

Calibración de los datos visuales con boyas en el Mar de Alborán y su aplicación al cálculo del transporte sólido

JOSE MANUEL DE LA PEÑA OLIVA (*)
FRANCISCO JAVIER SANCHEZ PALOMAR (**)

RESUMEN. En este artículo se presentan los resultados del estudio realizado para comparar los datos de oleaje con los de boya, siendo la continuación y actualización de los resultados presentados en el artículo *Comparación de los datos visuales y registro de boyas de oleaje en el Mar de Alborán*, número 77 de esta revista, aparecido en 1990, habiéndose añadido, entre otros, los datos visuales del *British Meteorological Office (MOB)*.

CALIBRATION OF THE VISUAL DATA IN THE ALBORAN SEA WITH THAT RECORDED BY BUOYS, AND THE APPLICATION OF THE RESULTS FOR SOLID TRANSPORT CALCULATIONS

ABSTRACT. This article is the result of a comparative study between wave data observed visually and that recorded by buoys, and is a continuation and updating of the results that appeared in the article *Calibration of the visual data in the Alborán Sea with that recorded by buoys*, published in 1990, in n.º 77 of this journal. Visual wave observations made by the British Meteorological Office (NOB) have also been included.

1. INTRODUCCION

Este artículo es la continuación de la labor emprendida en el primero de los trabajos publicados en la revista de *Ingeniería Civil* n.º 77, con el nombre «Comparación de los datos visuales y registros de boyas del oleaje en el Mar de Alborán», aparecido en diciembre de 1990. Dicho trabajo compara los datos visuales con los registros de boyas; teniendo en cuenta que los primeros son datos direccionales no tomados de manera sistemática e instrumental, y los segundos, hasta ahora¹, son escalares tomándose de forma sistemática e instrumental. Así pues, uno de los objetivos perseguidos es que ambos tipos de registros pudieran complementarse y calibrarse entre sí, para usarse en los estudios costeros en los que una zona, malla, de toma de datos de oleaje visual se abstrae a un punto de la costa en la que se quiere conocer el oleaje que recala en ella y el transporte sólido litoral que dicho oleaje genera.

Entre los registros de oleaje más comúnmente empleados en España se encuentran los datos visuales suministrados por el «National Weather Records Center» (NWRC), situado

en la localidad de Asheville, en el estado de Carolina del Norte (EUA), y por el «British Meteorological Office» (MOB), situado en la localidad de Bracknell, en Inglaterra (GB), y el registro de oleaje mediante boyas de la «Red Española de Medida y Registro de Oleaje» (REMRO), situado en Madrid, en el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del CEDEX-MOPT.

Así pues, se van a utilizar para la comparación de datos de oleaje, además de los datos visuales del NWRC que ya aparecían en el anterior estudio, los datos visuales del MOB, que, aunque de menor uso que los primeros, su utilización se encuentra muy extendida.

Estas tres fuentes de datos de oleaje tienen diversas limitaciones e inconvenientes, no pudiéndose analizar conjuntamente de forma sencilla, debido primordialmente a que los datos del NWRC y del MOB son direccionales y los de la REMRO, escalares.

A continuación se estudiarán someramente dichas fuentes de datos de oleaje. Seguidamente se analizará las limitaciones que posee cada una de las fuentes mencionadas para con posterioridad, tomando datos de una y otra fuente en el mismo lugar, comparar los resultados de las tres. Para finalizar se obtendrán una serie de coeficientes correctores de los datos, para así uniformizar cada una de las fuentes de datos visuales con los datos de oleaje procedente de las boyas, con las hipótesis que en el apartado correspondiente se presentan. Más tarde se dan una serie de recomendaciones para el uso correcto de los coeficientes calculados, y presentados en el apartado anterior, para el cálculo del transporte sólido litoral. Para finalizar, se comparan los resultados obtenidos en este estudio con los alcanzados en el estudio precedente.

Se debe advertir que en el estudio llevado a cabo por los dos autores ha primado la eficacia, facilidad y rapidez de aplicación de los resultados, por lo que la exactitud de los resultados viene condicionada por este aspecto, aprovechando

¹ En la actualidad se está creando una red de boyas direccionales, complementaria a la actual Red Española de Medida y Registro de Oleaje (REMRO), formada por boyas escalares, situadas en altamar y que en un futuro no menor de seis años podrá suministrar datos fiables.

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de la División de Estudios Litorales del Sector de Costas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiental (MOPT)). (Antonio López, 81 - 28026 Madrid).

(**) Ingeniero Técnico de Obras Públicas. Jefe de Sección de la División de Estudios Litorales del Sector de Costas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiental).

do esta oportunidad para animar a los expertos en el tema a profundizar en este campo.

2. FUENTES DE DATOS DE OLAJE

Como se ha comentado en la introducción, las tres fuentes de oleaje más comúnmente empleadas en España son: para datos visuales y direccionales de oleaje, el NWRC y el MOB; y para datos instrumentales y escalares de oleaje, la REMRO-CEPYC.

Los datos de oleaje provenientes del NWRC son observaciones tomadas por diferentes fuentes como: barcos en ruta, barcos meteorológicos, observaciones de boyas, etc. Los instrumentos de toma de datos utilizados han sido muy variados, pues dichos datos comenzaron a tomarse en el pasado siglo. En 1963, la International Marine estableció los cánones para organizar y homogeneizar la manera en que debían de tomarse los datos para una mejor información de los mismos.

Los datos vienen diferenciados según el tipo de oleaje, SEA o SWELL, proporcionando para cada observación: la altura, el período y la dirección de la ola, así como las coordenadas geográficas del punto de observación y la fecha en que se obtuvo.

La altura de ola suministrada por dichos datos, al ser éstos visuales, es asimilable a la altura de ola significativa $H_{1/3}$, que por otra parte es la más corrientemente utilizada en el estudio de los procesos litorales.

El NWRC suministra los datos brutos en soporte magnético, su proceso y puesta en servicio se lleva a cabo en el CEPYC. Los datos que se han utilizado en este estudio abarcan hasta 1987.

Los datos de oleaje suministrados por el MOB son observaciones visuales tomadas por barcos en ruta. El banco de datos del MOB tiene información desde mediados del siglo XIX, si bien en este estudio se ha trabajado con datos desde 1950 hasta 1983.

Las observaciones de oleaje vienen representadas por altura, período y dirección de la ola, con las coordenadas geográficas y día de la observación, indicando el tipo de oleaje a que pertenece dicha observación: SEA o SWELL. La altura de ola es asimilable, como en el caso anterior, al ser datos visuales a la altura de ola significativa $H_{1/3}$.

Al igual que el NWRC, el MOB suministra los datos brutos en soporte magnético, que debe procesarse para que éstos sean utilizables. Dicho proceso corre a cargo del Programa de Clima Marítimo del MOPT, el cual nos ha facilitado gustosamente toda la información que sobre dichos datos se presenta aquí.

La REMRO-CEPYC consta básicamente de un conjunto de boyas situadas en distintos puntos del litoral español, a poca distancia de la costa y por tanto ancladas a una profundidad no excesiva. El número total de boyas es de diecinueve, estando situadas en: El cabo Sillero, La Coruña, Gijón, Bilbao, Palamós, Tarragona, Tortosa, Valencia, Alicante, cabo de Palos, cabo de Gata, Málaga, Ceuta, desembocadura del Guadalquivir (Chiplona), Bonanza, Cádiz, Tenerife, Las Palmas y Mallorca. La profundidad de anclaje de las boyas oscila entre 21 y 90 metros, lo que indica que todas ellas se encuentran en la plataforma continental.

Los datos suministrados por las boyas se procesan y uniformizan en el CEPYC en Madrid, proporcionando datos escalares en todos los casos. Para cada observación se facilita, entre otros: la altura de ola significativa ($H_{1/3}$) y el período de la ola.

3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS DISTINTAS FUENTES DE OLAJE

Los datos visuales suministrados por el NWRC, como se ha descrito en el punto anterior, facilitan, entre otros, la altura y período de la ola, así como la dirección y tipo de oleaje que es. Dado que los datos son visuales, la altura de ola se la asimila a la altura de ola significativa ($H_{1/3}$), viniendo agrupadas en intervalos escalonados de 0,5 metros de amplitud; partiendo de 0,5 metros hasta alcanzar los 49,5 metros, las alturas de ola inferiores a 0,25 metros las supone calma. Los períodos de ola vienen expresados en escalones de 2 segundos, comenzando por valores menores de 5 segundos, hasta el último escalón para valores mayores de 21 segundos. Las direcciones de oleaje se ordenan en 36 husos de 10° . Todas las observaciones vienen separadas según sea el tipo de oleaje: SEA y SWELL. La precisión en la posición geográfica de las observaciones es de $0,1^\circ$.

Los datos visuales procedentes del MOB proporcionan información similar a la suministrada por el NWRC, consistente, básicamente en la dirección, altura y período de la ola, distinguiendo entre el oleaje SEA y SWELL. La altura de ola significativa ($H_{1/3}$) se encuentra agrupada en escalones de 0,5 metros de amplitud y los períodos en escalones de 0,5 segundos. Teniendo la misma precisión geográfica que los datos del NWRC.

El Programa de Clima Marítimo efectuó un control «de calidad» de los datos, depurándolos para que existiera una homogeneidad en todos ellos. Para el oleaje SEA se limitó el período máximo a 21,5 segundos y la altura máxima a 40 metros, mientras que para el oleaje SWELL estos límites fueron de 21,5 segundos y 16 metros, respectivamente.

El sistema de toma de datos que utiliza la REMRO es sustancialmente distinto a los dos anteriormente descritos, así como la salida de datos que facilita. Cada boya transmite continuamente las medidas de oleaje a una estación de tierra, donde éstas toman muestras de 43 minutos cada tres horas, en condiciones normales, y de 43 minutos a la hora si existe temporal. Cada muestra se procesa individualmente, precediéndose en el CEPYC a realizar el cálculo espectral y estadístico del oleaje; con controles, filtros de eliminación de ruidos, etc. De la muestra procesada se obtiene, entre otros: el período de cruce, el período de cresta, las frecuencias $1/3$ de cresta y cruce, las alturas $1/3$ de cresta y cruce, las alturas máximas de cresta y cruce, la anchura espectral, el período óptimo, la altura significativa, las densidades espectrales, etc. Todo ello va adjuntado con la fecha y hora de toma de la muestra, así como el tiempo y la frecuencia de muestreo: dos puntos por segundo. Una vez procesadas todas las muestras por un mes, se plasman en diferentes tipos de salidas: curvas de estado del mar, listados, etc. A su vez todas ellas se almacenan en un banco de datos, pudiéndose, fácilmente, realizar estudios de oleaje anuales o hiperanuales.

A continuación se van a exponer las principales diferencias e inconvenientes que pueden surgir al compararse las diversas fuentes de oleaje, especialmente entre las de oleaje visual y los registros de oleaje de boyas.

Los principales inconvenientes de los datos de oleaje visual, tanto del NWRC como del MOB, son: la heterogeneidad en la toma de datos; la falta de uniformización espacial y, en menor medida, temporal de los mismos, de tal forma que existe un desequilibrio muy grande en el número de observaciones en diferentes áreas, como consecuencia de la existencia o no de rutas marítimas que sean muy utilizadas, y menor información en los meses de invierno y en temporales; y el

diferente proceso que se da a los datos visuales, dado que pasa por dos escalones, siendo el primero de ellos el realizado por los organismos receptores de los mismos (NWRC y MOB) y el segundo proceso efectuado por los usuarios de los mismos (CEPYC, Clima Marítimo...).

Las ventajas que poseen los datos visuales son que poseen una gran extensión; tanto en lo referente al tiempo como en lo concerniente al número de observaciones. Además de la direccionalidad de los datos que permite su utilización en estudios en los cuales es imprescindible conocer el sentido con que el oleaje aborda la costa.

Los datos facilitados por la REMRO poseen el gran inconveniente de proporcionar datos escalares de oleaje, lo que obliga frecuentemente a no poderse utilizar para estudios costeros, donde el conocimiento direccional del oleaje resulta imprescindible². Los lugares de toma de datos de boyas son puntuales, existiendo diferencia entre el oleaje registrado en dos boyas contiguas y necesitando una correlación de datos, que debiera tener en cuenta la geografía y topografía de la costa entre las dos boyas en cuestión. Además, la mayoría de las boyas se encuentran ancladas en profundidades no indefinidas, afectándolo, por tanto, fenómenos como *shoaling*, refracción... Por último, la extensión en el tiempo de los registros de boyas no es aún demasiado grande.

Por contra, la ventaja que poseen los registros de bovas

es la sistematización y continuidad en su adquisición, teniendo en todo momento una visión clara del clima marítimo que se está produciendo en el lugar de ubicación de las boyas, si bien ésta es esencial.

