

ESTUDIO SOBRE LA TRANSMISION DEL OLEAJE DEL ESPIGON DE DEFENSA DE LA PLAYA DE POBLE NOU (BARCELONA)

GREGORIO GOMEZ PINA (*)
ANTONIO BAONZA GONZALEZ (**)

RESUMEN. El objeto de este trabajo es la presentación de los resultados obtenidos sobre la transmisión del oleaje del espigón de defensa de la playa de Poble Nou, en Barcelona, así como el destacar la necesidad de la realización de ensayos en modelo reducido con el fin de disponer de datos fiables que puedan ser posteriormente utilizados para un mejor conocimiento de los procesos litorales relacionados con la playa.

Con esta finalidad se ensayaron tres secciones, variando el ancho de coronación en $\pm 15\%$ sobre el ancho inicial propuesto (34,5 m). Los ensayos se realizaron con oleaje regular de periodos 7, 9 y 11 seg, utilizándose un número adecuado de alturas de ola por periodo con el fin de poder detectar máximos y mínimos en las curvas representativas del comportamiento hidrodinámico, así como de disponer de una amplia gama de parámetros adimensionales que pudieran ser de aplicación práctica en el estudio de la influencia del ancho de coronación. Bajo estos condicionantes, el número total de ensayos realizados fue de 108 (36 por sección).

Los resultados se dieron en forma de coeficientes adimensionales: coeficientes de transmisión (K_T), reflexión (K_R), y pérdidas (K_P), y porcentaje de sobreelevación del nivel medio del mar con respecto a la altura de ola incidente (ϵ/H_I), presentándose los resultados en forma de figuras.

ABSTRACT. *The purpose of this paper is to present some interesting results regarding wave transmission, obtained from the Poble Nou Jetty Model Study, carried out at the CEPYC, as well as to show the importance of carrying out these kinds of model tests, in order to obtain reliable data to be used in littoral processes studies.*

Three jetty sections were tested, the crown width ranging within the range of $\pm 15\%$ of the initial one (34,5 m). Tests were performed with regular waves of 7, 9 and 11 secs. The number of model tests was 108 (36 for each jetty section). Due to the non-linear features shown in some of the dimensionless curves, representing wave transmission (K_T), reflection (K_R), losses (K_P), and relative set-up (ϵ/H_I), it was necessary to use a great number of wave heights, for each wave period, in order to detect maximum and minimum values. In particular, the dimensionless curves representing wave transmission (K_T) and the relative crest width (B/L_c) showed a well determined number of maximum and minimum values.

1. INTRODUCCION

La Dirección General de Puertos y Costas ha llevado a cabo durante 1986 el estudio y proyecto de la

regeneración de la playa de Poble Nou, como parte integrante del estudio urbanístico relacionado con los Juegos Olímpicos a celebrar en Barcelona en 1992. Dicho proyecto incluye la regeneración de aproximadamente 1.500 m de línea de playa mediante dos células de unos 700 m cada una.

Una de las obras principales proyectadas consiste en un espigón sumergido con cota de coronación coincidente con el nivel medio del mar en reposo (NMMR), cuya finalidad principal es la de protección y contención lateral de la playa.

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, MSc Ocean Engineering (Univ. Hawaii). Jefe de la División de Experimentación Portuaria del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX).

(**) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, División de Experimentación Portuaria del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX).

Con el fin de estudiar el comportamiento hidrodinámico bidimensional de la obra de defensa sumergida, se optó por realizar un modelo a escala, en canal, con fondo fijo, tomando como sección inicial de ensayos la denominada en el proyecto Sección B, adoptando como profundidad más desfavorable de dicha sección la correspondiente a -10 metros, y con una pendiente del fondo frente a ella en el modelo del 2 %. Una vez finalizados estos estudios, objeto del presente artículo, se aprovechó la sección existente para el análisis de la estabilidad bidimensional.

2. CONSIDERACIONES SOBRE LA ESCALA

La escala del modelo fue de 1:33, utilizándose la conocida ley de Froude en los ensayos. Dado que el número de Reynolds no se mantiene en el modelo y en el prototipo, se aseguró el correcto desarrollo de la turbulencia en el modelo, de forma que la no conservación de dicho número no desvirtuase la validez de los ensayos.

Debido a la dificultad existente de fijar un valor «exacto» del número de Reynolds que permitiera discernir en el ensayo el desarrollo o no del régimen turbulento, se estimaron, de forma aproximada los números de Reynolds para las zonas de coronación y abrigo del dique.

Como velocidad característica a lo largo de la coronación del dique (coincidente con el nivel medio del mar), se consideró la de la onda solitaria, para una profundidad igual al «set-up» (ϵ), y de valor $C = (g(H + \epsilon))^{1/2}$, y como longitud característica el cuadrado del radio hidráulico $4(H + \epsilon)$. Suponiendo, a falta de datos, un «set-up» del 50 % en la coronación con respecto a la zona de transmisión ($\epsilon_r = 0,5 \epsilon_T$), se obtiene, como un ejemplo, para $T = 7$ seg y profundidad $h = 10$ m, rangos del número de Reynolds en la coronación, comprendidos entre $(Re)_c = 1,2 \times 10^5 - 6,4 \times 10^5$, de acuerdo con las condiciones de oleaje y resultados de los ensayos.

En cuanto a la zona de transmisión, considerando como velocidad característica la celeridad de grupo (C_g) y como dimensión característica el calado (h), se obtuvo un valor mínimo, aproximado, del número de Reynolds de $(Re)_T = 5,2 \times 10^5$.

Como conclusión, y teniendo en cuenta que el calado de agua es muy superior al mínimo exigido para que aparezcan efectos de escala por capilaridad, parece razonable el considerar que los efectos de escala inducidos por la no conservación de los números de Reynolds en modelo y prototipo van a ser poco importantes, resultando la escala adoptada de 1/33 adecuada para este tipo de ensayos.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS OLAJES DE ENSAYO

En los ensayos sobre el comportamiento hidrodinámico del dique se utilizó oleaje regular, con una amplia gama de períodos y alturas que fuesen representativas de la zona de ubicación del dique.

El separar los oleajes por períodos permitía, a su vez, entender el de por sí complejo comportamiento hidrodinámico de los fenómenos que aparecen (reflexión, transmisión, pérdidas de energía, sobre elevación del nivel medio del mar, entre los principales), al modificar determinados parámetros del dique (ancho de coronación principalmente). Los períodos (T) ensayados fueron de 7, 9 y 11 seg respectivamente, en prototipo, para una profundidad a pie de dique (d) de 10 m (cota de coronación a NMMR).

Con el fin de tener en cuenta la influencia de una cierta sobre elevación del nivel medio del mar, se ensayó el oleaje de mayor período (11 seg) para una profundidad $d = 10,40$ m (cota de coronación a -0,40 m sobre el NMMR).

El parámetro de Iribarren (I_r) teórico, estimado frente al dique, presentó un valor máximo de 0,141, para el oleaje de mayor período, indicativo de un tipo de rotura en «spilling». Este tipo de rotura corresponde razonablemente bien con el existente en la zona de ubicación del dique, además de ser el más desfavorable desde el punto de vista de la corriente de retorno, por el efecto del «rollers» transmitido.

El parámetro de Ursell estimado presentó valores superiores a 15 excepto para el período menor de 7 seg, lo cual es indicativo de un carácter «cnoidal» de esas ondas frente a la estructura, asemejándose este tipo de ondas más a la realidad que las ondas puras sinusoidales en las zonas costeras. Para la estimación de estos parámetros, las alturas de ola utilizadas han sido las alturas medias incidentes frente al dique, obtenidas al ensayar las tres secciones, la longitud de onda la resultante a 10 m de profundidad, en la hipótesis de conservación del período, y la pendiente del fondo frente al dique de 0,02.

Una vez fijados los períodos de ensayo, las alturas máximas ensayadas estuvieron condicionadas a que no existieran pérdidas por rotura frente a los diques estudiados.

