

Temporales en la costa de Málaga 1982-2005

MANUEL SOTILLO MEMBIBRE (*)

RESUMEN La estación de medida y registro de oleaje de Málaga es de las primeras del proyecto REMRO (Red Española de Medida y Registro de Oleaje) y ha estado funcionando continuamente desde su apertura; esto nos ha aportado una colección importante de datos; que nos permite estudios estadísticos de valores extremos y un estudio descriptivo de las principales tormentas y sus periodos de retorno.

FALTA TITULO FALTA TITULO

ABSTRACT *The station of measurement and registry of sea waves of Malaga is one of the first of project REMRO (Spanish Network of Measurement and Registry of Sea waves) and has been working from its opening; it has contributed one to us a big set of data; it allows statistical studies of extreme values and descriptive studies of main storms and its return periods.*

Palabras clave: Temporales, Régimen extremal, Periodo de retorno, Máximos anuales, Espectro de potencia, Estados del mar, Densidad espectral y Series temporales de oleaje.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo vamos a estudiar los temporales registrados por la boya de oleaje escalar, fondeada en la ensenada de Málaga, de la Red de Medida y Registro de Oleaje (REMRO) desde 1 de Enero de 1982 y 31 de Diciembre de 2005.

Veremos los temporales mayores registrados en los 24 años y los máximos anuales. Calcularemos el régimen extremal por el método de Pico sobre umbral, y analizaremos el mejor ajuste. Clasificaremos los temporales según la altura significativa y mostraremos una tabla con los temporales de mayor altura significativa.

2. SITUACIÓN

La boya de Málaga está fondeada en las coordenadas 36° 41' 30" N de latitud y 4° 24' 54" W de longitud. Profundidad 22 m.

3. TEMPORALES MÁXIMOS ANUALES.

En la Tabla 1 muestra los temporales máximos anuales. El año del máximo temporal registrado fue 1995 con 4,53 metros de altura de ola significativa. El menor de los temporales máximos anuales corresponde al año 1999 con 2,21 metros.

Observamos que el número de temporales máximos anuales distribuidos en meses de ocurrencia es: Diciembre (6), Febrero (5), Marzo (4), Enero (3), Noviembre (2), Octubre (1) y Mayo(1).

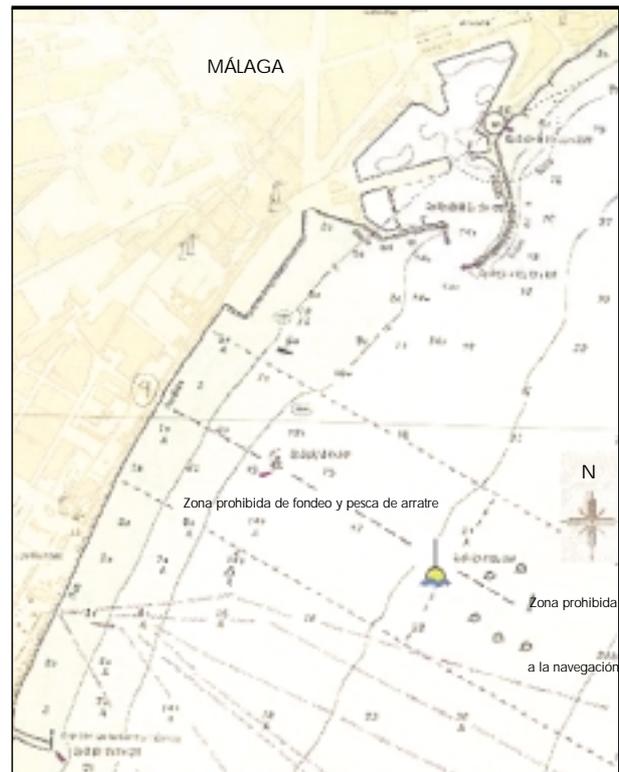


FIGURA 1. Carta de Situación.

(*)Técnico Superior del Área de Ingeniería de Sistemas y Redes de Medida. Centro de Estudios de Puertos y Costas. CEDEX.

AÑO	H _s (metros)	FECHA
1982	3,73	26 de Abril
1983	2,80	21 de Enero
1984	2,81	6 de Marzo
1985	3,71	20 de Febrero
1986	2,58	30 de Mayo
1987	3,14	15 de Abril
1988	2,81	24 de Noviembre
1989	3,75	13 de Noviembre
1990	3,94	3 de Marzo
1991	2,49	12 de Diciembre
1992	3,24	23 de Febrero
1993	2,49	3 de Febrero
1994	2,48	6 de Octubre
1995	4,53	31 de Marzo
1996	3,52	15 de Febrero
1997	2,41	13 de Enero
1998	2,30	2 de Diciembre
1999	2,21	14 de Febrero
2000	2,85	22 de Diciembre
2001	3,11	18 de Diciembre
2002	3,13	5 de Enero
2003	2,81	21 de Marzo
2004	2,77	1 de Diciembre
2005	3,11	21 de Diciembre

TABLA 1.

4. RÉGIMEN EXTREMAL

Se le da el nombre de régimen extremal a la función de distribución de los valores extremos de una determinada variable, que vamos a concretar en la altura significativa H_s. Entre los métodos más utilizados destacamos: el método de la muestra total, el método de los valores de pico y el método de los máximos anuales. Por los años registrados vamos a usar el segundo de los métodos.

Para el cálculo del régimen extremal vamos a utilizar el método de Picos Relativos sobre Umbral (POT). (Goda, 1988). En primer lugar hay que definir el periodo de tiempo entre dos picos consecutivos para que se estimen independientes entre sí. Luego extraemos de las series temporales registradas aquellos temporales independientes que superen una cierta altura significativa umbral H_T en el pico del temporal. El conjunto de picos de la tormenta

lo adoptamos como muestra inicial. Se calcula el tiempo efectivo de medida teniendo en cuenta el peso climático. De modo que estimemos el número medio de temporales anuales (λ), siendo $\lambda = N_T / T_{efe}$.

Una vez determinado λ (número medio de temporales anuales) se define una segunda altura umbral H₁ > H_T contabilizando el número de temporales que lo supera N₁. El conjunto de altura N₁ constituye la muestra utilizada para el análisis extremal. La muestra se ajusta por el método de los mínimos cuadrados a la distribución de Weibull con parámetros de forma C = 0,75, 1,0, 1,4 y 2,0.

En la estación de Málaga hemos tomado una separación entre picos de 60 horas, la altura HT = 1,0 m. , la altura H₁ = 1,5 m. El periodo de tiempo efectivo ponderado 20,867 años. El número de temporales N_T = 467 y N₁ = 205. El número medio de temporales anuales $\lambda = 22,380$. La desviación típica $\sigma = 0,571$.

