

FENÓMENOS DE ONDAS LARGAS EN EL PUERTO DE CIUTADELLA (MENORCA)

José Luis Monsó de Prat.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

INHA, Instituto de Hidrodinámica Aplicada. Parque Tecnológico del Vallés.

Francisco Javier Escartín García.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Europricipia. Parque Tecnológico del Vallés.

RESUMEN

En la bahía de Ciutadella (Menorca) se producen, con periodicidad casi anual, entre los meses de junio y septiembre repentinas oscilaciones del nivel del mar con períodos entorno a los diez minutos que pueden llegar incluso casi hasta los tres metros. Dichas oscilaciones, conocidas localmente como "rissagues", pueden provocar en ocasiones inundaciones en el puerto así como destrozos considerables en los barcos amarrados. Actualmente se está estudiando la posibilidad de ampliar el puerto de Ciutadella mediante la construcción de una dársena en la zona interior y unos diques exteriores de protección.

En este artículo se pretende dar una explicación teórica al origen de este fenómeno que ofrezca resultados acordes con la realidad, así como analizar, a nivel de estudio previo, la influencia que sobre las rissagues pueden tener las obras de ampliación que quieren llevarse a cabo.

ABSTRACT

In the bay of Ciutadella (Menorca), nearly every year between June and September there are sudden fluctuations in the level of the sea, lasting about ten minutes and sometimes reaching a height of almost three metres. These fluctuations, locally known as "rissagues", occasionally produce flooding in the port and considerable damage to the tied up boats. A proposal is being considered to enlarge the port of Ciutadella by the construction of an inner wharf and several outer protection jetties.

This paper endeavours to give a theoretical explanation of the origin of this phenomenon, advancing results in line with the reality, as well as a preliminary analysis of the possible influence of the proposed enlargement of the harbour on the "rissague" waves.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los meses de junio y septiembre, suelen producirse, en algunas bahías y puertos de las islas Baleares y del NE español, oscilaciones del nivel del mar con períodos entorno a los diez minutos y elevaciones entre cresta y seno alrededor de un metro. Sin embargo, en el puerto de Ciutadella, situado en una bahía alargada y poco profunda en la costa occidental de Menorca, es donde el fenómeno, conocido localmente con el nombre de rissaga, adquiere una mayor intensidad, llegándose a superar los dos metros, tal como ocurrió en los sucesos del 2-VII-1981, 21-VI-1984 y 6-VII-1989.

Ramis y Jansà (1987) han estudiado a escala meteorológica sinóptica las condiciones asociadas a diferentes episodios de rissagues, deduciendo que las oscilaciones en Ciutadella generalmente están relacionadas con una débil circulación ciclónica en superficie sobre el Mediterráneo occidental y con una fuerte baroclinicidad de aire cálido sobre el mar y frío sobre la península Ibérica. Asimismo, la estructura vertical de la atmósfera sobre las islas Baleares presenta, durante las rissagues, unas características especiales que se traducen en unas condiciones idóneas para la generación de ondas gravitatorias en la atmósfera que pueden ser consecuencia de inestabilidades barométricas. En muchos casos, se han podido apreciar simultáneamente a las rissagues en Ciutadella,

unas fluctuaciones en la presión atmosférica de pequeño período (menor que 30 minutos). Dichas variaciones barométricas observadas eran del orden de los 1,5 mb, alcanzándose en alguna ocasión los 4 mb, tal como sucedió el 21-VI-1984 cuando la rissaga superó los 2 metros. Del mismo modo, el análisis espectral del barograma del 2-VII-1981 presentaba un máximo para los 10,5 minutos, período muy cercano al observado en las oscilaciones registradas en Ciutadella.

