

Anejo N.º 7:
CLIMA MARÍTIMO

Tabla de contenido

1. CONJUNTO DE DATOS SIMAR	3
1.1. PROCEDENCIA Y OBTENCION DEL CONJUNTO DE DATOS	3
1.2. VIENTO	3
1.3. OLEAJE	3
1.4. PARÁMETROS DISPONIBLES	4
2. REGIMENES DE OLEAJE	5
2.1. INTRODUCCIÓN	5
2.2. RECOMENDACIONES SEGÚN (ROM 0.3-91)	6
2.2.1. Zonificación del litoral español (ROM 0.3-91)	6
2.2.2. Metodología de determinación (ROM 03.91)	6
2.2.3. Atlas de clima marítimo en el litoral español (ROM 03-91)	7
2.3. RECOMENDACIONES SEGÚN PUERTOS DEL ESTADO	10
2.3.1. Ubicación del punto WANA 2084103	10
2.3.2. Régimen medio direccional	10
2.3.3. Régimen extremal	15
3. REGIMEN DE VIENTO	18
3.3. INTRODUCCIÓN	18
3.4. RECOMENDACIONES SEGÚN (ROM 0.4-95)	18
3.4.1. Zonificación del litoral español (ROM 0.4-95)	18
3.4.2. Metodología de determinación (ROM 04.95)	19
3.4.3. Atlas de clima marítimo en el litoral español (ROM 04-95)	20
3.5. RECOMENDACIONES SEGÚN PUERTOS DEL ESTADO	23
3.5.1. Ubicación del punto WANA 2086103	23
3.5.2. Régimen medio direccional de vientos	23
4. MAREAS	24
5. NMN	25

1. CONJUNTO DE DATOS SIMAR

1.1. PROCEDENCIA Y OBTENCION DEL CONJUNTO DE DATOS

Las series SIMAR surgen de la concatenación de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR y WANA

El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Son, por tanto, datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza.

Las series WANA proceden del sistema de predicción del estado de la mar que Puertos del Estado ha desarrollado en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología. No son datos de predicción sino datos de diagnóstico o análisis. Se tiene que tener en cuenta que las series temporales de viento y oleaje del conjunto WANA no son homogéneas ya que los modelos de viento y oleaje se van modificando de modo periódico para introducir mejoras.

1.2. VIENTO

El modelo atmosférico utilizado para generar los campos de vientos ha cambiado a lo largo del tiempo. Hasta octubre del año 2018 se utilizó el modelo HIRLAM de AEMET, un modelo atmosférico mesoescalar e hidrostático. A partir de ese año, Aemet sustituyó HIRLAM por el HARMONIE-AROME, modelo de mesoescala, no hidrostático con mayor resolución espacial.

VIENTO	MODELO HIRLAM						MODELO HARMONIE	
	1996-2006		2006-2012		2012-2018		2018-actualidad	
	temporal	espacial	temporal	espacial	temporal	espacial	temporal	espacial
	6h	30 Km	6h	16 Km	1h	5 Km	1h	2.5 Km

Tabla 1. Resolución espacial y temporal de los datos del subconjunto WANA.

Los datos de viento facilitados son 10 metros de altura sobre el nivel del mar y no reproducen efectos geográficos ni procesos temporales de escalas inferiores a la resolución con la que se ha integrado el modelo de atmósfera (consultar la Tabla 1 para conocer la resolución y su evolución con el paso del tiempo).

No obstante, los modelos reproducen correctamente los vientos regionales inducidos por la topografía como el Cierzo, Tramontana, Mistral, etc.

1.3. OLEAJE

Para generar los campos de oleaje se han utilizado dos modelos: WAM y WaveWatch, alimentados por los campos de viento del modelo proporcionado por AEMET (HIRLAM hasta el año 2018 y HARMONIE-AROME desde entonces). Los dos primeros son modelos espectrales de tercera generación que resuelven la ecuación de balance de energía sin establecer ninguna hipótesis a priori sobre la forma del espectro de oleaje.

La resolución espacial de los modelos varía dependiendo de la zona. Hasta ese momento el sistema contaba con dos mallas de grandes dimensiones: una centrada en el Atlántico y otra en el Mediterráneo. A la que se le complementaba con una malla de mayor resolución de regiones costeras: Cantábrico, Cádiz, Canarias y El Estrecho de Gibraltar. Desde octubre de 2018 el sistema cuenta con una aplicación de gran escala, que cubre tanto el Atlántico como el Mediterráneo, véase figura 1 y tabla 2 para mayor información.

