

ONDA DE RESACA EN LOS PUERTOS

ENSAYOS DE RESONANCIA EN MODELOS REDUCIDOS

Por RAMON IRIBARREN CAVANILLES, con
la colaboración de CASTO NOGALES Y OLANO
y PEDRO FERNANDEZ FERNANDEZ,

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Se resumen en el presente artículo los interesantes estudios realizados en modelos reducidos sobre la onda de resaca en los puertos, llegando a sentar los autores que se trata de un fenómeno de resonancia, y que la continuación de estos ensayos permitirá en breve obtener y publicar normas aplicables a cualquier forma de puerto para evitar los grandes perjuicios que en ellos tienen causando estos fenómenos de resaca, y a explicar definitivamente los fracasos ocurridos al quererlos aminorar con obras de abrigo.

En el mes de abril de 1948, y después de varios años de estudios y observaciones, se publicó, en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, el artículo denominado "Corrientes y oscilaciones de resacas en el interior de los puertos".

En la Ponencia española de la Comunicación 4 del XVII Congreso de Navegación, celebrado en Lisboa el año de 1949, se presentó dicho estudio, por lo que no era procedente volverlo a presentar en la Comunicación 1 del último Congreso de Londres, aunque se refería, plenamente, al mismo tema (*).

Como se explicaba en dichas publicaciones anteriores, después de numerosas y largas observaciones en el mar, donde el hasta entonces misterioso fenómeno estaba enmascarado por el oleaje, así como en los puertos, playas y rías, se llegó a descubrir lo siguiente:

1.º El período de estas corrientes alternativas en los puertos y sus bocas, que llegan a romper amarras de los barcos fondeados en su interior, con graves consecuencias, es distinto y mucho mayor que el del oleaje.

2.º La amplitud, tanto horizontal como vertical, de este movimiento en el interior de los puertos que lo sufren, es mayor que las correspondientes al exterior, playas, rías, etc.

Como consecuencia de esto se dedujo, por vez primera, que se trataba de un fenómeno de resonancia, que se producía al coincidir el período propio de oscilación de la masa de agua contenida en el interior del puerto con el de la causa exterior, que podía determinarse por observación directa.

Ha sido muy satisfactorio comprobar ahora que casi todos los ponentes del citado Congreso de Londres han tratado las ondas de resaca como un fenómeno de resonancia.

En estas condiciones, y estando en profundidades

reducidas, inmediatamente se deduce la básica resonancia del cuarto de longitud de onda

$$2 T_p = \frac{4 L_p}{C} = \frac{4 L_p}{\sqrt{g H_p}} = 2 T_R \text{ o sea } L_p = \frac{T_R}{2} \sqrt{g H_p}.$$

En esta expresión, $2 T_R$ es el período de la oscilación, o causa exterior; $2 T_p$, el período propio de oscilación de la masa de agua contenida en el puerto, cuya profundidad peligrosa es H_p , correspondiente a su correlativa longitud, también denominada peligrosa; L_p , medida ésta desde el fondo, o extremo del puerto, al exterior de su boca.

Para una determinada profundidad H_p , hay que evitar su correspondiente longitud peligrosa L_p , o viceversa; para una determinada longitud L_p , hay que evitar su correspondiente profundidad peligrosa H_p .

Todo esto explica los fracasos ocurridos en varios intentos de disminuir las resacas, denominadas así para distinguirlas del oleaje, mediante espigones o diques de abrigo de las bocas de los puertos que las sufrían, así como el éxito obtenido, posteriormente al descubrimiento de que se trataba de resonancias, variando el período propio del puerto mediante dragados u otras obras.

Todo ello se exponía, con suficiente detalle, en las citadas publicaciones anteriores, a las que, para evitar ociosas repeticiones, remitimos al lector.

Con la finalidad de ir afinando más el método empleado, y para presentarlo en el último Congreso de Londres, se iniciaron hace tiempo una serie de ensayos en modelos reducidos, empleando este procedimiento como siempre hemos hecho, no para tratar de resolver el caso de un determinado puerto en el que intervienen simultáneamente complejas cuestiones diferentes, sino para tratar de deducir conclusiones de carácter general.

(*) Un resumen del presente estudio fué presentado en la sesión del 12 de julio de 1957 del XIX Congreso de Navegación, celebrado en Londres.

Se ha utilizado el tanque del Laboratorio de Puertos de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, que tiene 21 metros de largo por 7 de ancho, y cuya paleta de producción de oleaje está accionada por el mecanismo de botón y ranura, que reproduce exactamente el movimiento armónico simple y que se detalla en el artículo denominado "Aparatos productores de oleaje artificial", publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de mayo de 1952.

Para evitar la reflexión de las ondas, producidas por la paleta, en el extremo del tanque opuesto a la misma, se dispuso una rampa del 6/1 de talud, constituida por gravilla, para que la filtración contribuyese a la anulación de energía.

Con la finalidad de reproducir la básica resonancia del cuarto de longitud de onda, se comenzaron por ensayar, con la profundidad de agua $H = 30$ centímetros, modelos, cuadrados y rectangulares, de 2 metros de ancho por 2, 3 y 4 de largo y con aberturas totales y parciales, variables de 20 en 20 centímetros, en el lado menor, expuesto a la acción directa de la onda exterior.

Todos y cada uno de estos modelos fueron sometidos a la acción de ondas de diversas características, que sería prolijo detallar, pues los resultados obtenidos no acusaron francas amplificaciones de resonancia y no permitieron establecer conclusión alguna.

Por si esto fuese debido a excesivas dimensiones de los modelos en relación a las del tanque, se redujeron las dimensiones de aquéllos a 1 m. de ancho por 1, 1,5 y 2 de largo, rebajándose la profundidad a $H = 15$ cm., sin obtener mejores resultados.

Del detallado estudio de los confusos resultados obtenidos, pareció deducirse que esta confusión pudiera ser debida a oscilaciones propias del tanque, no de los modelos, originadas por reflexiones en la rampa de 6/1.

Aunque esto suponía ocupar 12 m. de la longitud del tanque, aún forzando la pendiente en su parte más profunda, se suavizó ésta hasta el 1 por 100 en la zona superior, con lo que las reflexiones en ella disminuyeron sensiblemente, a pesar de lo cual tampoco se produjeron las oscilaciones del cuarto de longitud de onda en los modelos.

Como consecuencia de estos negativos resultados, se pensó que para que este fundamental tipo de resonancia se produzca, pudiera ser condición necesaria que en el extremo abierto del resonador, o boca del puerto, exista un ensanchamiento brusco de la sección. Aunque esta condición aparentemente se cumplía, al pasarse del metro de anchura del modelo a los 7 metros de anchura del tanque, un estudio más detenido de la cuestión probó que no era así, pues no basta con que la anchura de la boca del puerto, B , sea pequeña en relación con la zona marítima en la que desemboca, sino que es preciso que

sea pequeña en relación con la longitud $2L$, o, mejor dicho, con la dimensión L del cuadrilátero de avance de la onda, o sea $\frac{B}{L} \approx 0$. En estas condiciones, la

onda reflejada, que sale del puerto-resonador por su boca, apenas produce onda exterior, por lo que gran parte de su energía queda dentro de él, y por su rítmica acumulación en varias oscilaciones crecientes, deducido el consumo originado por ellas, produce la amplificación, que se estabiliza cuando, en cada oscilación amplificada, el consumo de energía se hace igual a la energía retenida.

En estos ensayos, la profundidad en el tanque siguió siendo $H = 15$ cm., y la profundidad en el interior del modelo, situada sobre la rampa, se reducía a $H_i = 7,5$ cm., en cuya zona las longitudes de onda ensayadas eran del orden de los 4 m., con lo que $\frac{B}{L} \approx \frac{1}{2} = 0,5$, y la condición anterior no se cumplía suficientemente.

Para comprobar la decisiva influencia de este posible defecto, aminorándolo y tratando de acentuar la amplificación de resonancia $A = \frac{A_i}{2h}$, siendo

$A_i = 2h_i$ la máxima amplitud del movimiento vertical en el interior del puerto y $2h$ la altura de la onda exterior al mismo, se ensayó el que denominamos puerto-ranura de sólo 0,10 m. de anchura por 1 de largo y totalmente abierto por uno de sus extremos. En estas condiciones, la relación $\frac{B}{L} = \frac{0,1}{2} = 0,05$

es suficientemente pequeña y, por vez primera, se inició francamente la resonancia del cuarto de longitud de onda.

Se comprobó también la decisiva influencia, para esta resonancia, de que la onda que la origina no esté deformada como consecuencia de su excesivo peralte $\frac{2h}{2L}$, correspondiente a las pequeñas profundidades relativas $\frac{H}{L}$ en que se propaga.