Más recientemente, Monserrat et al. (1991) han estudiado simultáneamente los registros del nivel del mar y presión atmosférica correspondientes a la rissaga acaecida el 6-VII-1989. De su análisis se desprende que las oscilaciones del nivel del mar en el interior de la bahía pasan del orden de los 5 centímetros a los 80-120 cm con alguna fluctuación puntual superior a los 250 cm, todas ellas con períodos entorno a los 10 minutos. En particular, un estudio espectral realizado muestra un máximo para $T = 10,4$ minutos (ver figura 1). Por lo que respecta a la presión atmosférica, se observan oscilaciones inusuales, alcanzando variaciones superiores a los 3 mb en 30 minutos. Pese a que el espectro del barograma es mucho más ancho (ver figura 1), con un predominio energético de las frecuencias entorno a $f = 1$ hora⁻¹, la causa de las oscilaciones del nivel del mar ha de buscarse en frecuencias mayores. Por otro lado, se comprueba que la energía asociada a períodos de 10 min. en los espectros del nivel del mar y presión atmosférica es muy pequeña antes de producirse la rissaga, creciendo simultáneamente en ambos de un modo ostensible para luego decrecer. En la figura 2 se muestran los registros del nivel del mar (a trazos) y de la presión atmosférica correspondientes a la rissaga del 21-VI-1992. Puede apreciarse como las oscilaciones del nivel del mar se incrementan al intensificarse las fluctuaciones barométricas.

2. EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO DE LAS RISSAGUES

2.1. GENERACIÓN DE ONDAS LARGAS EN ALTA MAR

De todo lo descrito en el apartado anterior, se desprende que un posible origen de las rissagues de Ciutadella se halla en la presencia en la atmósfera de ondas de presión fuertemente energéticas con períodos del orden de minutos.

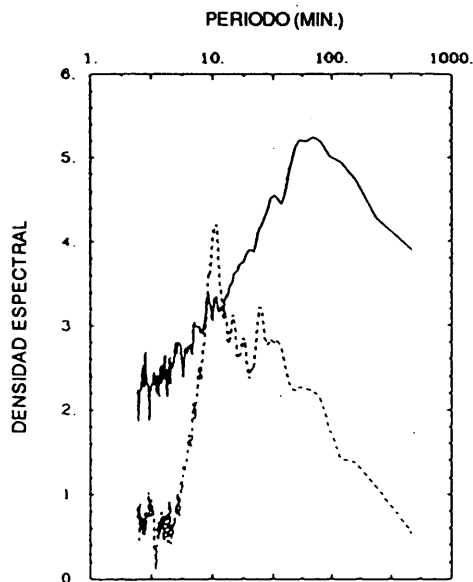


Figura 1 : Funciones de densidad espectral del nivel del mar (a trazos) y de la presión atmosférica correspondientes a la rissaga del 6-VII-1989. (De Monserrat et al.)

