

Banco de Datos Visuales del CEDEX.

Posibilidades de explotación.

I - Viento

M^º JESÚS MARTÍN SOLDEVILLA (*)

CRISTINA BENITO GUINEA (**)

RESUMEN Entre las distintas fuentes de datos de oleaje actualmente existentes destacan, por su volumen y cantidad de información, las constituidas por observaciones visuales procedentes de barcos en ruta. Su calidad, comparativamente inferior a la de otros sistemas de medida, es función de la experiencia del observador que efectúa la medida y de las condiciones climáticas en las que la realiza. A pesar de estas limitaciones, los datos visuales constituyen una valiosa fuente de información, existiendo distintos Bancos de Datos Mundiales encargados de la recopilación, depuración y actualización de estas observaciones. Referente a la Costa Española, el Centro de Estudios y Experimentación (CEDEX) dispone, en su Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) de un Banco de Datos Visuales con la información relativa a toda la costa española así como el software de explotación necesario para caracterizar las distintas variables de interés en el campo de la ingeniería marítima.

CEPYC VISUAL DATA BANK. EXPLOITATION POSSIBILITIES. I - WIND

ABSTRACT Among the different sources of wave data currently available, the visual observations from ships on depth water make up the most significant source, both for the volume and quantity of information. The quality of this information, comparatively inferior to that obtained from other systems of measurement, is a function of the observer's experience and the climatic conditions at the time it is gathered. In spite of these limitations, this visual data constitutes a valuable source of information, and there are different World Data Banks responsible for compiling, correcting and updating these observations. As regards the Spanish coastline, the Experimentation and Study Center (CEDEX) avails, in his Ports and Coasts Study Centre (CEPYC) a visual data bank with all the information relating to the whole of the Spanish coastline, as well as the necessary analysis software to highlight the different variables of interest in the maritime engineering field.

Palabras clave: Bases de datos; Viento; Tratamiento de la información; Programa de ordenador; Estadística; Régimen de viento.

1. INTRODUCCIÓN

El factor fundamental que condiciona el diseño y explotación de las instalaciones marítimas, así como los procesos de transporte litoral, es el oleaje siendo su agente generador, el viento, otro de los fenómenos climáticos de relevante interés en el campo de la ingeniería marítima y de la navegación. Sin embargo, mientras que fuentes de datos de oleaje existen de distinto tipo, relativas al viento en alta mar, la información existente es escasa y prácticamente se limita a las observaciones visuales procedentes de barcos en ruta.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN ANALIZADA

Los datos visuales contenidos en el Banco de Datos Visuales del CEDEX-CEPYC han sido suministrados por el National Climatic Data Center, Asheville (Carolina del Norte, USA).

La información disponible cubre la totalidad del litoral español existiendo observaciones desde el año 1850 hasta 1991. Los límites geográficos del total de información disponible, agrupada en 10 cuadrículas climatológicamente homogéneas, se especifican en décimas de grado y de forma gráfica en la tabla y figura 2.1 respectivamente.

De toda la información que es posible obtener de una única observación (temperatura aire-agua, visibilidad, estado de las nubes..., figura 2.2), las variables de mayor interés para estudios portuarios y en relación con la costa, son el oleaje y el viento.

En lo referente a esta última variable, viento, la información que reporta un observador es su dirección, agrupada en sectores de 10° ó 11.25° e intensidad expresada en nudos. El intervalo de velocidad de viento abarca desde la calma total 0 nudos (0 km/h) hasta un máximo de 199 (370 km/h).

3. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE EXPLOTACIÓN

El Banco de Datos Visuales del CEPYC data de los años 80, época en la que las limitaciones de la capacidad de almacenamiento en disco, y la velocidad de proceso de los equipos informáticos existentes sólo permitían mantener en unidad de almacenamiento de acceso directo, la información rela-

(*) Dra. en Ciencias Químicas. Jefe del Sector de Estudios Portuarios del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (MOPMA).

(**) Licda. en Ciencias Físicas. Jefe de Programa del Sector de Ingeniería de Sistemas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (MOPMA).

ÁREA	ZONA	LÍMITES GEOGRÁFICOS	DATOS TOTALES	
			OBSERVACIONES	CALMAS
1	CANTABRIA	43.0 N - 45.0 N 1.5 W - 7.0 W	51865	2697
2	GALLEGA - I	43.2 N - 45.0 N 7.0 W - 11.0 W	343974	13923
3	GALLEGA - II	41.5 N - 43.2 N 8.0 W - 11.0 W	224406	12923
4	SURATLÁNTICA	35.0 N - 37.1 N 5.6 W - 10.0 W	284576	20189
5	SURMEDITERRÁNEA I	35.0 N - 37.0 N 2.0 W - 5.6 W	238220	30957
6	SURMEDITERRÁNEA II	35.0 N - 38.0 N 2.0 W - 2.0 E	258237	23410
7	LEVANTE	37.8 N - 40.5 N 1.0 W - 2.0 E	72663	6980
8	CATALANA	40.5 N - 42.5 N 0.0 E - 4.5 E	83003	7768
9	BALEAR	38.3 N - 41.0 N 0.5 E - 5.5 E	131950	13448
10	CANARIA	26.5 N - 30.5 N 12.0 W - 20.0 W	190283	8678

TABLA 2.1. Localización y características de la información.

tiva al oleaje. Afortunadamente la adquisición de los nuevos sistemas de trabajo ha eliminado prácticamente estas limitaciones posibilitando la creación de una nueva base de da-

tos visuales que incorpora la información relativa al viento, creándose la necesidad de desarrollar el software de explotación adecuado.