4. DISPOSITIVOS DE ENSAYO

Los ensayos se realizaron en un canal de oleaje de un metro de anchura y 51 metros de longitud. La profundidad de agua a pie de la paleta fue de 1,04 m para garantizar una generación del oleaje

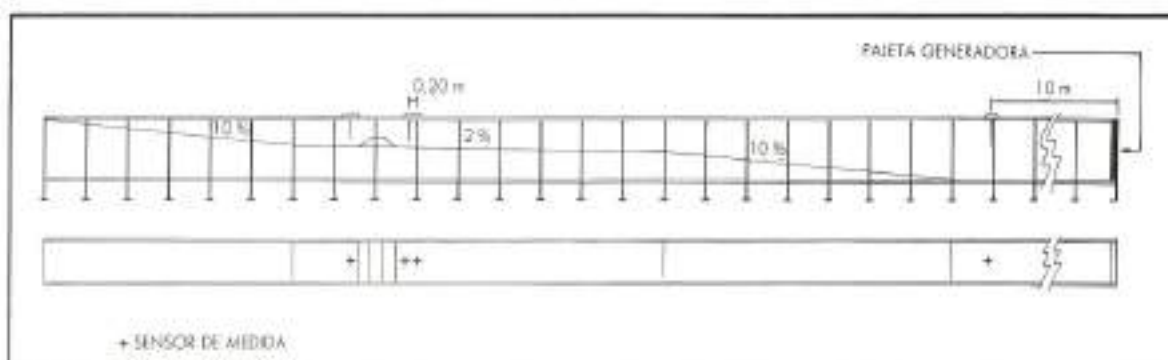


FIGURA 1. Disposición general del modelo.

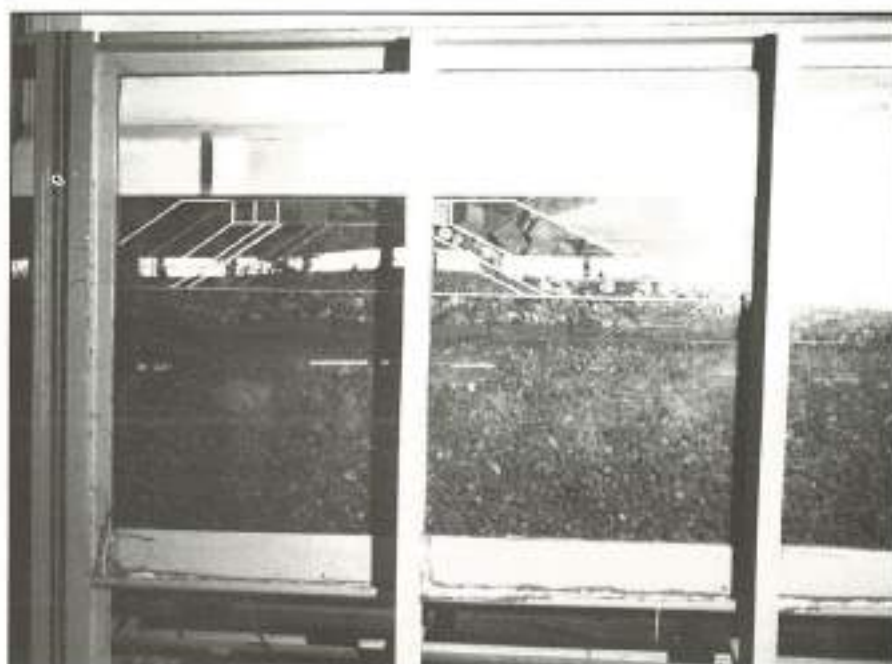


FIGURA 2. Vista general del modelo.

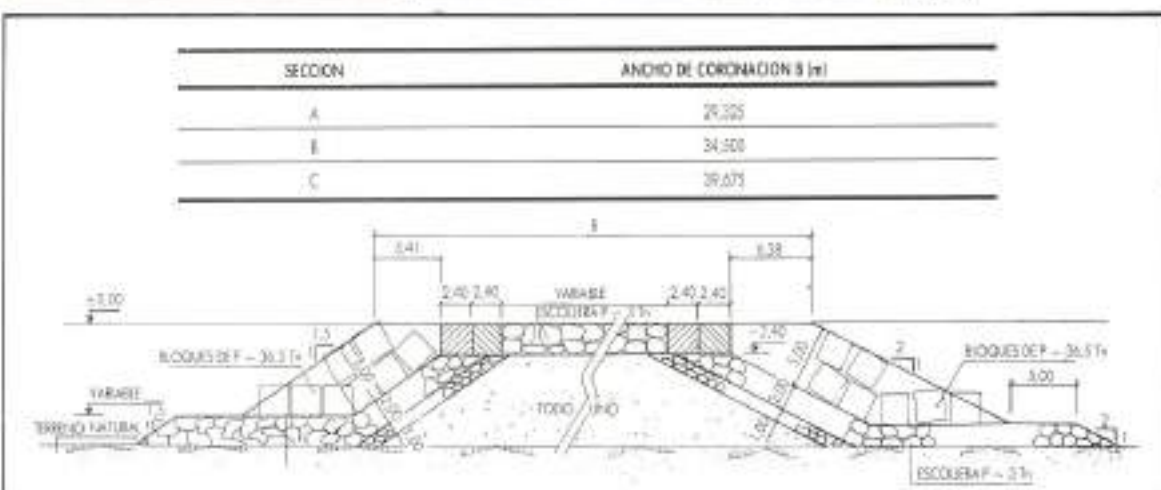


FIGURA 3. Características de las secciones de estudio.

en buenas condiciones. La transición de esa profundidad a la de ubicación del dique (0,30 m en el modelo) se realizó mediante rampas que hacían que el oleaje llegara al pie del dique con un peralte adecuado al tipo de rotura deseada, amortiguándose el oleaje al final del canal mediante mantas de fibra de coco y una pendiente del 10 %.

En las figuras 1 y 2 se muestra un esquema de los dispositivos de ensayo y una vista general del modelo, respectivamente, viniendo las características de las tres secciones ensayadas indicadas en la figura 3.

5. CALIBRACION DEL OLAJE

Al venir la altura de ola incidente afectada por el coeficiente de reflexión del dique se hizo necesario realizar la calibración del oleaje cada vez que se modificaba la sección del dique, con el fin de poder comparar condiciones de oleaje incidente razonablemente similares. Como ya se indicó anteriormente, las alturas máximas correspondían a condiciones de ausencia de rotura frente al dique.

6. METODOLOGIA DE LOS ENSAYOS

A lo largo de los ensayos y en cada uno de los escalones de altura de ola, se han realizado grabaciones del oleaje para determinar:

- Oleaje incidente: caracterizado por H_I , T_I .
- Reflexión producida por la sección, función de K_R .
- Transmisión del oleaje que pasa sobre la sección: caracterizada por el coeficiente de transmisión K_T , y por el «set-up» relativo ϵ/H_I .
- Pérdidas totales inducidas por la sección: caracterizada por el coeficiente de pérdidas K_P , en donde se engloban las pérdidas, difíciles de evaluar individualmente, debidas a la rotura, fricción y percolación, obtenidas de la siguiente relación (hipótesis de fondo constante):

$$K_T^2 + K_R^2 + K_P^2 = 1$$

Respecto al oleaje transmitido se ha estimado también la sobre-elevación del NMMR o «set-up» en la zona protegida del dique sumergido, por considerar conveniente el conocer su orden de magnitud con respecto a la altura de ola incidente, a efectos de valorar su posible influjo en los esquemas circulatorios de corrientes.

Para ello, se instalaron cuatro sensores de oleaje (figura 1). Un sensor fue situado frente a la paleta generadora de oleaje, con una profundidad de agua de 1,04 m en el modelo, con el fin principal de caracterizar el oleaje generado (SPAN, T_I). Dos de ellos se instalaron frente a la sección del dique,

con una profundidad de agua de 0,30 m en el modelo y separados 0,20 m, siguiendo las especificaciones de Goda y Suzuki (Refer. 2).

El cuarto sensor se situó en la zona de transmisión del dique, en donde también existía una profundidad de agua de 0,30 m. Del análisis estadístico de los registros de esta sonda se calculó el parámetro K_T como cociente de la altura significativa transmitida $(H_{1/3})_T$ y H_I .

El parámetro K_P se estimó a partir de los ya conocidos K_R y K_T , según la ecuación anterior.

Del estudio de la bibliografía existente sobre el comportamiento hidrodinámico de obras sumergidas (Refer. 5), y en particular sobre la influencia del ancho de coronación en el coeficiente de transmisión, se consideró conveniente utilizar un número bastante elevado de alturas de olas incidentes, para cada período ensayado, dada la existencia de máximos y mínimos al representar el coeficiente de transmisión con respecto a otros parámetros de interés obtenidos del análisis dimensional: pendiente incidente (H_I/gT_I^2) y ancho relativo (B/gT_I^2) , entre otros.

7. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

El número de secciones ensayadas fue de tres, habiéndose variado únicamente el ancho de coronación. Las secciones tipo ensayadas se han denominado A, B y C, viniendo sus características geométricas definidas, como se indicó anteriormente, en la figura 3. De ellas, la sección B tenía un ancho de coronación de 34,5 m, siendo las otras dos secciones variantes de la B, con anchos de coronaciones del $\pm 15\%$ (29,32 m para la sección A y 39,67 m para la sección C). La cota de coronación de las tres secciones ha sido +0,00 con respecto al NMMR, habiéndose realizado también ensayos para $T = 11$ seg y cota de coronación a -0,40 m.