Las ondas no deformadas son las aproximadamente trocoidales, cuya longitud total $2L$ se divide en la semilongitud superior al nivel medio L_s , y la inferior, L_i , cumpliéndose las condiciones $L_s = L_i = 1$. Las semilongitudes L_s y L_i hay que medirlas entre los centros orbitarios correspondientes.

Las ondas deformadas son, por el contrario, aquellas en las que, por excesivo peralte $\frac{h}{L}$ y reducida profundidad relativa, $\frac{H}{L}$, resulta $L_s < L_i$.

Las primeras producen, al reflejarse en una pared y por interferencia de las ondas trocoidales directa y reflejada, el movimiento estacionario puro, capaz de amplificarse por resonancia. Las segundas, por el contrario, sólo producen dos trenes de ondas progresivas, no trocoidales, que se cruzan sin producir

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-INFLUENCIA DEL ANCHO DEL PUERTO-ONDA CON PERALTE CONSTANTE

COEFICIENTE DE AMPLIFICACION - $A = \frac{\text{AMPLITUD EN LA PARED}}{\text{AMPLITUD EXTERIOR}}$
 MODULO DEL MODELO - $M = \frac{\text{ANCHO EN LA PARED}}{\text{ANCHO EN LA ENTRADA}}$

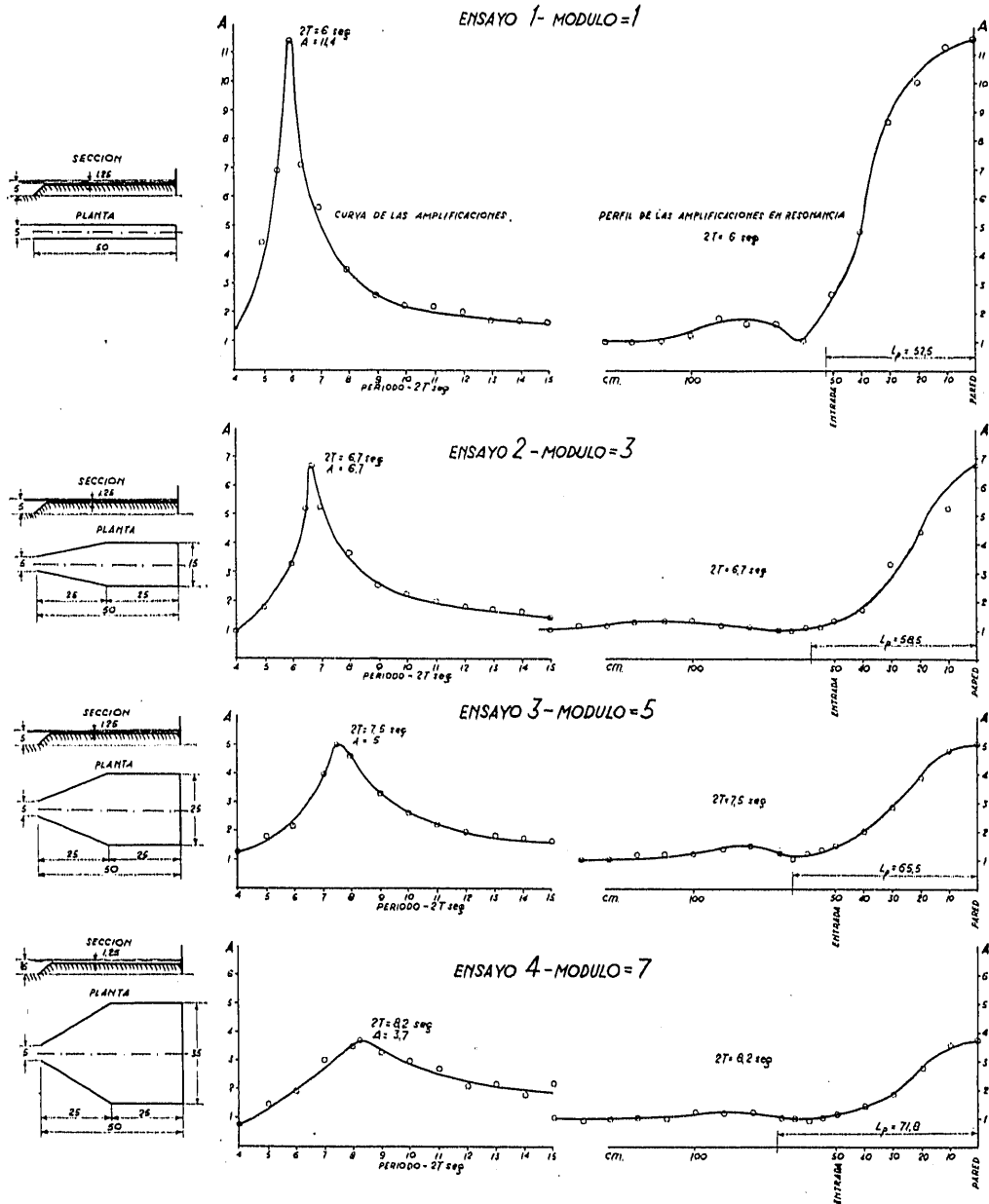
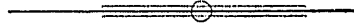


GRAFICO -1

el movimiento estacionario, lo que dificulta, o impide, su amplificación por resonancia.

Como consecuencia de todas estas interesantes enseñanzas, obtenidas a costa de la extensa experimentación reseñada, cuyo largo plazo demoró la presentación de este estudio, se han iniciado los ensayos definitivos en las condiciones siguientes:

Se ha suavizado aún más la pendiente de la rampa anuladora de energía, dándole, en la parte superior e inferior, las suaves pendientes del 0,5 por 100, enlazadas con un tramo intermedio del 1 por 100 para no hacer excesiva su longitud. Se ha reducido la profundidad exterior al puerto a $H = 0,05$ m., y la interior al mismo, a $H_i = 0,0125$ m. Para utilizar la gama de periodos del aparato productor de ondas, que puede variar sin cambio de poleas de $2T = 4$ segundos a $2T = 16$ segundos, en la zona de resonancias, se ha reducido la longitud del modelo a 0,50 metros y la anchura de su boca a $B = 0,05$ m., con lo que, aproximándose la longitud de onda exterior que origina las resonancias a los 5 m., se obtiene $\frac{B}{L} = \frac{0,05}{2,5} = 0,02$, aún menor que la anterior. Para operar con peraltes similares a los de la naturaleza en estas ondas de resaca, son precisas alturas de ondas muy reducidas en el modelo, aun con alguna distorsión de escala, por lo que son necesarias precisas mediciones.

En definitiva se ha efectuado una serie de ensayos en las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} \text{Escala de horizontales: } \lambda_{II} &= \frac{1}{500} \\ \text{Escala de verticales: } \lambda_V &= \frac{1}{250} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Distorsión } \frac{\lambda_V}{\lambda_{II}} = 2. \end{array} \right.$$

$$\text{Escala de tiempos: } \tau = \frac{\lambda_{II}}{\sqrt{\lambda_V}} = \frac{1}{31,6}$$

A base de estas escalas, y como se indica en el cuadro de la página siguiente, las características del puerto natural se aproximan a las de los pequeños puertos pesqueros de bajura de la región Cantábrica, que tan frecuentemente son afectados, peligrosamente, por las resacas. El período y la longitud de onda naturales se aproximan también a las de las ondas de resacas del Cantábrico, cuya altura suele aproximarse a los 30 cm., con lo que su peralte sería 0,00012, o sea, el mismo de la onda del modelo, consiguiéndose así aminorar en lo posible y a este respecto, el perturbador efecto de la distorsión de escalas.

Iniciando la serie de puertos ensayados, en estas condiciones, con el puerto-ranura de 50 por 5 centímetros, cuyo módulo o relación de anchuras en su fondo F y en su boca B vale $M = \frac{F}{B} = \frac{5}{5} = 1$, se han empleado, además, los modelos de módulos $M = 3$, $M = 5$ y $M = 7$, en el que ya la amplificación es muy reducida.

Las plantas esquemáticas de estos modelos se indican en el gráfico correspondiente (gráfico 1).

En cada una de ellas, variando los periodos y recorridos de la paleta productora de ondas en forma tal que el peralte de éstas sea constante, se determinan las curvas de amplificaciones, cuyas abscisas son los periodos $2T$, y las ordenadas representan las amplificaciones obtenidas.

$$A = \frac{A_i}{2h}$$

Además se han determinado los perfiles longitudinales, en resonancia, a lo largo del eje del puerto, que pasan por el centro de la boca, y cuyas ordenadas representan las amplificaciones del movimiento vertical en cada punto.