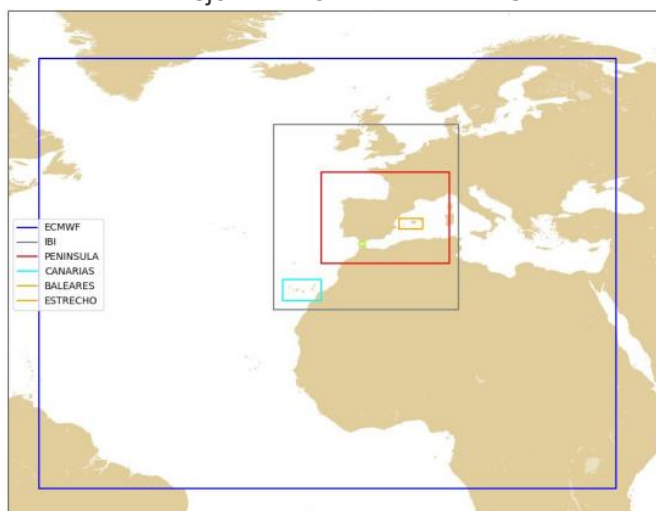


Ilustración 1. Cobertura de los dominios de la malla actual.

En la gran parte de los casos se ha realizado una descomposición de mar de viento y mar de fondo. Es importante tener en cuenta, que, con independencia de la coordenada asignada a un nodo WANA, los datos de oleaje deben de considerarse, siempre, como datos en aguas abiertas y profundidades indefinidas.

OLEAJE								
Dominio	1996-2006		2006-2012		2012-2018		2018-actualidad	
	temporal	espacial	temporal	espacial	temporal	espacial	temporal	espacial
Cantábrico	3h	15 Km	3h	4.2 Km	1h	2.5 Km		
Cádiz	3h	15 Km	3h	8.3 Km	1h	5 Km		
Mediterráneo	3h	7.5 Km	3h	8.3 Km	1h	5 Km		
Canarias	3h	15 Km	3h	8.3 Km	1h	5 Km	1h	2.1 Km
Estrecho Gibraltar	--	--	3h	1.6 Km	1h	1 Km	1h	700 m
Península	--	--	--	--	--	--	1h	2.8 Km
Baleares	--	--	--	--	--	--	1h	1.4 Km

Tabla 2. Resolución espacial y temporal de los datos del subconjunto WANA.

1.4. PARÁMETROS DISPONIBLES

-Oleaje

- Altura significativa espectral
- Periodo de pico espectral
- Periodo medio espectral (momentos 0 y 2)
- Dirección Media de Procedencia del Oleaje
- Altura, y Dirección de Mar de Viento
- Altura, Periodo medio y Dirección de Mar de Fondo

-Viento

- Velocidad media
- Dirección medida de Procedencia del Viento

2. REGIMENES DE OLAJE

2.1. INTRODUCCIÓN

El oleaje es una alteración de la superficie del mar producido por la actuación del viento sobre una superficie denominada Fetch, durante un intervalo de tiempo. Es el principal causante de los cambios que sufre la línea de costa y de los posibles colapsos de estructuras de protección. Además, tiene una gran influencia sobre la dinámica litoral generando zonas de erosión o aporte de materiales.

Los principales parámetros para caracterizar una ola son, véase figura 2:

- Altura de ola (H): Distancia vertical entre la cresta de la onda y el seno precedente.
- Longitud de onda (L): Distancia entre dos crestas o dos senos consecutivos.
- Período (T): Tiempo transcurrido entre el paso de dos crestas consecutivas.
- Celeridad (C): Velocidad de desplazamiento de la ola ($C=L/T$).

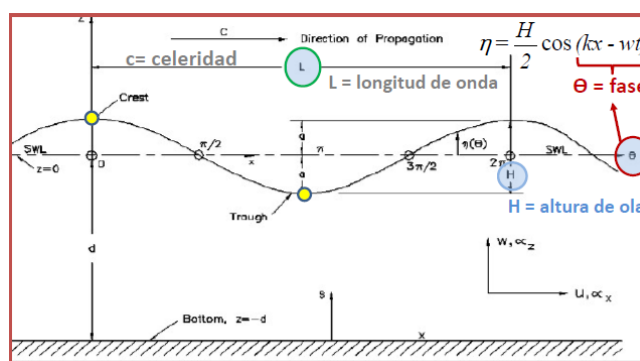


Ilustración 2. Caracterización básica de una onda. Fuentes: Asignatura Obras Marítimas (ETSICCP).

Las olas pueden haber sido generadas por el viento, las mareas, por terremotos...