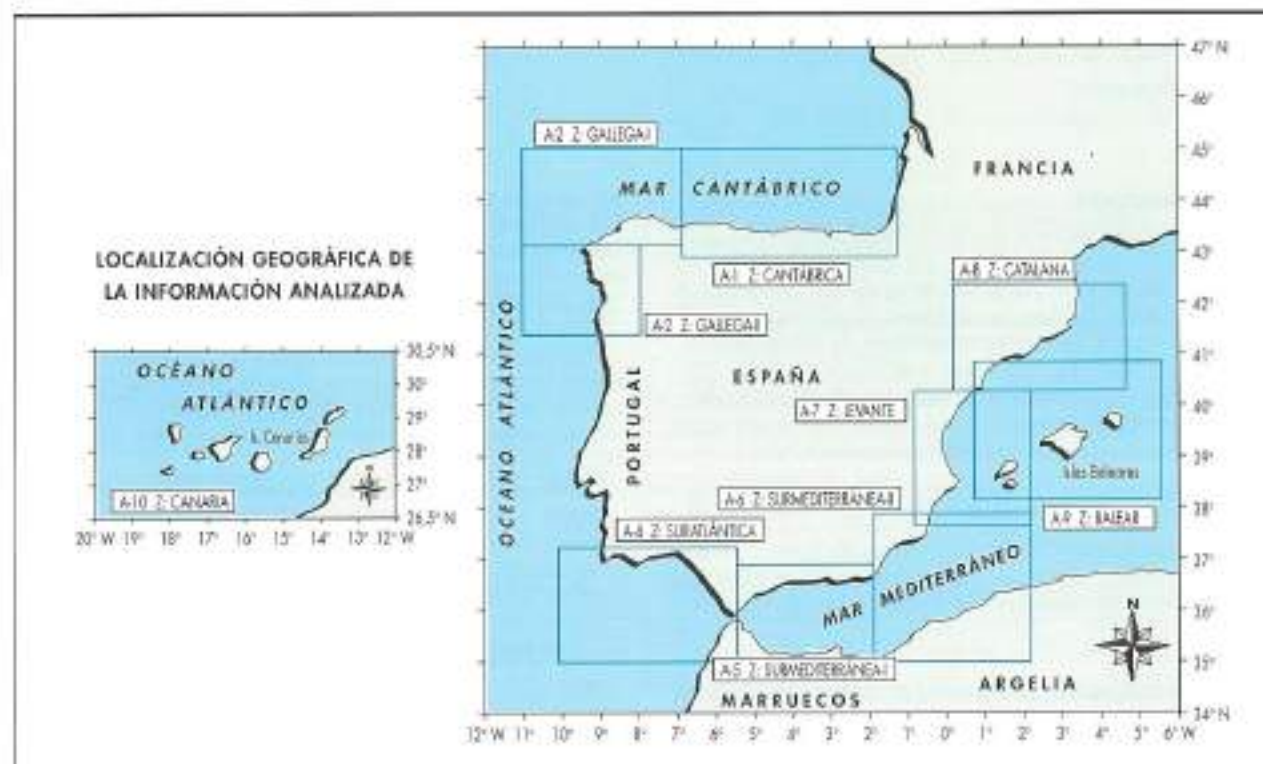


FIGURA 2.1. Límites geográficos de las observaciones visuales disponibles en el CEPYC.

FORMATO ESTÁNDAR

CARD DECX	MAR SQ	SUB SQ	Q	LAT	LONG	YEAR	MO	DA	HR	WIND DIR	WIND SPD	VIS	WX	W	PRESS	T	AIR TMP	WET BLB	DEW PT	SEA TMP	A-S DIF
XXX	XXX	XX	X	XXX	XXXX	XXXX	XX	XX	XX	XXX	XXXX	XXX	XX	X	XXXXX	X	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
NÚMERO DE CAMPO	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	021

CLOUDS						WAVE DIR	P R	WAVE HGT	SWL DIR	P R	SWL HGT	OSV NO.	C D	S H
N	N _h	C _L	I	I _h	C _H	XX	X	XX	XX	X	XX	XX	X	X
X	X	X	X	X	X	XX	X	XX	XX	X	XX	XX	X	X
NÚMERO DE CAMPO	022	023	024	025	026	027	028	029	030	031	032	033	034	035

A	I	ICE	A	A	D	S	A	PP	A	SIG	SIG	SIG	I	SHIP
D	C	TK	C	C	D	I	P	P	D	N	T	HGT	C	NO.
X	X	XX	X	ΔΔ	X	X	X	XXX	X	X	X	XX	ΔΔ	XXX
036	037	038	039	040	041	042	043	044	045	046	047	048	049	050

NÚMERO DE CAMPO	051	052	053	054	055	056	057	058
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

CAMPOS DE DATOS SUPLEMENTARIOS

FIGURA 2.2. Formato estándar de un registro codificado de observación visual.