4. COMPARACION DE LOS DATOS VISUALES Y DE LOS REGISTROS DE BOYAS EN EL MAR DE ALBORAN

A la vista de lo expuesto en los apartados anteriores, puede concluirse que los registros de boyas y datos visuales pueden ser complementarios. Como se ha comentado en la introducción, en este artículo se pretende calibrar los datos visuales de oleaje mediante los registros instrumentales de las boyas de la REMRO-CEPYC para adaptarse a la realidad climática de la zona de estudio con objeto de conocer la dinámica litoral y previsible evolución de la costa.

El número de boyas de la REMO-CEPYC dentro del mar de Alborán son tres: Ceuta, Málaga y cabo de Gata. Más otra boya situada en la boca de entrada del mar de Alborán: cabo de Pulos. Los registros de las boyas utilizados para este estudio abarcan desde 1986, fecha de puesta en funcionamiento, hasta diciembre de 1991, excepto la boya situada frente al cabo de Gata que se instaló en 1988. En la figura 1 se muestra el mar de Alborán con la situación de las zonas de estudio.

Alrededor de cada boya se han elegido cuatro mallas de toma de datos visuales, progresivamente mayores, para los datos del NWRC y una única malla de datos visuales, coincidente con la cuarta malla elegida para los anteriores datos, para los datos MOB. En las figuras 2A a 2D se han señalado

* Ver nota 1. En un futuro no lejano se espera tener en uso los datos proporcionados por la red direccional de boyas de oleaje.

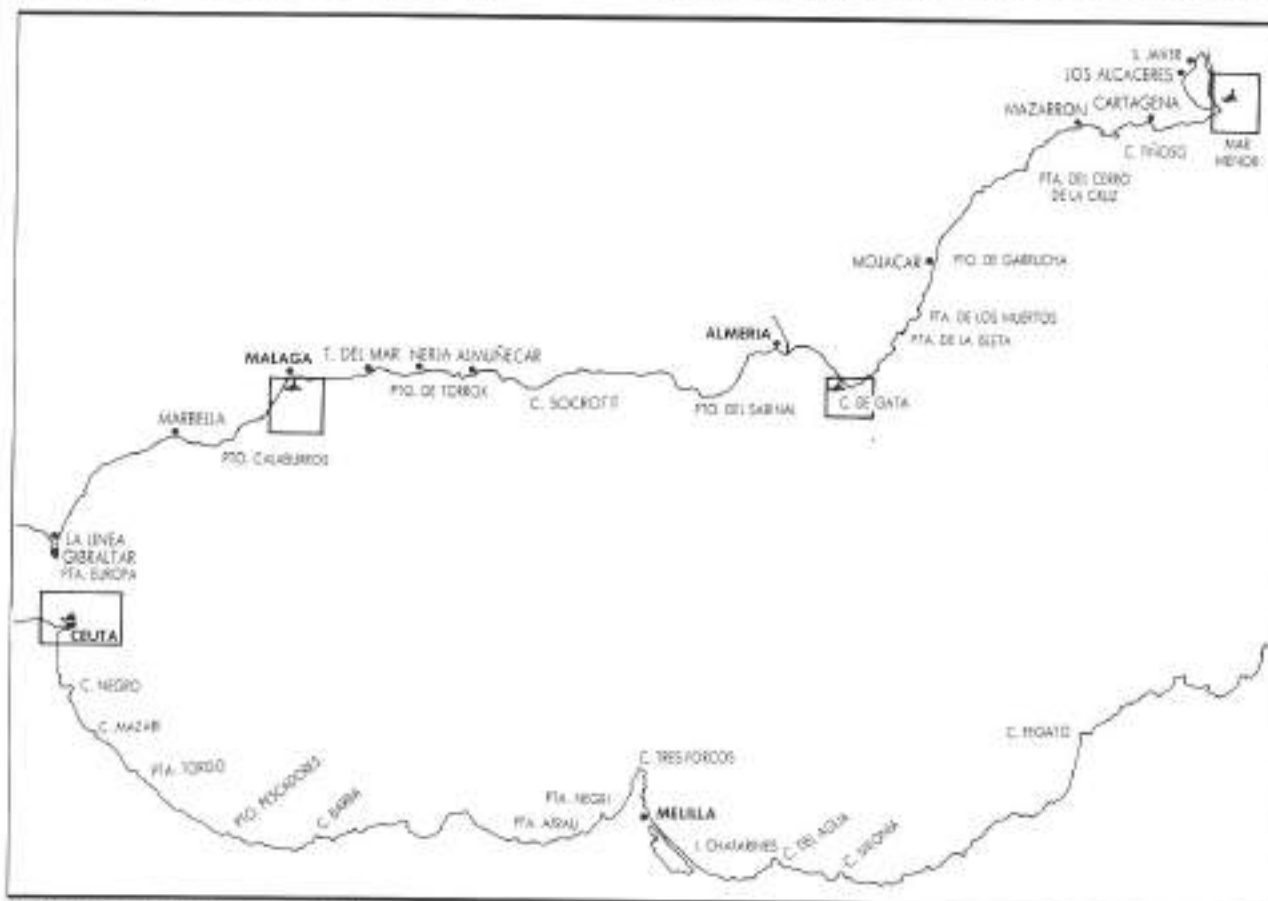


FIGURA 1. Mar de Alborán y zonas de estudio.

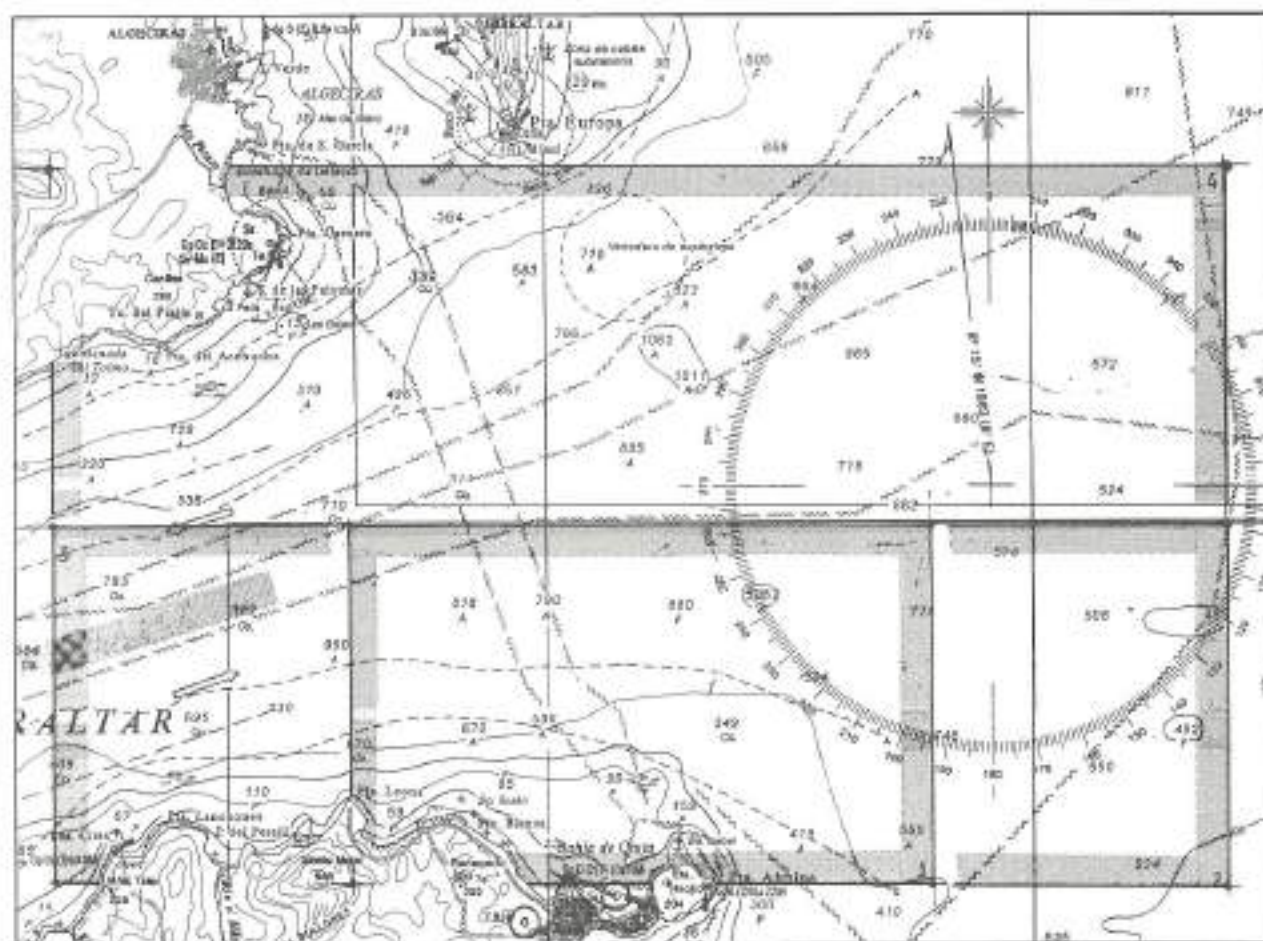


FIGURA 2a. Mallas de toma de datos visuales NWRC y MOB, y situación de la boya de la REMRO-CEPYC en Ceuta.

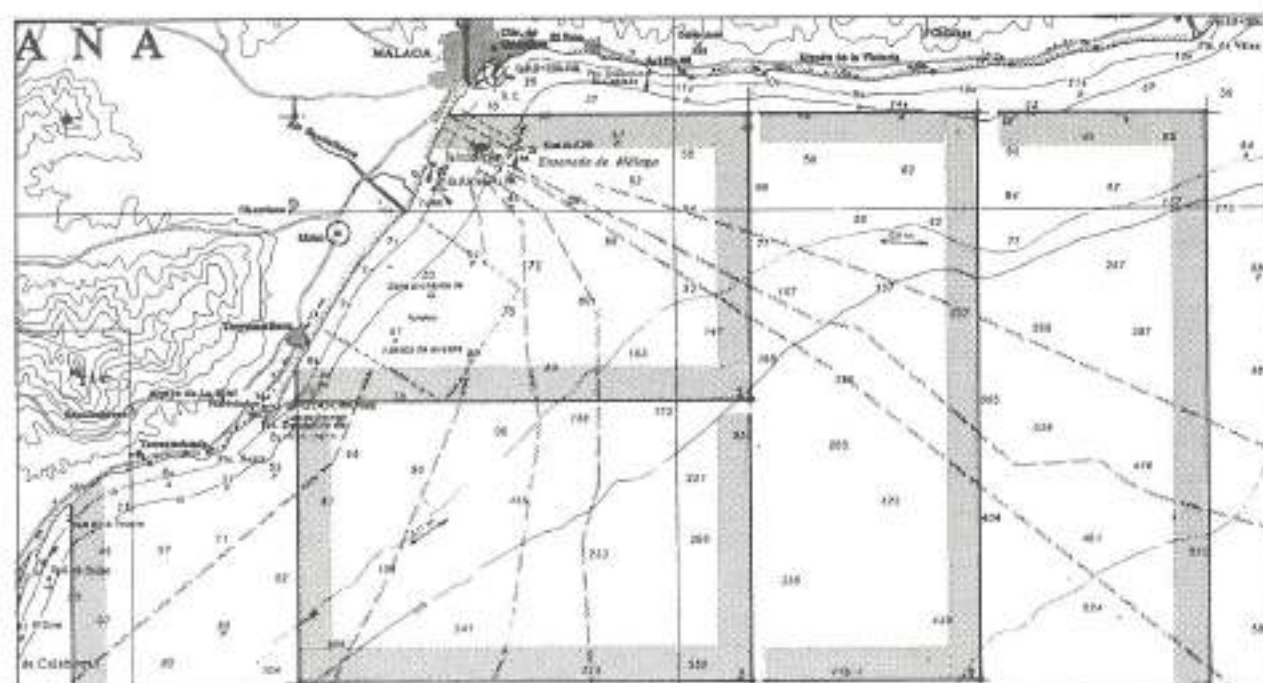


FIGURA 2b. Mallas de toma de datos visuales de NWRC y MOB, y situación de la boya de la REMRO-CEPYC en Málaga.