La semejanza de las formas de todas las curvas de amplificaciones con las teóricas correspondientes,

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA - ONDAS CON PERALTE CONSTANTE

INFLUENCIA DEL ANCHO DEL PUERTO

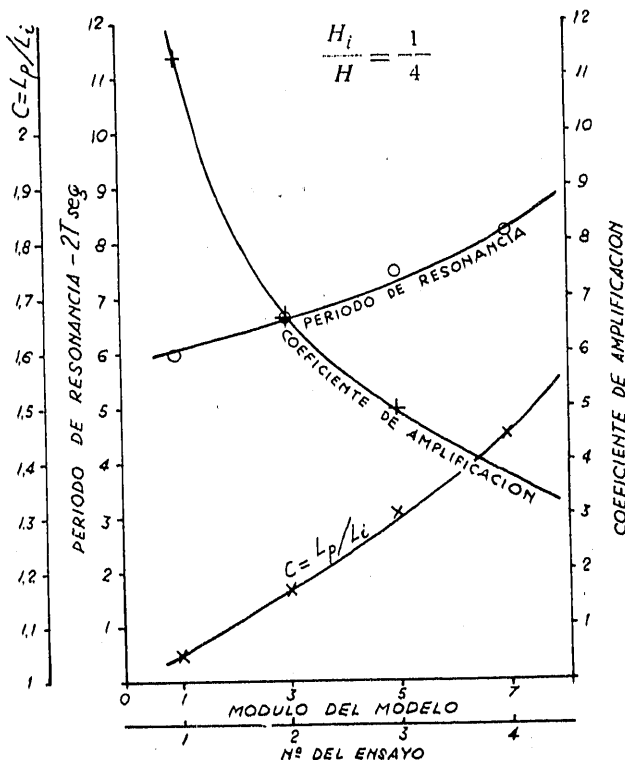


GRAFICO -1'

Características.

PUERTO			ONDA MEDIA		
	Modelo	Naturaleza		Modelo	Naturaleza
Longitud interior L_i	50 cm.	250 m.	Período $2T$	7 seg.	221 seg.
Boca B	5 cm.	25 m.	Longitud exterior $2L$	490 cm.	2 450 m.
Profundidad exterior H ...	5 cm.	12,5 m.	Altura exterior $2h$	0,06 cm.	0,15 m.
Profundidad interior H_i ...	1,25 cm.	3,12 m.	Peralte	0,00012	0,00006

comprueba, una vez más, que las oscilaciones de resacas, o de largo período, son esencialmente un fenómeno de resonancia.

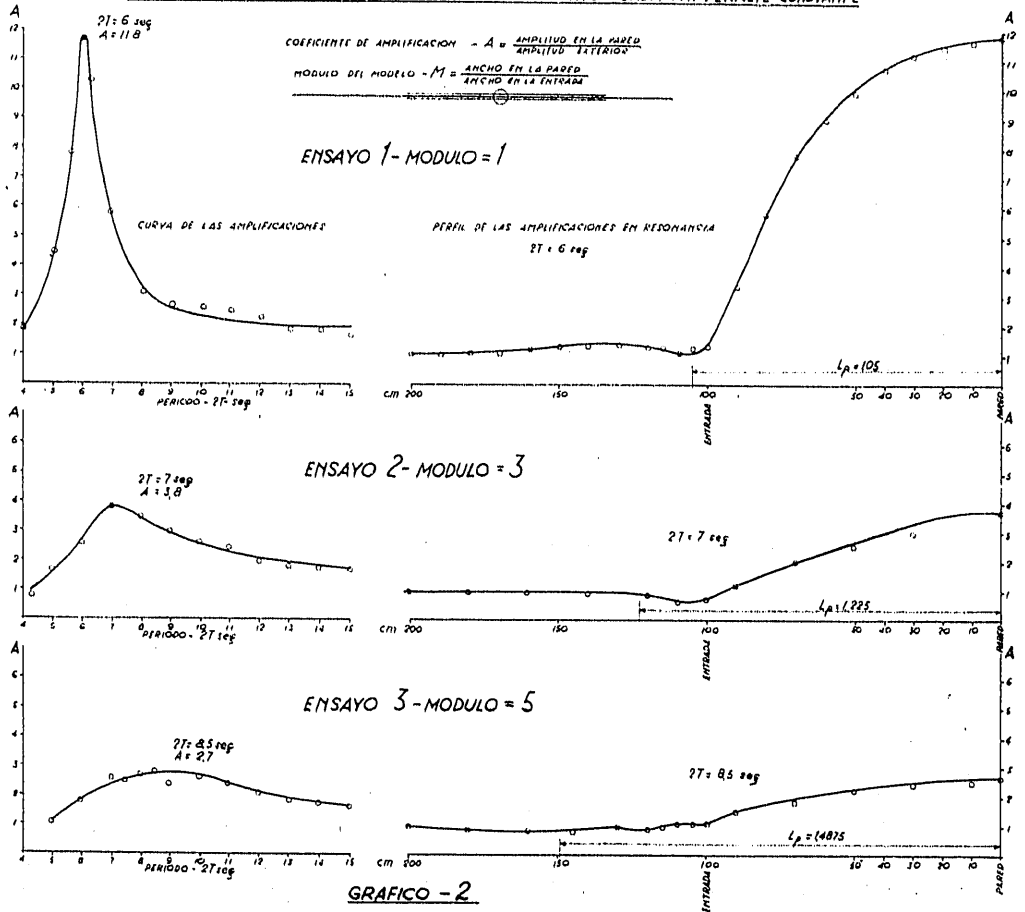
Además de esto, el resultado práctico más interesante del estudio efectuado, aunque sujeto a las revisiones que se indican en el pie de la página siguiente, es que permite determinar el coeficiente C por el que hay multiplicar, en cada caso, la longitud interior del puerto L_i , o distancia de su boca al fondo, para obtener la que denominamos longitud peligrosa L_p , o sea

$L_p = C L_i$, que precisa la situación del nodo, exterior a la boca, como ya se indicó en las publicaciones citadas al principio.

Se ha dibujado así la curva que tiene por abscisas los módulos M y por ordenadas estos coeficientes C , que permite determinar, para los puertos de forma similar a los ensayados, su coeficiente correspondiente, que es lógico que vaya aumentando a medida que el encauzamiento dinámico, producido por la

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-INFLUENCIA DEL ANCHO DEL PUERTO - ONDA CON PERALTE CONSTANTE



convergencia de los diques; prolongue más eficazmente el encauzamiento material por ellos originado hasta la boca, sacando el nodo más hacia su exterior (gráficos 1 y 1').

Las velocidades en la boca del puerto que, en primera aproximación, son proporcionales al producto de la amplificación por el módulo del puerto, aumentan con éste, por lo que también aumenta la longitud del encauzamiento dinámico, y como consecuencia $C = \frac{L_p}{L_i}$ aumenta también, aunque dicho encauzamiento dinámico aparezca anegado lateralmente por la onda progresiva exterior, principalmente cuando es larga (*).

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-ONDAS CON PERALTE CONSTANTE

INFLUENCIA DEL ANCHO DEL PUERTO

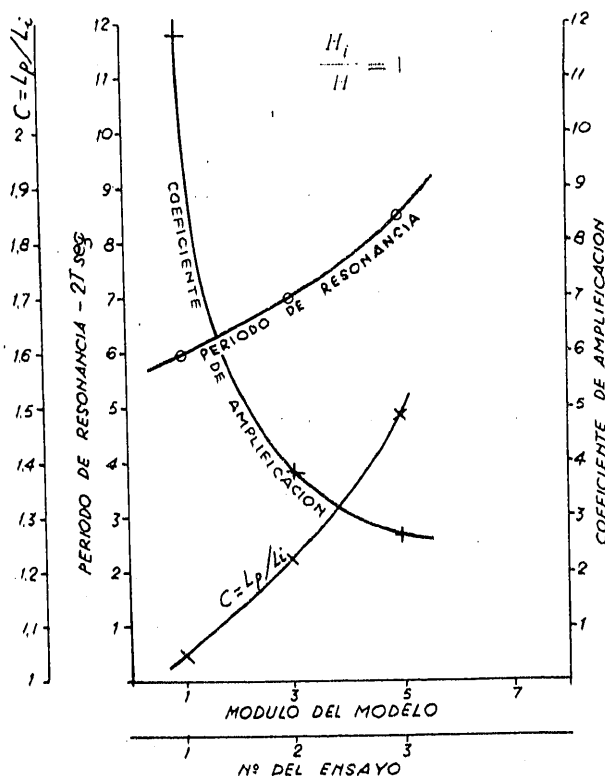


GRAFICO-2'

(*) También es posible que el aumento de consumo de energía y de frenado, producidos por la viscosidad en la reducida escala del modelo, originen disminuciones de celeridades con el consiguiente aumento del período, lo que pudiera ser causa de los aparentes aumentos de C , haciéndolos mayores que en la naturaleza. Para tratar de dilucidar esta interesante cuestión, se efectuarán nuevas series de ensayos.