Con tal fin, se desarrolló un paquete de programas para estaciones de trabajo constituido, básicamente, por un programa principal que solicita el tipo de análisis deseado y controla las llamadas a las distintas sub-rutinas de lectura de datos y de cálculo. Concluido el tratamiento matemático, el control recae en las subrutinas gráficas encargadas de mostrar el resultado del análisis en la terminal gráfica correspondiente, e imprimiéndolo en caso de ser especificado.

Las posibilidades de cálculo incluidas en el paquete pueden desglosarse en dos categorías: tratamiento de valores medios y tratamiento de valores extremos, tanto de forma escalar como por direcciones.

Para la caracterización del viento en condiciones medias, el programa incluye el cálculo de los regímenes medios (escalares y direccionales), la elaboración de rosas de viento (de 8, 12 ó 16 rumbos), y el cálculo de la persistencia escalar expresada en número de ocurrencias, probabilidad acumulada, o duración media referida tanto a las excedencias como a las calmas.

Por su parte el análisis extremal, escalar y direccional, se realiza con muestras constituidas por máximos anuales y la metodología desarrollada por Goda (1990) que incluye el ajuste a nueve distribuciones teóricas.

4. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VALORES MEDIOS

4.1. REGÍMENES MEDIOS

En términos del viento el régimen medio se define como la función de distribución estadística que determina el porcen-

taje de tiempo en el año climático medio en que la velocidad del viento no excede una cierta intensidad.

El conocimiento de esta función (régimen medio del viento) en un área marítima determinada resulta de gran

VIENTO	ESCALA BEAUFORT	LÍMITES EN NUDOS
CALMA	0	CALMA
VENTOLINA	1	1 - 3
FLOJITO	2	4 - 6
FLOJO	3	7 - 10
BONANCIBLE	4	11 - 16
FRESQUITO	5	17 - 21
FRESCO	6	22 - 27
FRESCACHÓN	7	28 - 33
DURO	8	34 - 40
MUY DURO	9	41 - 47
TEMPORAL	10	48 - 55
BORRASCIA	11	56 - 63
HURACÁN	12	64 - ∞

TABLA 4.1. Relación de la Escala Beaufort con la velocidad de viento en nudos.

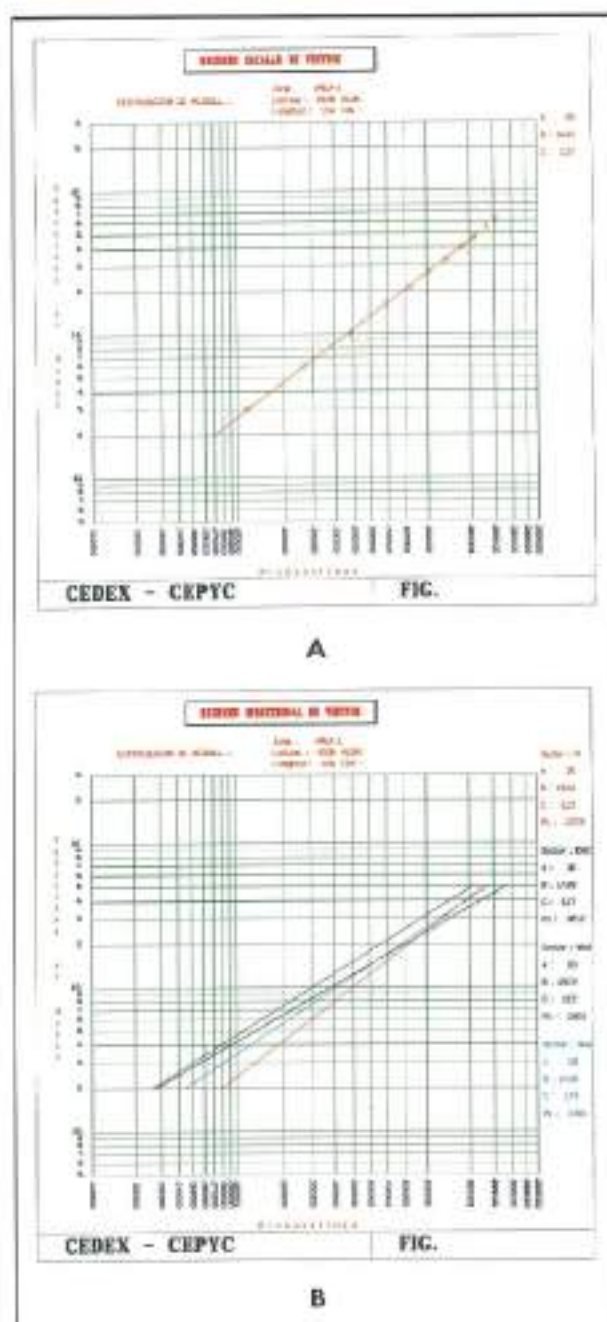


FIGURA 4.1. (A) Régimen medio escalar. (B) Régimen medio direccional.

interés de cara a evaluar el tiempo de utilización de una determinada estructura ya que esta variable también afecta, y de forma decisiva, a la operatividad de las distintas instalaciones marítimas.

Asimismo, es fundamental para evaluar la dificultad de una ruta de navegación o de una cierta maniobra e incluso para obtener una primera aproximación del oleaje medio que se podría generar (oleaje sea) en la zona.