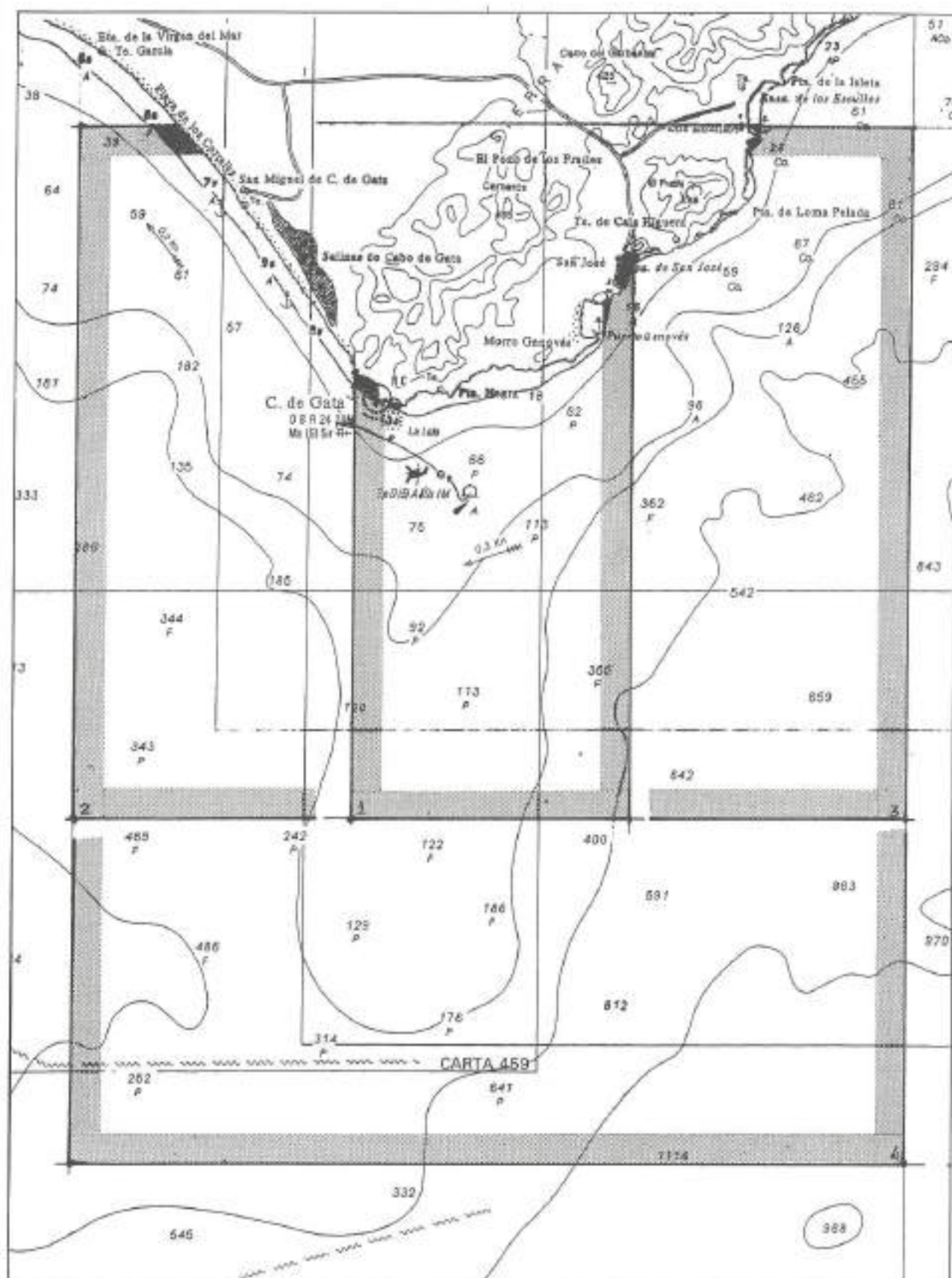


FIGURA 2c. Mallas de tama de datos visuales del NWRC y MOB, y situación de la boya de la RENRO-CEPYC en el cabo de Gata.

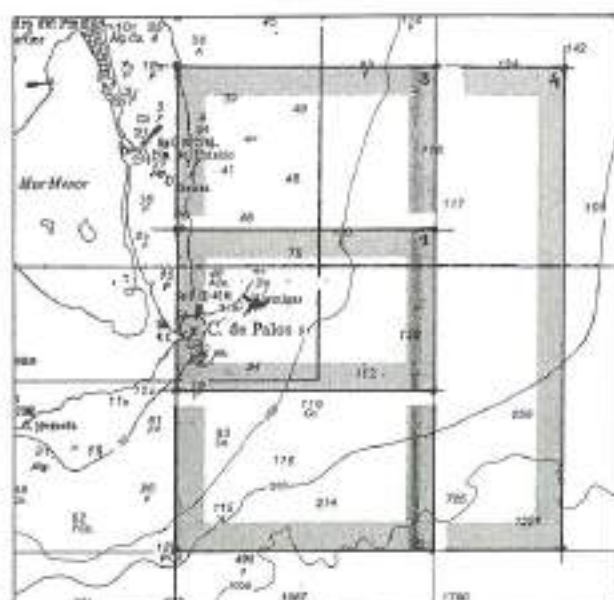


FIGURA 2d. Mallas de zona de datos visuales del NWRC y MOB, y situación de la boya de la REMRO-CEPYC en el cabo de Palos.

sobre cartas náuticas, las mallas indicadas anteriormente, así como se ha dibujado la posición de la boya.

Las coordenadas geográficas de las boyas y mallas elegidas son las siguientes:

	CEUTA	MÁLAGA	C. GATA	C PALOS
BOYA	35,90°N 5,33°O	36,69°N 4,42°O	36,70°N 2,17°O	37,63°N 0,54°O
MAILA 1	35,9-36°N 5,2-5,4°O	36,6-36,7°N 4,3-4,5°O	36,6-36,8°N 2,1-2,2°O	37,6-37,7°N 0,5-0,7°O
MAILA 2	35,9-36°N 5,1-5,4°O	36,5-36,7°N 4,3-4,5°O	36,6-36,8°N 2,1-2,3°O	37,5-37,7°N 0,5-0,7°O
MAILA 3	35,9-36°N 5,1-5,5°O	36,5-36,7°N 4,2-4,5°O	36,6-36,8°N 2,0-2,3°O	37,5-37,8°N 0,5-0,7°O
MAILA 4	35,9-36,1°N 5,1-5,5°O	36,4-36,7°N 4,1-4,6°O	36,5-36,8°N 2,0-2,3°O	37,5-37,8°N 0,4-0,7°O

CUADRO 1. Mallas de datos y situación de boyas.

Las mallas indicadas, alrededor de cada boya, tienen las siguientes superficies en kilómetros cuadrados:

	CEUTA	MÁLAGA	C. GATA	C PALOS
MAILA 1	190,75	170,37	128,85	188,36
MAILA 2	290,30	368,44	293,63	376,72
MAILA 3	366,94	567,23	475,20	565,08
MAILA 4	737,76	1.344,59	773,71	847,62

CUADRO 2. Área de las mallas.

La malla 4 es común para los datos de NNCR y MOB.

Los datos obtenidos para cada una de las fuentes procesadas en el CEPYC, datos visuales del NWRC y de boyas, y en el Programa de Clima Marítimo, datos visuales del MOB, se presentan a continuación en los cuadros 5 al 9, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

Para los datos visuales:

1. Las calmas vienen incluidas en el primer escalón de altura de ola, de 0 a 50 centímetros.
2. Se supone calmas aquellas alturas de ola menores de 25 centímetros.
3. Se ha considerado como altura de ola significativa máxima la máxima altura registrada en las boyas de la REMRO-CEPYC durante su período de funcionamiento³.
4. Los porcentajes de altura de ola significativa superiores al máximo considerado en el apartado 3 son los siguientes para cada una de las mallas y puntos considerados:

%	CEUTA	MÁLAGA	C. GATA	C PALOS
MAILA 1	0,17	0,53	0,25	0,44
MAILA 2	0,17	0,54	0,34	0,28
MAILA 3	0,12	0,79	0,39	0,27
MAILA 4	0,17	0,77	0,41	0,39
MOB	0,06	0,39	0,21	0,09

CUADRO 3. Porcentaje de H_s desechada.

5. Los datos direccionales se han transformado en escalares.
6. La unión de los datos visuales tipo Sea y tipo Swell se ha efectuado teniendo en cuenta la frecuencia de presentación de cada uno de ellos; así las fórmulas de conversión, para cada lugar y cada malla, son:

	CEUTA	MÁLAGA	C. GATA	C PALOS
MAILA 1	0,683 Sea + + 0,317 Swell	0,581 Sea + + 0,419 Swell	0,632 Sea + + 0,368 Swell	0,613 Sea + + 0,387 Swell
MAILA 2	0,679 Sea + + 0,321 Swell	0,591 Sea + + 0,409 Swell	0,633 Sea + + 0,367 Swell	0,616 Sea + + 0,384 Swell
MAILA 3	0,687 Sea + + 0,313 Swell	0,572 Sea + + 0,428 Swell	0,634 Sea + + 0,366 Swell	0,617 Sea + + 0,383 Swell
MAILA 4	0,696 Sea + + 0,304 Swell	0,587 Sea + + 0,413 Swell	0,640 Sea + + 0,360 Swell	0,623 Sea + + 0,377 Swell
MOB	0,732 Sea + + 0,268 Swell	0,731 Sea + + 0,269 Swell	0,712 Sea + + 0,288 Swell	0,688 Sea + + 0,312 Swell

CUADRO 4. Relación entre el oleaje SEA y SWELL.

³ Se ha elegido este criterio a falta de otro con una base real sólida, dado que alguna de las boyas tiene un tiempo de funcionamiento corto. Es de esperar que esta altura de ola significativa máxima sea mayor y con el tiempo se reduzcan los errores cometidos con esta hipótesis. De todas formas, para apreciar el error que se comete con este criterio se han incluido en el estudio los porcentajes de olas significativas mayores que se desechan y que se presentan en el punto siguiente.

ALTURA DE OLA (m)	CEUTA %		MALAGA %		C. GATA %		C. PALOS %	
	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya
0-0,5	51,06	79,98	80,93	78,02	47,39	44,02	52,51	33,70
0,5-1	25,32	14,35	12,43	15,78	23,41	35,71	25,52	43,42
1-1,5	11,88	3,52	2,84	3,98	12,50	13,48	11,03	14,96
1,5-2	6,45	1,22	2,21	1,33	8,22	4,27	6,55	5,04
2-2,5	2,63	0,49	1,18	0,47	3,66	1,53	1,81	1,78
2,5-3	1,46	0,23	0,28	0,26	2,12	0,59	1,38	0,63
3-3,5	0,41	0,10	0,07	0,12	1,24	0,22	0,77	0,27
3,5-4	0,36	0,04	0,07	0,04	0,84	0,08	0,17	0,08
4-4,5	0,05	0,04			0,27	0,05	0,09	0,07
4,5-5	0,29	0,01			0,35	0,05	0,09	0,05
5-5,5	0,05	0,01						
5,5-6	0,03	0,01						
CAIMA	16,99	36,79	27,40	35,84	17,27	6,46	15,28	5,80
OBSER.	3,837	14,455	1,456	15,436	2,250	7,349	1,165	15,003

CUADRO 5. Frecuencias relativas en boyas y malla 1.

ALTURA DE OLA (m)	CEUTA %		MALAGA %		C. GATA %		C. PALOS %	
	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya
0-0,5	50,76	79,98	72,36	78,02	47,99	44,02	51,83	33,70
0,5-1	25,06	14,35	15,78	15,78	23,59	35,71	25,27	43,42
1-1,5	12,23	3,52	6,20	3,98	12,62	13,48	11,54	14,96
1,5-2	6,36	1,22	3,90	1,33	7,51	4,27	6,48	5,04
2-2,5	2,73	0,49	1,31	0,47	3,57	1,53	2,42	1,78
2,5-3	1,61	0,23	0,64	0,26	2,30	0,59	1,37	0,63
3-3,5	0,45	0,10	0,28	0,12	1,14	0,22	0,73	0,27
3,5-4	0,32	0,04	0,20	0,04	0,69	0,08	0,18	0,08
4-4,5	0,11	0,04			0,30	0,05	0,14	0,07
4,5-5	0,27	0,01			0,28	0,05	0,04	0,05
5-5,5	0,06	0,01						
5,5-6	0,03	0,01						
CAIMA	16,86	36,79	28,56	35,84	17,50	6,46	14,88	5,80
OBSER.	6,298	14,455	2,535	15,436	4,749	7,349	2,198	15,003

CUADRO 7. Frecuencias relativas en Boyas y malla 3.