H (m)	Periodo de retorno	Desviación típica (m)	H(80%)	H(90%)	H(95%)
2,8	1	0,1447	3,0	3,0	3,1
3,5	3	0,2299	3,8	3,9	3,9
3,8	5	0,3337	4,2	4,3	4,4
4,3	10	0,3975	4,7	4,9	5,0
4,8	20	0,3975	5,3	5,5	5,6
5,5	50	0,4857	6,2	6,3	6,5
6,1	100	0,5552	6,8	7,0	7,2
6,7	200	0,6268	7,5	7,7	7,7
7,0	300	0,6696	7,8	8,1	8,3

TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL 0,75
 Ordenada = 1,396
 Pendiente = 0,307
 Coef. Corr. = 0,979
 ALTURAS SIGNIFICANTES.

H (m)	Periodo de retorno	Desviación típica (m)	H(80%)	H(90%)	H(95%)
2,9	1	0,1217	3,0	3,1	3,1
3,5	3	0,1805	3,7	3,8	3,8
3,8	5	0,2083	4,1	4,1	4,2
4,2	10	0,2463	4,5	4,6	4,7
4,6	20	0,2844	4,9	5,0	5,1
5,1	50	0,3349	5,5	5,7	5,8
5,5	100	0,3732	6,0	6,1	6,2
5,9	200	0,4116	6,4	6,6	6,7
6,1	300	0,4340	6,7	6,8	7,0

TABLA 3. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL 1,00
 Ordenada = 1,074
 Pendiente = 0,54
 Coef. Corr. = 0,994
 ALTURAS SIGNIFICANTES.

H (m)	Periodo de retorno	Desviación típica (m)	H(80%)	H(90%)	H(95%)
2,9	1	0,1064	3,0	3,1	3,1
3,4	3	0,1468	3,6	3,7	3,7
3,7	5	0,1649	3,9	4,0	4,0
4,0	10	0,1887	4,3	4,3	4,4
4,3	20	0,2119	4,6	4,7	4,8
4,7	50	0,2415	6,0	5,1	5,2
5,0	100	0,2632	5,4	5,5	5,5
5,3	200	0,2844	5,7	5,8	5,9
5,5	300	0,2966	5,8	6,0	6,0

TABLA 4. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL 1,4
 Ordenada = 0,572
 Pendiente = 1,034
 Coef. Corr. = 0,997
 ALTURAS SIGNIFICANTES.

H (m)	Periodo de retorno	Desviación típica (m)	H(80%)	H(90%)	H(95%)
2,9	1	0,0987	3,0	3,1	3,1
3,4	3	0,1284	3,6	3,6	3,7
3,6	5	0,1412	3,8	3,9	3,9
3,9	10	0,1576	4,1	4,2	4,2
4,1	20	0,1730	4,4	4,4	4,5
4,5	50	0,1923	4,7	4,8	4,8
4,7	100	0,2061	4,9	5,0	5,1
4,9	200	0,2193	5,2	5,3	5,3
5,0	300	0,2258	5,3	5,4	5,5

TABLA 5. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL 2,0
 Ordenada = 0,167
 Pendiente = 1,747
 Coef. Corr. = 0,994
 ALTURAS SIGNIFICANTES.

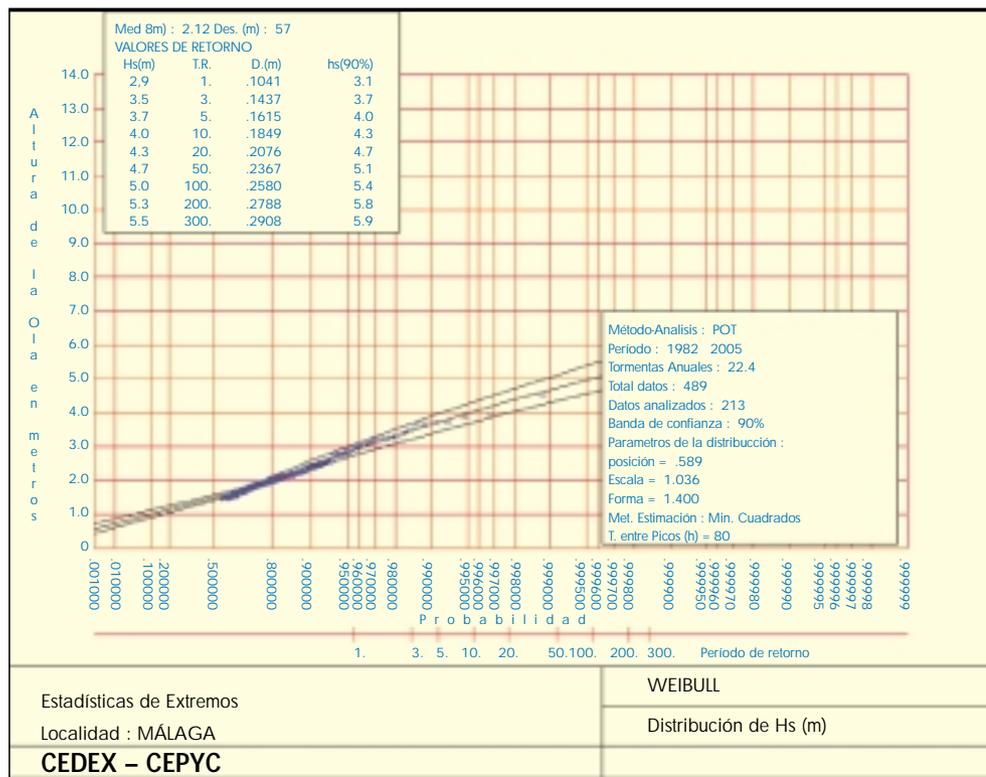


FIGURA 2. La distribución seleccionada por M.I.R. criterion W (1.4).

5. TEMPORALES DE HS > 3,25 M.

En la tabla 6 vemos los temporales de $H_s > 3,25$ m. con la fecha de ocurrencia.

Observamos que el temporal máximo registrado sucedió el 31 de Marzo de 1995, y el pico registro una altura $H_s = 4,53$ m. En ese mismo mes y año tenemos otro temporal de $H_s = 3,42$ m. que ocupa el octavo lugar.

El año 1990 tiene registrados el segundo y el tercer temporal en el mes de Marzo. El segundo ocurrió el 3 de Marzo a la 7 h., con un pico de $H_s = 3,94$ m. El tercero fue el 30 de Marzo a las 18 h., y el pico $H_s = 3,91$ m.

El año 1989 tiene tres temporales en la lista de los 10 mayores. El cuarto cuyo pico se registro el 13 de Noviembre a la 12 h. con una altura $H_s = 3,75$ m. El noveno ocurrió en 7 de Febrero a las 5 h., con una altura $H_s = 3,30$ m. El décimo se registró el pico del temporal el 11 de Febrero a las 12 h.

El quinto se registro se registro el 26 de Abril de 1982 y el pico alcanzó una altura significativa $H_s = 3,73$ m.

El sexto de los máximos temporales se presentó el 20 de Febrero de 1985 registrandose en el pico una altura $H_s = 3,71$ m.

En 1996 se registró el séptimo el 15 de Febrero a la 9 h. y el pico alcanzó la altura significativa $H_s = 3,52$ m.