El número total de ensayos realizados ha sido de 108 (36 por sección), considerándose este número suficientemente adecuado para poder detectar máximos y mínimos en las curvas de reflexión, transmisión y pérdidas, así como para disponer de un rango suficientemente representativo de parámetros adimensionales que hagan que las curvas o tablas obtenidas de estos ensayos, puedan ser de aplicación práctica en el diseño de diques sumergidos.

8. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Las variaciones de los coeficientes de reflexión, transmisión, pérdidas, y «set-up» relativo son presentados en el apéndice I, en las figuras I.1-I.9.

La influencia de la altura de ola incidente sobre los coeficientes de transmisión, reflexión y pérdidas, para las tres secciones ensayadas, son presentados en las figuras 1.1-1.3.

En la figura 1.7 se muestra, en forma adimensional, el «set-up» relativo, con respecto a la pendiente del oleaje incidente, para las tres secciones de estudio.

La influencia del ancho relativo (B/L_0) sobre el coeficiente de transmisión (K_T), para diferentes valores de altura de ola incidente relativa (H_i/d) se indica en la figura 1.8, mostrándose en la figura 1.9 una representación tridimensional de la variación del coeficiente de transmisión K_T con respecto al ancho relativo (B/L_0), para diferentes valores de altura de ola incidente relativa (H_i/d). En la figura 1.8 se indica además el valor medio y la desviación estándar del parámetro (H_i/d).

Hay que resaltar de nuevo la dificultad existente en obtener números adimensionales «exactos», ya que la altura de ola incidente en los ensayos (H_i), depende del coeficiente de reflexión, y éste, a su vez, cambia para cada sección de ensayo. Ello ha llevado a tener que realizar un número elevado de ensayos, no solamente para determinar máximos y mínimos, sino también para obtener una gama lo suficientemente representativa de parámetros adimensionales (H_i/gT_i^2 , H_i/d , y d/gT_i^2). Por esta razón, en los parámetros adimensionales en que interviene la altura de ola incidente, se ha estimado siempre como valor representativo el valor medio, asociándosele la desviación estándar correspondiente, con el fin de presentar los resultados de la forma más realista y, a su vez, más rigurosa posible.

Resulta de interés el llamar la atención sobre algunos gráficos existentes sobre coeficientes de transmisión, de amplia utilización, en los que no se menciona para nada el coeficiente de reflexión, por lo que, a falta de una aclaración específica sobre el tema, el Ingeniero de Costas debe ser, en principio, «crítico» en la aplicación de esos resultados, y no utilizarlos como solución «exacta» y mucho menos extrapolable (hecho a menudo muy utilizado) a otras condiciones geométricas y de oleaje. Siguiendo esta filosofía, se consideró de gran aplicación práctica el presentar en una serie de Tablas, las variaciones de K_T , K_R , K_P , y ϵ/H_i , en función de los tres anchos relativos (B/L_0) ensayados, especificándose la desviación estándar de las pendientes del oleaje incidente (H_i/gT_i^2) utilizadas. Por razones de espacio en el presente artículo no se han podido incluir dichas tablas, que figuran en Referencia 7.

9. CONCLUSIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO BIDIMENSIONAL DE LOS DIQUES ENSAYADOS

- Las tres secciones ensayadas ejercen un efecto amortiguador acusado (disminución de K_T con H_i) ante el oleaje de mayor período (11 seg) y a partir de alturas de ola superiores a 4 m, tanto para la situación de cota de coronación coincidente con el NMMR, como para la situación en que el oleaje tenga una sobre elevación asociada de +0,40 m. Ante estas condiciones, el oleaje sufre un amortiguamiento considerable de altura de ola, ya que el coeficiente de transmisión disminuye acusadamente de sus valores máximos (algo superiores a 0,5) a los mínimos (algo inferiores a 0,2), al aumentar H_i de 4 a 5 metros. No sucede, sin embargo, lo mismo con el oleaje de menor período (7 seg), que tiende a aumentar monótonamente en el rango de alturas ensayadas (2-4 metros). Dicho de otra forma: las tres secciones ensayadas actúan muy eficazmente en forma disipativa ante condiciones extremas de oleaje ($T = 11$ seg, $H > 4$ m), y en menor grado ante el oleaje de menor período ensayado (7 seg). Hay que resaltar, no obstante, que las alturas de ola asociadas a los temporales de menor período van a ser inferiores a las de los otros temporales, por lo que esa menor eficacia de los diques sumergidos ensayados ante el oleaje de 7 seg no va a ser tan significativa como lo hubiera sido ante los otros oleajes de período mayor.
- Para el período intermedio ($T = 9$ seg), se produce una tendencia disipativa análoga a la explicada anteriormente para 11 seg solamente para las dos secciones de menor ancho (A y B), resultando, en cambio, la sección de mayor ancho (C) la menos eficaz para ese período intermedio y alturas de ola incidentes superiores a 4,5 m, como se deduce de la curvas de coeficiente de transmisión y de forma más relevante de la de pérdidas. Este hecho, que en principio originó una comprobación y repetición de ensayos, demuestra una vez más el carácter no lineal originado en los fenómenos de rotura producidos en los diques sumergidos, resaltando la necesidad de la realización de ensayos en modelo para discernir sobre la eficacia disipativa, ante una amplia gama de oleaje, producida al aumentarse el ancho de coronación.
- La relación entre las profundidades de agua y de coronación (d/d_c) es de fundamental importancia en el fenómeno de transmisión, siendo su influencia sobre el coeficiente de transmi-

sión mucho más importante que la del ancho relativo de coronación (B/L_0). Este hecho, ampliamente mostrado en diversos trabajos sobre diques sumergidos (ver referencias), se muestra claramente en las figuras 1.1-1.3, en donde se aprecia el hecho de que la curva representativa del coeficiente de transmisión mantenga una tendencia muy similar para el caso de sobre-elevación del NMMR ($d/d_c = 1,04$, línea de puntos), independientemente del ancho de las tres secciones.

- De la conclusión anterior se infiere, por tanto, la importancia que tiene el asegurar en todo dique sumergido proyectado a la cota del NMMR, el mantenimiento de esa condición a lo largo de toda su vida útil, ya que pequeñas variaciones en la relación d/d_c pueden hacer que la capacidad de transmisión del dique sumergido aumente considerablemente con respecto a la esperada inicialmente. Se recomienda, por tanto, un gran control para evitar posibles variaciones por fallos constructivos (asientos diferenciales, daños en los elementos de coronación, entre los principales), así como un conocimiento profundo de los fenómenos asociados a sobre-elevaciones (en intensidad y presentación) en la zona de ubicación del dique: mareas, sobre-elevación por viento («wind-set-up»), sobre-elevación asociada a grandes temporales («storm surge»), entre los más comunes.
- De la inspección de las figuras 1.4, 1.5 e 1.6 se infiere la importancia de la pendiente del oleaje incidente (H_i/L ó H_i/gT_i^2) en el proceso de atenuación de la energía del oleaje para los tres diques sumergidos ensayados, hecho por otro lado destacado en todos los estudios sobre obras sumergidas. Ello, por otro lado, puede intuirse observando el fenómeno físico, ya que las olas que estén cerca de la pendiente crítica de rotura pueden ser inducidas a dicha rotura por el dique sumergido. Dado que todo proceso de rotura va siempre acompañado por pérdidas de energía, las olas más peraltadas serán más atenuadas por el dique que las menos peraltadas, las cuales tenderán a pasar por el dique sin romper. De la tendencia observada en las curvas anteriores se comprueba, una vez más, la mayor efectividad de las secciones ensayadas cuando interfieren con las olas mayores, y por tanto, su utilización para provocar la rotura de las olas más grandes (lo contrario de lo que sucedería si el dique fuese emergido).
- Las pendientes críticas que provocan las roturas en las olas más peraltadas, para los oleajes mayores ($T = 11$ seg), están en el rango de

$H_i/gT_i^2 = 3 - 4 \cdot 10^{-3}$, para las tres secciones ensayadas. Este rango de pendientes críticas actúa también de forma eficaz en el amortiguamiento de energía de las dos secciones de menor ancho (A y B), no sucediendo lo mismo (aunque ello pudiese resultar algo paradójico) para la sección de mayor ancho (C), en donde aparece una incipiente pendiente crítica en el rango de $4,5 - 5,5 \cdot 10^{-3}$ para el oleaje de 9 seg, asociada a una ligera disminución de energía, para aumentar de nuevo el proceso de transmisión.