Debido a la heterogeneidad espacial y temporal características de la información visual no es posible determinar la función de evolución continua del estado del viento (curvas

de estado del viento), por lo que el programa implementado calcula el régimen medio a partir del histograma acumulado de intensidades de viento.

El agrupamiento de los datos, o preparación de la muestra, se realiza en términos de la escala Beaufort por lo que al expresarlo en nudos o en m/s se pierde la regularidad del intervalo de clase. La relación entre el índice Beaufort y la velocidad en nudos se detalla en la tabla 4.1.

Para el cálculo del régimen medio escalar el total de calmas registradas son englobadas en el intervalo de clase menor, correspondiente al índice de Beaufort 1 (1 a 3 nudos) ajustándose la muestra resultante a la función de distribución de Weibull triparamétrica cuya expresión general es:

$$F(V) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{V - A}{B} \right)^{\gamma} \right] \quad A = 0 \leq V \leq \infty$$

donde A, B y γ son los parámetros de posición, escala y forma respectivamente.

El ajuste de las muestras analizadas a la función de distribución referida, o cálculo de los respectivos parámetros, se realiza tanto por el método de los momentos como por mínimos cuadrados, presentándose los resultados gráficos en la escala distorsionada correspondiente al papel probabilístico de Weibull, incluyéndose en las mismas, los parámetros de ajuste obtenidos por el método de estima seleccionado (figura 4.1a).

Si la muestra corresponde a un sector particular el régimen medio direccional correspondiente se calcula de forma análoga al escalar salvo que en este caso se consideran todas las calmas englobadas en un sector adicional. De esta forma la frecuencia de presentación del sector correspondiente se calcula como el cociente entre el total de observaciones contenidas en el sector (N_i) y el total de observaciones (N_o) más el total de calmas (N_c).

$$P_d = \frac{N_i}{N_o + N_c}$$

su valor es incluido en la gráfica correspondiente (figura 4.1b) a fin de facilitar el cálculo de probabilidad de excedencia real ($\bar{P}_T(V)$) que viene dada por:

$$\bar{P}_T(V) = [1 - F_d(V)]P_d$$

siendo:

F_d : probabilidad de no excedencia obtenida del régimen.

P_d : probabilidad del sector analizado.

PERSISTENCIA ESCALAR DEL VIENTO

La persistencia puede definirse como la función de probabilidad que determina el tiempo durante el que una condición dada, en nuestro caso velocidad de viento, permanece por debajo o por encima de un cierto umbral. Su conocimiento es importante en diferentes campos relativos a la navegación, funcionamiento y diseño de estructuras off-shore y, en general, para la ingeniería marítima.

La representación gráfica de la velocidad de viento frente al tiempo (figura 4.2) es una ilustración básica de los principios y el significado físico de la persistencia en términos de duración y número de ocurrencias.

Es evidente que el procedimiento, en principio, más directo para derivar la persistencia estadística de las excedencias y/o no excedencias, o calmas, es a partir de registros puntuales y continuos, mostrados a intervalos regulares de tiempo durante, al menos, 3 años. Puesto que tales caracte-

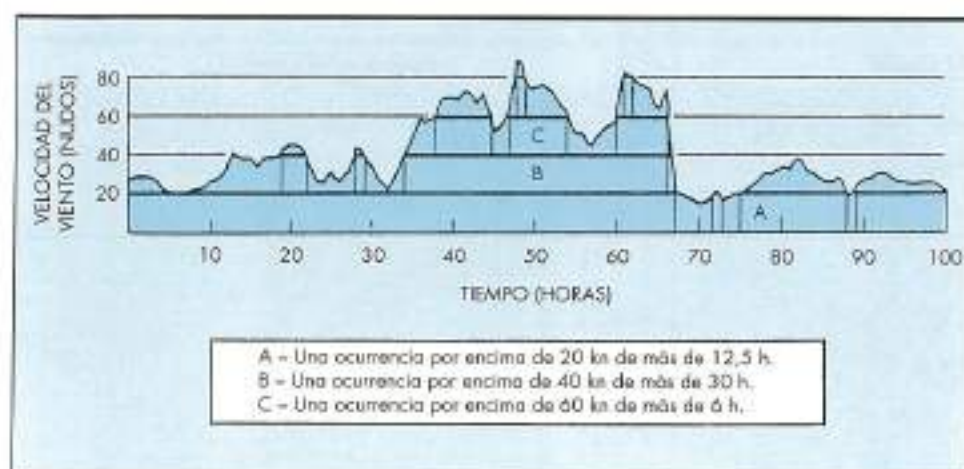


FIGURA 4.2. Descripción gráfica del concepto de persistencia.