Continuando la larga serie de ensayos de puertos de todos los tipos y características que ha de realizarse más adelante, se han efectuado también algunos ensayos con la profundidad interior del puerto igual a la exterior, o sea, $H_i = 5$ cm., en lugar de $H_i = 1,25$ cm. en el interior del modelo, conservándose la profundidad $H = 5$ cm. en el tanque.

Para que la resonancia se produzca dentro de la misma gama de períodos, la longitud de los modelos proporcional a las celeridades interiores, ha de ser

$$\sqrt{\frac{5}{1,25}} = 2,$$

o sea, doble que la de la serie anteriormente ensayada.

Como consecuencia de lo cual, y conservando las escalas

$$\lambda_{11} = \frac{1}{500} \quad \text{y} \quad \lambda_v = \frac{1}{250},$$

las características de las ondas exteriores continúan siendo las mismas y sólo varían, tanto en los modelos como en la naturaleza, las dimensiones de éstos en planta, que se duplican al hacerse las profundidades interiores cuatro veces mayores.

Los resultados obtenidos con estos puertos, semejantes en planta a los anteriores y con sus mismos módulos, se indican en los gráficos correspondientes (gráficos 2 y 2').

Las diferencias lógicas que existen entre los gráficos 1' y 2', se explican por el hecho de que las perturbaciones sufridas por las corrientes en las proximidades de la boca, es decir, su concentración hacia el exterior del puerto y su expansión hacia el interior, aumentan con el módulo y son atenuadas por la presencia del escalón en los ensayos a que se refiere el gráfico 1'. Por consiguiente, en este gráfico 1', las amplificaciones de resonancia aumentan, y los períodos, así como los coeficientes C , disminuyen en relación con el gráfico 2'. Las socavaciones originadas por las corrientes de resaca en las bocas de numerosos puertos naturales, pudieran producir un efecto análogo al del escalón considerado.

También se han ensayado una serie de puertos rectangulares, con los mismos módulos y profundidades $H_i = 5$ cm., cuyas resonancias se indican en el respectivo gráfico (gráfico 3).

En todas estas series de ensayos se han determinado, además de las curvas de amplificaciones en función de los períodos, los perfiles de las amplificaciones en resonancia, así como los de los coeficientes

prácticos $C = \frac{L_p}{L_i}$ en función de los módulos

$M = B/T$ (gráficos 1-1', 2-2' y 3-3').

La coincidencia entre las curvas de los gráficos 2' y 3' es debida a que las corrientes interiores, con-

centradas hacia la boca, son semejantes en los ensayos a que se refieren ambos gráficos.

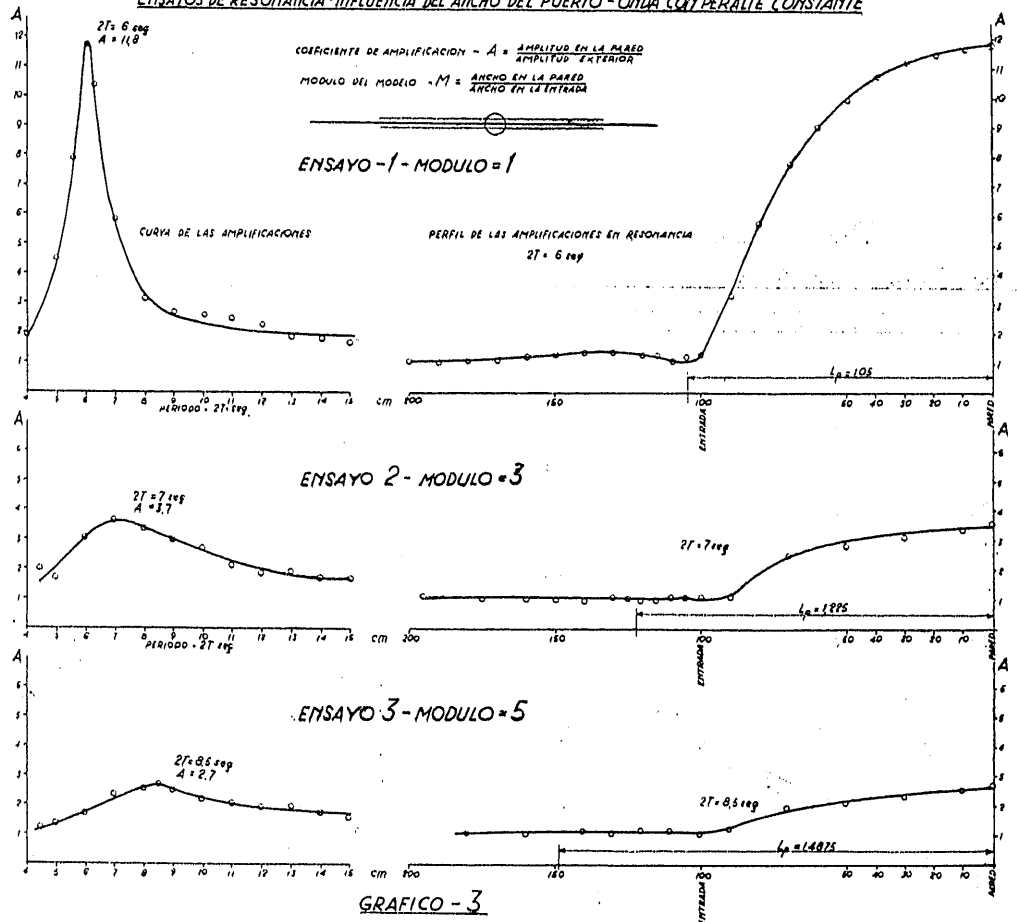
Para comprobar las influencias anteriormente indicadas en las ampliaciones del peralte de las ondas y de la anchura de la boca en relación con la semilongitud de onda, se han efectuado algunos ensayos, en el puerto-ranura, cuyas curvas represen-

6-6', en los que se comprueba que las ampliaciones de resonancia se reducen aproximadamente a la mitad cuando el ángulo de incidencia pasa de 0 a 90°.

Con el fin de determinar la influencia de la situación del puerto con respecto a la costa, se han realizado también dos series de ensayos con el puerto-ranura, situando paredes reflejantes exteriores en la

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA - INFLUENCIA DEL ANCHO DEL PUERTO - ONDA CON PERALTE CONSTANTE



tativas de sus resultados también se acompañan (gráficos 4-4' y 5-5').

Para comprobar la influencia que puede tener, desde el punto de vista de la resonancia, la dirección de la onda de resaca con relación al puerto, se han efectuado una serie de ensayos con el puerto-ranura, para el cual los fenómenos son particularmente puros en este aspecto, haciendo variar el ángulo de incidencia. Los resultados obtenidos se indican en los gráficos

boca y en el fondo del puerto. Los resultados obtenidos se indican en los gráficos 7 y 8. Se deduce que, en el caso de los dos ensayos I, que son los más representativos, las ampliaciones en los puertos situados en el interior de las costas son vez y media mayores que las de los puertos constituidos por diques salientes de la costa. Estas ampliaciones se refieren a la altura de onda incidente y no a la aumentada por reflexión en la costa.

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-INFLUENCIA DEL PERALTE DE LA ONDA

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-ONDAS CON PERALTE CONSTANTE

INFLUENCIA DEL ANCHO DEL PUERTO

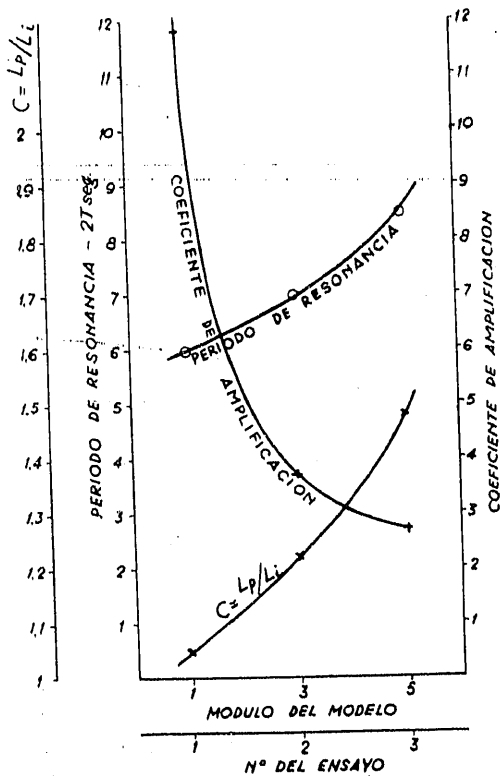


GRAFICO - 3'