ALTURA DE OLA (m)	CEUTA %		MALAGA %		C. GATA %		C. PALOS %	
	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya
0-0,5	50,80	79,98	75,39	78,02	47,74	44,02	51,39	33,70
0,5-1	25,29	14,35	14,32	15,78	23,74	35,71	25,84	43,42
1-1,5	12,15	3,52	4,94	3,98	12,86	13,48	11,37	14,96
1,5-2	6,31	1,22	3,27	1,33	7,77	4,27	6,70	5,04
2-2,5	2,75	0,49	1,29	0,47	3,40	1,53	2,37	1,78
2,5-3	1,45	0,23	0,48	0,26	2,17	0,59	1,33	0,63
3-3,5	0,46	0,10	0,21	0,12	1,14	0,22	0,69	0,27
3,5-4	0,34	0,04	0,11	0,04	0,64	0,08	0,20	0,08
4-4,5	0,08	0,04			0,25	0,05	0,05	0,07
4,5-5	0,26	0,01			0,28	0,05	0,05	0,05
5-5,5	0,06	0,01						
5,5-6	0,04	0,01						
CAIMA	17,19	36,79	25,81	35,84	17,69	6,46	14,78	5,80
OBSER.	4,973	14,455	1,875	15,436	3,245	7,349	2,037	15,003

CUADRO 6. Frecuencia relativos en boyas y malla 2.

ALTURA DE OLA (m)	CEUTA %		MALAGA %		C. GATA %		C. PALOS %	
	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya
0-0,5	52,75	79,98	66,59	78,02	46,80	44,02	51,71	33,70
0,5-1	24,06	14,35	16,77	15,78	23,59	35,71	25,17	43,42
1-1,5	11,95	3,52	8,38	3,98	13,17	13,48	11,58	14,96
1,5-2	5,97	1,22	5,21	1,33	7,91	4,27	6,73	5,04
2-2,5	2,57	0,49	1,70	0,47	3,61	1,53	2,33	1,78
2,5-3	1,53	0,23	0,67	0,26	2,53	0,59	1,41	0,63
3-3,5	0,42	0,10	0,43	0,12	1,23	0,22	0,67	0,27
3,5-4	0,32	0,04	0,24	0,04	0,65	0,08	0,24	0,08
4-4,5	0,08	0,04			0,25	0,05	0,10	0,07
4,5-5	0,24	0,01			0,25	0,05	0,07	0,05
5-5,5	0,07	0,01						
5,5-6	0,03	0,01						
CAIMA	19,42	36,79	28,22	35,84	17,02	6,46	14,81	5,80
OBSER.	8,528	14,455	4,567	15,436	6,739	7,349	2,984	15,003

CUADRO 8. Frecuencias relativas en Boyas y malla 4.

ALTURA DE OLA (m)	CEUTA %		MÁLAGA %		C. GATA %		C. PALOS %	
	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya	Visual	Boya
0-0,5	51,28	79,98	53,08	78,02	44,63	44,02	51,36	33,70
0,5-1	25,80	14,35	22,15	15,78	25,98	35,71	26,64	43,42
1-1,5	12,50	3,52	12,90	3,96	13,70	13,48	11,62	14,96
1,5-2	5,95	1,22	6,93	1,33	8,14	4,27	6,13	5,04
2-2,5	2,22	0,49	2,54	0,47	3,35	1,53	2,16	1,78
2,5-3	1,23	0,23	1,55	0,26	2,19	0,99	1,27	0,63
3-3,5	0,42	0,10	0,51	0,12	0,95	0,22	0,51	0,27
3,5-4	0,29	0,04	0,35	0,04	0,58	0,08	0,19	0,08
4-4,5	0,09	0,04			0,29	0,05	0,03	0,07
4,5-5	0,15	0,01			0,18	0,05	0,07	0,05
5-5,5	0,03	0,01						
5,5-6	0,04	0,01						
CAIMA	18,06	36,79	23,91	35,84	16,74	6,46	17,56	5,80
OBSER.	7,020	14,455	6,252	15,436	7,528	7,349	3,144	13,003

CUADRO 9. Frecuencias relativas en boya y malla 4 de MOB.

Para los datos de boyas:

1. Todos los datos de oleaje de boyas se han transformado para presentarse en alturas de ola escalonadas por intervalos de 50 centímetros, al igual que aparecen los datos visuales de oleaje.
2. Las calmas se incluyen en el primer escalón de altura de ola, de 0 a 0,5 metros.
3. Se suponen calmas aquellas alturas de ola menores de 20 centímetros.

Así, por tanto, en los anteriores cuadros, del 5 al 8, separados por estaciones, y mallas de toma de las observaciones, se comparan las frecuencias de presentación relativas de altura de ola tomadas visualmente, NWRC para las mallas 1, 2, 3, y 4 y MOB para la malla 4, y registradas mediante boya, añadiendo a cada columna el porcentaje de presentación de calmas y el número total de observaciones registradas.

De los datos que se muestran en los cuadros y figuras adjuntas se pueden desprender las siguientes conclusiones:

1. La relación existente entre los oleajes tipo SEA y SWELL (cuadro 4 y figura 3) muestra que los primeros, Sea, se encuentran comprendidos en torno al 0,6-0,7, siendo sus extremos Málaga, con un 0,572 en la malla 3, y Ceuta, con un 0,696 en la malla 4. Los segundos, Swell, por tanto, tienen una horquilla de 0,3-0,4, teniendo su extremo superior en Málaga, con un 0,428, y su extremo inferior en Ceuta, con un 0,304. En general, dentro de cada zona de datos existen pocas variaciones, respecto a la malla elegida, del porcentaje de presentación de los oleajes Sea y Swell.

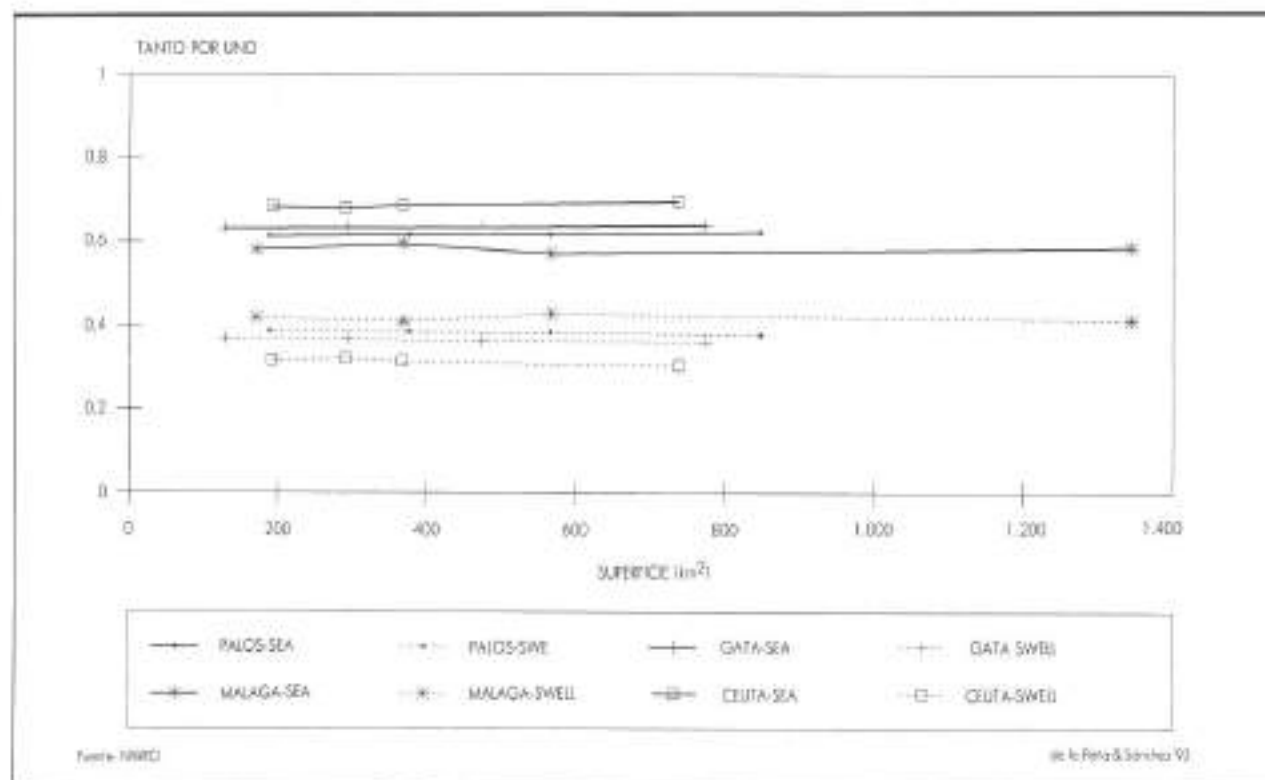


FIGURA 3. Relación entre los oleajes tipo SEA y SWELL y la superficie de malla considerada.

Mención especial aparte merecen los datos del MOB pues, tanto para el oleaje Sea como Swell, los porcentajes de presentación de uno y otro se alejan de los valores que dan los datos del NWRC; así el porcentaje tipo Sea es significativamente mayor para todas las zonas de estudio, con diferencias máximas en Málaga de 0,781 para el MOB y 0,587 para el NWRC. Los oleajes tipo Swell, como es natural, siguen la misma tónica indicada en el párrafo anterior.

2. En Ceuta, figura 4, las variaciones que experimentan los datos visuales del NWRC y MOB en los porcentajes de presentación de cada escalón de altura de ola, respecto a las mallas elegidas, no son muy importantes; así las diferencias extremas que surgen entre mallas no alcanzan más del 2 %, y esto en valores bajos de altura de ola de 0 a 0,5 metros.

Si se comparan los datos de oleaje de la boya y visuales, se puede apreciar una diferencia muy importante, apareciendo porcentajes de presentación en boya mucho mayores para oleajes bajos, de 0 a 0,5 metros, alcanzando diferencias próximas al 30 % y, por tanto, existiendo porcentajes de presentación inferiores en boya para el resto de los escalones de altura de ola.

El porcentaje de calmas para los oleajes visuales oscila, dependiendo de las mallas, del 16,99 al 19,42 %, mientras que el porcentaje de calmas registrado en boya es del 36,79 %.

3. En Málaga, figura 5, a medida que aumenta la amplitud de malla disminuyen los porcentajes de presentación de olea-

je visuales, del NWRC, de menor altura de ola, aumentando, por tanto, los porcentajes en alturas superiores; así la diferencia entre la primera y última malla para escalones de altura de ola de 0 a 0,5 metros es del 14,34 %; y para el último escalón de 3,5 a 4 metros la diferencia contraria es de 0,17 %, que para esta altura de ola es importante. Estos aspectos se acentúan más si se tienen en cuenta, en la malla 4, los datos de oleaje visuales del MOB.

Los oleajes registrados en la boya se ajustan mejor a los datos de la malla más pequeña, malla 1, existiendo diferencias pequeñas entorno al 3 % en los oleajes bajos.

Para las calmas, tanto los datos visuales del NWRC, con una media del 27 %, como los del MOB, con un 24 %, dan valores inferiores a los registrados en boya, 36 %.

4. En el cabo de Gata, figura 6, los oleajes visuales del NWRC para todas las mallas son bastante similares, con diferencias pequeñas inferiores al 1 %. Los datos del MOB no son muy diferentes a los anteriores, siendo menores para oleajes comprendidos entre 0 y 0,5 metros y mayores, en el mismo porcentaje, para oleajes comprendidos entre 0,5 y 1 metros.

Los oleajes registrados en la boya poseen frecuencias de presentación inferiores, del orden del 3 %, en el primer escalón de altura de ola, 0-0,5 metros; bastante mayores, en torno al 11 %, en el siguiente escalón, 0,5-1 metros, y sensiblemente menores en el resto de los escalones.