- De las conclusiones hasta ahora deducidas, y desde un punto de vista exclusivo de abrigo por reducción de la transmisión, se infiere que de las tres secciones ensayadas, en las que el ancho de coronación difiere en $\pm 15\%$, la sección inicialmente propuesta por la Dirección General de Puertos y Costas (sección B) manifiesta, en términos generales, una mayor efectividad en la reducción de los oleajes con incidencia normal ensayados, de periodos 7, 9 y 11 seg (este último, a su vez, llevando también una sobre-elevación asociada de 0,40 m).
- Los coeficientes de transmisión para la sección propuesta, presentan valores máximos del orden 0,5, 0,4, 0,3 y 0,28, para los periodos de 11 seg (con y sin sobre-elevación), 9 y 7 seg, respectivamente, produciéndose un amortiguamiento muy grande (del orden del 60 %), para los dos temporales de mayor periodo (11 y 9 seg), al aumentar la altura de ola de 4 a 5 metros. Hay que resaltar que estos coeficientes de transmisión van referidos a la relación entre alturas de ola transmitidas e incidentes. Si los coeficientes son referidos a las relaciones entre flujos de energías transmitidas e incidentes, los valores anteriormente citados se convierten en: 0,25, 0,16, 0,09 y 0,078, entendiendo que este último criterio, aunque menos utilizado, resulta más coherente y realista desde el punto de vista del transporte de sedimentos.
- La sobre-elevación del nivel medio del mar («set-up») crece con la altura de la ola incidente, para las tres secciones ensayadas, siendo en general mayor según se aumenten los periodos de oleaje, así como la sobre-elevación.
- El «set-up» relativo (ϵ/H_i) muestra una clara dependencia con la pendiente del oleaje incidente (H_i/gT_i^2) y la profundidad relativa (d/gT_i^2), no pareciendo, para las condiciones específicas de este ensayo (rango de B/L_0 en $\pm 15\%$), que el ancho relativo sea un factor muy determinante.
- Para la sección de proyecto (B), los porcentajes

máximos obtenidos de «set-up» referidos a la altura de ola incidente han sido del siguiente orden: 26 % ($T = 11$ seg), 23 % ($T = 9$ seg) y 16 % ($T = 7$ seg). Hay que destacar que estos valores deben ser considerados sobredimensionados por los condicionantes propios del ensayo (bidimensional), debiendo reducirse en la práctica por el efecto de expansión tridimensional.

- Aunque los valores obtenidos de «set-up» sean conservadores, la existencia de sobreelevaciones inducidas por las obras sumergidas pueden tener una influencia considerable en el sistema circulatorio de corrientes de retorno («undertow»), producidas por la obra sumergida. El efecto de la rotura inducida por el dique sumergido sobre las olas de mayor período y altura que incidían perpendicularmente, provoca un aumento en la «tensión de radiación» por el efecto del «roller» asociado, que, de alguna forma, tenderá a ser contrarrestado por un cambio de pendiente del nivel medio del mar, manifestándose en una alteración (en intensidad y dirección) de la corriente de retorno existente. Este cambio puede actuar, en cierta manera, en dirección contraria a las corrientes generadas por las diferencias de altura de ola en la zona protegida (por difracción) del dique, disminuyendo, posiblemente, por un lado el basculamiento en planta de la playa hacia el dique, aunque produciendo, por otro lado, un aumento de las corrientes de salida (a lo largo de toda la profundidad), las cuales pueden sacar los sedimentos por fondo y suspensión si superan en intensidad ciertos valores críticos. Caso de que esos valores críticos de arrastre de sedimentos no sean superados, el incremento de la corriente de retorno inducida por el dique sumergido puede tener un efecto muy positivo en el «sistema de limpieza por superficie» de la playa, que tenderá a sacar de la zona de bañistas, los días de fuerte temporal, todo tipo de materiales acumulados en la playa, normalmente de efecto estético y ecológico negativo (deposición de algas, botellas de plástico, etc.), de acuerdo con los mecanismos explicados en Refer. 7.

- La transferencia de energía a armónicos de mayor frecuencia que la principal, es otra de las características detectadas en el oleaje transmitido, coincidente con los trabajos realizados por otros investigadores (p. e.: Refer. 1, 2, 4 y 6). Hay que decir sin embargo que el «carácter cnoidal» de las olas antes de romper «oscurece», de alguna manera, esa transferencia de energía del oleaje transmitido a los armónicos menores (hecho, por otro lado, no mencionado en la ma-

yoría de las investigaciones sobre este tema).

- Las curvas representativas del coeficiente de transmisión (K_T) con respecto al ancho de coronación relativo (B/L_0) (figura 1.8) muestran características claramente no lineales, presentando un número bien definido de máximos y mínimos. Este hecho debe ser tenido en cuenta por el Ingeniero de Costas, debiendo, en términos generales, ir a condiciones de diseño (en cuanto al ancho de coronación relativo B/L_0), en los rangos de clara tendencia decreciente del coeficiente de transmisión (K_T).