Dependiendo del tipo de energía que origina las olas, se distinguen en dos clases de oleajes. El primero llamado mar de viento (sea) desarrollado bajo la acción directa y continua del viento, generándose olas de altura, periodo y dirección de propagación aleatorias, cuya interferencia da lugar a un aspecto caótico de la superficie.

El segundo, llamado mar de fondo (swell) se propaga a través de superficies marinas sin estar sometido a la acción significativa del viento y da lugar, en general, a un aspecto ordenado y regular de la superficie.

El propósito de este apartado es, caracterizar el oleaje de la zona objeto del estudio de soluciones de la protección costera para entender mejor la evolución de la línea de costa y el transporte litoral que ello conlleva. Para ello, se va a realizar un análisis del régimen de oleaje medio direccional en aguas profundas, con ayuda de la ROM 0.3-91.

La ROM 0.3-91 (OLEJE) *Clima marítimo en el litoral español*, permite realizar la caracterización y previsión del oleaje en aguas profundas la cual es imprescindible para abordar cualquier tipo de estudios y proyectos de ingeniería marítima, en este caso, las actuaciones costeras que se pretenden realizar para que el oleaje no alcance la superficie de "el Clot" y acabe inundándola.

2.2. RECOMENDACIONES SEGÚN (ROM 0.3-91)

2.2.1. Zonificación del litoral español (ROM 0.3-91)

Para caracterizar el clima marítimo del litoral español, se recurre a La ROM 03-91 que divide la península en 10 áreas diferenciadas, cada área con las mismas características climáticas, según la configuración de la costa y del emplazamiento de las fuentes de información disponible.

Esta división de la península o zonificación permite aceptar que las características del oleaje en aguas profundas son prácticamente las mismas en aquellas partes de cada área que se encuentren afectadas por oleajes similares; aquellas que tengan un fetch similar para cada una de las direcciones significativas incidentes del oleaje.

La costa de Altea se encuentra en la zona VII, cuyas características se proporcionan en la *Tabla 3*.

Área	Boya de medida	Coordenadas de situación	Profundidad de fondeo en BMVE (m)	Período de medida	H _{s,T} (m)
VII	Alicante	38° 15' N 0° 25' W	50	1982-1990	1,0
	Valencia I	39° 27' 05" N 0° 17' 43" W	21	1982-1990	

Tabla 3. Localización y características del área VII. Fuente: Tabla 2.4.1 ROM 03-91

La zonificación, así como las coordenadas geográficas límites de cada una de las áreas correspondientes, se pueden ver en la *figura 3*.

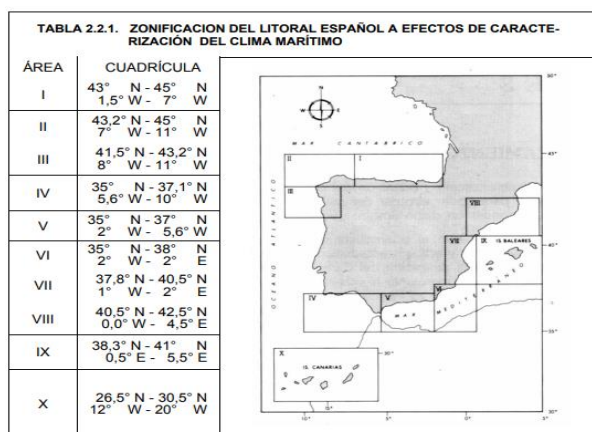


Ilustración 3. Zonificación del litoral español para la caracterización del oleaje.

Fuente: Tabla 2.2.1 ROM 03-91.

2.2.2. Metodología de determinación (ROM 03.91)

La metodología utilizada se basa en el análisis procedente de dos fuentes distintas:

- Datos Visuales de Oleaje en aguas profundas con información direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPYC, creada a partir de los datos suministrados por el National Climatic Data Center de Asheville (Carolina del Norte, USA).
- Datos Instrumentales Escalares de Oleaje registrados por las boyas de medida pertenecientes a la REMRO

Analizando conjuntamente la información de las dos fuentes, la definición del Clima Marítimo se obtiene mediante las siguientes relaciones de caracterización del oleaje:

- Distribución conjunta de la Altura de Ola Visual y la Dirección, mediante las Rosas de Oleaje.
- Las frecuencias de presentación sectoriales.
- Análisis Estadístico Unidimensional de la variable altura de ola significativa (a partir de datos instrumentales) o visual (a partir de datos visuales) para la situación en Régimen Medios y Extremales.
- Análisis Estadístico Bidimensional altura de ola significativa/periodo medio, y periodo medio/periodo pico, para condiciones de temporal.
- Análisis Estadístico Espectral orientado a la obtención de una estructura espectral escalar básica del oleaje, representativa del mismo para condiciones de temporal.