Año	Mes	Día	Hora	Hs	Nºo.
1982	4	26	16	3,73	5
1985	2	20	12	3,71	6
1989	2	7	5	3,30	9
1989	2	11	12	3,28	10
1989	11	13	21	3,75	4
1990	3	3	7	3,94	2
1990	3	30	18	3,91	3
1995	3	22	20	3,42	8
1995	3	31	9	4,53	1
1996	2	15	9	3,52	7

TABLA 6.

M	D	H	Tz	Tc	T1/3	H _{z1/3}	H _{c1/3}	H _{max}	T _{opt}	H _s	H1/10
3	30	22	6,3	4,9	7,7	3,28	2,97	5,53	8,5	3,46	4,17
3	30	23	6,7	4,9	8,2	3,48	3,11	5,65	8,5	3,6	4,27
3	31	0	6,3	4,8	7,6	3,43	3,16	5,51	8,5	3,61	4,23
3	31	1	6,7	5,1	8,1	3,96	3,58	8,49	9,1	4,19	4,97
3	31	2	6,6	5,2	7,9	3,89	3,51	7,43	8,5	4	4,77
3	31	3	6,6	5,2	8,2	3,88	3,6	5,75	7,8	4,05	4,72
3	31	4	6,6	4,9	7,9	3,62	3,27	6,06	9,1	3,84	4,59
3	31	5	6,5	5,1	7,8	3,74	3,46	6,43	9,1	3,92	4,71
3	31	6	6,6	5,2	7,8	4,02	3,71	6,67	7,5	4,19	5,16
3	31	7	6,8	5,2	8,2	4,3	3,84	7,63	8,8	4,51	5,48
3	31	8	6,7	5,1	8,5	4,29	3,92	7,19	9,1	4,52	5,53
3	31	9	7,2	5,3	8,4	4,54	4	7,97	9,1	4,71	5,56
3	31	10	6,8	5,1	8,1	3,97	3,6	6,64	8,3	4,14	4,98
3	31	11	6,4	4,8	7,9	3,71	3,3	5,58	9,1	3,87	4,62
3	31	12	6,4	4,8	7,9	3,72	3,3	6,43	8,5	3,87	4,69
3	31	13	6,6	4,9	8,1	3,8	3,42	6,61	8,5	3,97	4,84
3	31	14	6,6	5	8	3,57	3,24	7,37	8,8	3,75	4,58
3	31	15	6,3	4,6	7,7	3,36	3,01	5,21	7,3	3,59	4,13
3	31	16	6,2	4,7	7,7	3,49	3,14	6,1	9,1	3,66	4,42
3	31	17	6,5	4,8	8	3,66	3,34	7,06	8,3	3,82	4,58
3	31	18	6,7	4,8	8,3	3,67	3,28	7,11	8,9	3,8	4,58
3	31	19	6,3	4,9	7,9	3,6	3,29	6,11	8,6	3,83	4,59
3	31	20	6,3	4,7	7,7	3,52	3,11	5,96	8	3,66	4,45
3	31	21	6,4	4,8	7,8	3,48	3,14	5,38	8,2	3,67	4,29
3	31	22	6,2	4,9	7,5	3,31	3,05	6,34	8,2	3,49	4,11
3	31	23	6,2	4,8	7,6	3,38	3,08	5,94	8,5	3,55	4,28

TABLA 7.

6. ESTUDIO DE LOS MAYORES TEMPORALES

Observando la tabla 6 de los temporales de altura H_s mayor de 3 metros, vemos que **el temporal máximo** registrado en el periodo de estudio fue el 31 de Marzo de 1995 en la muestra de las 9 horas, con una altura H_s = 4,53 m. (Fig. 3 y Fig. 4). Si lo comparamos con la tabla del régimen extremal tiene un periodo de retorno de 20 años.

En la tabla 7, tenemos un listado de los principales parámetros de oleaje para el temporal analizado: mes, día, hora, T_z (periodo medio de cruce ascendente por 8 cero), T_{z1/3} (periodo medio del cruce ascendente pro cero del tercio de las olas mayores, también se denomina T_{z,s}), H_{z1/3} (altura media de cruce del tercio de olas mayores, altura significativa estadística H_{z,s}), H_{c1/3} (altura media de cresta del tercio de olas mayores), H_{max} (altura máxima del registro), T_{op} (inversa de la frecuencia del pico del espectro), H_s (altura significativa espectral, es 4 veces la raíz cuadrada del momento de orden cero) y H_{1/10} (altura media de cruce del décimo de olas mayores).

La figura 3 representa la serie de variación del nivel del mar del registro del pico de temporal. Esta formada por cinco graficas, en cuyo eje de abscisas se representa el tiempo en minutos y en el de ordenadas la elevación en metros, la escala vertical varia está graduada para el máximo y mínimo de cada serie. A partir de estas series de 5120 puntos tomados cada medio segundo, se les somete a un control de calidad, después se realiza un análisis estadístico y espectral.

En las figuras 4 y 5 se representan las Curvas de Estados del Mar, que representan la evolución de las alturas H_{z,s}, H_{max} T_z y T_{z,s}.

En las graficas el eje de abscisas esta la escala de tiempos, y en la de ordenadas hay un eje para las alturas en metros y otro para los periodos en segundos. Observamos que el día 23 hay otro temporal que supera los 3 metros de altura significativa.

En la figura 6 podemos ver la evolución espectral del primer semestre de 1995 y observar como destaca la energía del temporal de 31 de Marzo.