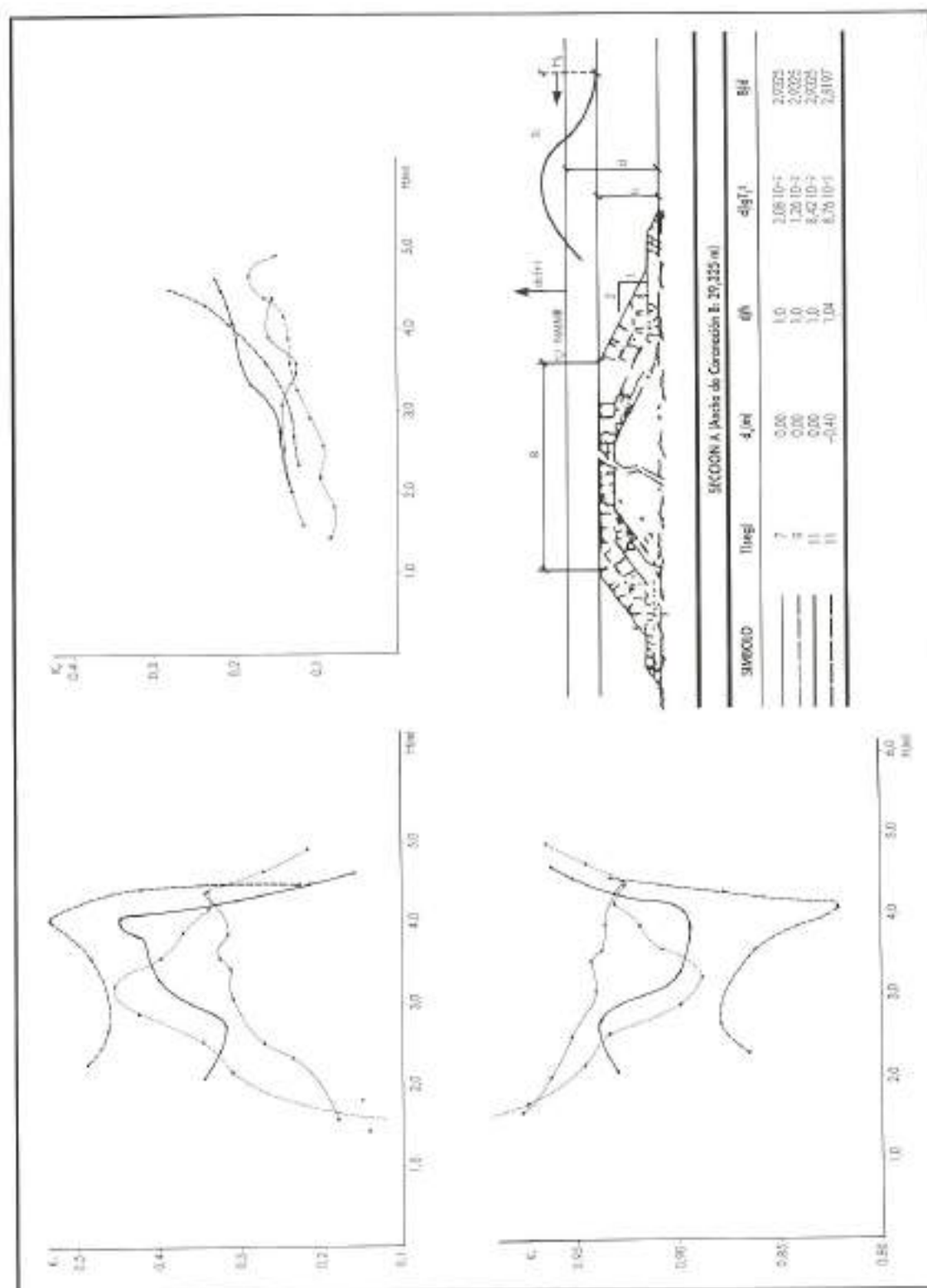
10. AGRADECIMIENTOS

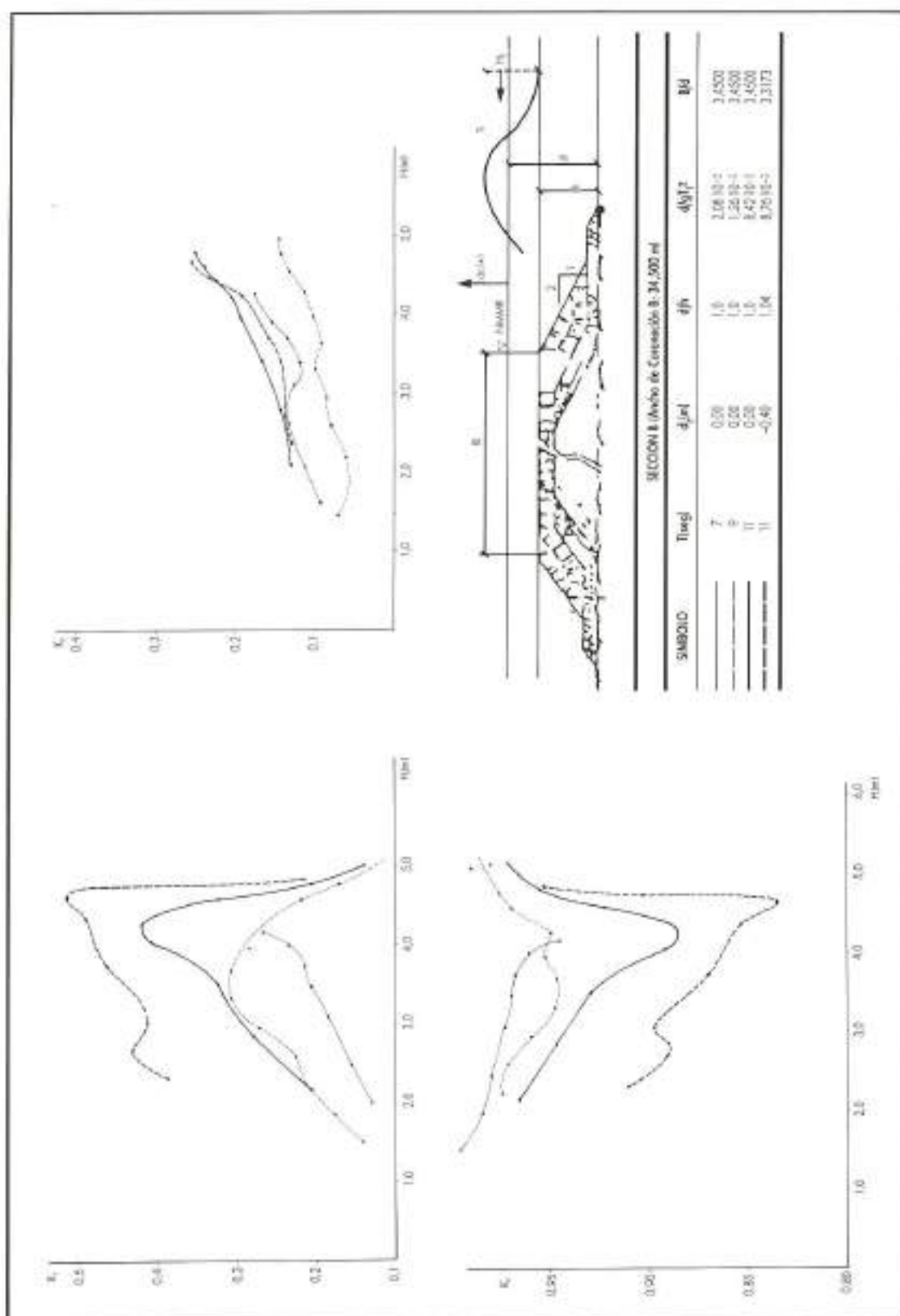
Los autores desean mostrar su agradecimiento a la Dirección General de Puertos y Costas, por permitir la utilización de los datos sobre los ensayos en modelo del espigón de defensa de la Playa de Poble Nou (Barcelona), realizados en el CEPYC.

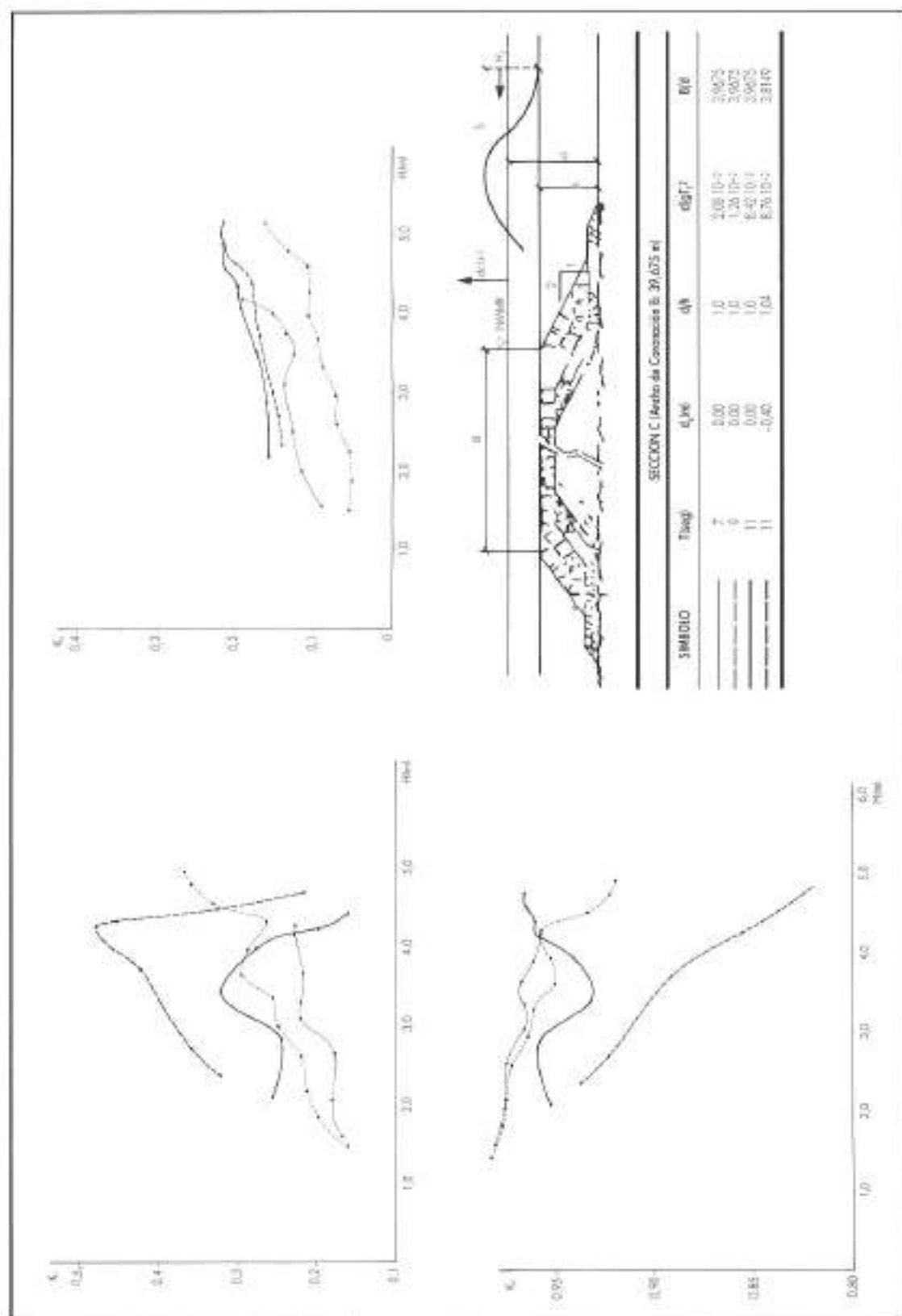
La colaboración de doña Ana María Jiménez Jiménez, Ingeniero Técnico de Obras Públicas y de doña Angeles Hernández Gómez, Auxiliar Técnico, ha sido muy valiosa para la realización de estos ensayos.