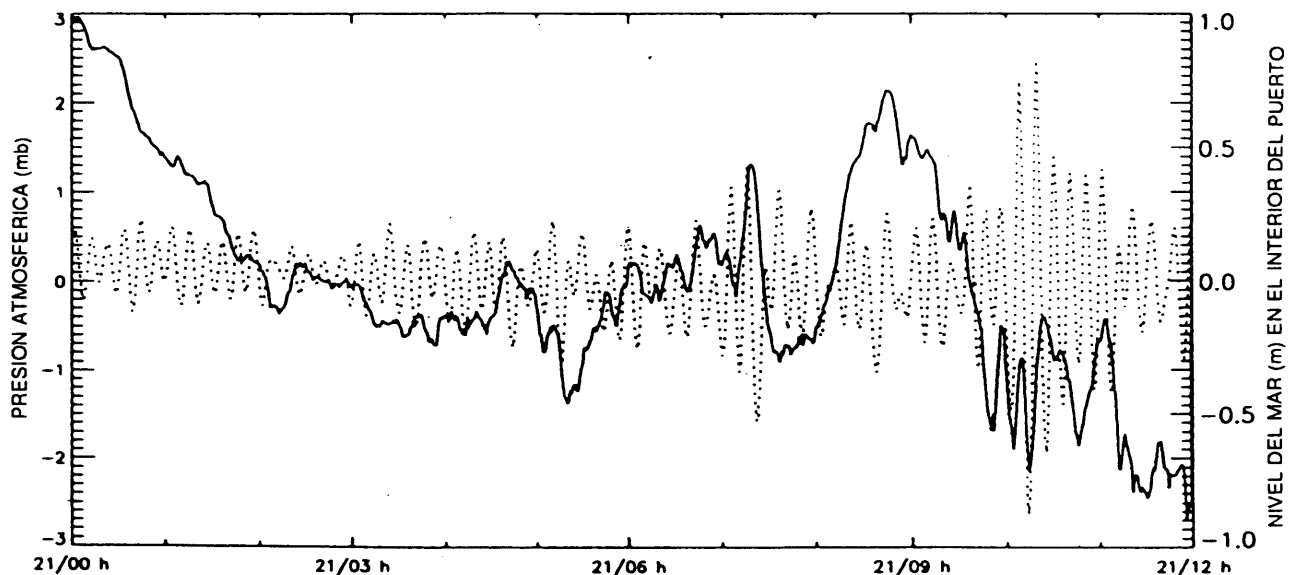


Figura 2 : Registros del nivel del mar (a trazos) y de la presión atmosférica durante la rissaga del 21-VI-1992. (De Gomis et al.)

A continuación, haciendo uso de las ecuaciones de ondas largas se desarrolla un mecanismo para explicar su acoplamiento con la superficie libre del mar.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial [U(\eta + h)]}{\partial x} = 0 \quad \text{ec. de la continuidad (1)}$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_0}{\partial x} = 0 \quad \text{ec. del momentum según el eje x (2)}$$

siendo

η la sobreelevación respecto al SWL,

h la profundidad,

U la velocidad de las partículas de agua verticalmente integrada,

ρ la densidad del agua,

p_0 el valor de la fluctuación barométrica.

Obsérvese que en la ecuación del momentum aparece un término impulsor que expresa la variación espacial de la presión atmosférica p_0 . Se asume la hipótesis de que dicha perturbación barométrica se desplaza con una velocidad v según la expresión

$$p_0 = F(vt - x) \quad (3)$$

y que la respuesta del mar a dicha perturbación puede expresarse, análogamente, como

$$\eta = G(vt - x) \quad (4)$$

De (4) puede fácilmente demostrarse que

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -v \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad (5)$$

y desarrollando la ecuación (1) se obtiene que

$$U = \frac{v\eta}{h + \eta} \approx \frac{v\eta}{h} \quad (6)$$

Teniendo en cuenta (5) y (6), de la ecuación (2) se deduce q

$$\eta = \frac{p_0}{\rho} \cdot \frac{h}{v^2 - gh} = \frac{p_0}{\rho h} \cdot \frac{c^2}{v^2 - c^2} = \eta_{st} \cdot \frac{c^2}{v^2 - c^2} \quad (7)$$

siendo

$c = (gh)^{1/2}$ la celeridad de una onda larga libre (no forzada)

$\eta_{st} = p_0/\rho g$ el valor de la sobreelevación para la situación estática ($v = 0$)

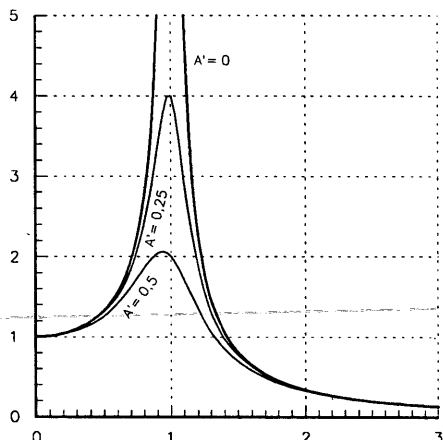


Figura 3 : Valores de h/h_{st} en función de $v/(gh)^{1/2}$ para diferentes valores del coeficiente de fricción A' .