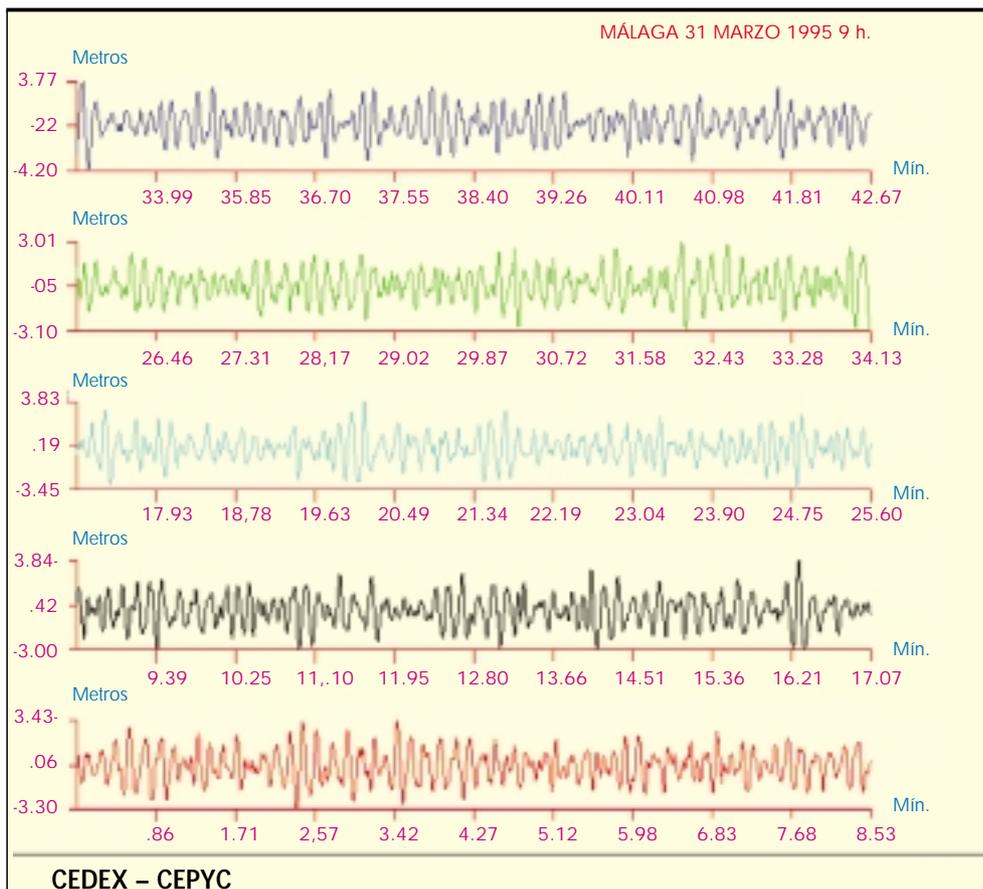


FIGURA 3.

La representación espectral del oleaje da una interesante información del mismo en el dominio de la frecuencia. Al aplicar el análisis de Fourier de ondas compuestas a una se-

rie de tiempo de un registro de oleaje se obtiene una representación de la densidad de energía en función de la frecuencia.

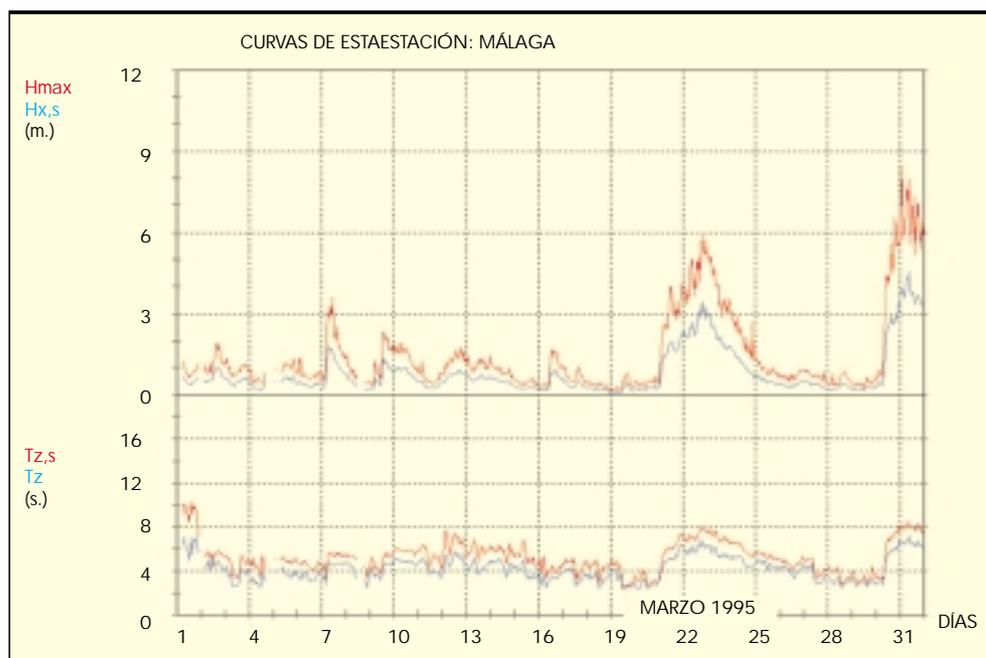
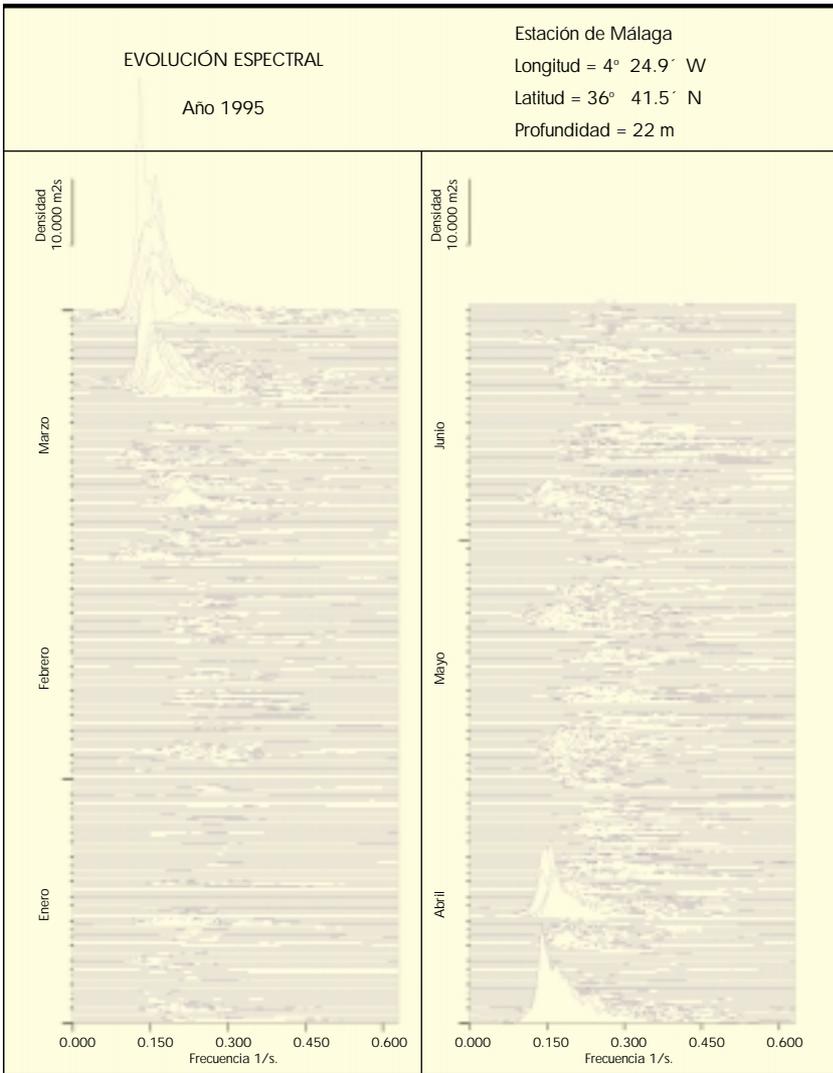
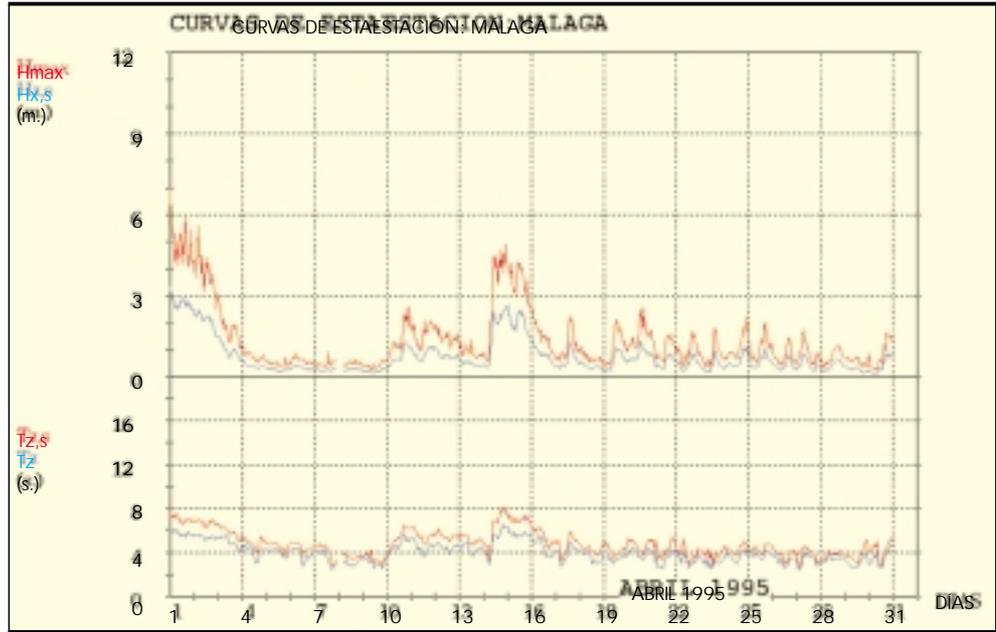