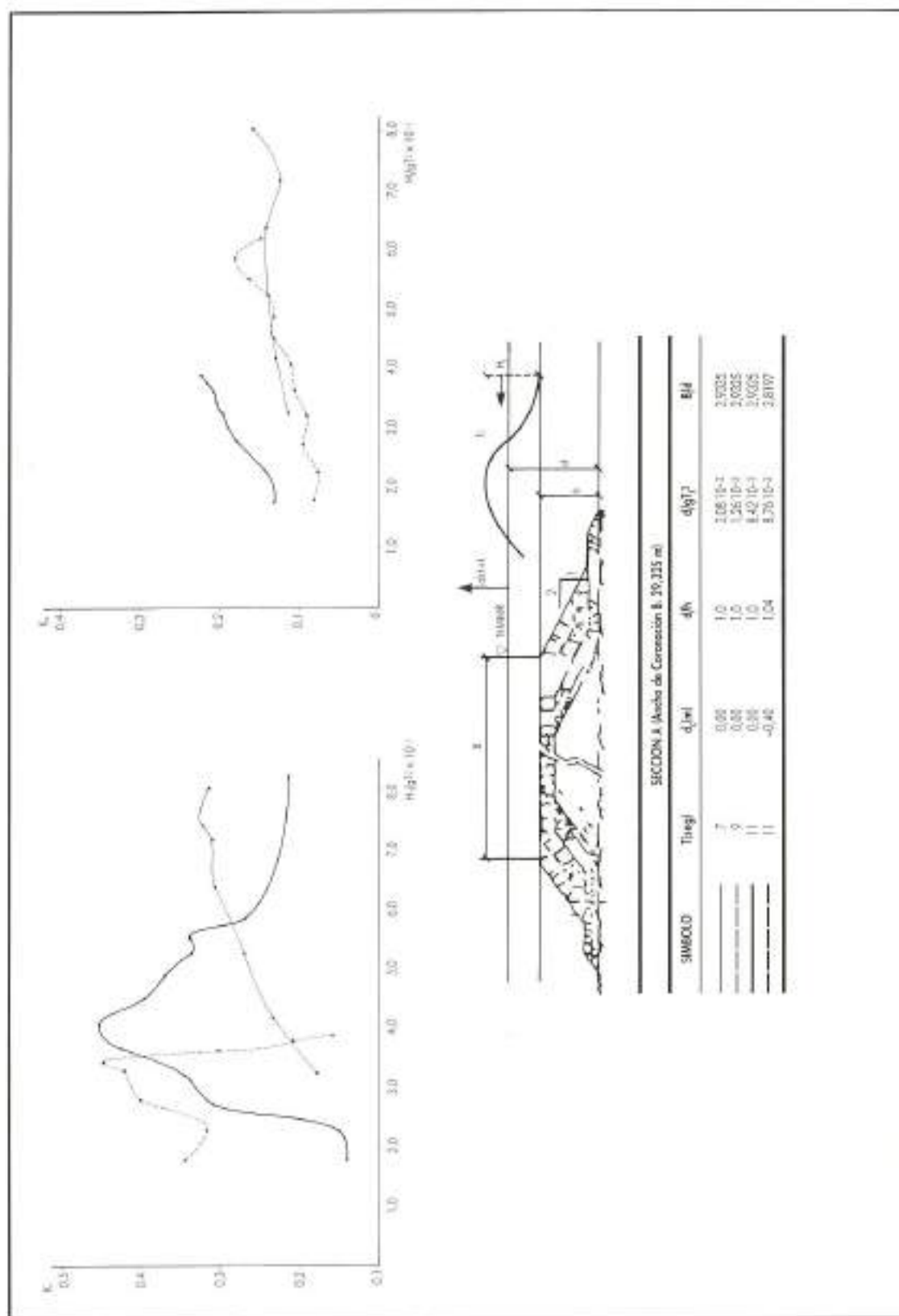
11. REFERENCIAS

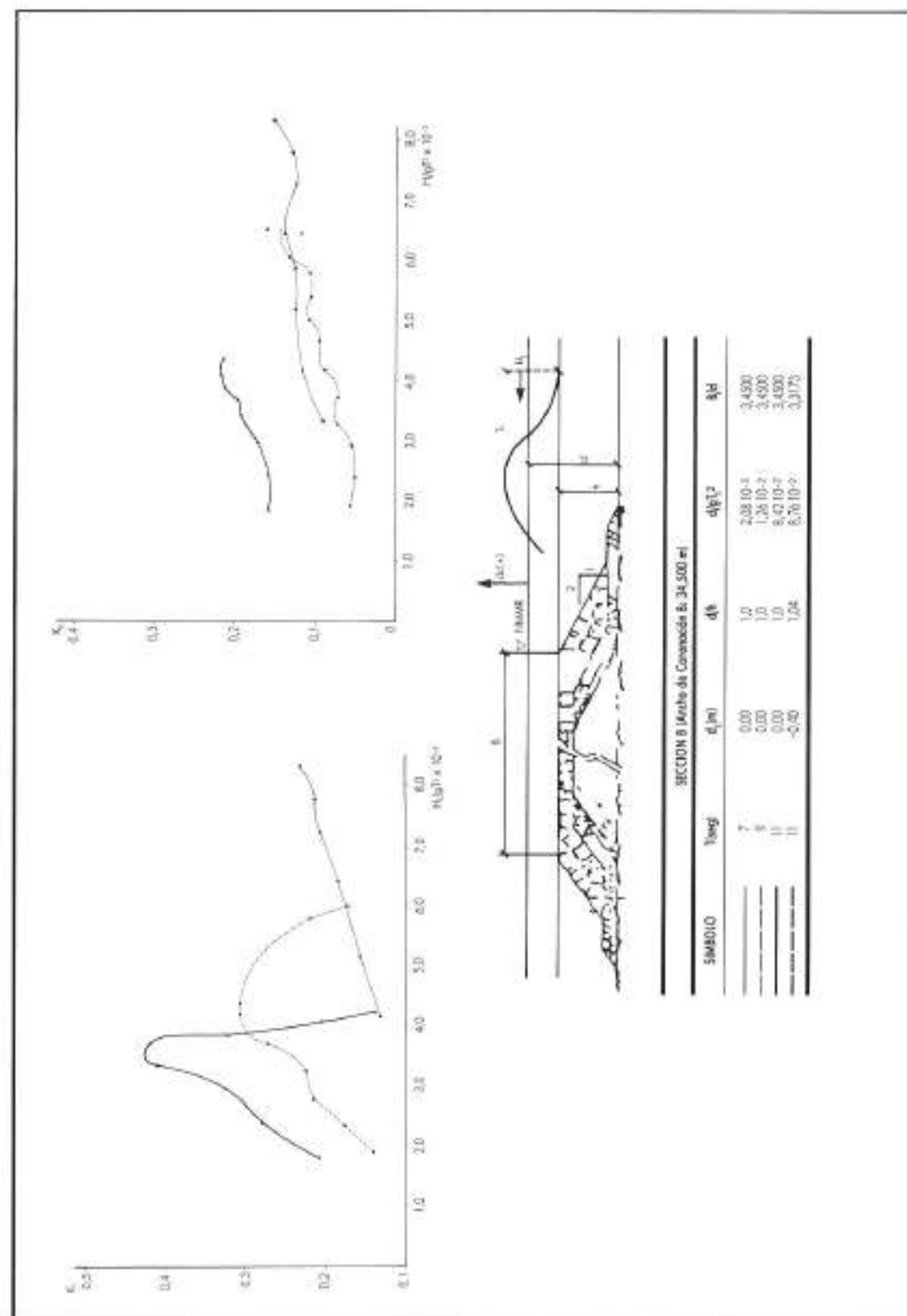
1. DATTARI, J. H., H. RAMAN y JOTHI SHANKAR, 1978: «Performance Characteristics of Submerged Breakwaters». Proceedings, Coastal Engineering Conference.
2. DIC, T. M. y BREBNER, A., 1968: «Solid and Permeable Submerged Breakwaters». Proceedings, Coastal Engineering Conference, vol. 1.
3. GODA, Y. y SUZUKI, Y., 1976: «Estimation of Incident and Reflected Waves in Random Wave Experiments». Proceedings, Coastal Engineering Conference.
4. GOMEZ, G., 1985: «Coastal Protection Design Considerations for Slotted Modular Detached Low-Crested Breakwaters Systems (SMODLOBS)». MSc. Thesis University of Hawaii. Department of Ocean Engineering. (Sin publicar.)
5. GOMEZ PINA, G., 1987: «Obras Especiales Exentas de Defensa de Costas». Curso sobre Obras de Defensa y Regeneración de Playas (CEDEX).
6. GOMEZ PINA, G., 1987: «Diseño de un Nuevo Tipo de Barrera Semis. Modular para Defensa de Costas». Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), CEDEX (en preparación).
7. GOMEZ PINA, G. y SANCHEZ-SOLE, A., 1987: «Beach Restoration Criteria Based on Algae Hydrodynamics». «Coastal Zone 87», Seattle, mayo 1987.
8. GOMEZ PINA, G., 1987: «Ensayos en Modelo del Espigón de Defensa de la Playa de Poble Nou (Barcelona)». Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX). Clave: 214309039. (Sin publicar.)
9. HALL, W. C., HALL, J. V., 1940: «A Model Study of the Effects of Submerged Breakwaters on Wave Action». Technical Memo, No. 1 U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, May.