Se puede comprobar que si $v \gg (gh)^{1/2}$ el valor de η es prácticamente nulo, es decir, si la perturbación barométrica se desplaza demasiado deprisa, no hay tiempo suficiente para que el líquido pueda responder. Por otro lado, si $v = (gh)^{1/2}$ se produce una máxima amplificación respecto a la situación estática, y η tiende a infinito. Teniendo en cuenta el efecto adicional de la fricción con el fondo, se produce una reducción de las amplitudes de la onda larga. Incluyendo dicho término en la ecuación del momentum (2) se tiene

$$\frac{\partial U}{\partial t} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_0}{\partial x} + \frac{1}{\rho h} \tau_f = 0 \quad (8)$$

siendo τ_f la tensión tangencial en el fondo, que según Lorentz vale

$$\tau_f = \rho h A U \quad (9)$$

donde A es un coeficiente de fricción linealizado. Resolviendo (8) y (9) se obtiene la expresión (10) cuya representación gráfica se muestra en la figura 3 y que coincide con (7) en el caso que no haya fricción ($A=0$).

$$\eta = \eta_{st} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{v^2 - gh}{gh}\right)^2 + \left(\frac{Av}{kgh}\right)^2}} = \eta_{st} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{v^2}{gh} - 1\right)^2 + \left(A' \cdot \frac{v}{\sqrt{gh}}\right)^2}} \quad (10)$$

siendo $A' = \frac{A}{k\sqrt{gh}}$ y k el número de onda

Las fotografías de satélite obtenidas en días de rissaga indican la presencia de ondas gravitatorias atmosféricas propagándose a unos 35 m/s hacia la bahía de Ciutadella a través del canal de Menorca, a lo largo de la costa este de Mallorca. Esta dirección resulta adecuada para la generación de *edge waves* u ondas largas de borde que se propagan por la plataforma continental paralelamente a la costa. Consecuentemente, la teoría del origen de las rissagues basada en un acoplamiento del mar con las oscilaciones barométricas capaz de generar ondas largas de $T \approx 10$ minutos propagándose en dirección sur-norte hacia Ciutadella, resulta muy plausible.

En el canal de Menorca puede considerarse una profundidad media constante $h = 85$ m. Por tanto, el cociente $v/(gh)^{1/2}$ resulta

$$\frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{35}{\sqrt{9,81 \cdot 85}} \approx 1,21 \quad (11)$$

Los casos extremos de fricción nula con el fondo ($A' = 0$) y de fricción alta ($A' = 0,5$) dan lugar a valores de h/h_{st} entre 1,5 y 2,1 (ver figura 3) y, por tanto, la siguiente expresión utilizada resulta razonable

$$\eta = 2\eta_{st} = \frac{2p_0}{\rho g} \quad (12)$$

De los estudios anteriormente mencionados se puede desprender que en situaciones de rissaga ordinaria las oscilaciones barométricas pueden ser del orden de $p_0 = 1,5$ mb (150 Pa) mientras que para rissagues singulares o extraordinarias pueden considerarse del orden de $p_0 = 4$ mb. Por consiguiente, de la expresión (11) se deducen unos valores de la amplitud de la oscilación entre 3 y 8 cm, según sea la rissaga ordinaria o extraordinaria.

Durante su propagación hacia la costa, estas ondas sufren una amplificación por efecto del *shoaling* que puede cifrarse entorno a 1,5, alcanzando amplitudes del orden de 4,5 y 12 cm, respectivamente.

Al penetrar por el interior de la bahía de Ciutadella, su forma de cuña hace aumentar la amplitud

ligeramente, tal como se desprende de la fórmula de Green, aplicable para la propagación de ondas largas en transiciones suaves

$$\frac{H_2}{H_1} = 2\sqrt{\frac{b_1}{b_2}} \cdot 4\sqrt{\frac{h_1}{h_2}} \quad (13)$$

siendo H la altura de la onda, b la anchura de la bahía y h su calado. En el caso de Ciutadella, el máximo factor de amplificación debido al efecto de embudo es $K = 1,7$, lo cual no daría lugar a oscilaciones mayores de escasos decímetros y, sin embargo, los valores observados han alcanzado los casi 3 m.

Este mecanismo de refracción, por tanto, no resulta válido para explicar la presencia de oscilaciones tan grandes. La notable amplificación que sufren las ondas en el interior de la bahía de Ciutadella sólo puede explicarse por un mecanismo de resonancia.