FIGURA 4.



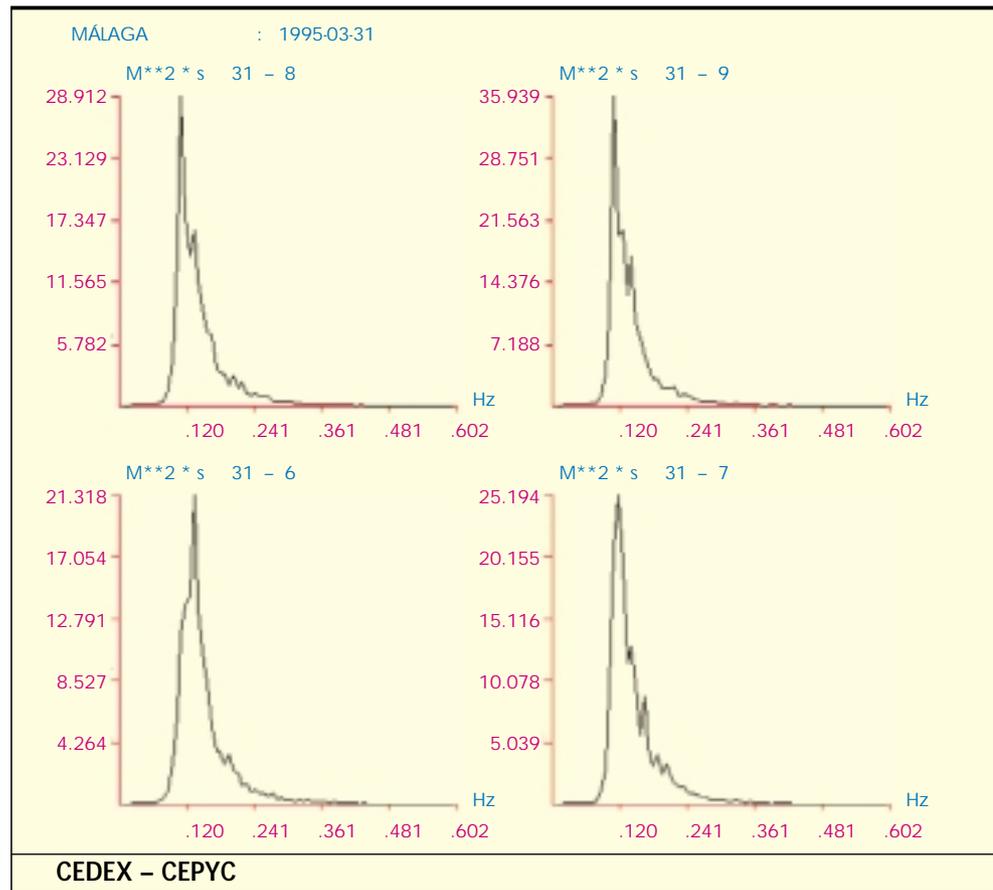


FIGURA 7.

La relación analítica entre el espectro de energía (o potencia) y la función de probabilidad de amplitud en un proceso estocástico gaussiano (Rice) permite calcular los parámetros de oleaje a partir del análisis espectral.

La gráfica representa la evolución espectral por trimestres. En el eje X la frecuencia en Herzios, en el Y el tiempo y en el Z la densidad espectral. Podemos observar como al crecer el temporal la frecuencia del pico tiende hacia la izquierda (disminuye la frecuencia).

La fig. 7 se representan los espectros del pico del temporal, en abscisas la frecuencia en herzios y el ordenadas la densidad espectral en $m^2 \times s$.

El **segundo temporal** según la altura H_s ocurrió el 3 de Marzo de 1990 en la muestra de las 7 horas, tiene una $H_s = 3,94$ m. En ese mismo mes el día 30 a las 18 horas, el **tercer temporal** con una $H_s = 3,91$ metros. La curva de Estados del Mar (fig. 8). La Evolución Espectral la vemos en la fig. 9 y los Espectros del pico de los temporales en las figuras 10 y 11 respectivamente.

El **cuarto temporal** mayor fue el día 13 de Noviembre de 1989 a las 21 hora. La altura $H_s = 3,75$ m., la curva de Estados del Mar esta representada en la fig. 12. La evolución espectral del temporal lo muestra la fig. 13 y los espectros del pico del temporal en la fig. 14.

7. SUMARIO Y CONCLUSIONES

Hemos estudiado los temporales registrados en la estación de Málaga durante 24 años consecutivos. En primer lugar hemos destacado el temporal máximo de cada año en la ta-

bla 1. Los años con temporales de mayor altura son: 1995, 1990 y 1989. Los años de temporales máximos anuales de menor altura son: 1999, 1997 y 1994. En 12 de los años la altura significativa fue inferior a 3 m. y sólo un año supero la altura significativa los 4 m.

El régimen extremal, es la función de distribución de los valores extremos de un determinado parámetro, aquí lo en particular la altura significativa H_s y lo hemos analizado por el método de Picos Relativos sobre Umbral (POT). Lo hemos ajustado a las distribuciones de WEIBULL de parámetros 0.75, 1.0, 1.4 y 2.0 y se ha seleccionado por M.I.R. la distribución WEIBULL 1.4. Para un periodo de retorno de 20 años la 19 altura significativa con un nivel de confianza del 90% es 4,40 m. y para 50 años es 4,80 metros.

De la ROM 0.3-91-Oleaje tenemos para Málaga que las direcciones de los temporales son: E, ESE, SE, S y SSW. El coeficiente $K\alpha = 1$ para la dirección E y 0,95 para la ESE.