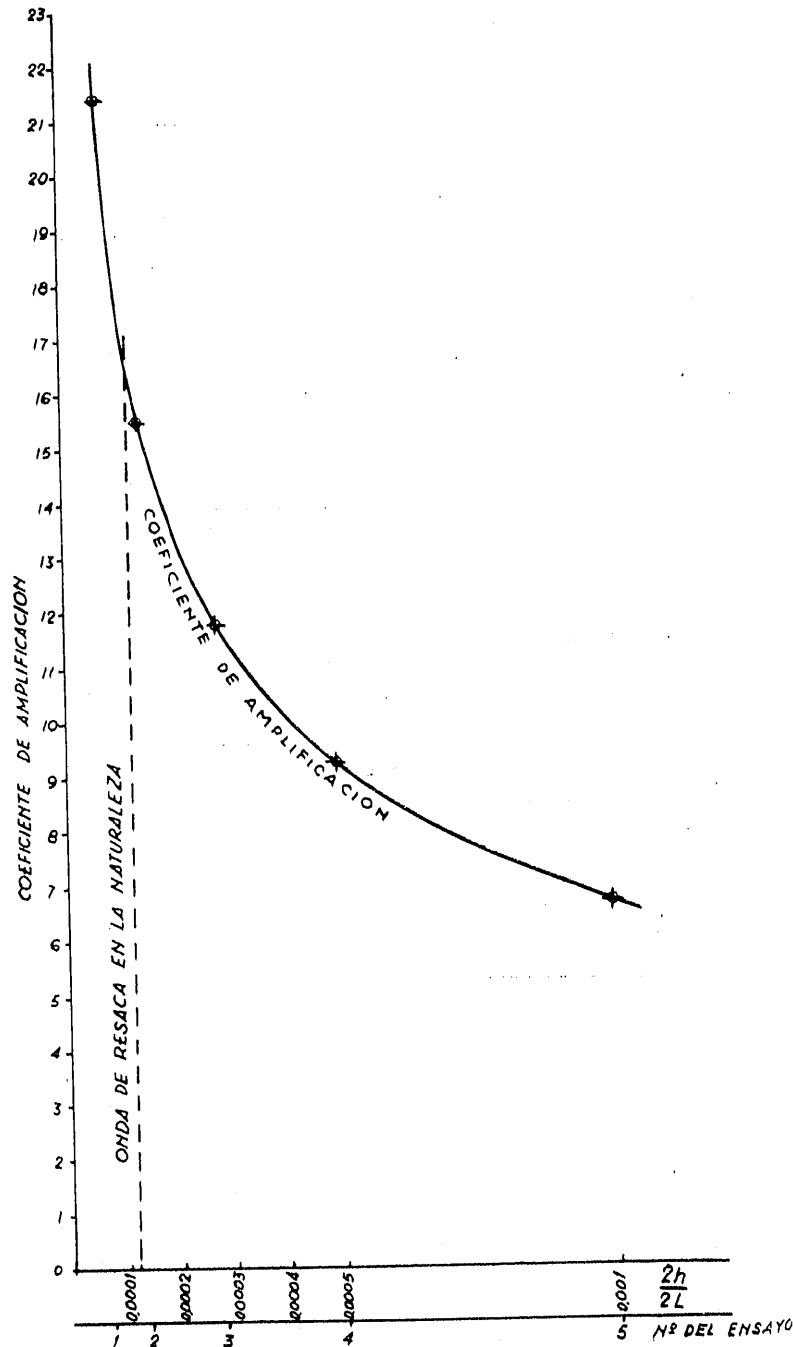
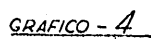


GRAFICO - 4'

COEFICIENTE DE AMPLIFICACION - $A = \frac{\text{AMPLITUD EN LA PARED}}{\text{AMPLITUD EXTERIOR}}$

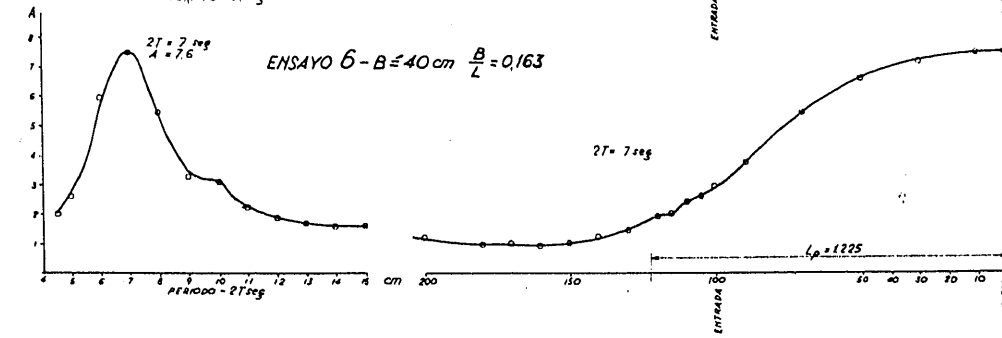
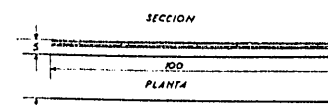
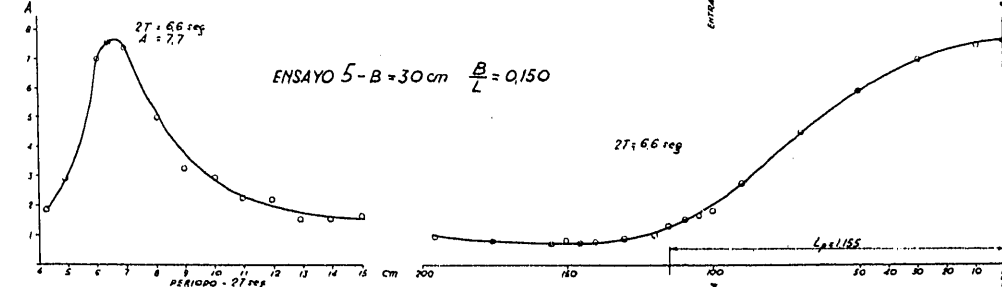
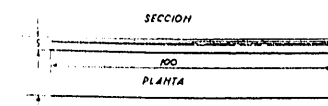
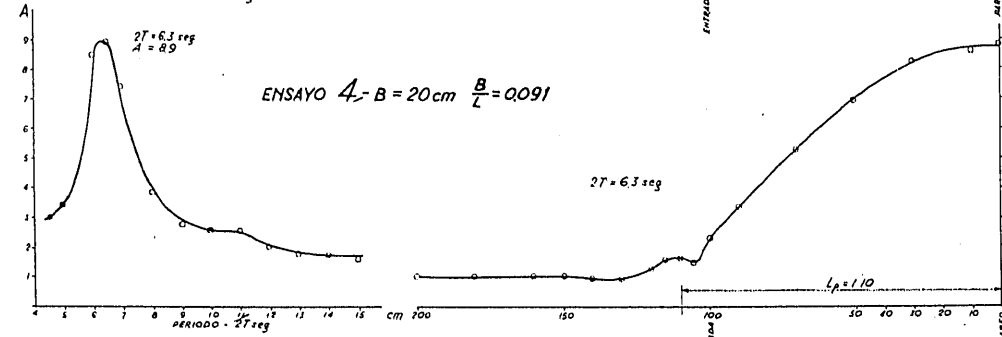
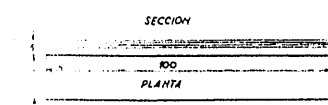
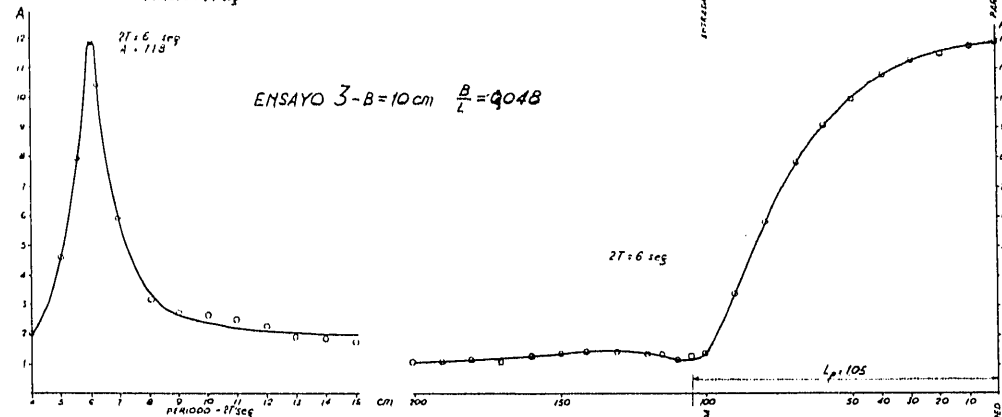
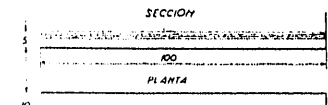
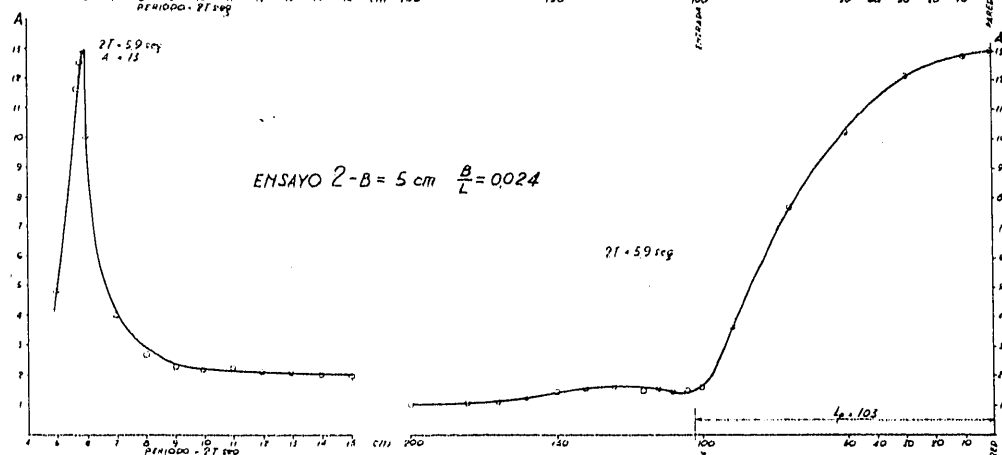
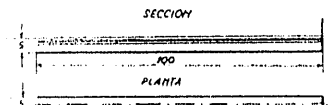
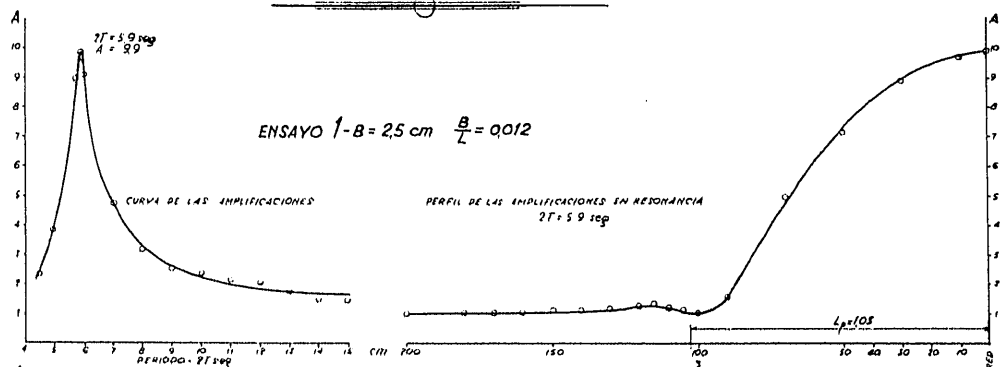
— MODELO —



ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-INFLUENCIA DEL ANCHO DE LA ENTRADA-ONDA CON PERALTE CONSTANTE

COEFICIENTE DE AMPLIFICACION - $A = \frac{\text{AMPLITUD EN LA PARED}}{\text{AMPLITUD EXTERIOR}}$



ONDAS DE RESACA
ENSAYOS DE RESONANCIA-ONDA CON PERALTE CONSTANTE
INFLUENCIA DEL ANCHO DE LA ENTRADA

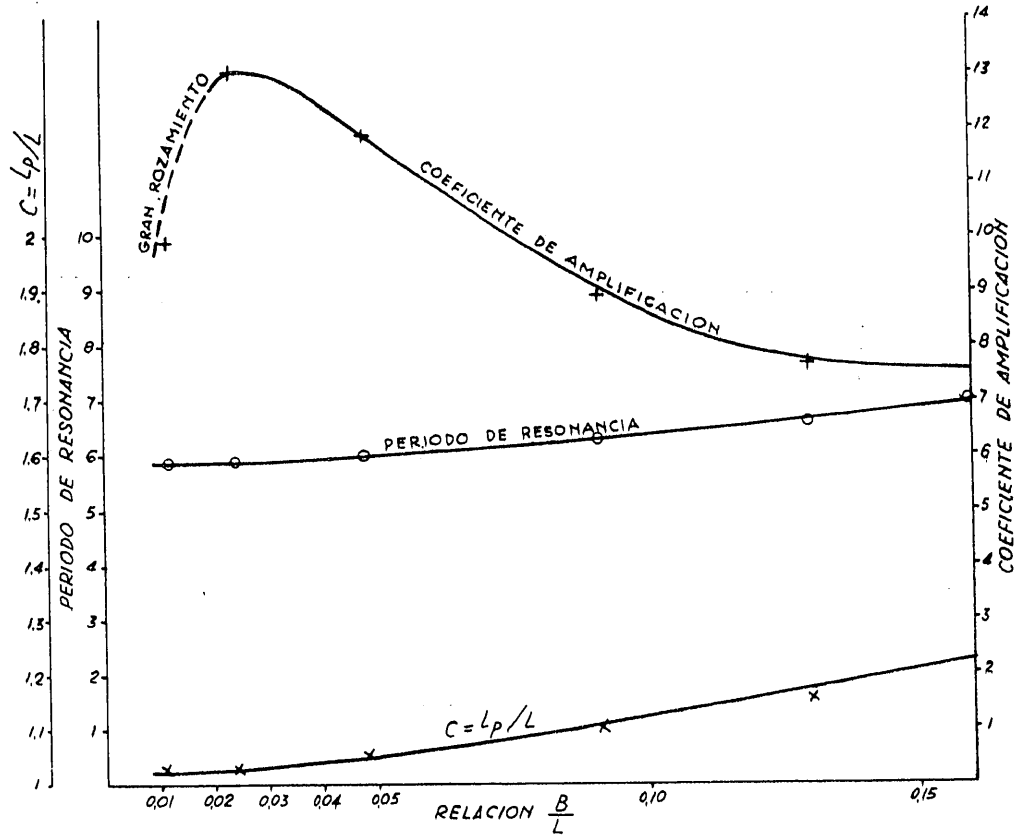
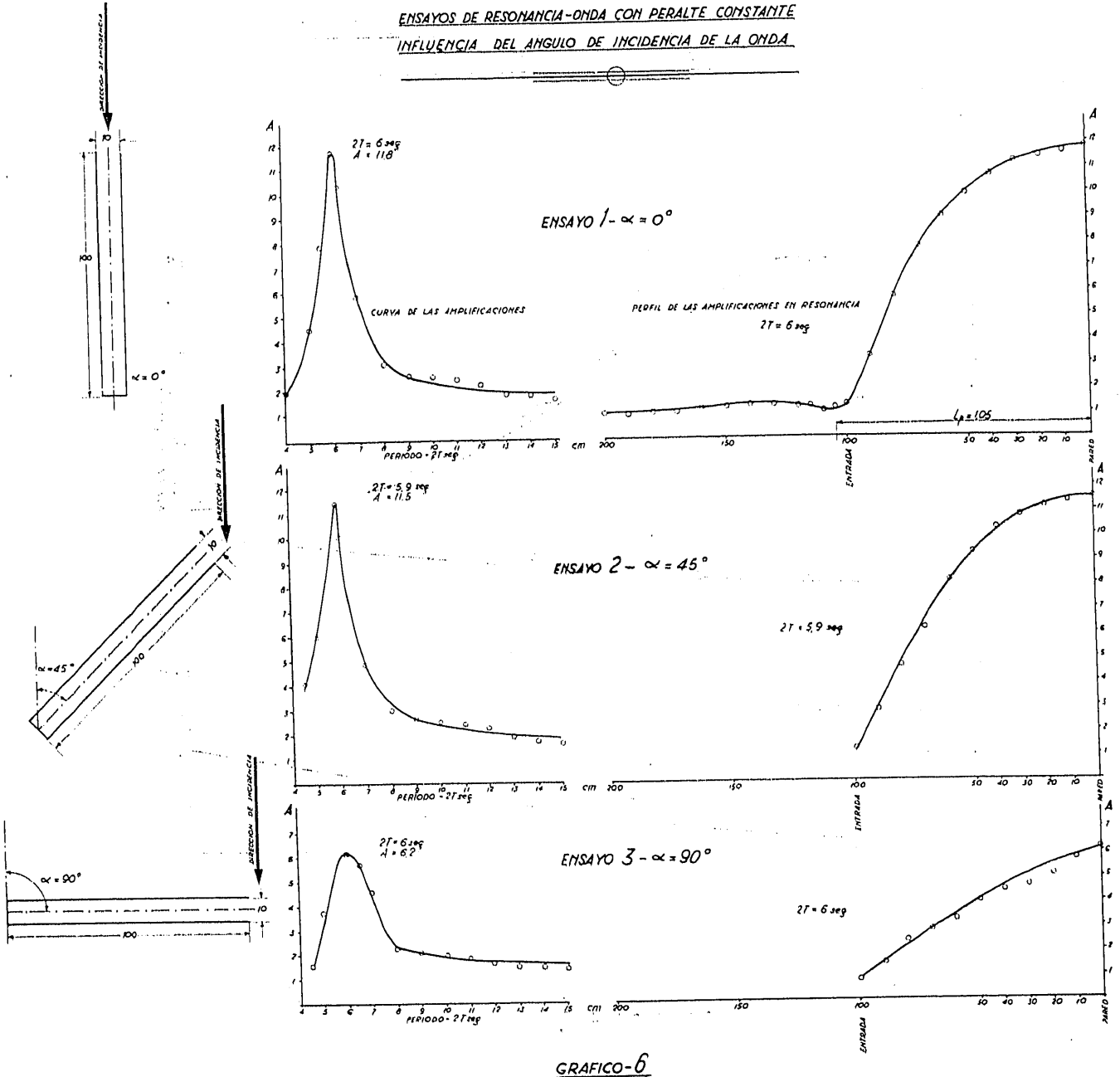