2.2. RESONANCIA DE LAS ONDAS LARGAS EN LA BAHÍA DE CIUTADELLA

La mayor parte de las ondas largas que llegan a la costa son reflejadas a lo largo de ésta. Si existen puertos o bahías relativamente cerradas penetran por la entrada y se propagan hacia su interior, sufriendo múltiples reflexiones. Una parte de la energía que penetra en el recinto escapa por reflexión, irradiándose otra vez hacia mar abierto, mientras que otra parte permanece en su interior. Si el período del tren de ondas incidentes está próximo al período de oscilación natural del puerto

o bahía, tiene lugar un fenómeno de amplificación o resonancia, que puede inducir un gran aumento de las oscilaciones del nivel del mar.

La máxima amplitud de la oscilación puede, sin embargo, atenuarse por diversos mecanismos:

- ▼ amortiguación por radiación, que depende de la fracción de energía que escapa hacia mar adentro por la bocana del recinto,
- ▼ pérdidas por fricción con el fondo, en lo contornos y en la entrada, difíciles de cuantificar en la práctica por carencia de la información apropiada,
- ▼ transferencia de energía a armónicos más altos, es decir, a ondas de menor período.

La expresión más sencilla que permite calcular el período de oscilación natural T_n de una dársena rectangular estrecha de longitud l y calado constante h resulta ser

$$T_n = \frac{4 \cdot l}{(2n+1)\sqrt{gh}} = \frac{4 \cdot 1.050}{\sqrt{9,81 \cdot 5}} \approx 600s = 10 \text{ min.} \quad (14)$$

siendo n el modo de oscilación, que es cero para el fundamental. Net y Massager, Rodríguez y Tintoré et al. han estudiado numéricamente el período de oscilación natural del puerto de Ciutadella, y sus resultados también lo sitúan alrededor de los 10 minutos, que, como se ha mencionado anteriormente, coincide con el período real registrado en el interior de la bahía durante los episodios de rissagues.

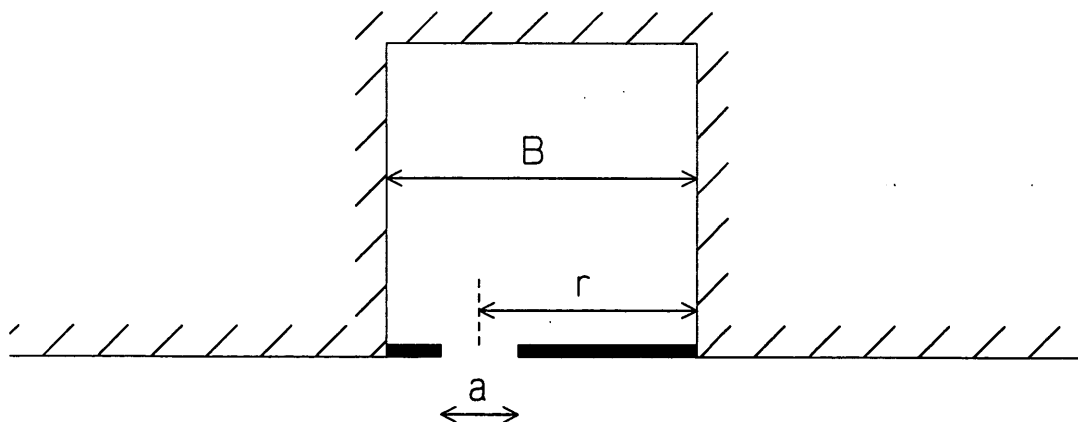


Figura 4 : Puerto rectangular tras una línea de costa recta.