A continuación hemos hecho una lista de los diez temporales máximos registrados en los 24 años, para esto en la serie de temporales hemos escogido los que su pico tiene una altura significativa $H_s > 3,25$ m. Observamos que el año que tiene más temporales en la lista es 1989, durante este año se registraron el cuarto, noveno y décimo. En 1995 se registro el primero y el Octavo. En 1990 y durante el mismo mes se registraron el segundo y el tercero (y fuera de la lista el undécimo). En 1982 se registro el quinto. El sexto en 1985. El séptimo en 1996 y a partir de ese año hasta el final del 2005 no hay ningún temporal en la lista de los 10 mayores. Esta lista nos permitirá comparar cualquier temporal que suceda y clasificarlo según su altura significativa.



FIGURA 8.

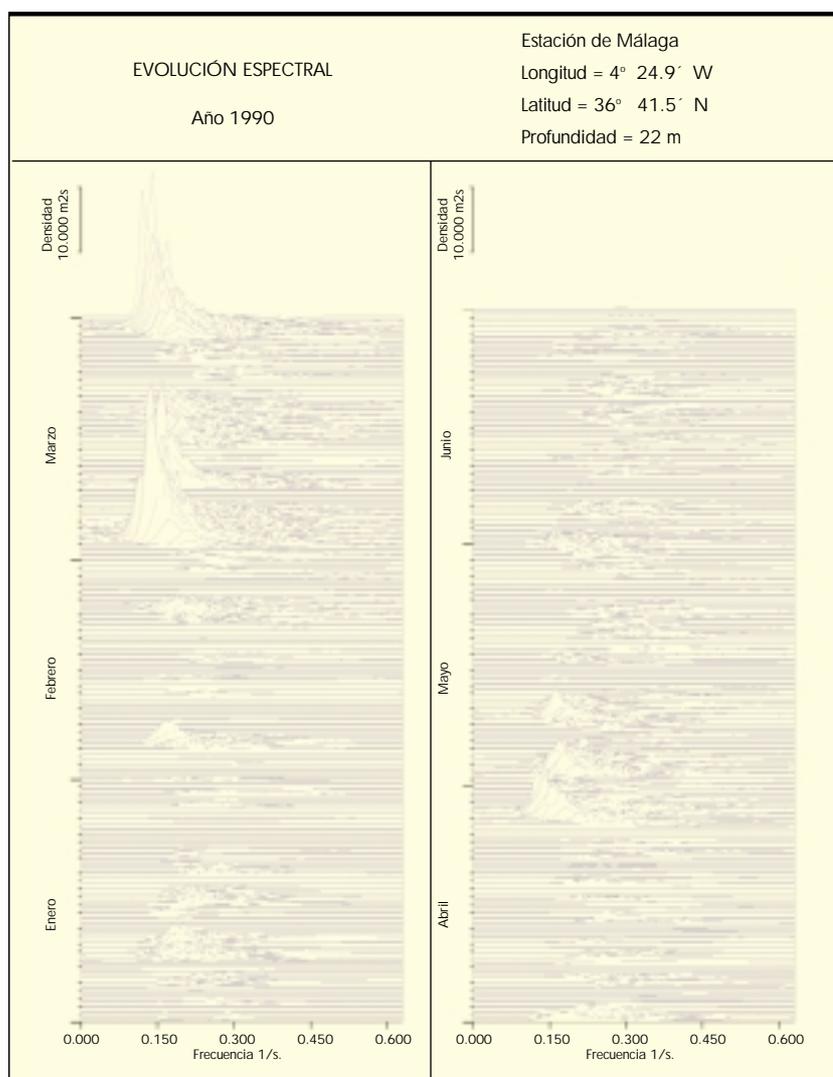


FIGURA 9.

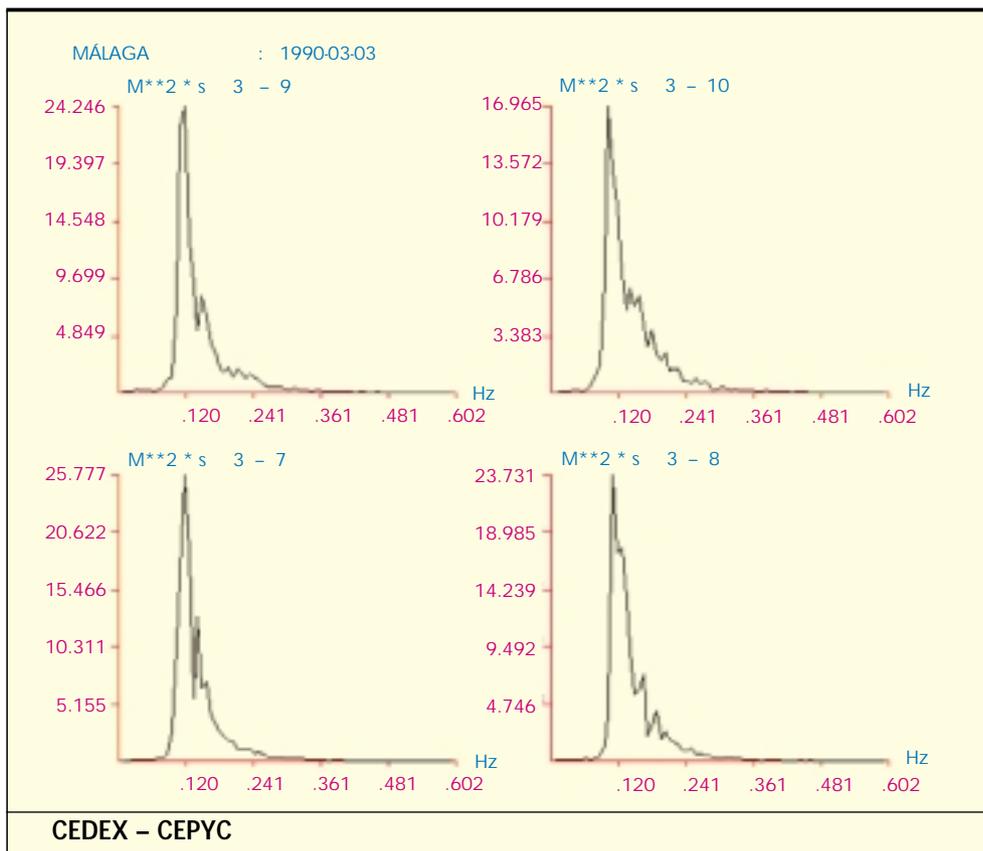


FIGURA 10.