2.2.3. Atlas de clima marítimo en el litoral español (ROM 03-91)

Las relaciones de caracterización del oleaje obtenidas en base a la metodología mencionada anteriormente, se representan gráficamente en el Atlas de clima marítimo. Cada ficha reúne todos los resultados obtenidos de cada área, incluyendo la localización y características técnicas de la información analizada en dicha área, véase *tabla 4 y 5*.

Los resultados están distribuidos de la siguiente manera:

- Cabecera: Características y localización de la información analizada
 - Cuadro A: Observaciones Visuales- Rosas de Oleaje
 - Cuadro B: Observaciones Visuales. - Régimen Medios Direccionales. Frecuencias Sectoriales.
 - Cuadro C: Registros Instrumentales. - Régimen Medios Escalares.
 - Cuadro D: Registros Instrumentales. - Régimen Extremales Escalares. Relación Altura/Dirección.
 - Cuadro E: Registros Instrumentales. - Correlaciones Altura de ola/Período para condiciones de temporal.
 - Cuadro F: Registros Instrumentales. - Estructura Espectral Escalar Básica para condiciones de temporal.

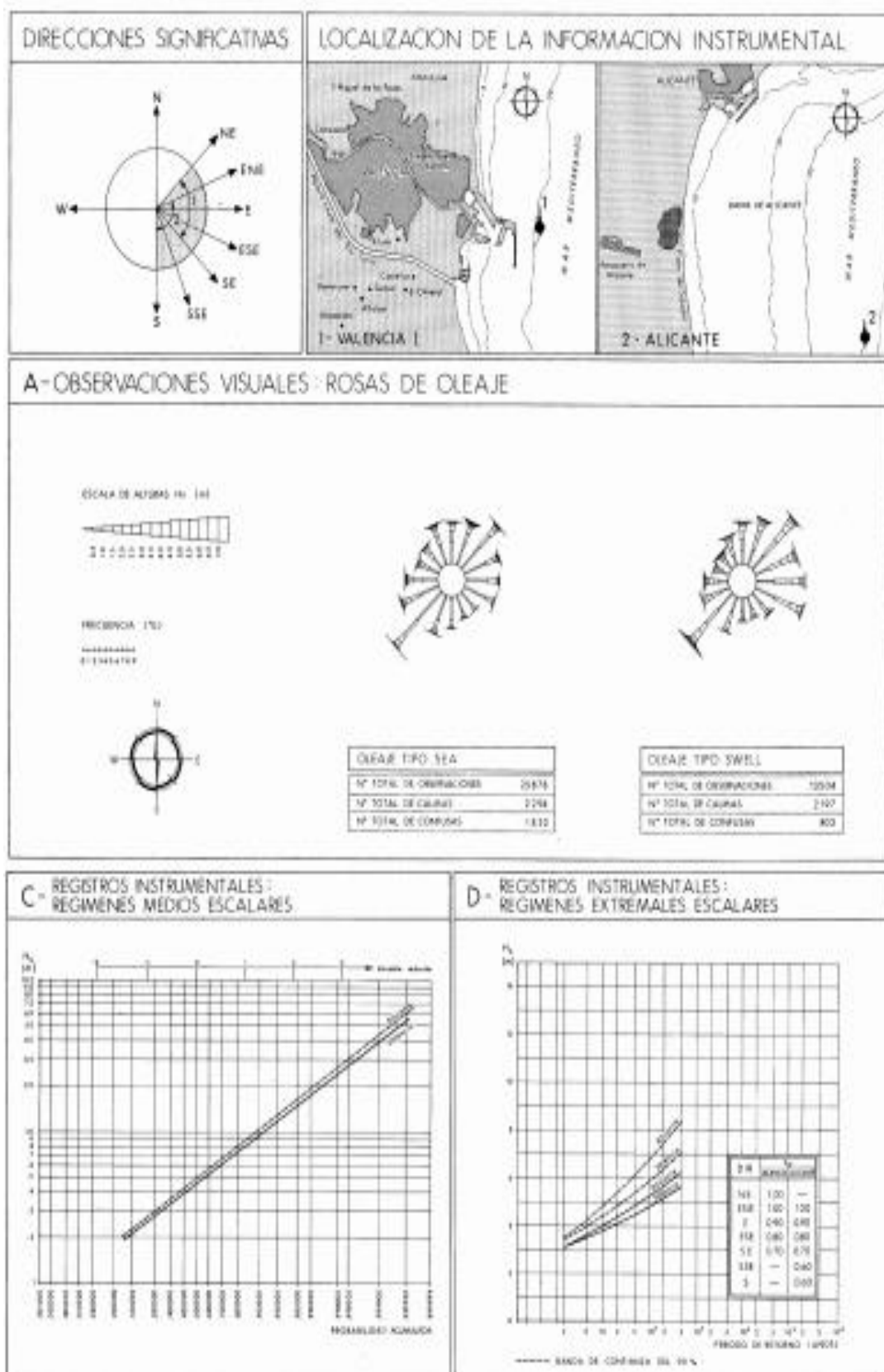


Tabla 4. Atlas del clima marítimo para el área VII, cuadrantes A,C,D.
Fuente: ROM 03-91