El porcentaje de calmas registrado en la boya es menor

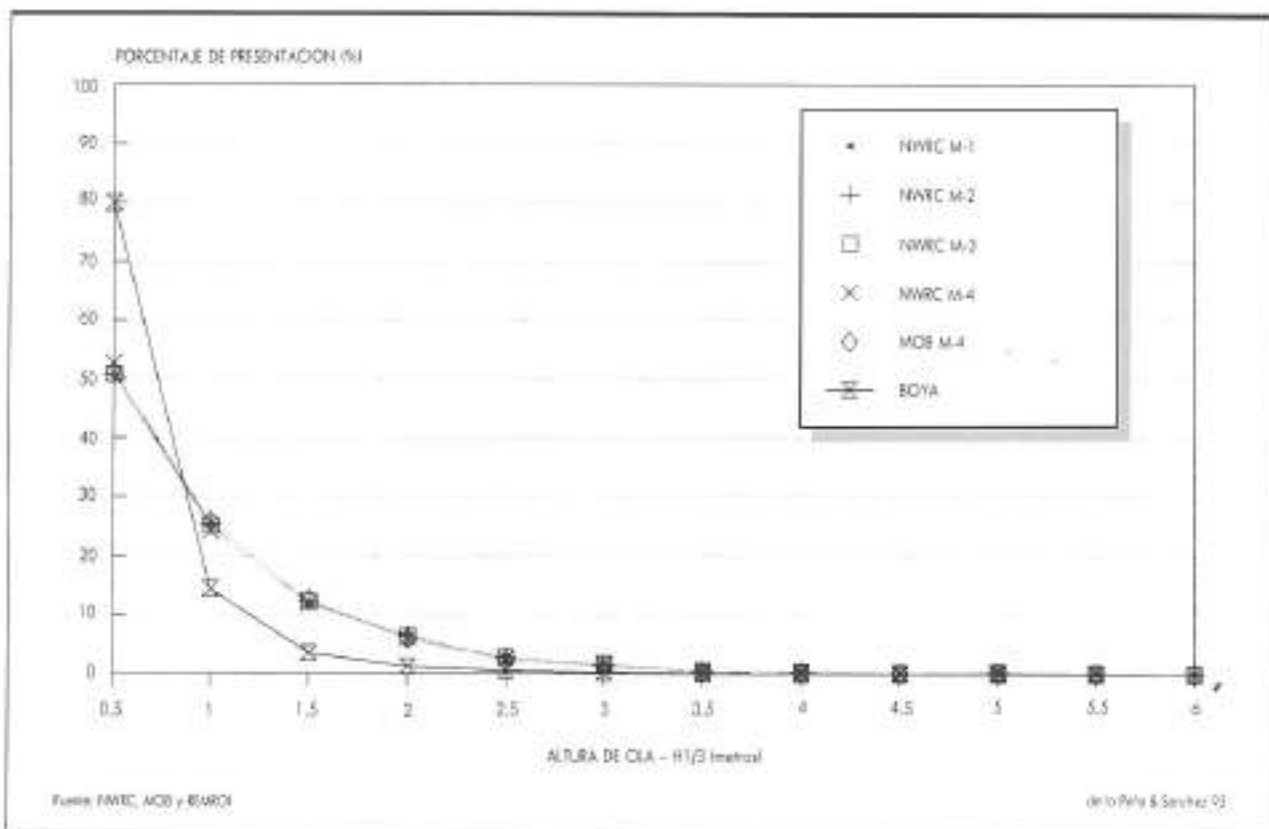


FIGURA 4. Frecuencias de presentación de los escalones de altura de ola para los datos visuales del NWRC, del MOB y de la boya de la REMO-CEPYC de Ceuta.

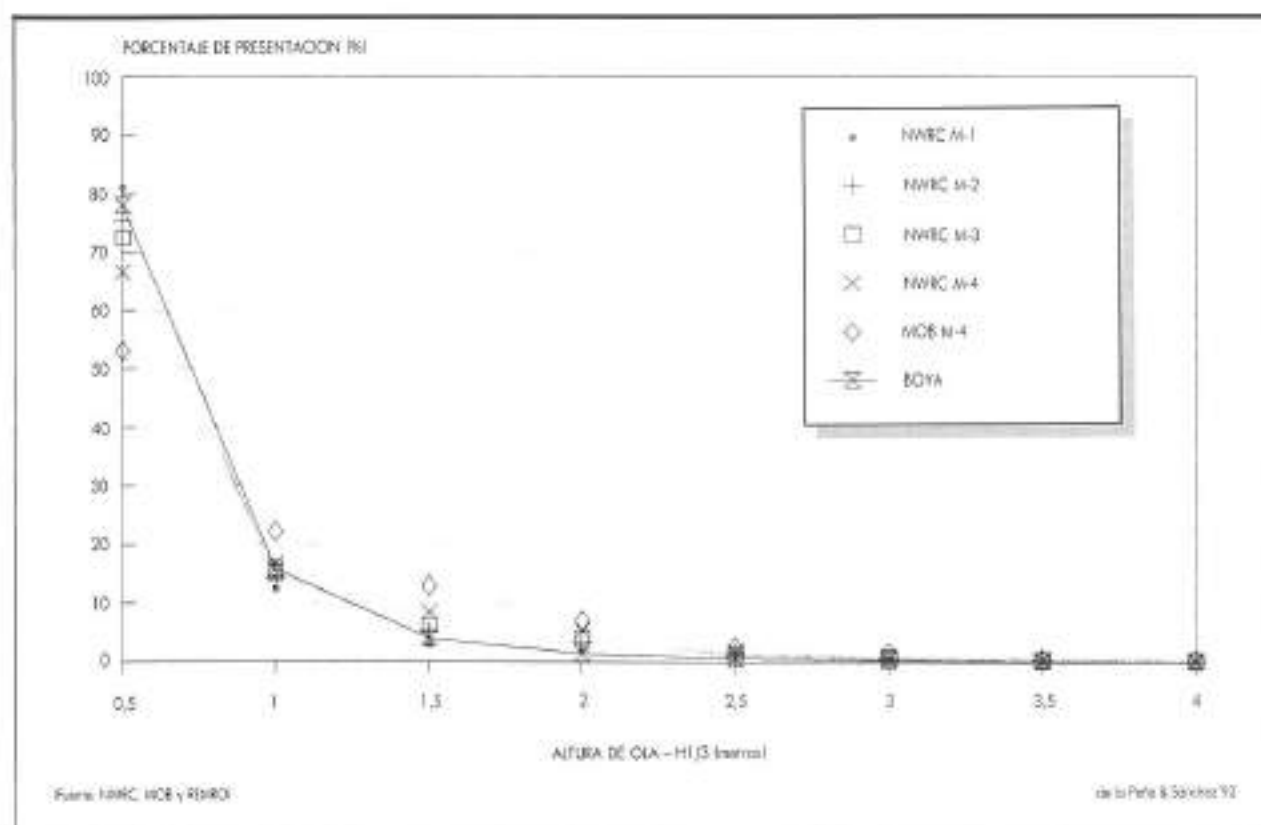


FIGURA 5. Frecuencias de presentación de los escalones de altura de ola para los datos visuales del NWRC, del MOB y de la boya de la REMRO-CEPYC de Málaga.

que el porcentaje suministrado por los datos visuales, en todos los casos, teniendo una diferencia en torno al 11 %.

5. En el cabo de Palos, figura 7, los datos de oleaje que proporciona en NWRC siguen la misma tónica que en el cabo de Gata, ajustándose bastante bien los resultados para cualquiera de las mallas, con diferencias que no alcanzan el 1 % ni para los oleajes más pequeños, salvo en un caso aislado donde esta diferencia es del 1,12 %. Los datos que suministra el MOB no difieren sus resultados de los anteriores, con diferencias entre ellos menores del 1,5 %, y ello para oleajes de baja altura de ola y alta frecuencia de presentación. Los oleajes registrados en la boya de la REMRO-CEPYC distan bastante de los visuales; así: en el primer escalón de altura de ola, 0-0,5 metros, los datos de boya son menores, con diferencias mayores del 19 %; en el segundo escalón, 0,5-1 metros, la tendencia se invierte, poseyendo los datos de boya valores mayores del 17 %; en el resto de los escalones de altura de ola, la boya da, en general, porcentajes de presentación menores que los que suministran los datos visuales.

La boya da valores en el porcentaje de calmas, 5,8 %, bastante menores que los proporcionados por el NWRC, alrededor del 15 %, y por el MOB, 17,56 %.

5. COEFICIENTES CORRECTORES

Para valorar cuantitativamente las diferencias entre los datos visuales y registros de boyas, se ha calculado la relación

ALTURA DE OLA Hs (metros)	FRECUENCIA EN BOYA/FRECUENCIA DATOS VISUALES			
	CEUTA	MALAGA	C. GATA	C. PALOS
0-0,5	1,57	0,96	0,93	0,64
0,5-1	0,57	1,27	1,53	1,70
1-1,5	0,30	1,40	1,08	1,36
1,5-2	0,19	0,60	0,52	0,77
2-2,5	0,19	0,40	0,42	0,98
2,5-3	0,16	0,93	0,28	0,46
3-3,5	0,24	1,71	0,18	0,35
3,5-4	0,11	0,57	0,10	0,47
4-4,5	0,80		0,19	0,78
4,5-5	0,03		0,14	0,56
5-5,5	0,20			
5,5-6	0,33			
CALMAS	2,16	1,31	0,37	0,38

CUADRO 10. Relación entre las frecuencias de presentación de Hs en boya y datos visuales. Malla 1.

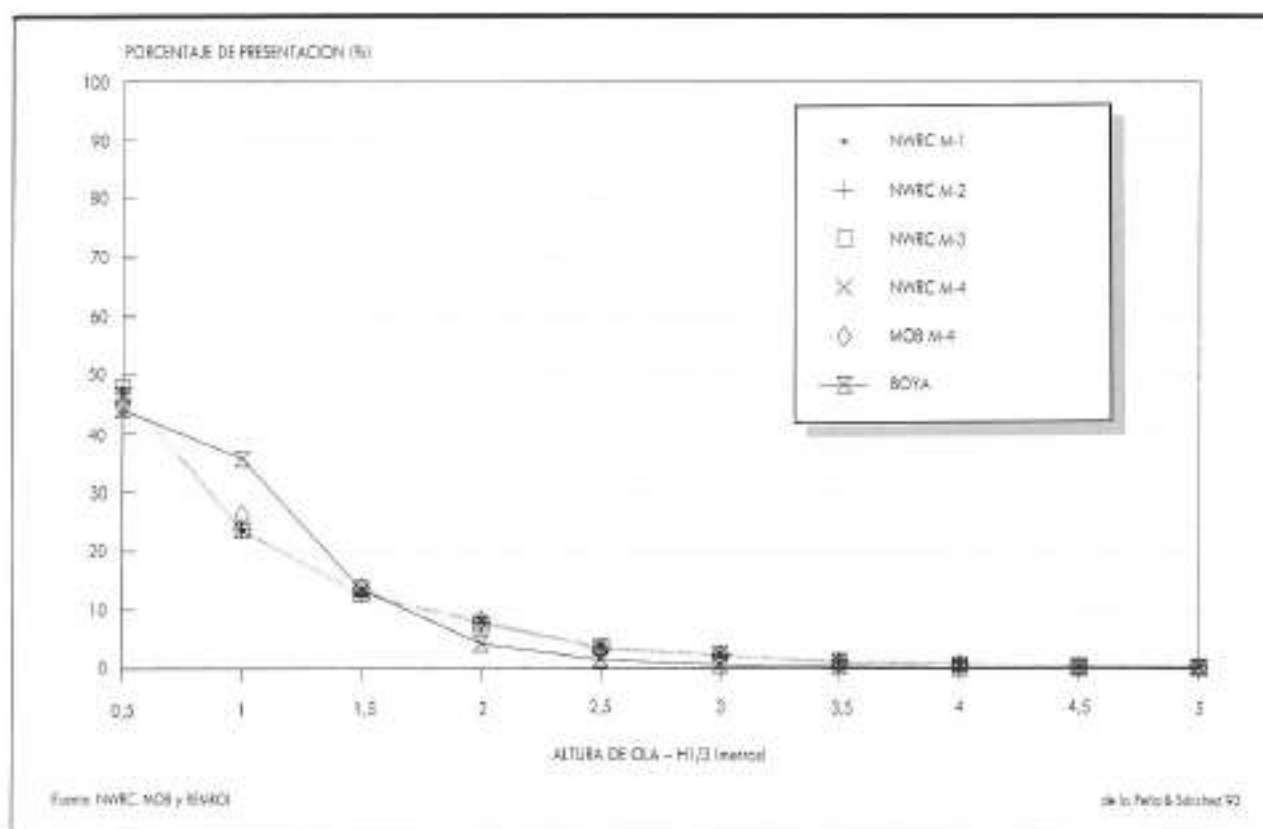


FIGURA 6. Frecuencias de presentación de los escalares de altura de ola para los datos visuales del NWRC, del MOB y de la boya de REMRO-CEPYC de cabo de Gata.

ALTURA DE OLA H_s (metros)	FRECUENCIA EN BOYA/FRECUENCIA DATOS VISUALES			
	CEUTA	MALAGA	C. GATA	C. PALOS
0-0,5	1,57	1,03	0,92	0,66
0,5-1	0,57	1,10	1,50	1,68
1-1,5	0,29	0,81	1,05	1,32
1,5-2	0,19	0,41	0,55	0,73
2-2,5	0,18	0,36	0,45	0,75
2,5-3	0,16	0,54	0,27	0,47
3-3,5	0,22	0,57	0,19	0,39
3,5-4	0,12	0,36	0,13	0,40
4-4,5	0,50		0,20	1,40
4,5-5	0,04		0,18	1,00
5-5,5	0,17			
5,5-6	0,25			
CALMA	2,14	1,39	0,36	0,39

CUADRO 11. Relación entre las frecuencias de presentación de H_s en boya y datos visuales. Malla 2.