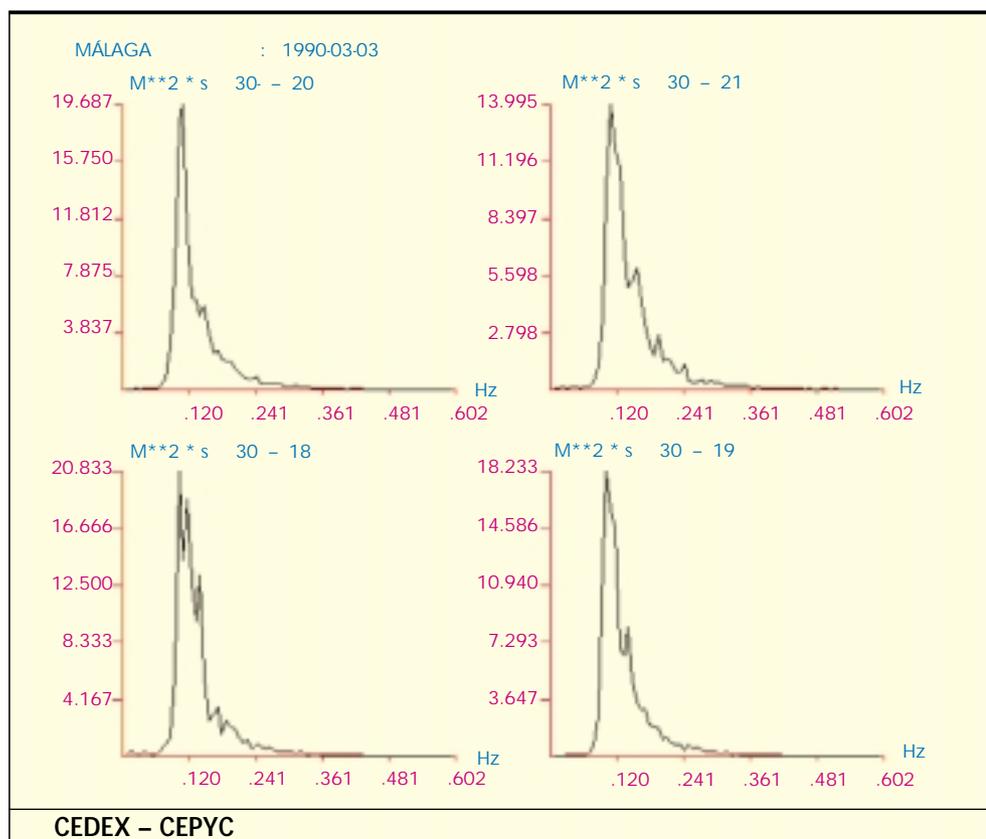
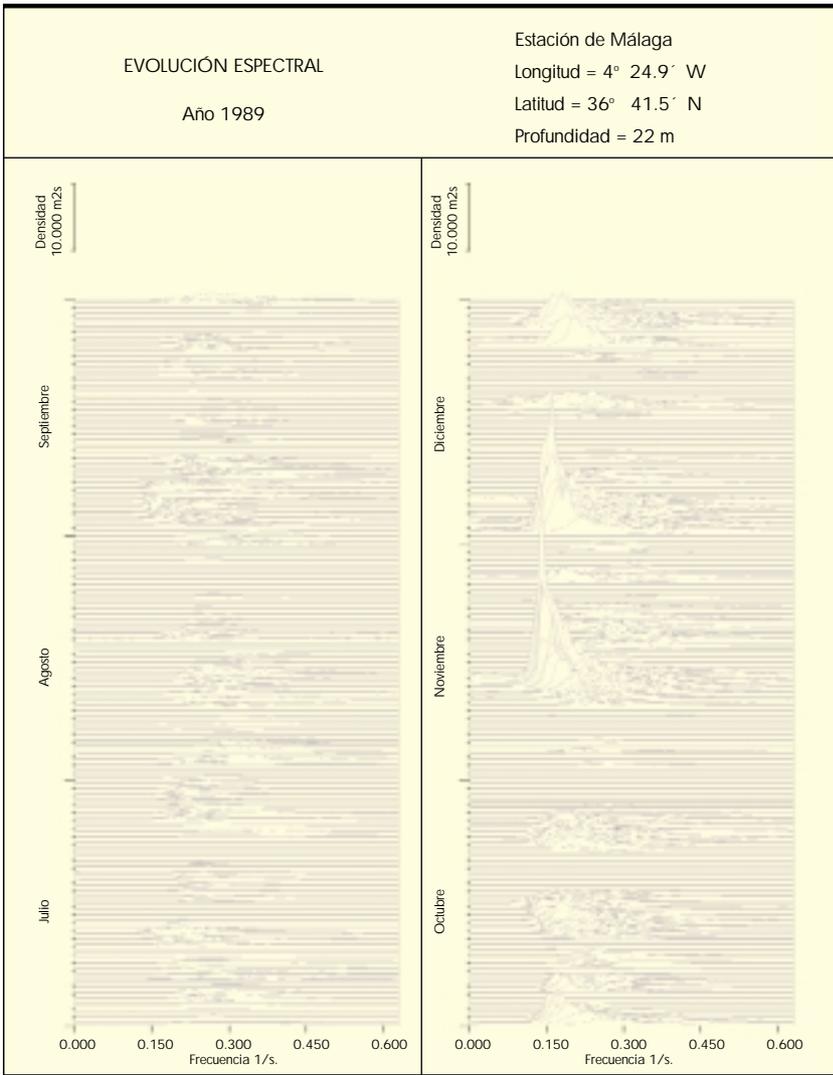


FIGURA 11.



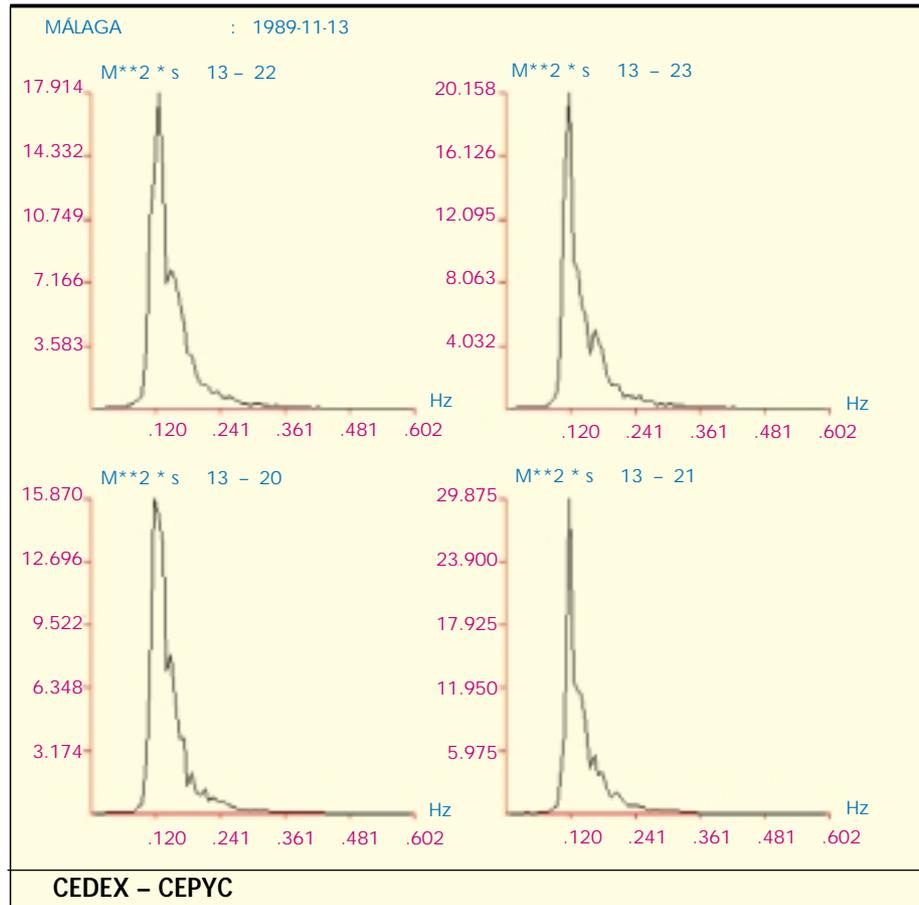


FIGURA 14.