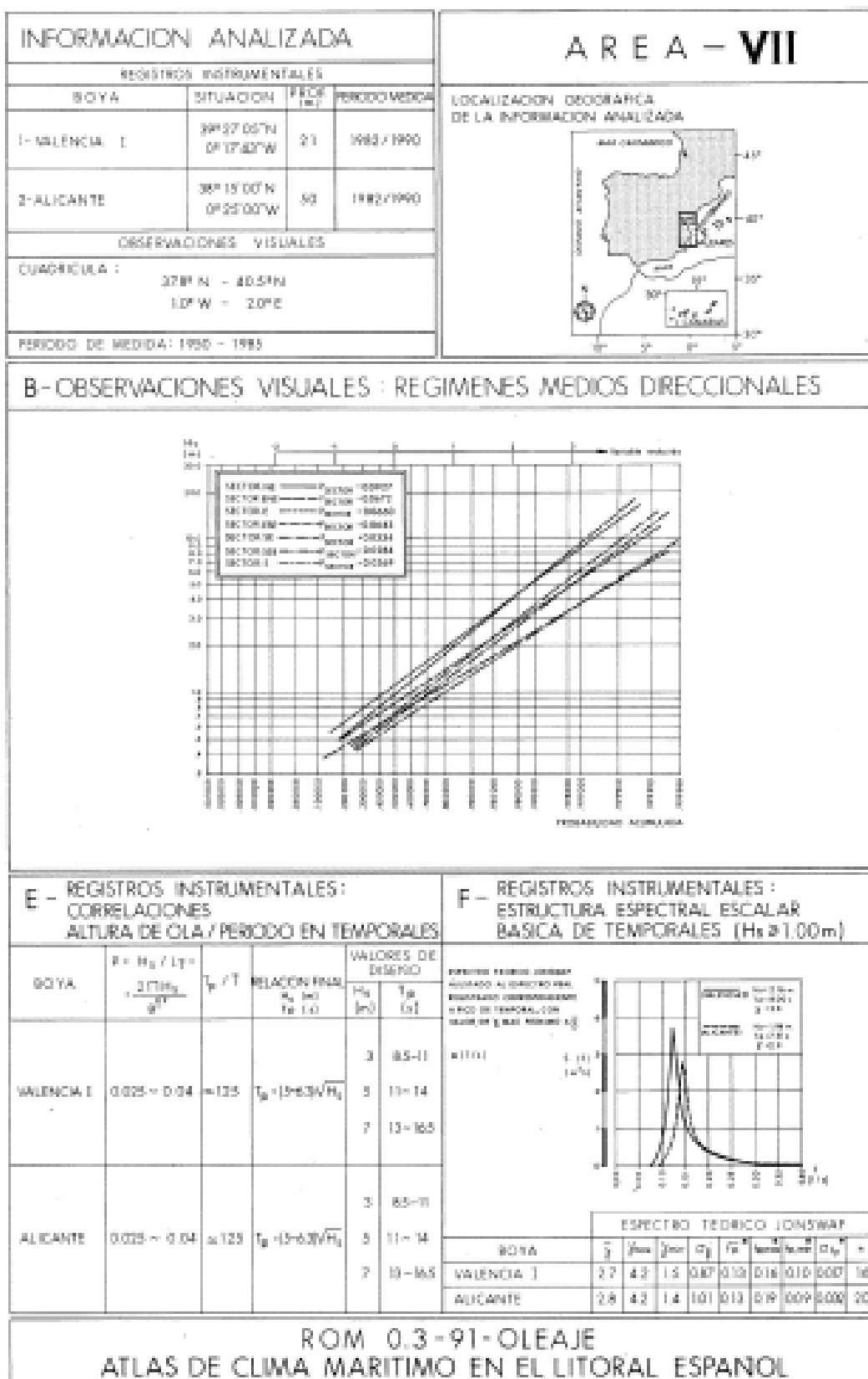


Tabla 5. Atlas del clima marítimo para el área VII, cuadrantes B,E,F.
Fuente: ROM 03-91

2.3. RECOMENDACIONES SEGÚN PUERTOS DEL ESTADO

2.3.1. Ubicación del punto WANA 2084103

Desde el punto WANA 2084103 se recoge una serie de datos que pertenecen al régimen medio de oleaje y del viento que allí tiene lugar. Este punto se encuentra cerca de la costa de Altea llevando en funcionamiento desde Enero de 1958 y va a ser representativo para este estudio, véase figura 4.