ALTURA DE OLA H_s (metros)	FRECUENCIA EN BOYA/FRECUENCIA DATOS VISUALES			
	CEUTA	MALAGA	C. GATA	C. PALOS
0-0,5	1,58	1,08	0,92	0,63
0,5-1	0,57	1,04	1,31	1,72
1-1,5	0,29	0,64	1,07	1,30
1,5-2	0,19	0,34	0,57	0,78
2-2,5	0,18	0,36	0,43	0,74
2,5-3	0,14	0,41	0,26	0,46
3-3,5	0,22	0,43	0,19	0,37
3,5-4	0,13	0,20	0,12	0,44
4-4,5	0,36		0,17	1,50
4,5-5	0,04		0,18	1,25
5-5,5	0,17			
5,5-6	0,33			
CALMA	2,18	1,25	0,37	0,39

CUADRO 12. Relación entre las frecuencias de presentación de H_s en boya y datos visuales. Malla 3.

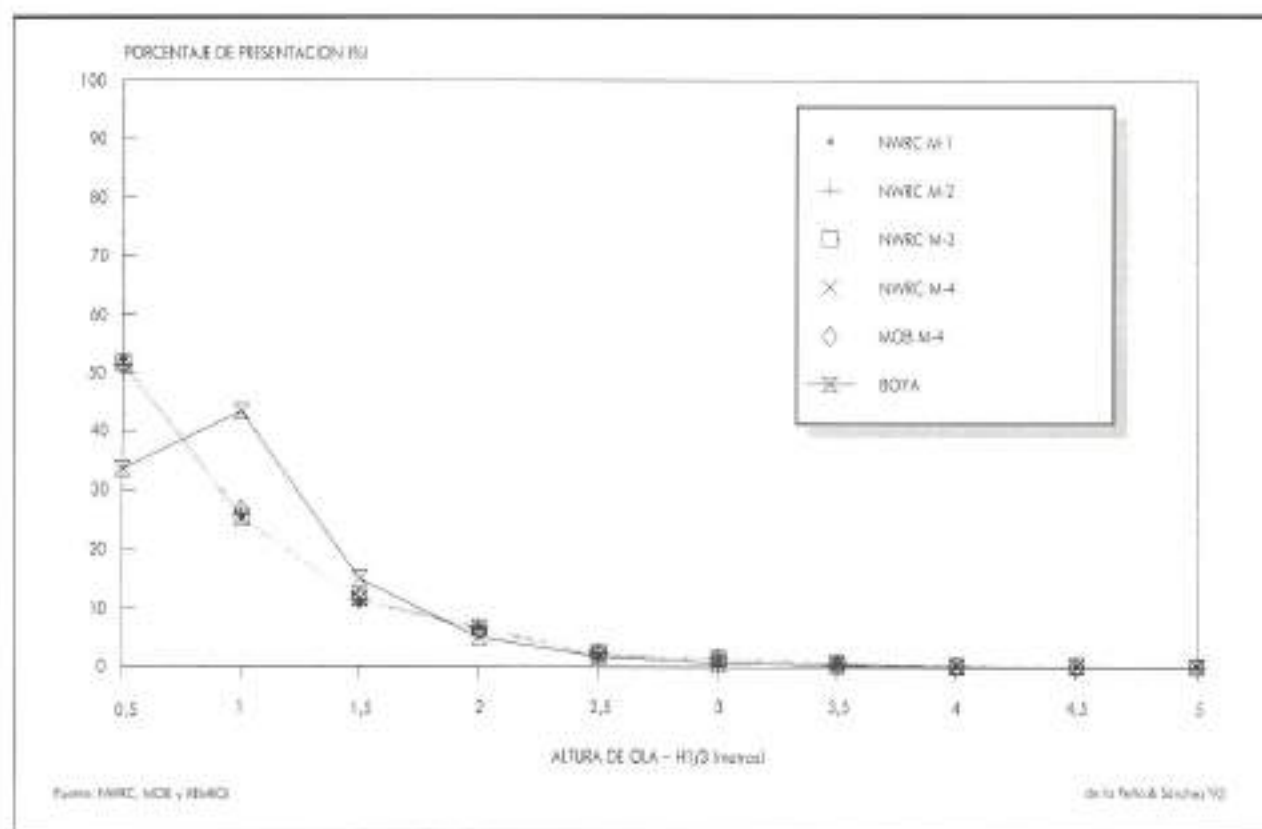


FIGURA 7. Frecuencias de presentación de los escalones de altura de ola para los datos visuales del NWRC, del MOB y de la boya de la REMRO-CEPYC del cabo de Palos.

ALTURA DE OLA H_s (metros)	FRECUENCIA EN BOYA/FRECUENCIA DATOS VISUALES			
	CEUTA	MALAGA	C. GATA	C. PALOS
0-0,5	1,52	1,17	0,94	0,65
0,5-1	0,60	0,94	1,51	1,73
1-1,5	0,29	0,47	1,02	1,29
1,5-2	0,20	0,26	0,54	0,75
2-2,5	0,19	0,28	0,42	0,76
2,5-3	0,15	0,39	0,23	0,45
3-3,5	0,24	0,28	0,18	0,40
3,5-4	0,13	0,17	0,12	0,33
4-4,5	0,50		0,20	0,70
4,5-5	0,04		0,20	0,71
5-5,5	0,14			
5,5-6	0,33			
CAIMA	1,89	1,27	0,38	0,39

CUADRO 13. Relación entre las frecuencias de presentación de H_s en boya y datos visuales. Malla 4.

ALTURA DE OLA H_s (metros)	FRECUENCIA EN BOYA/FRECUENCIA DATOS VISUALES			
	CEUTA	MALAGA	C. GATA	C. PALOS
0-0,5	1,56	1,47	0,99	0,66
0,5-1	0,56	0,71	1,37	1,63
1-1,5	0,28	0,31	0,98	1,29
1,5-2	0,21	0,19	0,52	0,82
2-2,5	0,22	0,19	0,46	0,82
2,5-3	0,19	0,17	0,27	0,50
3-3,5	0,24	0,24	0,23	0,53
3,5-4	0,14	0,11	0,14	0,42
4-4,5	0,44		0,17	2,33
4,5-5	0,07		0,28	0,71
5-5,5	0,33			
5,5-6	0,25			
CAIMA	2,04	1,50	0,39	0,33

CUADRO 14. Relación entre las frecuencias de presentación de H_s en boya y datos visuales. Malla 4 (MOB).

existente entre las frecuencias de presentación de cada una de las fuentes y para cada una de las mallas elegidas. A continuación se presentan los cuadros 10 al 14, que relacionan las frecuencias de presentación de altura de ola en boyas y datos visuales.

Dadas las diferencias que aparecen en los cuadros adjuntos entre las frecuencias de presentación del oleaje registradas en boyas y observadas visualmente, comentadas genéricamente en el apartado anterior, el problema práctico, que se presenta generalmente, es adaptar los datos visuales a los registros de boyas, dado que estos últimos, según se desprende de lo expresado en los anteriores apartados, parece que se ajustarían más a la realidad.

Para ello se han calculado dos coeficientes correctores para adaptar los resultados obtenidos con los datos visuales, NWRC y MOB, a los que se obtendrían utilizando los registros de boyas, REMRO-CEPYC, de forma muy aproximada y práctica, si éstas suministrasen los datos por direcciones, suponiendo que las diferencias en los registros, así como los registros de las boyas, se distribuyesen direccionalmente del mismo modo que lo hacen los datos visuales.

Los dos coeficientes, C_{ed} y K_{pe} , corrigen:

- Las frecuencias de presentación de cada escalón de altura de ola, siendo su expresión matemática:

$$C_{ed} = H_i \cdot F_i / H_i$$

- La capacidad de transporte sólido litoral, calculada con los datos visuales, siendo su expresión matemática:

$$K_{pe} = (H_i)^{5/2} \cdot F_i / (H_i)^{5/2}$$

Siendo: H_i , la altura de ola representativa de cada escalón de altura de ola, y F_i , la relación entre las frecuencias de presentación de ola en boya y datos visuales, calculada en los cuadros 10 al 14.

Ambos coeficientes correctores se han calculado para las estaciones utilizadas en este estudio. Los valores de cada uno de los coeficientes correctores, dependiendo de la malla y tipo de registro de observaciones visuales en resumen en los cuadros adjuntos y en las figuras 8 y 9:

ESTACION	MWRC				MOB
	MALLA 1	MALLA 2	MALLA 3	MALLA 4	MALLA 4
CEUTA	0,29	0,24	0,23	0,25	0,27
MALAGA	0,95	0,53	0,43	0,35	0,25
C. GATA	0,33	0,35	0,34	0,34	0,36
C. PALOS	0,69	0,84	0,74	0,66	0,97

CUADRO 15. Coeficiente corrector C_{ed} de las frecuencias de presentación de los escalones de altura de ola H_i .

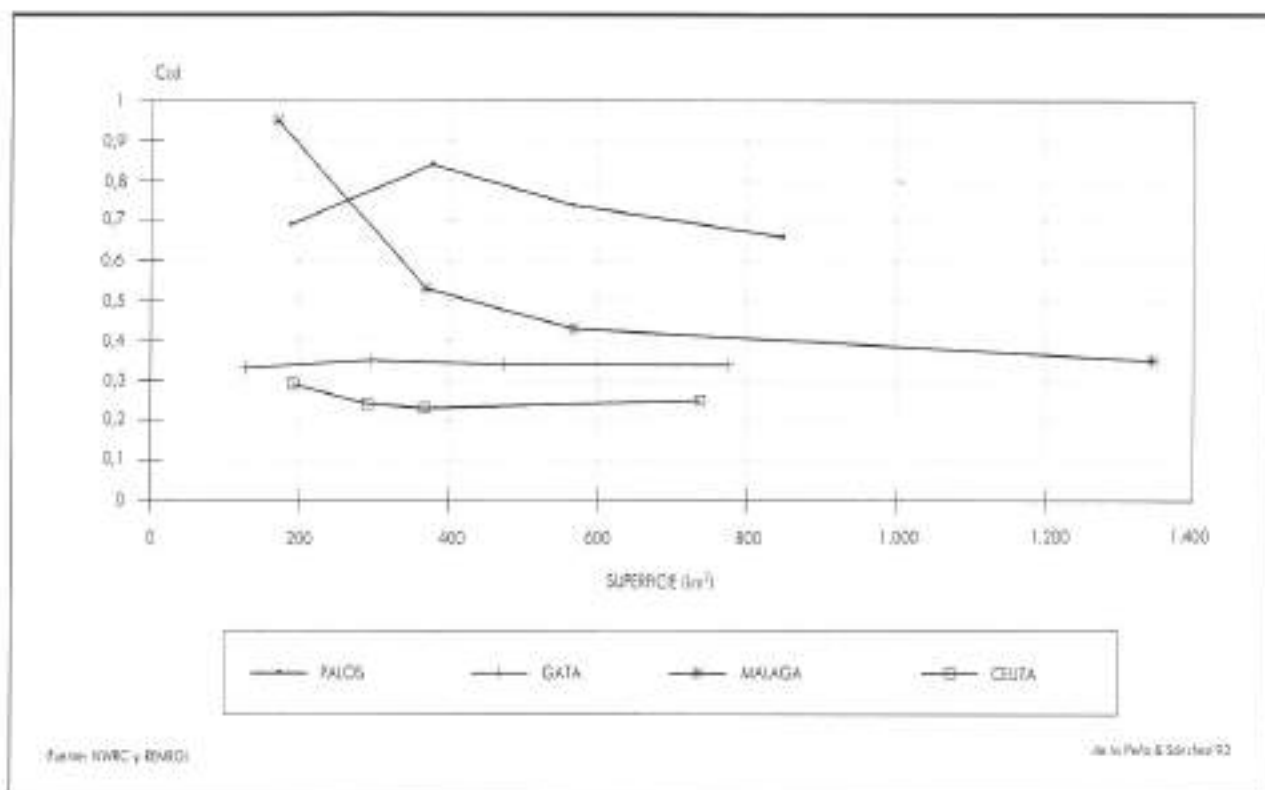


FIGURA 8. Coeficiente corrector de la frecuencia de presentación de la altura de ola para los datos visuales del NWRC.

ESTACION	MWRC				MOB
	MALLA 1	MALLA 2	MALLA 3	MALLA 4	MALLA 4
CEUTA	0,27	0,21	0,21	0,23	0,25
MÁLAGA	0,94	0,47	0,35	0,27	0,18
C. GATA	0,21	0,23	0,22	0,23	0,26
C. PAIOS	0,61	0,86	0,73	0,60	1,01

CUADRO 16. Coeficiente corrector K_{pc} de la capacidad del transporte sólido litoral.

Los resultados que arrojan los coeficientes correctores de las frecuencias de presentación de la altura de ola y de la capacidad de transporte merecen los siguientes comentarios:

1. Ceuta posee, en ambos casos, coeficientes correctores que oscilan en torno al 0,25, siendo, además, prácticamente independientes de la malla elegida.
2. En Málaga existen, para los dos coeficientes correctores, grandes variaciones, dependiendo de la superficie de malla elegida: cuanto más próxima y más pequeña es la malla, las frecuencias de presentación del oleaje en los distintos escalones de altura de ola de boyas y visuales se aproximan y, por tanto, los coeficientes correctores son mayores.