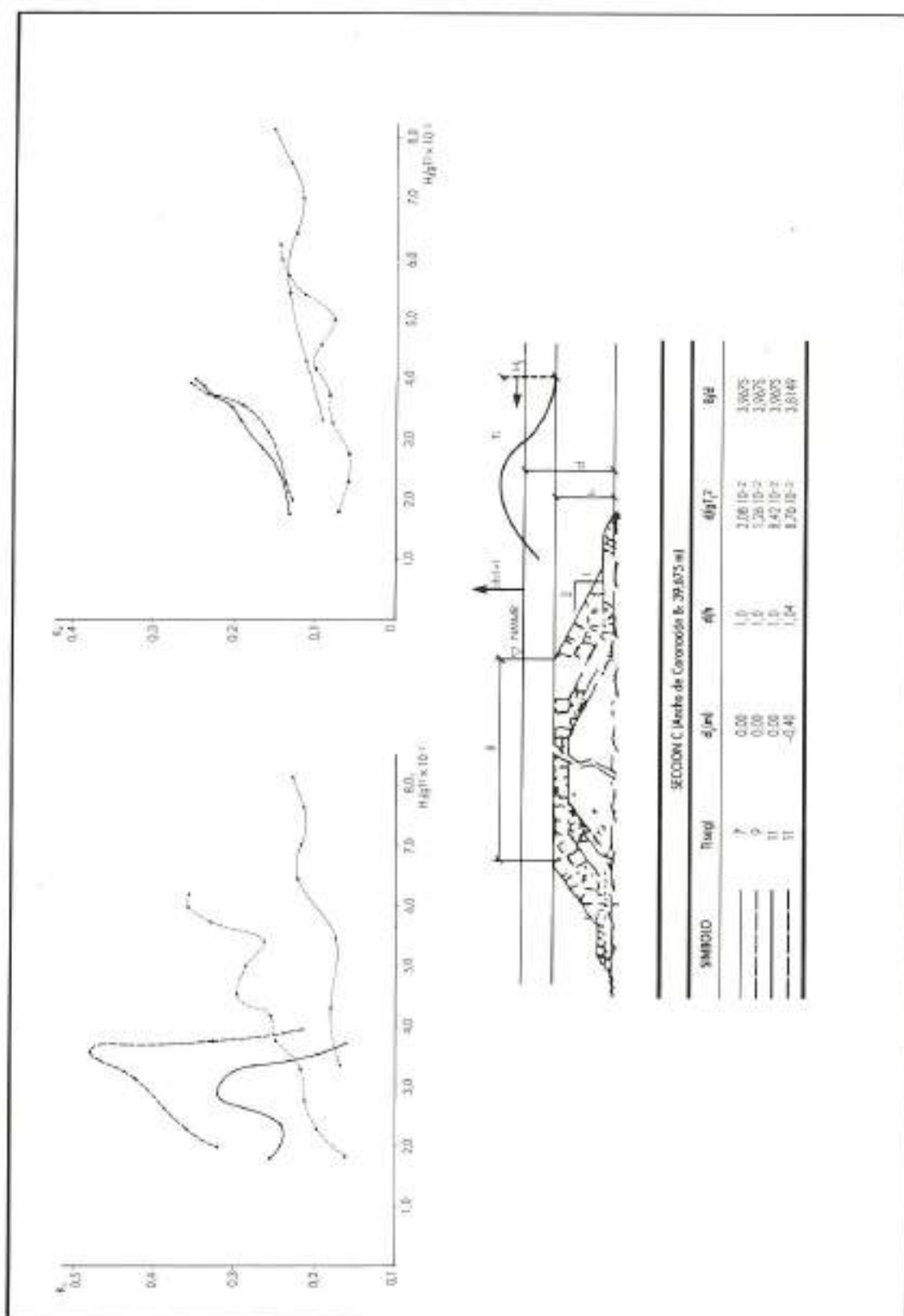
APENDICE I
 FIGURAS

 FIGURA I.1. Variación de los coeficientes de transmisión (K_T), reflexión (K_R) y pérdida (K_L) con respecto al ángulo de incidencia (θ). Sección A. Bater. 8.


 FIGURA L2. Variación de los coeficientes de transmisión (K_p), reflexión (K_q) y pierdidos (K_d) con respecto a la altura de ola incidente (H). Sección B. Reiter, B.


 FIGURA 1.3. Variación de los coeficientes de transmisión (K_t), reflexión (K_r) y pérdidas (K_l) con respecto a la altura de ola incidente (H_i). Sección C. Refer. 8.


 FIGURA 1.4. Variación de los coeficientes de transmisión K_t y reflexión K_r , con respecto a la pendiente del oleaje incidente (H/gT^2) , Sección A, Boler. 8.


 FIGURA 1.5. Variación de los coeficientes de transmisión K_t y reflexión K_r con respecto a la pendiente del oleaje incidente (H/L); Sección B. Refer. 8.


 FIGURA 1.6. Variación de los coeficientes de transmisión K_t y reflexión K_r , con respecto a la pendiente del oleaje incidente H/gT^2 . Sección C. Refer. 8.

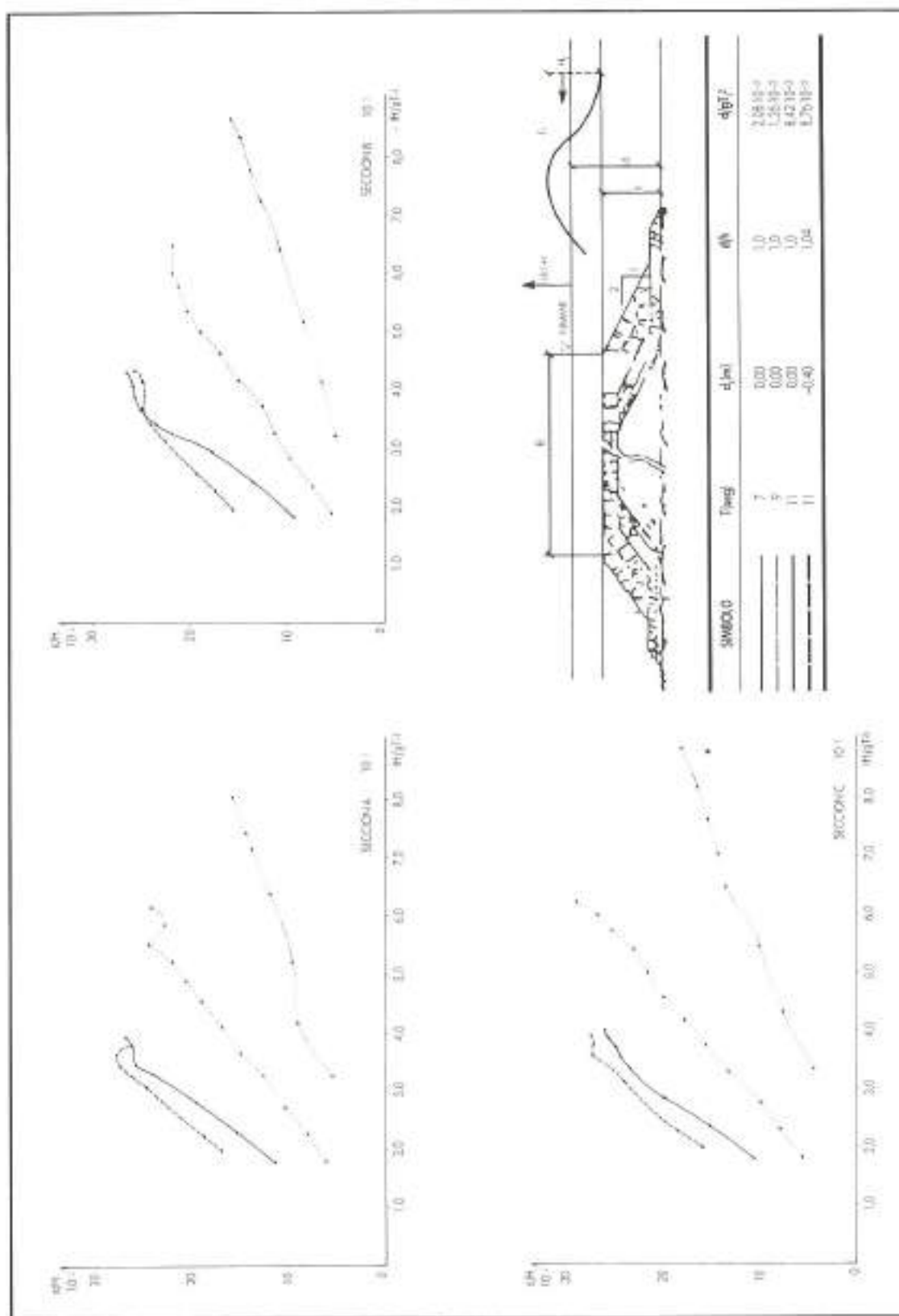


FIGURA 1.7. Variación del nivel medio longitudinal relativo (H/L) con respecto a la pendiente del eje longitudinal (X) para las secciones A, B y C. Refer. 8.