Conjunto de Datos: Simar
Nodo : SIMAR 2084103
Longitud : 0.000 E
Latitud : 38.583 N
Profundidad : INDEFINIDA



Ilustración 4. Localización punto WANA 2084103. Fuente: Puertos del Estado.

2.3.2. Régimen medio direccional

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que sucedan con mayor probabilidad.

La caracterización estadística del oleaje, a medio plazo, es completada con una descripción estadística de la serie de alturas, periodos y direcciones. Para el oleaje se incluyen tres tipos de estadísticas:

- Distribuciones conjuntas de altura y periodo,
- Rosas de oleaje cuando se tiene datos direccionales
- Distribuciones conjuntas de altura y dirección de oleaje.

Las distribuciones conjuntas son plasmadas en histogramas y tablas de contingencia para los parámetros estudiados. En las rosas de oleaje se representan la altura y dirección del oleaje asociadas a su probabilidad de ocurrencia. Para este estudio, se va a utilizar las rosas de la serie total.

La distribución asociada para describir el régimen medio de las series de oleaje llamada Weibull y es la siguiente:

$$F_c(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-B}{A}\right)^C\right)$$

El régimen medio, generalmente, suele representarse de una forma gráfica mediante un histograma acumulado y el correspondiente ajuste teórico, aparece representada como una recta. El régimen medio está directamente relacionado con lo que se denominan condiciones medias de operatividad. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilístico del régimen de oleaje en el que se va a desenvolver.

En la figura 5, se puede observar la Rosa de oleaje de la serie analizada (Ene 1958 -Mar 2017). En ella se representa la altura significativa (H_s) y la dirección del oleaje junto con la probabilidad de ocurrencia.

Observando dicha figura, se consideran direcciones de oleaje que puedan afectar al área de estudio las provenientes de las direcciones: ENE, E, ESE, S, SSW.

Se puede ver que la dirección SSW y S no van a tener importancia por la orientación de la costa de Altea. Las direcciones E y ESE son las que mayor probabilidad y alturas de ola tienen.

La mayoría de los oleajes se agrupan en torno a la dirección de levante, pero dependiendo de la dirección de la línea de costa, serán más incidentes unos que otros.