CEDEX - CEPYC

En el siguiente párrafo hemos estudiado con más detalle los temporales máximos con curvas de Estados del Mar, gráficos de la Evolución Espectral y espectros de los picos del temporal.

El registro del oleaje durante años nos permite conocer mejor el comportamiento del oleaje a largo tiempo y definir con mayor precisión la función de distribución extremal. Conviene seguir midiendo el oleaje pues la fiabilidad en la altura para un periodo de retorno es para el doble del periodo de medida.

8. AGRADECIMIENTOS

Al Área de Ingeniería de Sistemas y Redes de Medida por el apoyo informático. A los autores de las aplicaciones informáticas utilizadas: Tomás Echeгойen, Cristina Benito, Gines Ibáñez, Julio González.

Al los que trabajan en el presente en el proyecto REMRO y los que trabajaron en otras etapas por su contribución en los bancos de datos procesados y banco de series temporales.

9. BIBLIOGRAFÍA

FERNANDEZ A. y MARTÍNEZ M. (1986) <Modelo de cálculo y proceso de parámetros oceanográficos> I. Oleaje. Cuaderno de Investigación M9. CEDEX.

GODA <On the Methodology of selecting Design Wave Height> 21 CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE COSTAS. Málaga 1988.

GODA Y. and KOBUNE K. Distribution Function Fitting for Storm Wave Data. Coastal Engineering-1990.

MARTÍN M.J. <Puesta a punto de los programas de análisis medio y extremal de oleaje> Centro de Estudios de Puertos y Costas. CEDEX. Madrid 1987.

MARTÍN M.J. y MARTÍNEZ J. <Análisis medio y extremal de oleaje> Cuaderno de Investigación C22. CEDEX. 1990.

MARTÍNEZ M., SANTÁS J.C. y SANZ L. <Red Española de Medida y Registro de Oleaje> 21 CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE COSTAS. Málaga 1988.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. <REMRO Datos de Oleaje 1984> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1985.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. <REMRO Datos de Oleaje 1985> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1986.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. <REMRO Datos de Oleaje 1986> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1987.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. <REMRO Datos de Oleaje 1987> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1988.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. <REMRO Datos de Oleaje 1988> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1989.

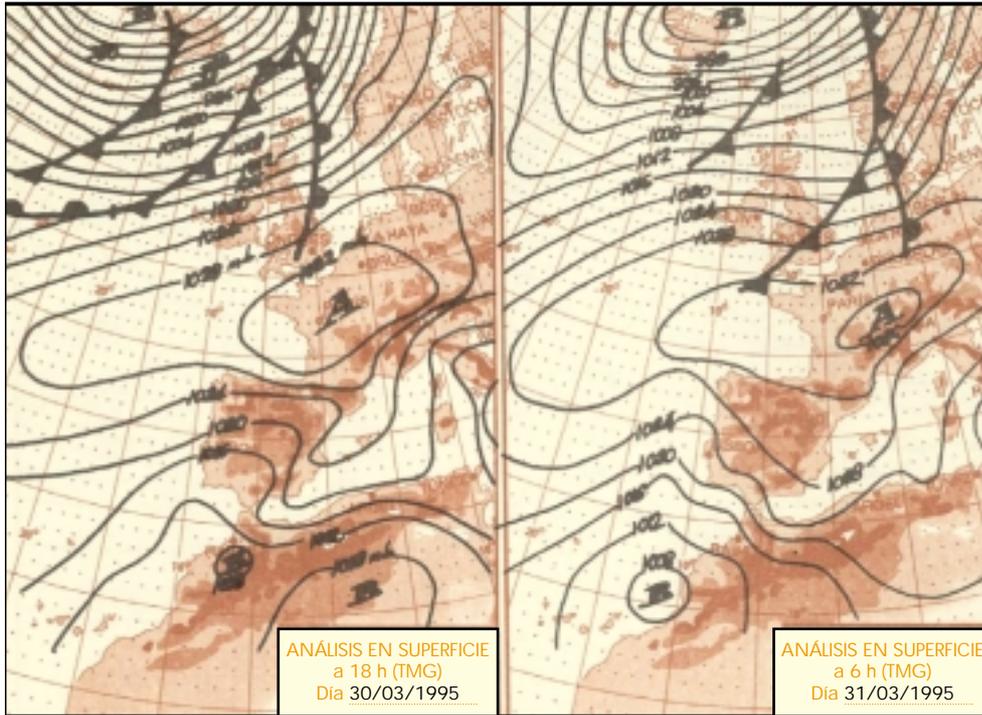


FIGURA 15. Podemos ver la situación de la borrasca en el Norte de África los días del temporal máximo.
Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. < REMRO Datos de Oleaje 1989> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1990.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. < REMRO Datos de Oleaje 1990> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1991.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. < REMRO Datos de Oleaje 1991> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1992.

MARTÍNEZ M., BUCETA J.L. y SOTILLO M. < REMRO Datos de Oleaje 1992> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1993.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 1993> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1994.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 1994> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1995.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 1995> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1996.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 1996> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1997.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 1997> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1998.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 1998> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1999. 21

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 1999> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 2000.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 2000> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 2001.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 2001> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 2002.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 2002> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 2003.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 2003> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 2004.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 2004> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 2005.

MARTÍNEZ M., SOTILLO M. y ARRIBAS L. < REMRO Datos de Oleaje 2005> Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 2006.

OCHI. <Stochastic Analysis and Probabilistic Prediction of Random Seas. Advances in Hydrosceince> V-13. 1982.

ROM 0.3-91 Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español. MOPT1992.

SOTILLO MEMBIBRE M. < Correlación de estaciones de medida de oleaje. I+D. Centro de Estudios de Puertos y Costas. Cedex. Madrid 1993

SOTILLO MEMBIBRE M. <Temporales en el litoral español: Relación entre altura de ola máxima y altura significativa>. Ingeniería Civil nº 88 /1993.

SOTILLO MEMBIBRE M. <Correlación de series de datos de oleaje> Ingeniería Civil nº 99/1995.

SOTILLO MEMBIBRE M. <Temporales en la costa cantábrica: correlación de alturas y periodos de olas> Waves 2005. Ingeniería Civil nº 140/2005.