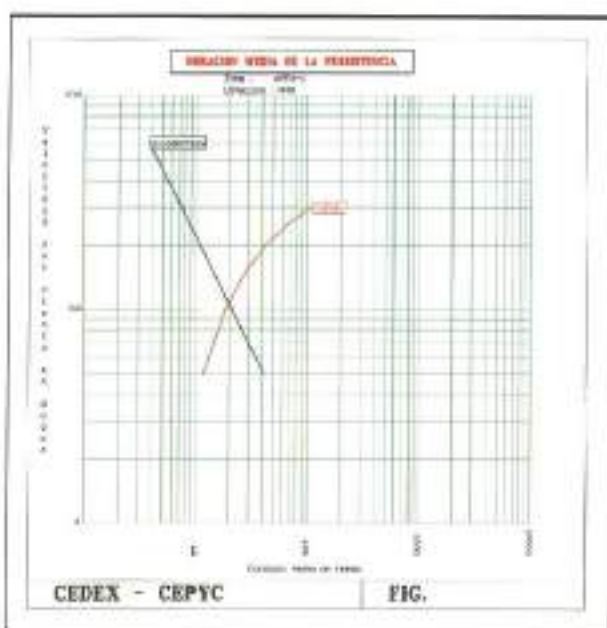


FIGURA 4.3. Duración media de las tormentas y las calmas.

rísticas no se presentan en la información visual de partida, su cálculo, en principio, quedaría limitado.

Afortunadamente existen modelos paramétricos aproximados que permiten estimar razonablemente la persistencia estadística una vez conocida la distribución acumulada de las excedencias.

Uno de los primeros modelos paramétricos de persistencia fue el desarrollado por Graham (1982) que, basado en los trabajos de Hough (1972/1975), llega a establecer unas ecuaciones empíricas que fueron posteriormente mejoradas por Kuwashima y Hogben (1986).

Ambos modelos utilizan como dato de partida la distribución acumulada de excedencias la cual es definida en términos de la distribución de Weibull biparamétrica

$$P(V) = \exp\left[-\left(\frac{V}{B}\right)^{\gamma}\right] \quad [1]$$

donde B y γ son los parámetros de escala y forma respectivamente, V indica velocidad de viento y P(V) la probabilidad de excedencia.

De los dos modelos citados, el implementado en el paquete desarrollado ha sido la modificación de Kuwashima y Hogben.

Dicho modelo asume que la duración media de la persistencia de las excedencias ($\bar{\tau}_g$) está relacionada con la distribución de probabilidad acumulada de excedencia, P(V) de la forma:

$$P(V) = \exp[-\bar{\tau}_g / E]^{-1/\beta} \rightarrow \bar{\tau}_g = E / [-\ln P(V)]^{\beta} \quad [2]$$

donde el subíndice g indica "mayor que" (excedencia) y donde los valores de los parámetros E y β , que son función del parámetro de forma (γ) de la distribución acumulada de partida P(V), vienen dados por los siguientes valores:

$$E = 18,3\gamma^{0,647}$$

$$\beta = 0,72$$

Obviamente estas relaciones dependerán de las características climáticas de cada zona particular las cuales pueden diferir significativamente. Sin embargo, de acuerdo con los autores, resultan igualmente aproximadas para zonas de características climáticas muy distintas, ya que tienen en cuenta el parámetro de forma (γ) obtenido del ajuste de la muestra representativa del área de estudio.

Por su parte, la distribución acumulada de la duración de las excedencias o no excedencias (calmas) (τ) para cualquier nivel de intensidad de viento es representada por una distribución de Weibull biparamétrica cuya expresión, en términos de duración normalizada $\left(x = \frac{\tau}{\bar{\tau}}\right)$ es:

$$Q(x) = \exp[-C(x)^{\alpha}] \quad [5]$$

pudiéndose demostrar que C y α están relacionados de la forma:

$$C = \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right]^{\alpha} \quad [6]$$

La fórmula desarrollada para estimar estos parámetros de nuevo tiene en cuenta la posible variación del parámetro