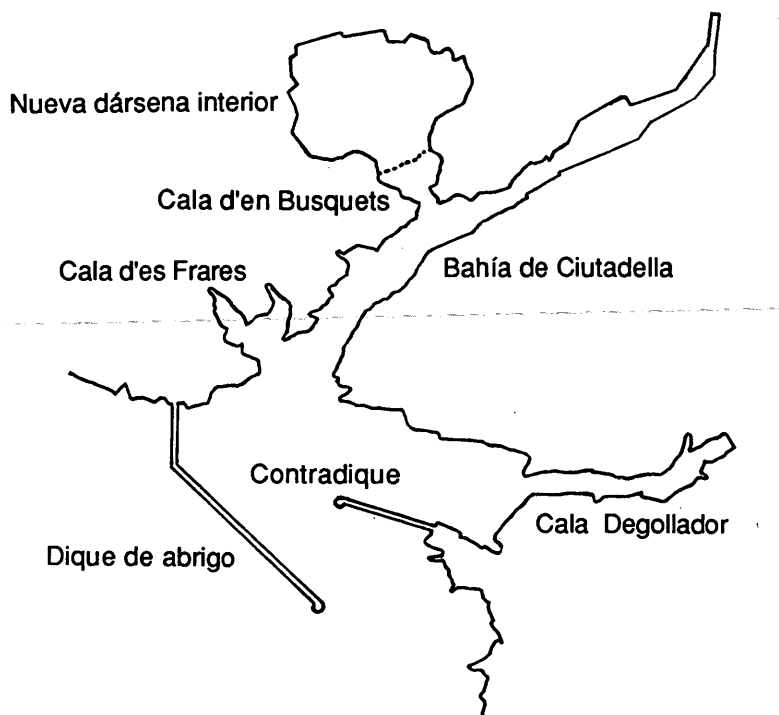


Figura 5 : Planta del puerto de Ciutadella.

De todo lo anterior se deduce que las ondas largas generadas en alta mar por pulsaciones barométricas que penetran en el interior del puerto de Ciutadella con un período próximo al de oscilación natural de la bahía, excitan el modo fundamental de la oscilación de dicho puerto, dando lugar a la rissaga.

En el caso de un puerto rectangular con una entrada estrecha (figura 4), puede demostrarse analíticamente (Mei, 1982) que una reducción del ancho de la bocana se traduce en un aumento de las oscilaciones en el interior, tal como se muestra en la expresión (15), donde K_a es el coeficiente de amplificación respecto a la onda incidente, k_n es el número de onda asociado al modo de oscilación n y $\ln \gamma =$ constante de Euler = 0,5772157. Este aumento es debido a que existe una mayor dificultad a que la energía escape del puerto (amortiguación por radiación). Asimismo, puede comprobarse que este efecto es menos importante a medida que disminuye el período de las ondas. Por consiguiente, la construcción de las obras de abrigo puede repercutir en un aumento de la amplitud de las oscilaciones en el interior de la bahía de Ciutadella, especialmente para los períodos mayores.

$$K_a = \frac{4}{\pi} \ln \left(\frac{4B}{\pi \gamma k_n a^2 \sin\left(\frac{\pi r}{B}\right)} \right) \quad (15)$$

Todas estas deducciones teóricas están basadas en geometrías del puerto sencillas, por lo que sólo pueden ser orientativas. Predicciones más precisas de las oscilaciones de largo período que tendrán lugar en el puerto de Ciutadella únicamente pueden efectuarse mediante simulación por ordenador o en modelo reducido. Los resultados numéricos que a continuación se presentan no se contradicen, sin embargo, con las inferencias analíticas anteriormente expuestas.

3. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS PROVOCADOS EN LAS RISSAGUES POR LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN PREVISTAS

En este apartado se realiza un análisis de las rissagues mediante modelado numérico para cuatro configuraciones en planta del puerto de Ciutadella: la configuración I, actual, la configuración II, que contempla la creación de una dársena interior en Cala d'en Busquets, la configuración III que respecto a la anterior incluye un dique de abrigo exterior y la configuración IV, en la que además se añade un contradique (ver figura 5).

El modelo numérico empleado simula el comportamiento de ondas largas y se basa en la discretización de las ecuaciones de la continuidad y de la conservación del momentum verticalmente integradas, que se resuelven empleando un esquema en diferencias finitas. El tamaño de la malla utilizada es $\Delta x = \Delta y = 10$ m y el intervalo de tiempo $\Delta t = T/25$ siendo T el período de la onda larga.