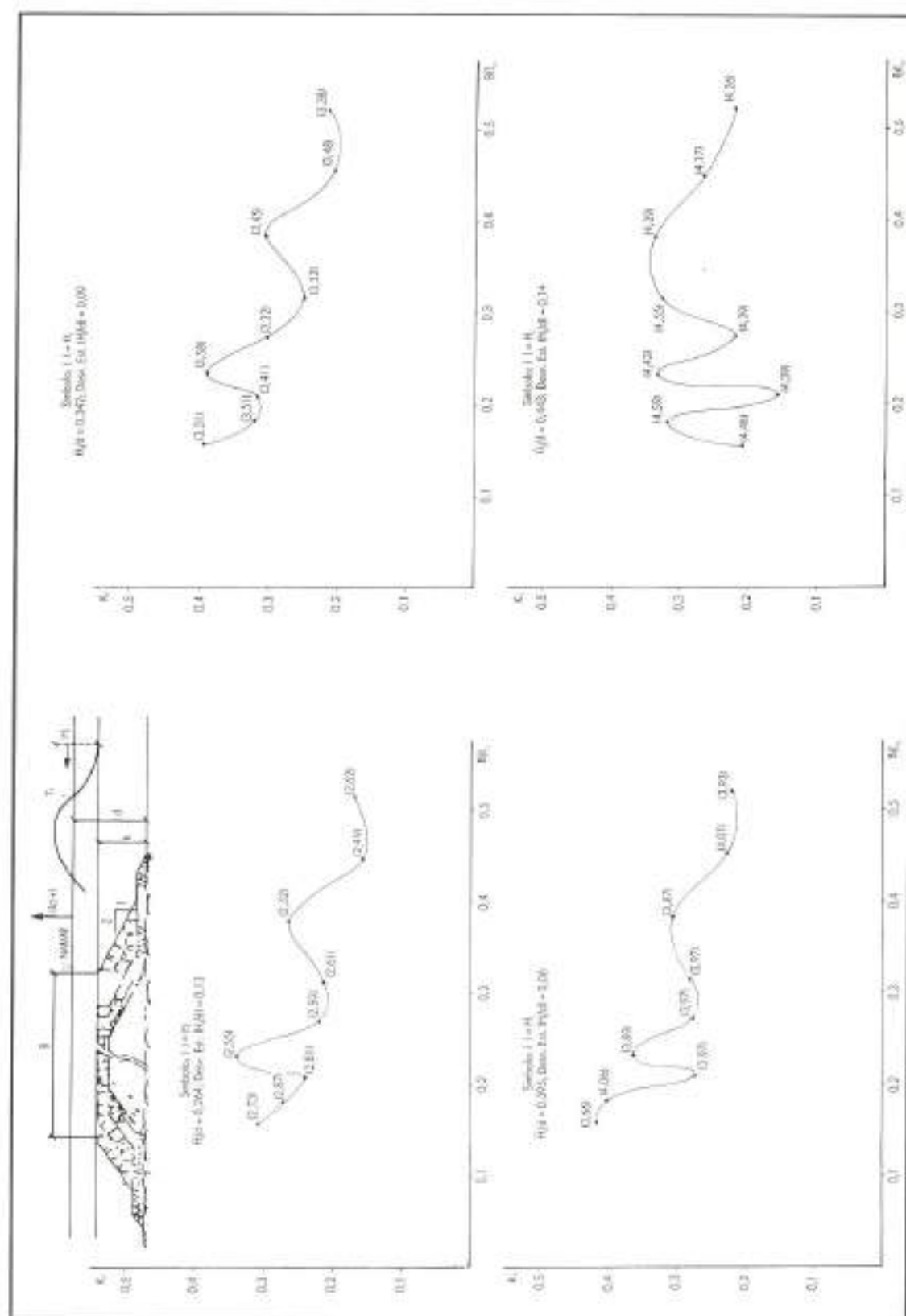


FIGURA 1.B. Influencia del ancho relativo de coronación (H_c/L) sobre el coeficiente de transmisión (K_t) para diferentes valores de la altura de ola incidente relativa (H_s/L) . Refer. 8.

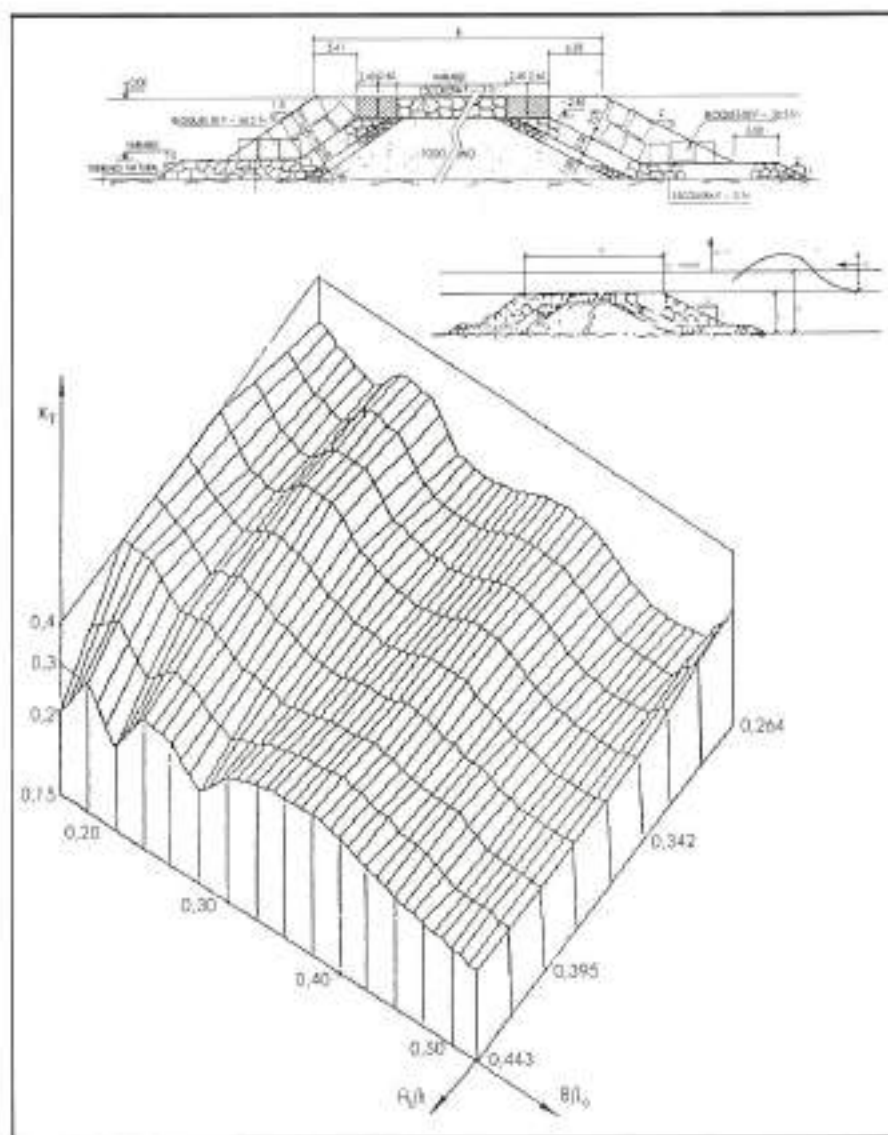


FIGURA 1.9. Representación tridimensional de la influencia del ancho relativo de coronación (B/l_0) sobre el coeficiente de transmisión (K_T) para diferentes valores de la altura de ola incidente relativa H_0/h . Cota de coronación coincidente con el NMLR. Refer. 8.

LA FIBRA DE REFUERZO



Vetrotex

Vetrotex

BASE DE LOS MATERIALES COMPUESTOS



CRISTALERIA ESPAÑOLA, S.A.

DIVISION FIBRA DE REFUERZO

Sede Social:
Paseo de la Castellana, 77 - Centro Azca
Teléfono Centralita 387.20.00
Télex Nº 44624 CESA E
Telefax 571.06.07
28046 - MADRID

Líderes en un mundo de cambio...



Programa Topográfico

SOKKISHA

SDR-VARIN

Distribuidor en exclusiva
para España:

Isidoro Sánchez, S. A.

RONDA DE ATOCHA, 16 - 28012 MADRID - Teléfs.: 228 38 34 - 230 40 06