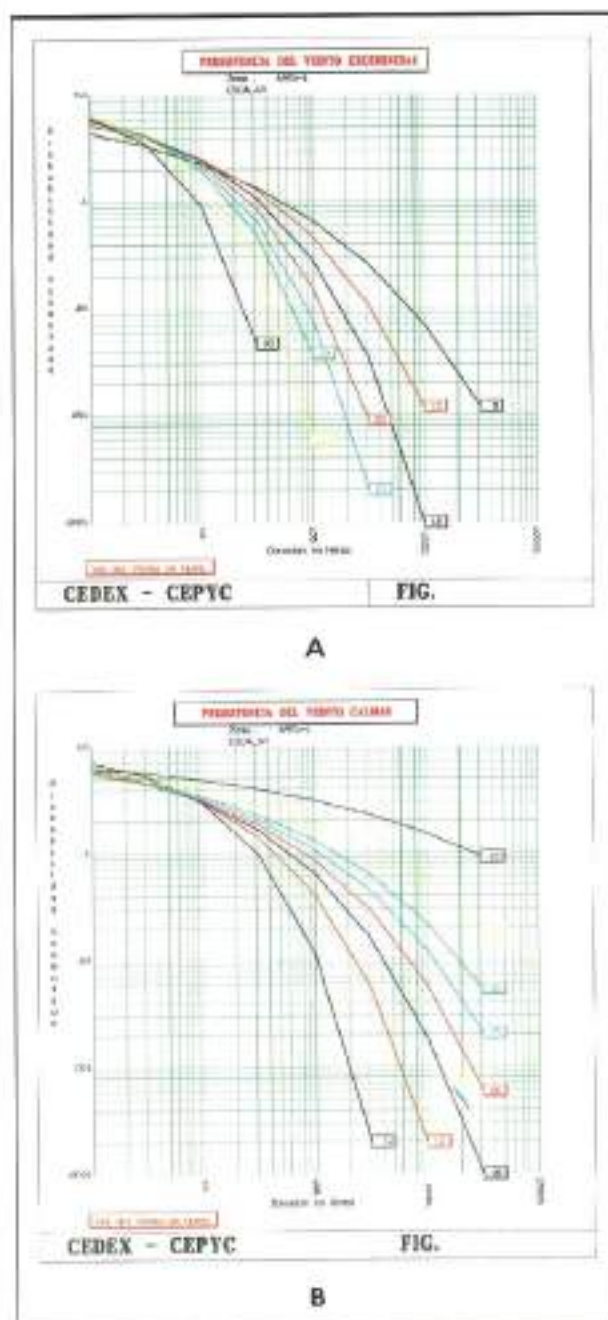


FIGURA 4.4. Probabilidad acumulada de la persistencia. (A) Tormentas (B) Calmas.

de forma (γ) siendo sus expresiones respectivas para excedencias (g) y calmas (l):

$$\alpha_g = 0,286 \gamma \left(\frac{\bar{V}}{V} \right)^{0,4}$$

$$\alpha_l = 0,286 \gamma \left(\frac{\bar{V}}{V} \right)^{-0,4}$$

donde $\bar{V}$ es la velocidad media de la población, y no de la muestra $\left[\bar{V} = B \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$, siendo Γ la función gamma y B el parámetro de escala de la distribución de ajuste de la muestra].

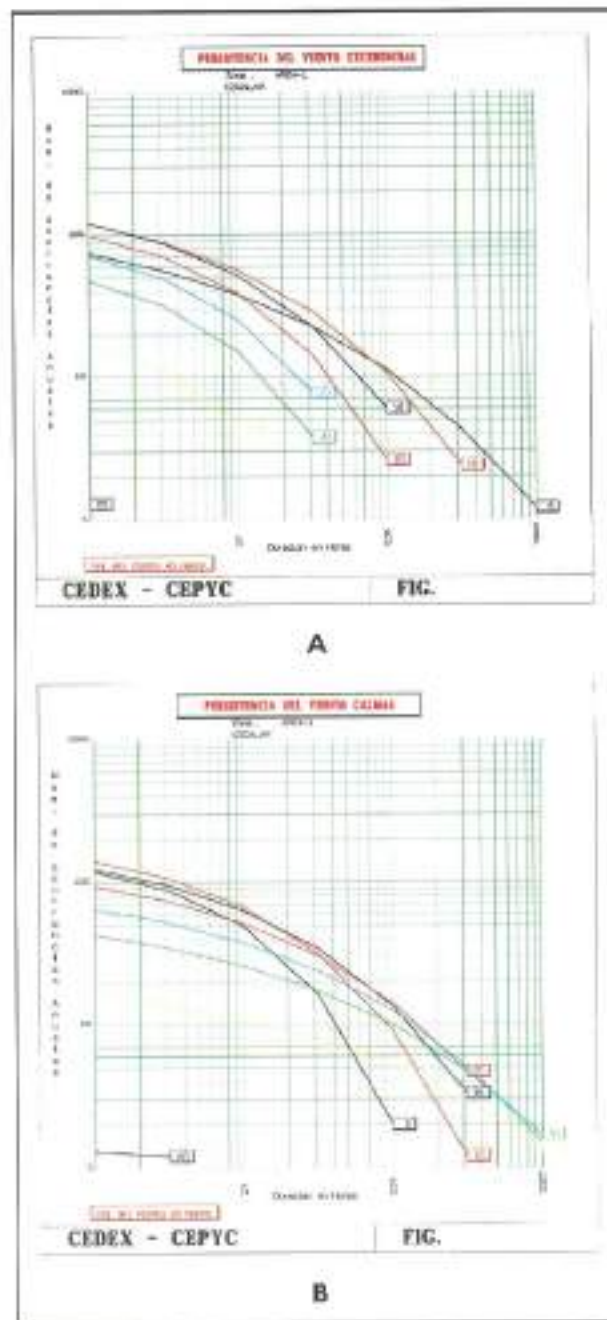


FIGURA 4.5. Número de ocurrencias. (A) Tormentas (B) Calmas.

Las salidas gráficas se presentan en forma de duraciones medias (figura 4.3), de probabilidad acumulada (figuras 4.4a/b) y de número de ocurrencias (figuras 4.5a/b), referidas tanto a las excedencias como a las calmas.

DISTRIBUCIÓN INTENSIDAD/DIRECCIÓN DEL VIENTO. ROSA DE VIENTOS

La distribución bivariada de la velocidad o intensidad de viento y su dirección asociada es una información de extraordinario interés para definir cuáles son las direcciones en que sopla el viento con mayor intensidad (dirección do-

minante), y cuál es la que, con distinta intensidad, el viento se manifiesta con mayor frecuencia (dirección reinante).

Este tipo de información generalmente se maneja en forma gráfica a través de las denominadas ROSAS DE VIENTOS donde las distintas longitudes de los brazos indican la frecuencia de presentación de cada dirección y la anchura de los mismos la severidad correspondiente.

El paquete desarrollado permite representar rosas de vientos de 8, 12 ó 16 rumbos, sin que se encuentre cerrada la posibilidad de modificar el programa para considerar otro tipo de reparto direccional. En términos de intensidad de viento la escala utilizada es la relativa a la escala Beaufort, (figura 4.6) lo que permite reducir el número de intervalos de la variable analizada.