En la figura 6 se muestra el resultado numérico obtenido a partir de la propagación de ondas largas con $T = 600$ s en la bahía de Ciutadella con su actual configuración. El máximo coeficiente de amplificación resulta ser $K_a = 10,5$ lo cual se traduce en amplitudes de onda de 47,5 cm y 125 cm según corresponda a una perturbación barométrica de 1,5 ó 4 mb, respectivamente. Estos valores se refieren a elevaciones de la superficie del agua respecto al SWL, por lo que la altura entre cresta y seno será el doble, es decir, 95 cm y 250 cm. Estos valores coinciden con las oscilaciones regis-



Figura 6 :
Rissagues de
 $T= 600$ s. para la
actual
configuración
del puerto.



Figura7 : Rissagues
de $T= 600$ s.
ampliando la Cala
d'en Busquets e
incluyendo un
dique de abrigo.

Figura 8 :
Rissagues de
 $T=300$ s.
ampliando
la Cala d'en
Busquets e
incluyendo un
dique de abrigo.



tradas en Ciutadella tanto durante las rissagues ordinarias como extraordinarias, lo cual ratifica la validez del mecanismo de generación de las rissagues propuesto, así como la bondad del modelo matemático utilizado.

Con objeto de comprobar el efecto provocado por las obras de ampliación se han simulado las propagaciones de ondas con $T = 600$ s a través del puerto de Ciutadella para las nuevas configuraciones. En el caso correspondiente a la ampliación de la Cala d'en Busquets (configuración II), el valor máximo del coeficiente pasa a $K = 2,6$, es decir, oscilaciones de 25 ó 65 cm según sea la rissaga ordinaria o extraordinaria. Esta reducción es debida a que la variación de la geometría del puerto modifica su período de oscilación natural. Si además de la citada ampliación, se incluye un dique de abrigo, la máxima amplificación pasa a ser $K_a = 4,5$, esto es, rissagues de 40-110 cm y si además se añade un contradique, se obtiene $K_a = 4,7$, es decir, oscilaciones de 45-115 cm (ver figura 7). Este aumento en la magnitud de las oscilaciones respecto a la situación de la configuración II es consecuencia de que las obras de abrigo exteriores modifican sustancialmente la geometría de la bahía, estrechando el canal de acceso a la misma.

Este hecho, si bien es una buena medida protectora frente a ondas cortas (de viento) resulta más perjudicial frente a ondas largas en determinadas circunstancias, ya que disminuye la salida de energía irradiada hacia el exterior (radiation damping), como se ha mencionado anteriormente. De todas formas, las rissagues que se forman en estas dos últimas configuraciones continúan siendo inferiores a las registradas en la actualidad.

El análisis efectuado no se limita a la propagación de ondas con período igual a 10 min, ya que cabe la posibilidad de que se presenten ondas largas con otros períodos que produzcan resonancia. En concreto se han analizado otros casos de penetración de ondas largas con períodos de 200, 300, 400, 500, 700, 800 y 900 s que cubren un amplio abanico entre los 3 y los 15 minutos, suficiente a nivel de estudio previo, tal como el que aquí se pretende.

Entre todos ellos, el período que da lugar a unas mayores oscilaciones para las nuevas configuraciones es $T=300$ s. Con dicho período, y para la configuración I, el máximo coeficiente de amplificación es $K_a=3,2$, esto es, rissagues de 30 ó 75 cm según sean ordinarias o extraordinarias. Sin embargo, la ampliación de Cala d'en Busquets

(configuración II) se traduce en un coeficiente $K_a=6,0$ (muy superior al registrado en esta misma situación para $T=600s$) lo cual se traduce en rissagues de 55-145 cm. También para las configuraciones III y IV las oscilaciones son superiores a las registradas para $T=600s$: los coeficientes de amplificación son respectivamente 5,7 y 5,0, es decir, rissagues de 50-135 cm y de 45-120 cm (ver figura 7). Por consiguiente, para períodos de 300 s, la influencia de las obras exteriores no es tan evidente como para $T=600s$, como era de esperar tras lo expuesto en el apartado 2.2. Asimismo, las oscilaciones obtenidas son de menor importancia que las registradas en la actualidad y, en cualquier caso, las oscilaciones en la nueva dársena interior no superan los 20 ó 50 cm, según la rissaga sea ordinaria o extraordinaria y, por tanto, no condicionan su operatividad.