GRAFICO - 5'

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-ONDA CON PERALTE CONSTANTE
INFLUENCIA DEL ANGULO DE INCIDENCIA DE LA ONDA



Los dos ensayos 3 son idénticos, y los resultados de los dos ensayos 2 son intermedios entre los de los ensayos 1 y 3.

Como consecuencia de lo expuesto, que se preci-

ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA-ONDA CON PERALTE CONSTANTE

INFLUENCIA DEL ANGULO DE INCIDENCIA DE LA ONDA

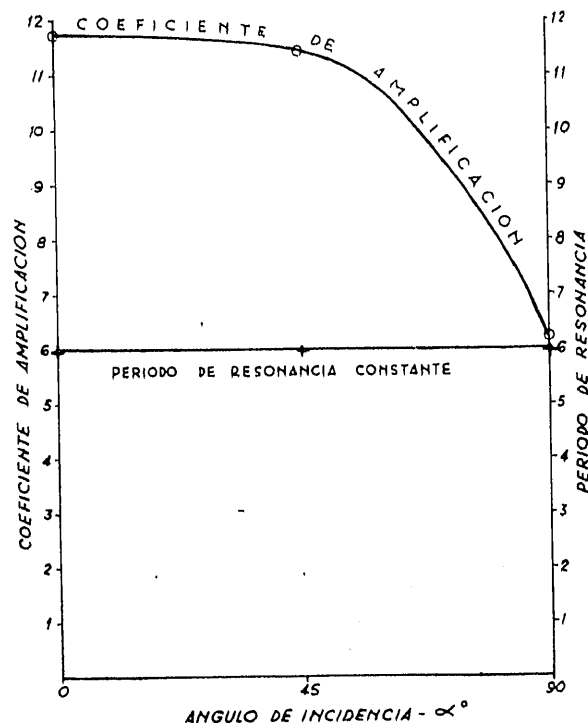


GRAFICO - 6'

sará mejor cuando se realice el amplio plan de ensayos necesario, se puede deducir lo siguiente:

Queda definitivamente comprobado que, como se indicó ya por primera vez en 1948, el peligroso efec-

to de las resacas en el interior de los puertos es un fenómeno de resonancia.

Además de esta fundamental conclusión, se puede aclarar lo siguiente:

La gran longitud y pequeño peralte de la onda de resaca facilitan su penetración en los puertos, permiten y amplifican su resonancia y permiten su reflexión, incluso en pendientes más suaves que las de la mayoría de las playas de arena.

La amplificación de resonancia aumenta con la forma alargada de los puertos, o, más exactamente, con la disminución de su módulo, y aumenta también al disminuir la profundidad en el interior del puerto. Dicha amplificación de resonancia disminuye cuando el ancho de la entrada aumenta, sin variar el módulo.

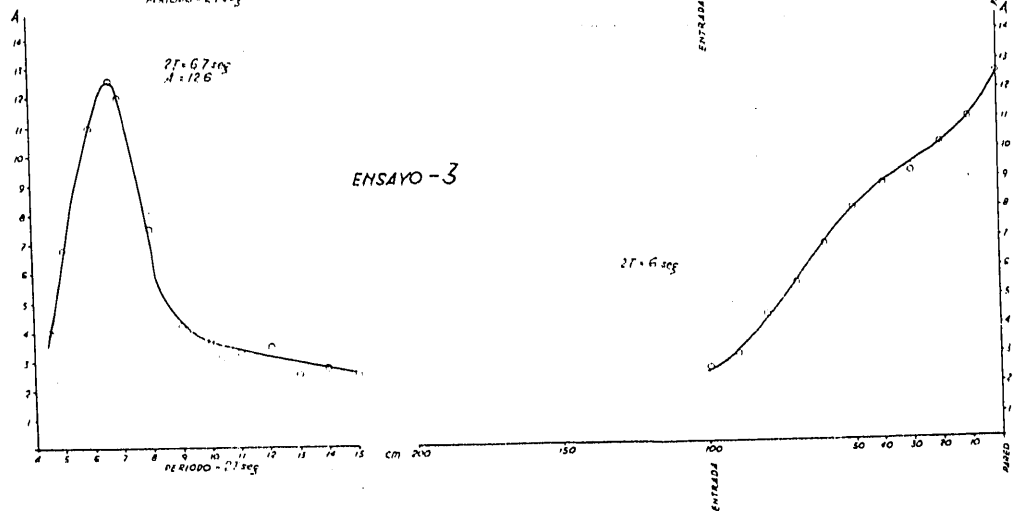
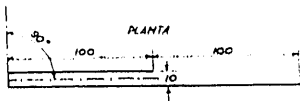
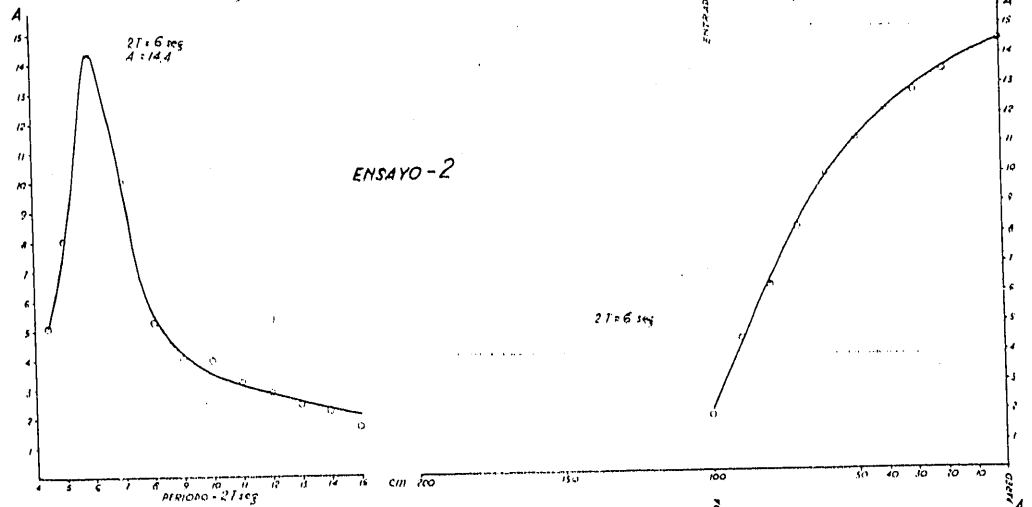
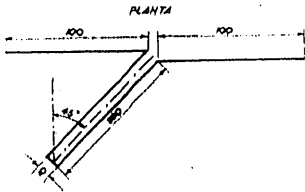
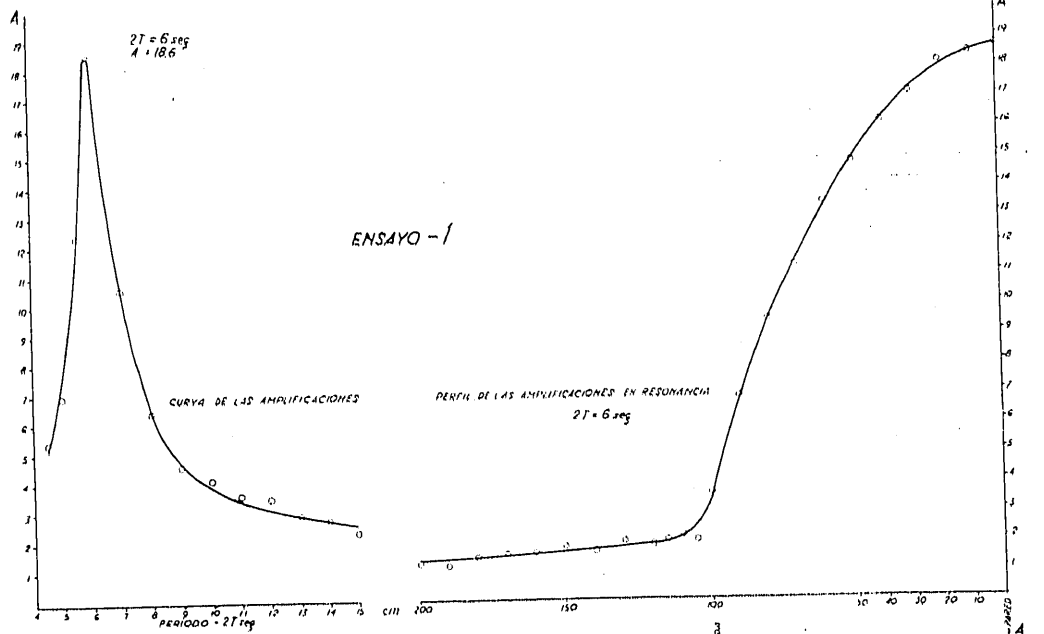
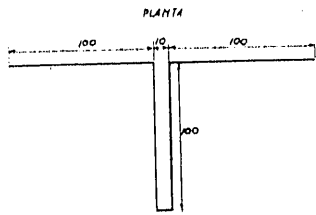
Las amplificaciones de resonancia son más fuertes en los puertos cuya dirección coincide con la de propagación de la onda de resaca, que en los que están atravesados a esta dirección.