FIGURA 4.6. Rosa de vientos.

4.2. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VALORES EXTREMOS

RÉGIMENES EXTREMALES ESCALARES Y DIRECCIONALES

Dadas las características de la información analizada el cálculo del régimen extremal de vientos implementado en el software desarrollado en el CEPYC utiliza como datos de partida muestras constituidas por máximos anuales pudiéndose, opcionalmente, corregir la velocidad observada antes de efectuar el cálculo con la corrección propuesta por Cardone (1969) para datos de viento procedentes de buques:

$$V = 2.16V_s^{(7/9)}$$

donde V_s es la velocidad del viento tomada desde el buque en nudos y V es la velocidad de viento corregida.

La metodología de cálculo implementada es la desarrollada por Goda (1990). Consecuentemente, las funciones de

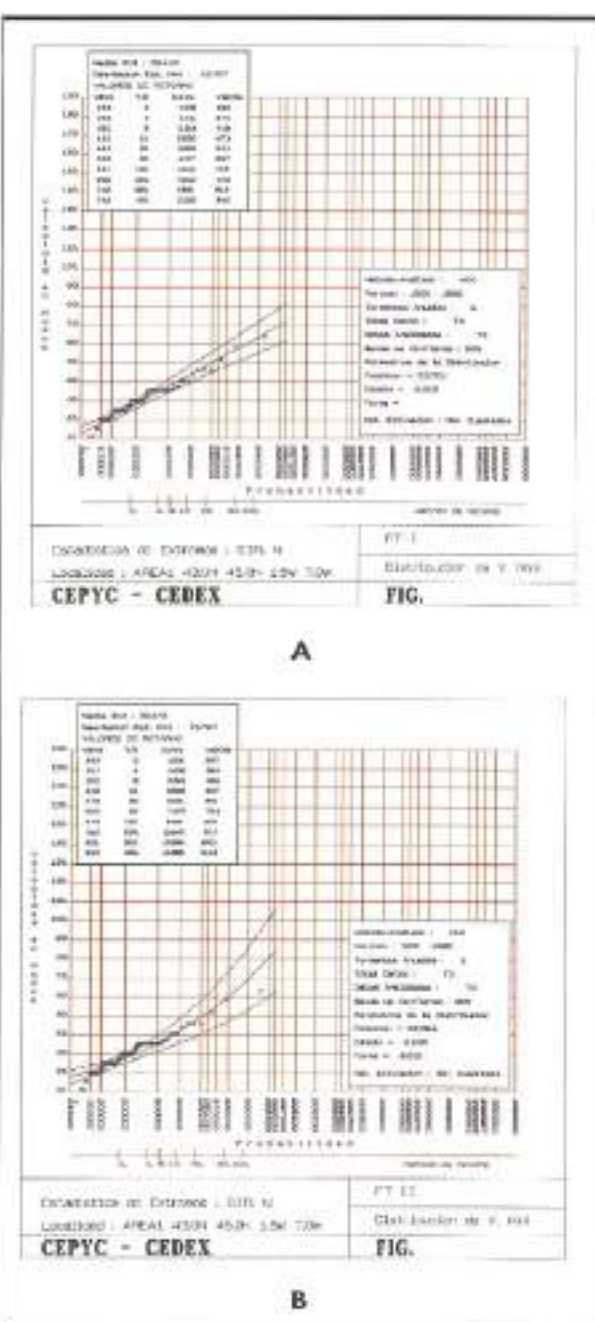


FIGURA 4.7. Ajuste extremo por método de Goda. [A] FT-I [B] FT-II (C = 5.0).

distribución incluidas en el software de cálculo son las nueve propuestas por el autor correspondientes a la asintota I o Fisher-Tipett I o distribución de Gumbel (FT-I), la distribución de Weibull (W) y la de Jenkinson o Frechet o Fisher Tipett II (FT-II), estas dos últimas con cuatro parámetros de forma diferentes.

Las expresiones de estas funciones de distribución y su rango de aplicación son:

$$FT - I: F(x) = \exp[-\exp(-(x - A) / B)] \quad -\infty < x < \infty$$

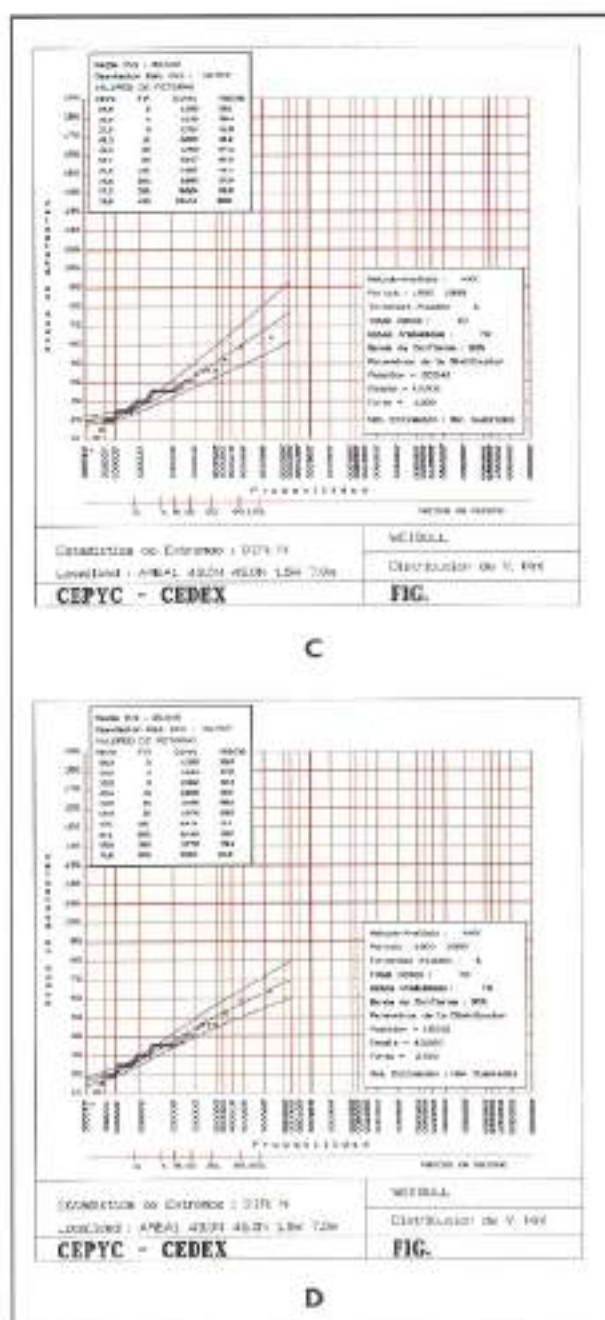


FIGURA 4.7. Ajuste extremo por método de Goda.
(C) Weibull [C = 1.0] (D) Weibull [C = 2.0].

$$W: F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - A}{B}\right)^C\right] \quad A \leq x < \infty$$

$$(C = 0.75, 1.0, 1.4, 2.0)$$

$$FT - II: F(x) = \exp\left[-\left(1 + \frac{(x - A)}{CB}\right)^{-C}\right] \quad A - BC \leq x < \infty$$

$$(C = 2.5, 3.33, 5.0, 10.0)$$

El ajuste de la muestra extremal a las distintas distribuciones se efectúa, de acuerdo con el método, por mínimos cuadrados. Las frecuencias de punteo que se utilizan son las de Gringorten para la FT-I, la de Petruaskas y Aagard modificada para la distribución de Weibull y la propuesta por Goda (1990) para la FT-II.

Un ejemplo de este tipo de ajuste, para algunas de las distribuciones teóricas incluidas en el paquete, se recoge en la figura 4.7a/c, incorporando la banda de confianza correspondiente al nivel de significación del 90% pudiendo, opcionalmente, elegir cualquier otro.

Además, para las nueve distribuciones mencionadas, se contemplan los criterios de rechazo desarrollados por el autor, abreviadamente denominados criterios del DOL (Desviación del Outlier o valor excesivamente alejado del resto de la muestra) y el del REC (o del Residuo del coeficiente de Correlación), así como el test de bondad de ajuste, conocido como criterio del MIR (Mínima Relación del residuo del coeficiente de correlación), que permite seleccionar, de las distribuciones no rechazadas, la más apropiada.

5. REFERENCIAS

- GRAHAM, C. (1982). The parametrisation of wave height and wind speed persistence statistics for oil industry operational planning purpose. *Coastal Eng.*, 6: 503-529.
- KUWASHIMA, S. and HOGBEN N. (1986). The estimation of wave height and wind speed persistence from cumulative probability distributions *Coastal Eng.*, 9: 563-590.
- GODA, Y. and KOBUNE, K. (1990). Distribution Function Fitting for storm Wave Data. *Proc 22nd Int. Conf. Coastal Engng. Delft*.

6. AGRADECIMIENTOS

Se desea agradecer el inestimable trabajo desarrollado por D. Tomás Echegoyen, Jefe del Sector de Ingeniería de Sistemas del CEDEX-CEPYC, relativo a la decodificación de los datos suministrados y a la creación de la nueva Base de Datos Visuales, sin lo cual no hubiera sido posible la realización del paquete de explotación presentado en el presente artículo.

LA UNIÓN HACE LA FUERZA



AHORRO

en costes y tiempo

CERCANÍA

a cada obra, en toda España

EJECUCIÓN

sencilla, capaz, limpia

EXPERIENCIA

más de cien años

FACILIDAD

nuestros técnicos se ocupan de todo

INGENIO

la eficacia dirigida

TÉCNICA

método, especialistas, un proyecto

PROBLEMA

resuelto

SATISFACCIÓN

por las cosas bien hechas

SOLUCIÓN

la mejor garantía



**UNIÓN
ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS, S.A.**



GRUPO
TERRATEST



Muro pantalla de 0,60 m de espesor, con sostenimiento mediante dos niveles de anclajes, y codales en las esquinas, para centro comercial, con cinco sótanos, en Palma de Mallorca.

GRUPO TERRATEST, CIMYSON, I.CO.S., S.A.

Muro pantalla y acodalado, para centro comercial El Corte Inglés en Palma de Mallorca.

OFICINAS CENTRALES:
Alcalá, 66 - 4º - 28014 Madrid
Teléfs. 577 71 40 - 577 71 50
Telex: 22038 GROUTE
Fax: 576 88 58