4. CONCLUSIONES

▼ El mecanismo aquí propuesto para explicar el fenómeno de las rissagues ofrece resultados muy acordes con la realidad. Las rissagues parecen tener su origen en la formación de ondas largas de período entorno a los 10 minutos inducidas por cambios bruscos de la presión atmosférica. Dichas ondas se propagan por el canal de Menorca y al llegar al puerto de Ciutadella excitan su modo fundamental de oscilación natural, dando lugar, por resonancia, a las rissagues.

▼ Las ondas de período $T=10$ minutos producen en la actualidad oscilaciones que alcanzan fácilmente los 100 cm en las rissagues ordinarias y los 250 cm en las extraordinarias.

▼ La ampliación del puerto mediante la construcción de una dársena interior en la Cala d'en Busquets modifica su período de oscilación natural lo cual se traduce en una reducción de las rissagues a 25 ó 65 cm. En el caso de construir obras de abrigo exteriores, las oscilaciones aumentan hasta los 45-115 cm.

▼ Con la nueva configuración del puerto, tanto si se añaden obras exteriores como si no, de todos los períodos estudiados, sólo las ondas de $T=5$ min provocan rissagues de mayor amplitud que las registradas para dichas configuraciones con períodos de 10 minutos, pero siguen siendo inferiores a las registradas en la actualidad. Para T

$= 5$ min se obtienen oscilaciones de 55-145 cm si no se incluyen obras exteriores y 45-120 cm en el caso contrario. En este sentido, sería recomendable determinar la posible formación en mar abierto de ondas largas con $T=300s$, así como su frecuencia de presentación.

▼ La operatividad de la nueva dársena deportiva no viene, en ningún caso, condicionada por las posibles rissagues. Sin embargo, dada la importancia socioeconómica del problema, se recomienda la realización de un estudio de ondas largas más exhaustivo que contemple el espectro de frecuencias en su globalidad, dada la posible existencia de resonancia para otros períodos.

REFERENCIAS

- [1] **Dean, R.G. and Dalrymple, R.A.** (1984). "Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists". Englewood Cliffs. Prentice-Hall.
- [2] **Garau, C.** (1987). "Algunos datos y conjeturas sobre rissagues y puntas de rissaga". I Jornades sobre les rissagues de Ciutadella.
- [3] **Gomis, D., Monserrat, S., and Tintoré, J.** (1993). "Pressure-forced seiches of large amplitude in inlets of the Balearic Islands"
- [4] **Mei, C.C.** (1982). "The applied Dynamics of Ocean Surface Waves". John Wiley & Sons.
- [5] **Monserrat, S., Ibbetson, A. and Thorpe, A.J.** (1991). "Atmospheric gravity waves and the 'Rissaga' phenomenon". Q.J.R. Meteorol. Soc., 117, p. 553-570.
- [6] **Net, M. y Massaguer, J.M.** (1987). "Estudio lineal de las frecuencias de resonancia en el puerto de Ciutadella". I Jornades sobre les rissagues de Ciutadella.
- [7] **Ramis, C. y Jansà A.** (1987). "Situación meteorológica a escala sinóptica y mesoescala simultánea a la aparición de las rissagues". I Jornades sobre les rissagues de Ciutadella.
- [8] **Rodríguez, I.** (1987). "Análisis de la resonancia del puerto de Ciutadella". I Jornades sobre les rissagues de Ciutadella.
- [9] **Tintoré, J., Gomis, D., Alonso, S. and Wang, D.P.** (1988). "A theoretical study of large sea level oscillations in the Western Mediterranean". Journal of Geophysical Research, Vol. 93, No. C9, p. 10797-10803. ●