3. El cabo de Gata se comporta, respecto a los coeficientes correctores, de forma muy similar a lo indicado para Ceuta, estando el coeficiente corrector de la frecuencias de presentación de la altura de ola en torno al 0,24, y el coeficiente corrector de transporte sólido litoral en torno al 0,23.

4. El cabo de Palos presenta una variación importante, dependiendo de la malla elegida, dándose los valores mayores, para ambos coeficientes, en la malla 2, con un 0,85, y valores menores en la malla 4 situándose en torno al 0,63. Los coeficientes para los datos del MOB, en esta estación, dan valores próximos a la unidad.

6. USO DE LOS COEFICIENTES CORRECTORES

En este apartado se desarrollará un ejemplo práctico y real del uso que pueden tener los coeficientes correctores presentados en los apartados precedentes.

El lugar elegido para el caso práctico es el delta del río Guadalfeo, en la costa de Motril-Granada. Para ello se ha tomado una malla de $0,3^\circ \times 0,3^\circ$ en torno al delta en cuestión, figura 10, siendo las coordenadas geográficas de la malla $36,5^\circ$ a $36,8^\circ$ norte y $3,4^\circ$ a $3,7^\circ$ oeste. Dicha malla posee un total de 2.184 observaciones siendo 1.169 observaciones de SEA, 566 de SWELL y 449 de calmas.

La superficie total de la malla elegida es de $662,6 \text{ km}^2$, por lo que entrando en los gráficos de las figuras 8 y 9 («Coeficiente corrector de la frecuencia de presentación de la altura de ola para los datos visuales del NWRC» y «Coeficiente corrector del transporte sólido litoral para los datos

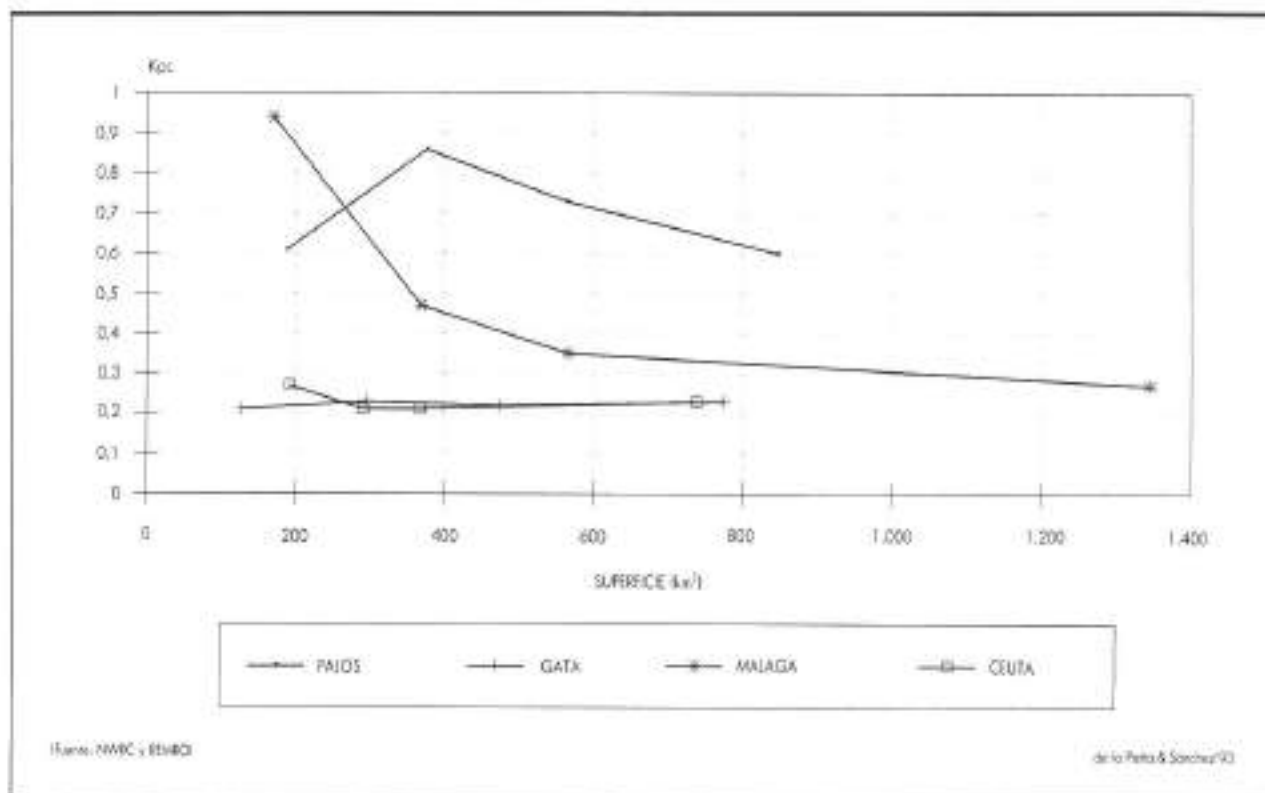


FIGURA 9. Coeficiente corrector del transporte sólido litoral para los datos visuales del NWRC.

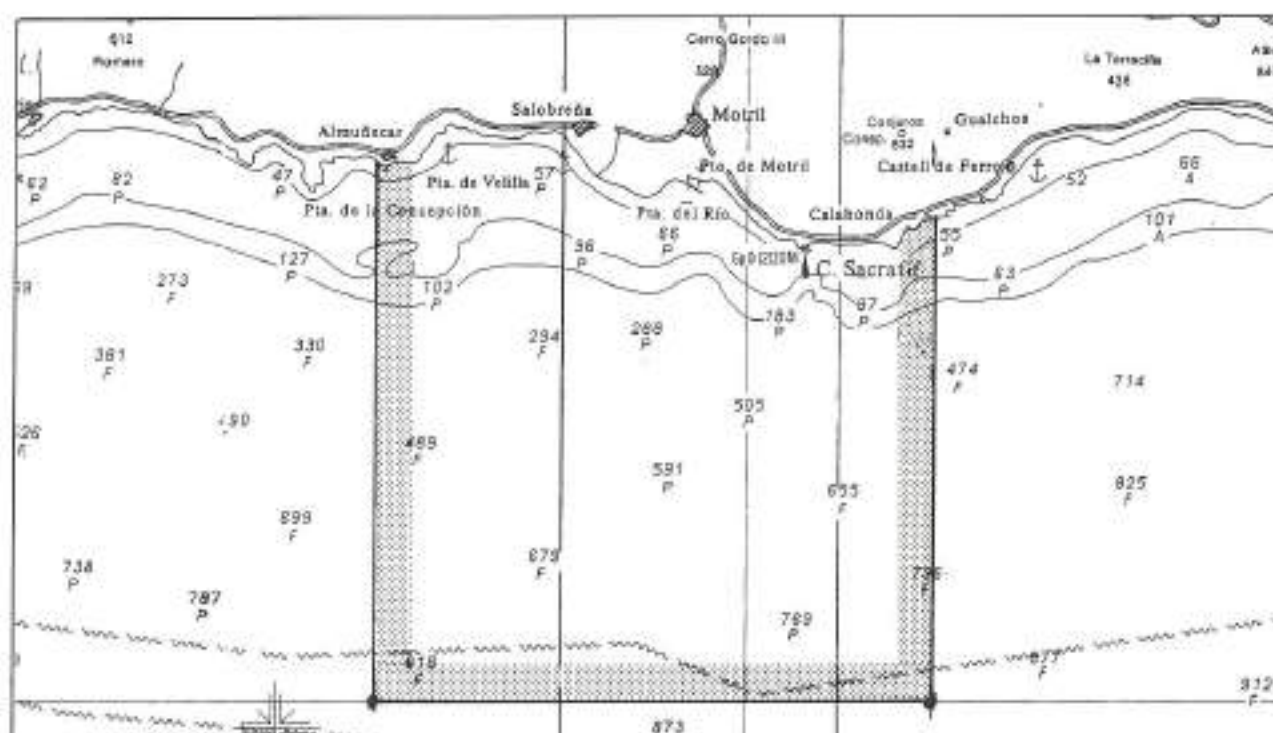
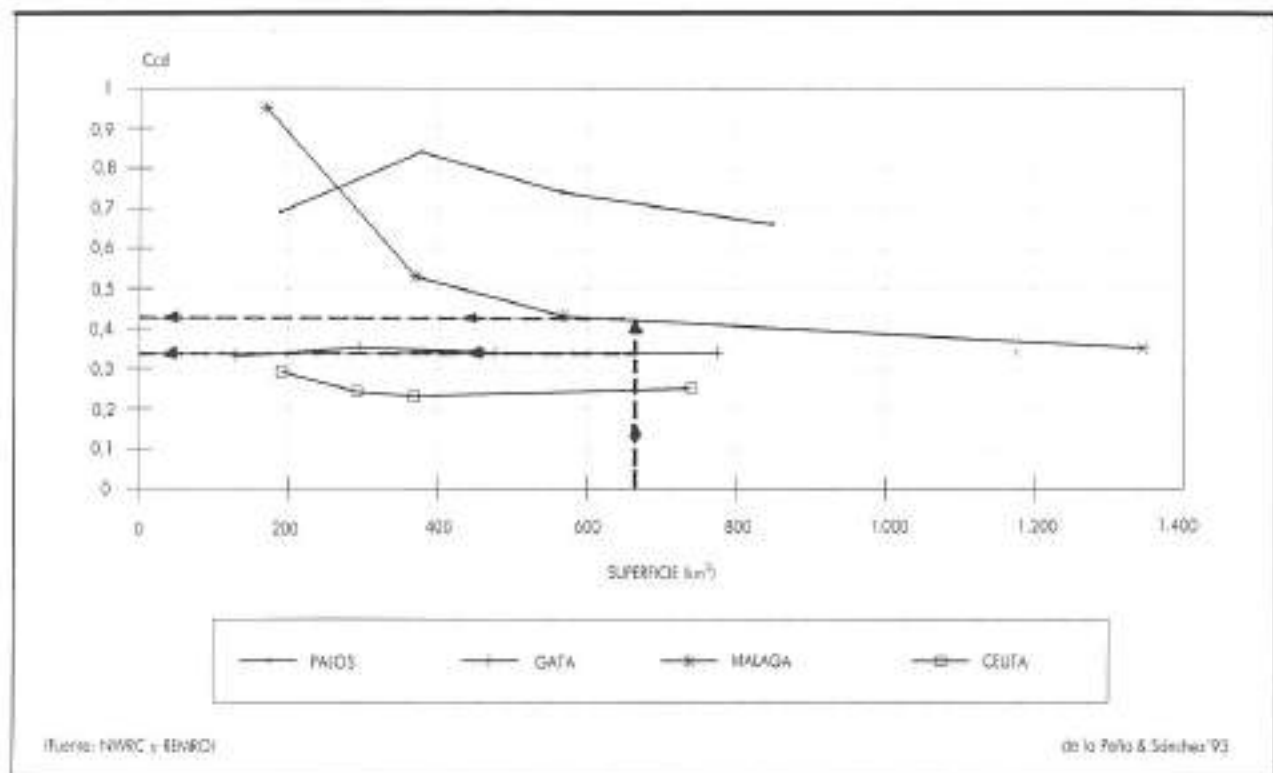


FIGURA 10. Muelle de fondeo de boyas visuales de aleaje del NWRC en torno a la costa de Motril (Granada).



Fuente: NWRC y EDHRCI

de la Peña & Sánchez '93

FIGURA 11. Coeficiente corrector de la frecuencia del oleaje visual en torno a la costa de Motril (Granada).

