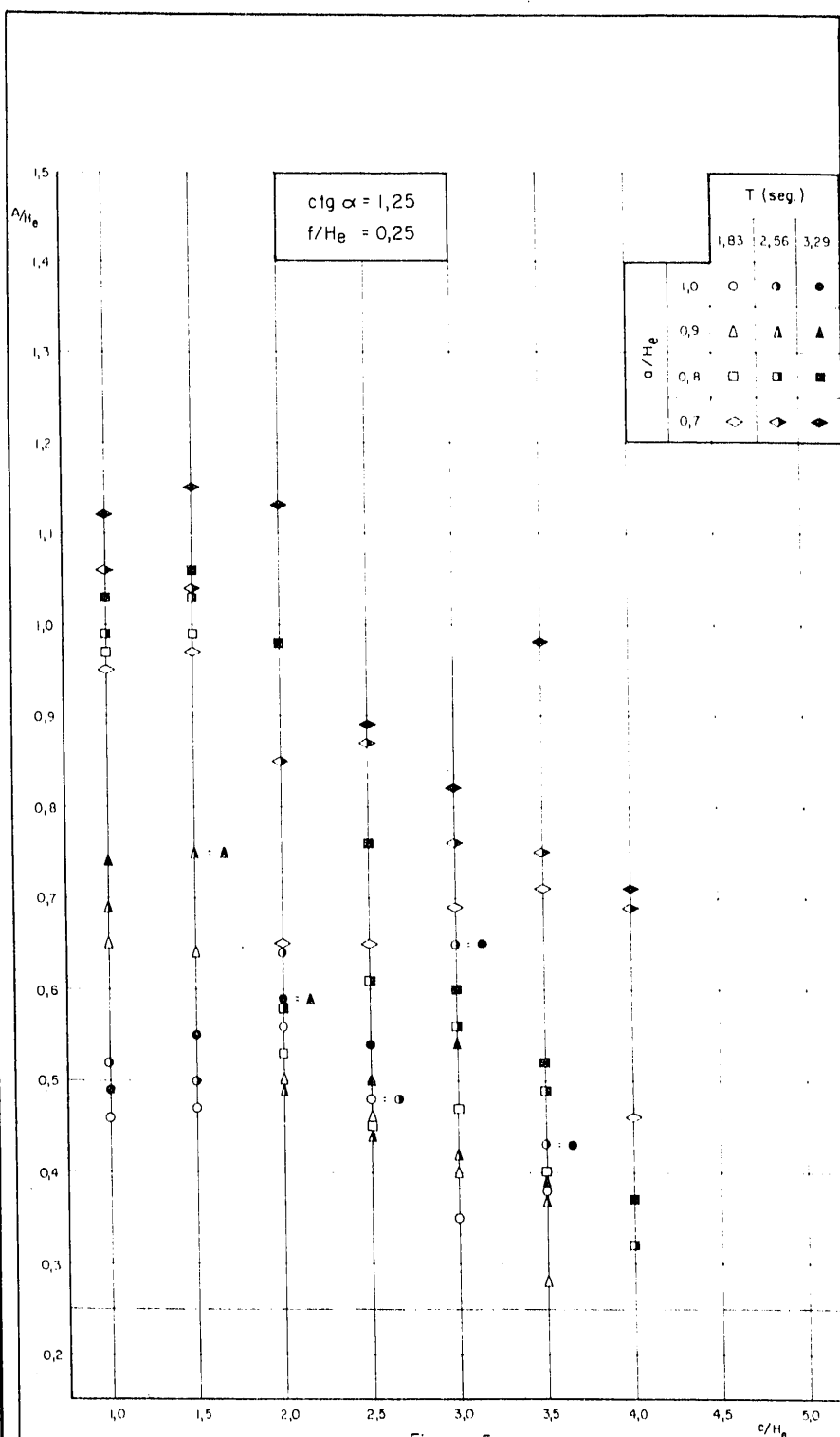


Figura 5

mo para valores de c/H_0 comprendidos entre 2,0 y 3,0, estabilizándose para valores mayores. La causa de este último fenómeno es que la sobreelevación del nivel de reposo del agua hace que se forme en la zona del cuenco (enrasado a ese nivel) un colchón líquido en el que se propagan las ondas secundarias originadas por los rebases sobre la coronación de la defensa, así como las transmitidas por percolación a través de ésta.

Cuando $f/H_0 = 0,25$ (figura 5), los afloramientos apuntan un máximo para valores de c/H_0 comprendidos entre 1,0 y 2,0 tendiendo a anularse, con relación a la cota del cuenco, para valores mayores.

Por último, cuando $f/H_0 = 0,50$ (figura 6), los afloramientos son siempre descendentes al aumentar los valores de c/H_0 .

No se incluyen los resultados obtenidos para valores de f/H_0 superiores a 0,50 pues varía el comportamiento hidráulico de la sección al no funcionar el cuenco amortiguador como tal.

5. CONCLUSION

Aunque cada caso real concreto deberá ensayarse teniendo en cuenta sus condiciones particulares específicas, sería muy conveniente poder disponer de criterios que permitieran proyectar, con suficiente aproximación, secciones de este nuevo tipo.

Para ello es imprescindible, por lo pronto, completar los ensayos generales sobre diques a base de escollera natural considerando otros valores del talud exterior del dique. Más adelante sería deseable contar, como mínimo, con resultados de ensayos en los que se hubieran utilizado diferentes tipos de elementos de protección.

NUEVO TIPO DE SECCION PARA DIQUES EN TALUD CON ESPALDON

DOCUMENTACION CONSULTADA

- Laboratorio de Puertos RAMON IRIBARREN.
«Ensayos del perfil tipo del dique de abrigo del puerto de Fuengirola (Málaga)», enero 1972. (Realizados para Construcciones Oliden, S. A.).
- Laboratorio de Puertos RAMON IRIBARREN.
«Ensayos de los perfiles de los diques de abrigo de los puertos de Marbella y Torre del Mar (Málaga)», julio 1973. (Realizados para Dragados y Construcciones, S. A.).
- Laboratorio de Puertos RAMON IRIBARREN.
«Ensayos generales sobre diques de escollera natural con sección especial», diciembre 1977. (Convenio con la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas).