A todo esto se puede añadir que, dada la gran longitud de onda de resaca, su plano de ondulación, similar al de oleaje, prueba que sus líneas de onda llegan, generalmente, a los puertos en forma sensiblemente paralela a la línea general de la costa, y que también, debido a la reducida anchura de las bocas de los puertos en relación con la semilongitud de la onda, el fenómeno de su penetración se produce casi en fase en toda la anchura, por lo que la dirección de dicha penetración es, prácticamente, la de la boca, aunque no coincida con la de la onda incidente. La reflexión de la onda de resaca en la costa, al transformar su energía en potencial, acentúa este efecto.

En todos los casos, este cambio de dirección de la onda disminuye las amplificaciones.

Resueltas así las complejas dificultades que se originaron al iniciarse esta serie de ensayos, se continuarán ahora, lo más rápidamente posible, para obtener y publicar normas aplicables a otras formas de puertos y que, partiendo de las oscilaciones de un cuarto de longitud de onda, pueden extenderse a las de número impar de cuartos comprendidos entre la boca y el fondo del puerto, y de número par de cuartos comprendidos entre dos extremos cerrados del mismo,

ONDAS DE RESACA
ENSAYOS DE RESONANCIA - ONDA CON PERALTE CONSTANTE
INFLUENCIA DE LAS PAREDES REFLEJANTES A LA ENTRADA DEL PUERTO



ONDAS DE RESACA

ENSAYOS DE RESONANCIA - ONDA CON PERALTE CONSTANTE
INFLUENCIA DE LAS PAREDES REFLEJANTES AL FONDO DEL PUERTO

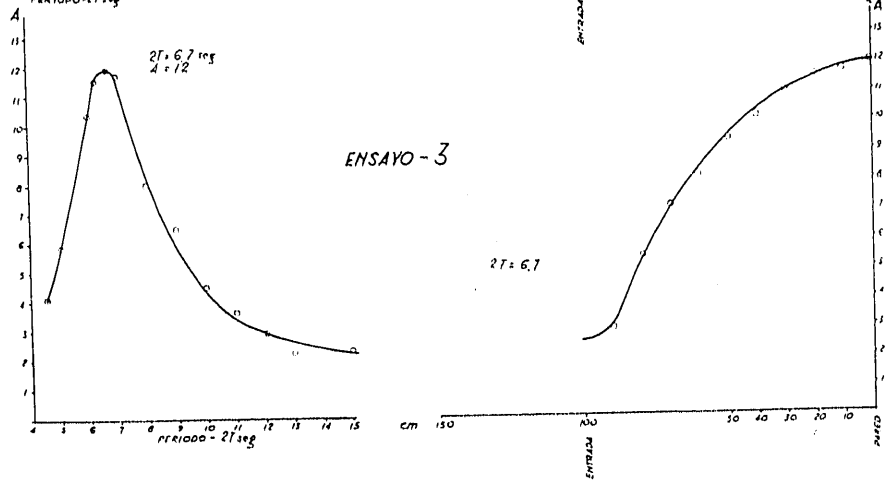
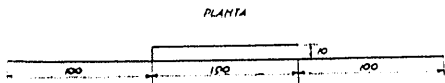
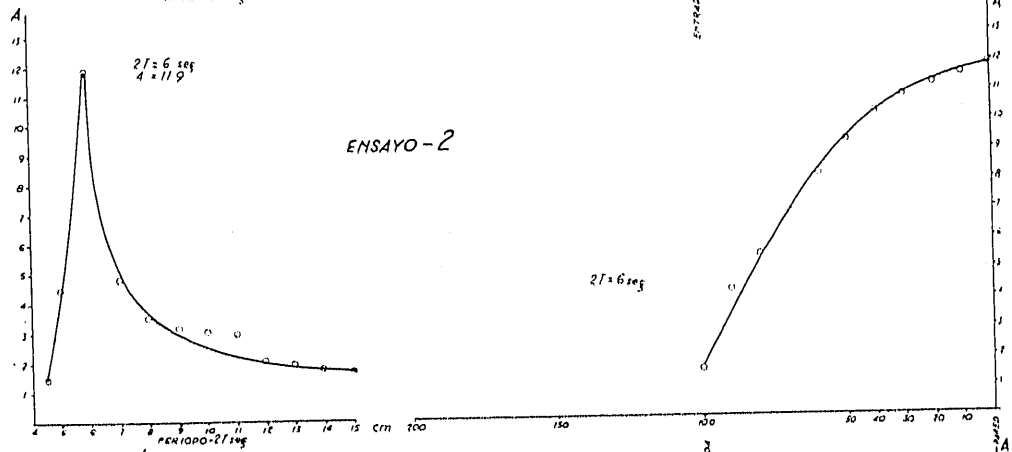
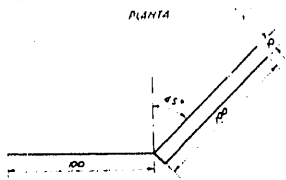
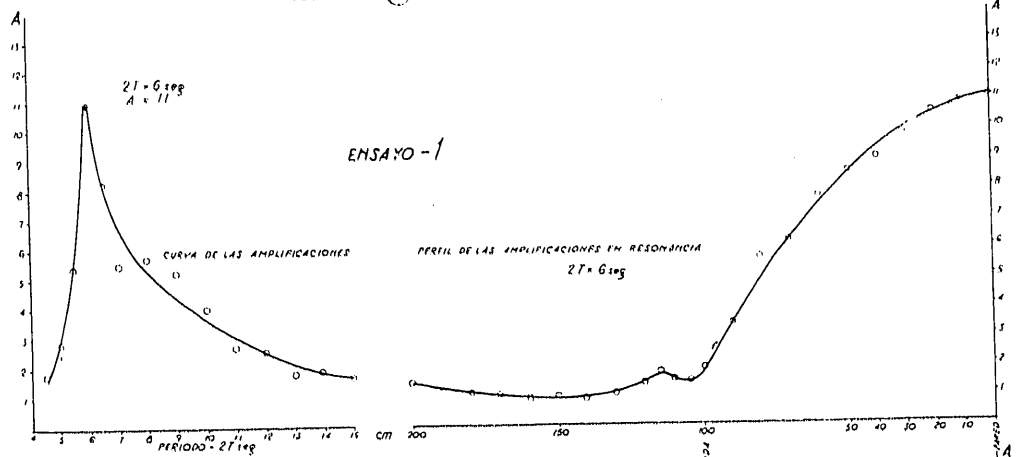
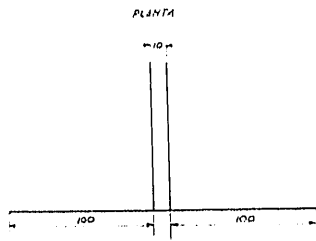


GRAFICO - 8