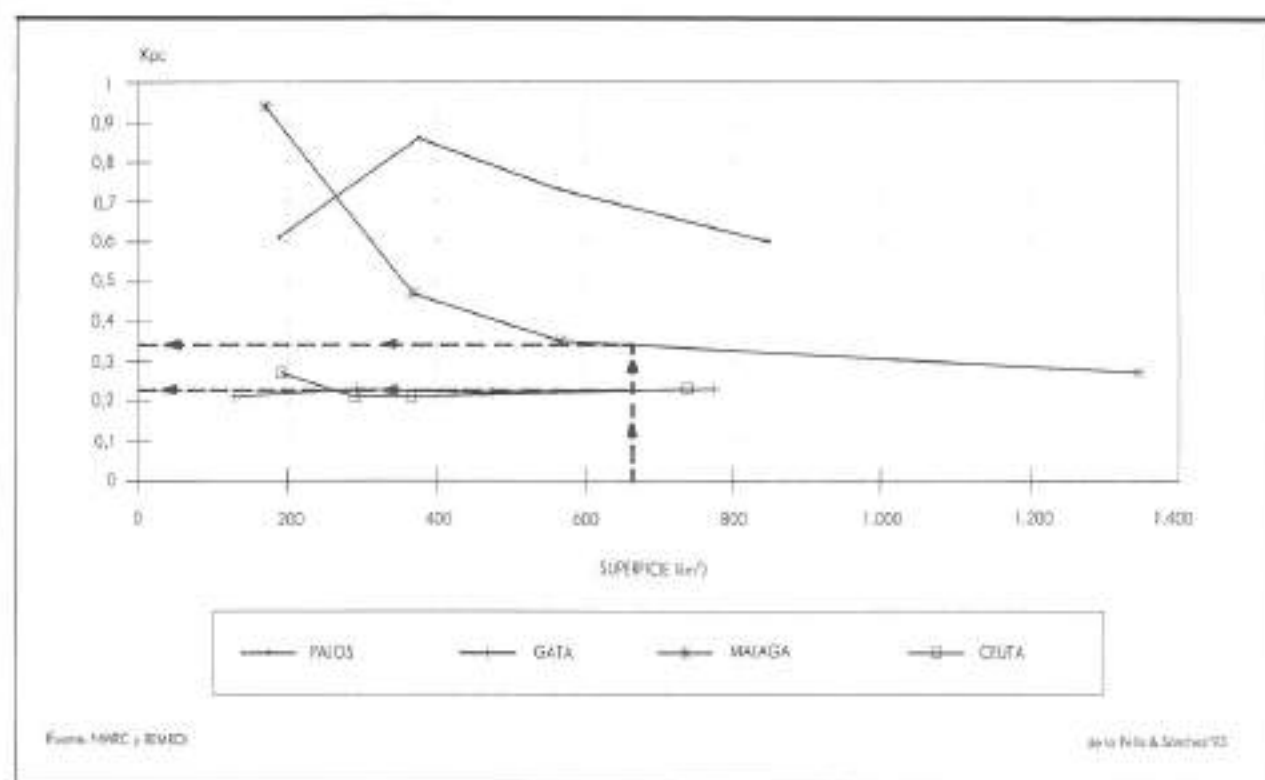


FIGURA 12. Coeficiente corrector del transporte sólido litoral K_{pc} en torno a la costa de Motril (Granada).

visuales del NWRC*), se obtienen unos coeficientes C_{cd} y K_{pc} , figuras 11 y 12, para las estaciones más cercanas de Málaga y cabo de Gata, con esta superficie de:

$$\begin{aligned} (C_{cd})_{Málaga} &= 0,43 & (C_{cd})_{c. de Gata} &= 0,34 \\ (K_{pc})_{Málaga} &= 0,36 & (K_{pc})_{c. de Gata} &= 0,23 \end{aligned}$$

Suponiendo una variación lineal entre ambas estaciones, y midiendo las distancias aproximadas en línea recta de las estaciones y el punto de cálculo (Motril) en el plano de la figura 1, se obtiene que para el delta del río Guadalfeo, con una malla de 662,6 km², los coeficientes correctores son:

$$\begin{aligned} (C_{cd})_{Motril} &= 0,40 \\ (K_{pc})_{Motril} &= 0,31 \end{aligned}$$

Ello indica que si se hubiera tomado tal malla para conocer el clima marítimo de la zona y calcular el transporte sólido litoral en sus costas, estos datos vendrían afectados por unos coeficientes reductores C_{cd} y K_{pc} determinados anteriormente.

Así por ejemplo, usando los datos de oleaje visual del NWRC mencionados anteriormente en el sector comprendido entre -15° y $+15^\circ$ existe una frecuencia de presentación de altura de ola por escalones de:

ALTURA DE OLA (m)	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5
FREC. PRESENT. (%)	0,79	0,29	0,00	0,00	0,07

Si se le aplica la reducción del coeficiente general C_{cd} , la frecuencia de presentación real en ese sector, aproximada, sería de:

ALTURA DE OLA (m)	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5
FREC. PRESENT. (%)	0,32	0,12	0,00	0,00	0,03

Se podría «afinar» más determinando el coeficiente C_{cd} en ese punto para cada escalón de altura de ola determinado a partir de los cuadros anteriores, pero en ello no nos vamos a extender más, dado que para tener un orden de magnitud de las mismas parece suficiente con aplicar un coeficiente general C_{cd} .

Si una vez calculado el transporte sólido litoral en el entorno de Motril, por cualquiera de las formulaciones existentes, resultara de un valor, por ejemplo, de 50.000 m³/año, una vez aplicado el coeficiente de reducción K_{pc} determinado con anterioridad, el transporte sólido litoral real aproximado en aquel lugar de Motril sería de:

$$Q_{Motril} = 0,31 \times 50.000 = 15.500 \text{ m}^3/\text{año}$$

7. COMPARACION CON LOS ANTIGUOS COEFICIENTES Y FUTURAS CORRECCIONES

Los resultados que se presentaron en su día⁴, así como los

⁴ Ver de la bibliografía el artículo precedente a éste: «Comparación de datos de oleaje y registros de boyas en el Mar de Alborán».

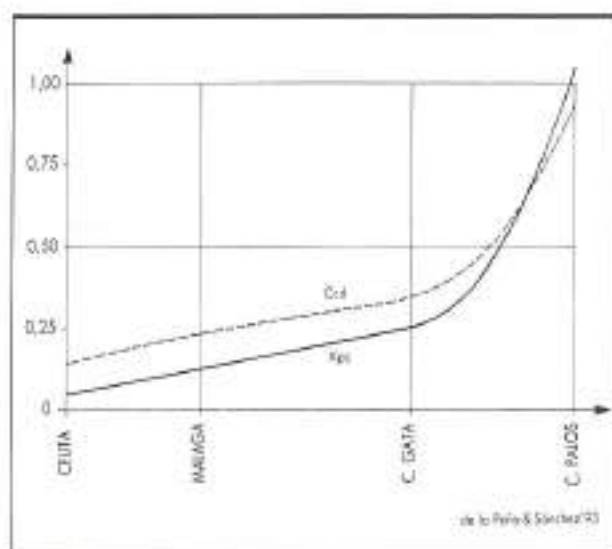


FIGURA 13. Curvas del primer estudio (1990) de los coeficientes del oleaje y transporte sólido litoral para los datos visuales del INVBC.

que se exponen en este artículo, tienen, como se comentó en la introducción, la propia limitación del intervalo de tiempo de los registros que, dado su escaso período de toma de datos, tendrá que irse corrigiendo año a año hasta que el propio registro sea estadísticamente significativo. Así, los registros utilizados en el primer estudio, «Comparación de datos de oleaje y registros de boyas en el mar de Alborán», abarcaban hasta el año 1990 y en este nuevo estudio se ha extendido hasta el año 1991.

Además, la metodología seguida en este último estudio ha variado significativamente respecto al primero, al introducir una nueva variable como es la superficie de la malla de toma de datos visuales, al comprobarse que los registros y resultados obtenidos, especialmente en determinadas zonas (figuras 8 y 9), variaban y dependían de la malla elegida. Debido a esta causa la presentación de los resultados ha cambiado; resumiéndose en el primero de los estudios, figura 13, en una gráfica con dos curvas del C_{cd} y K_{ps} que dependían exclusivamente del lugar elegido. En este nuevo estudio los resultados se resumen en dos gráficas, una para el C_{cd} y otra para

el K_{ps} , que dependen tanto del lugar como de la superficie de la malla elegida.

En el próximo estudio que se está a punto de abordar se introducirán los nuevos registros de oleaje de los últimos años. Asimismo, se pretende ampliar las mallas de toma de datos hasta, al menos, alcanzar áreas de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ y, además, desglosar el coeficiente C_{cd} en curvas para cada estación de altura de ola y para cada estación.

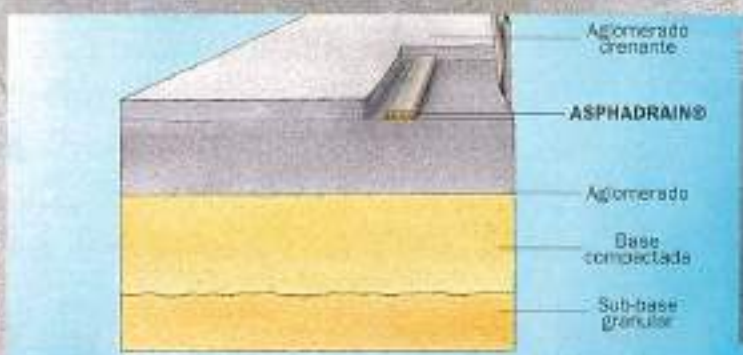
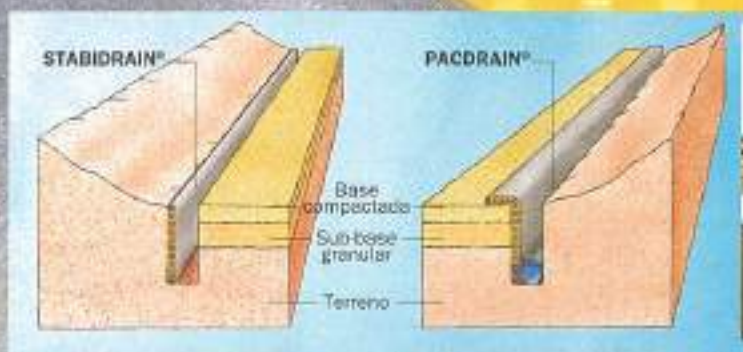
8. AGRADECIMIENTO

Los autores de este trabajo quieren agradecer públicamente la inestimable ayuda, apoyo y consejos de Manuel Sotillo Membibre; asimismo es de agradecer la ayuda encontrada en la obtención de los datos de oleaje de Tomás Echegoyen y de todo el personal de proceso de datos de oleaje del CEPYC y de Ana Nistal, del Programa del Clima Marítimo.

BIBLIOGRAFÍA

- DE LA PEÑA OLIVAS, J. M.; SANCHEZ PALOMAR, F. J., y RODRIGUEZ BERZOSA, P. «Metodología para el estudio de la evolución histórica de la línea de costa». *Ingeniería Civil*, 87 (diciembre 1992).
- DE LA PEÑA OLIVAS, J. M., y SANCHEZ PALOMAR, F. J. «Comparación de datos visuales y registros de boyas del oleaje en el mar de Alborán». *Ingeniería Civil*, 77, 1990.
- CALDERON ALVAREZ, J. *Clima marítimo a partir de las observaciones visuales de barcos en ruta. I presentación*. Dirección General de Puertos y Costas-Programa de Clima Marítimo-MOPU (Publicación, 20, diciembre de 1986).
- MARTINEZ CLEMENTE, M., SOTILLO MEMBIBRE, M., y otros. *REMRO. Datos de oleaje (1986 a 1992). Estación de Gata*. Centro de Estudios de Puertos y Costas-CEDEX-MOPT (Madrid, 1986-1992).
- MARTINEZ CLEMENTE, M.; SOTILLO MEMBIBRE, M., y OTROS. *REMRO. Datos de oleaje (1986 a 1992). Estación de Málaga*. Centro de Estudios de Puertos y Costas-CEDEX-MOPT (Madrid, 1986 a 1992).
- MARTINEZ CLEMENTE, M.; SOTILLO MEMBIBRE, M., y otros. *REMRO. Datos de oleaje (1986 a 1992). Estación de Gata*. Centro de Estudios de Puertos y Costas-CEDEX-MOPT (Madrid, 1986 a 1992).
- MARTINEZ CLEMENTE, M.; SOTILLO MEMBIBRE, M., y otros. *REMRO. Datos de oleaje (1986 a 1992). Estación de Palos*. Centro de Estudios de Puertos y Costas-CEDEX-MOPT (Madrid, 1986 a 1992).

DRENAJE E IMPERMEABILIZACIÓN



CALIDAD CONTINUA Y ECONÓMICA

Un perfil de HDPE de alta resistencia a la compresión y un geotextil de porosidad regular, de imposible colmatación y muy resistente al desgarro.

Estos son los dos elementos que conforman una gama de geocompuestos para resolver con plena eficacia una gran variedad de necesidades de drenaje e impermeabilización.

Estas unidades pueden realizarse ahora más económicamente y, más importante, con la seguridad de una calidad constante:

- CORDRAIN®
- STABIDRAIN®
- PACDRAIN®
- ASPHADRAIN®

Marcas registradas por **WAVEL**

Solicítenos información para sus proyectos.



Expandite, S.A.
Avda. General Perón, 8
28000 MADRID
Teléfonos: (91) 572 32 02 - 07
Telefax: (91) 572 32 65

A BURMAN CASTROL COMPANY

Corte y envíe este cupón a Expandite, S.A.
Desearía recibir más información sobre sus productos

Nombre
Empresa
Cargo
Dirección
Población
C.P.
Tel.