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2084103

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 11.77%

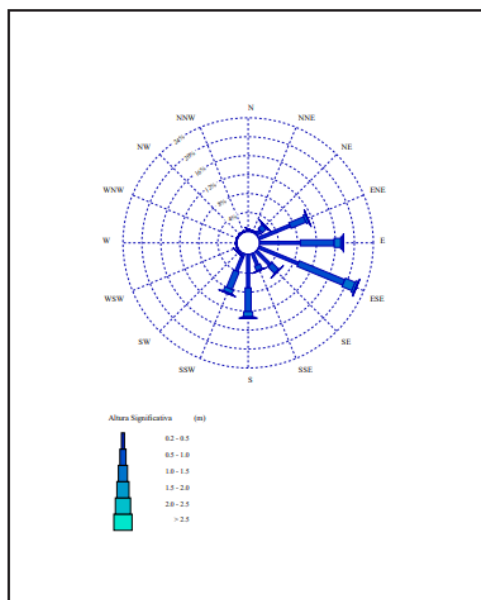
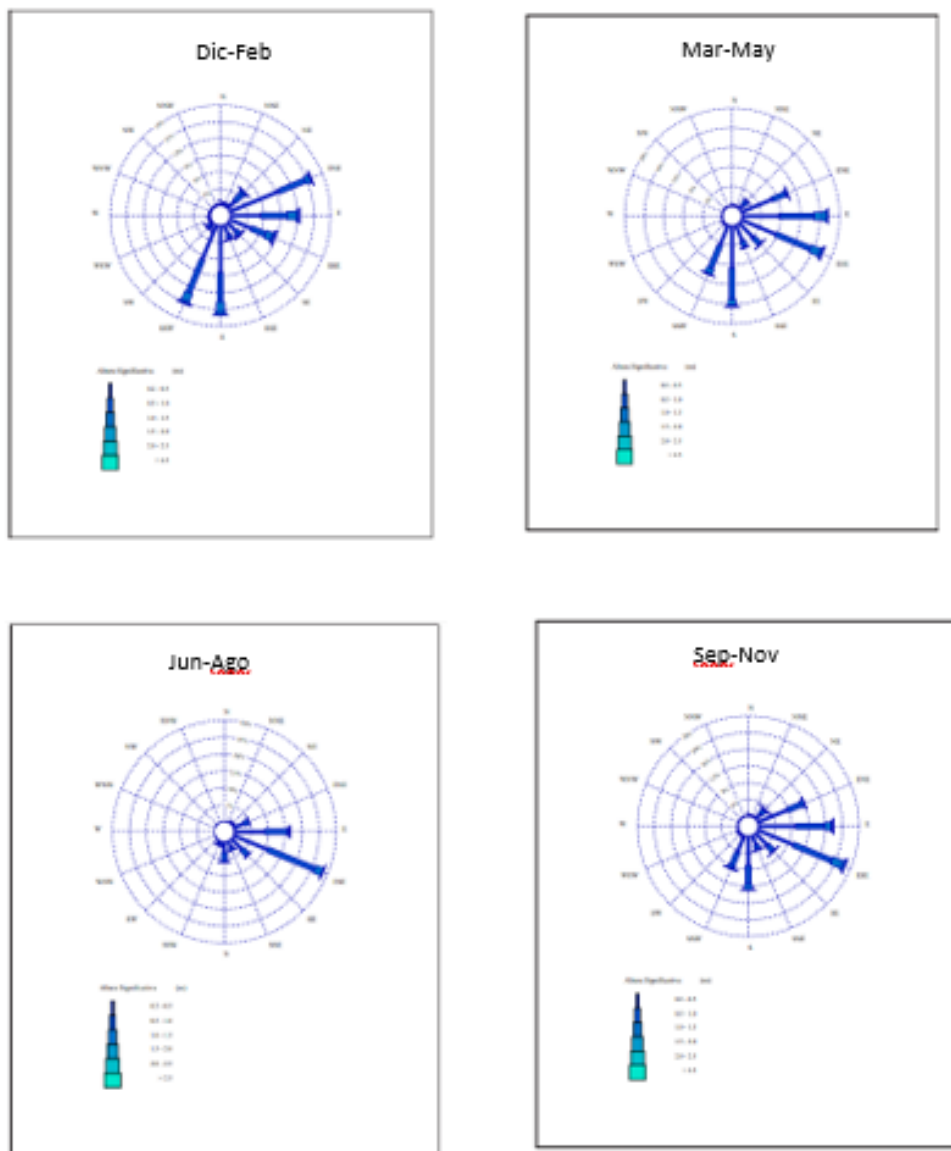


Ilustración 5. Rosa de oleaje anual. Fuente: Puertos del Estado

La altura de ola y procedencia del oleaje varían según la estación del año, por ello se incluyen seguidamente las rosas de los oleajes de cada una de las estaciones del año. En otoño, invierno



superados en el año climático medio. Toda la información referente al régimen medio se refleja en las tablas Hs-Tp y Hs- Dirección siguientes.

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2084103

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

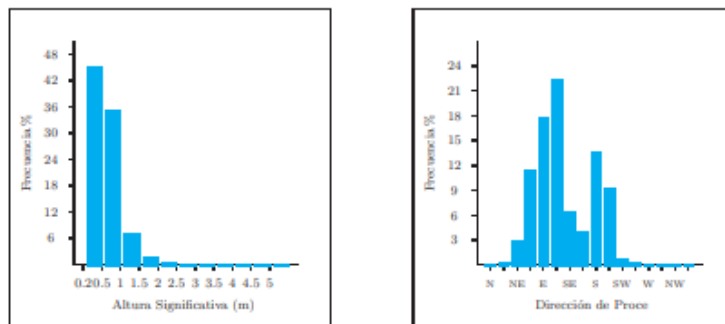


Ilustración 7. Histogramas de distribución conjunta de dirección y altura de ola significativa.
Fuente: Puertos del Estado.

Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	11.769												11.769
N	0.0	.039	.059	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	.108
NNE	22.5	.086	.187	.042	.005	-	-	-	-	-	-	-	.322
NE	45.0	1.263	1.141	.232	.038	.013	.008	.003	-	-	-	-	2.697
ENE	67.5	7.155	3.390	.524	.096	.026	.006	-	-	-	-	-	11.197
E	90.0	8.626	7.122	1.400	.406	.138	.042	.006	-	-	-	-	17.741
ESE	112.5	9.026	10.395	2.243	.461	.138	.041	.016	.005	-	-	-	22.325
SE	135.0	4.124	1.987	.124	.017	.005	-	.001	-	-	-	-	6.259
SSE	157.5	2.657	1.108	.101	.018	.003	-	-	-	-	-	-	3.887
S	180.0	7.100	5.006	1.082	.248	.053	.009	.001	-	-	-	-	13.498
SSW	202.5	4.036	3.971	.902	.161	.035	.007	.002	.001	-	-	-	9.115
SW	225.0	.269	.238	.047	.008	-	-	-	-	-	-	-	.563
WSW	247.5	.078	.068	.018	.001	-	-	-	-	-	-	-	.165
W	270.0	.045	.057	.012	-	-	-	-	-	-	-	-	.114
WNW	292.5	.028	.040	.012	-	-	-	-	-	-	-	-	.081
NW	315.0	.023	.042	.010	.001	-	-	-	-	-	-	-	.076
NNW	337.5	.032	.042	.010	-	-	-	-	-	-	-	-	.086
Total	11.769	44.586	34.851	6.769	1.463	.412	.113	.030	.008	-	-	-	100 %

Tabla 6. Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %. Fuente: Puertos del Estado

Según la figura 7 y la tabla 6, se observa que hay oleaje con mayor altura de ola significativa en las direcciones E y ESE y con alturas de 4 metros ocasionalmente procedentes del ESE pero que mayoritariamente son olas que no superan los 2 metros siendo la altura significativa con mayor frecuencia la de 0,2-0,5m.

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2084103

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

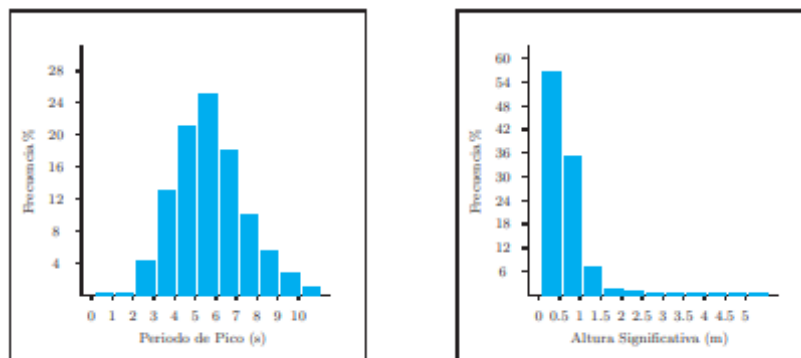


Ilustración 8. Histogramas de distribución conjunta de periodo de pico y altura de ola significativa. Fuente: Puertos del Estado.

Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.088	3.941	11.865	15.254	11.311	6.641	4.262	2.182	0.684	0.109	56.338
1.0	-	-	0.109	1.221	5.443	12.688	8.352	3.223	2.091	1.252	0.484	34.865
1.5	-	-	0.002	0.037	0.104	0.977	2.621	1.565	0.763	0.440	0.264	6.772
2.0	-	-	-	-	0.003	0.047	0.313	0.580	0.279	0.166	0.074	1.463
2.5	-	-	-	-	-	-	0.021	0.145	0.130	0.082	0.034	0.412
3.0	-	-	-	-	-	-	-	0.022	0.037	0.039	0.014	0.113
3.5	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.007	0.016	0.005	0.030
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	0.003	0.008
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.089	4.051	13.124	20.805	25.024	17.950	9.799	5.488	2.684	0.987	100%

Tabla 7. Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %. Fuente: Puertos del Estado

De la *figura 8* y *tabla 7* se deduce que los períodos más frecuentes son de 5 a 6 segundos, y las alturas de ola con más frecuencia son inferiores a 1m de Hs con Tp de 4 a 7 segundos.

En resumen y conclusión, el oleaje con mayor frecuencia y mayor energía, así como causantes de la erosión de la playa de Altea y la zona de actuación, son los oleajes pertenecientes a las direcciones del E y ESE. Como la orientación de la costa es NE-SSW, pues se producirán transportes solidos de N-S.

En lo referente al tamaño de las olas, en la Costa de Altea se puede decir son olas de Hs inferior a medio metro durante el 56,338% del año, un 34,865% de olas de Hs de 1m, 6,772% con Hs=1,5m y un 2,025% para el resto de los tamaños. Además, las situaciones de calma a lo largo del periodo anual se le asocia un 11,769%.

2.3.3. Régimen extremal

El régimen extremal es un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de cierta altura de riesgo. Para el estudio de este se toman los datos de la boya de Cabo de Palos ya que es la más próxima a la costa de Altea, que pertenece a la Red Exterior y la que mejor representa a la orientación de ella.

El conjunto de datos REDEXT está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas de Aguas Profundas (Red Exterior) de Puertos del Estado. Las boyas de esta red se caracterizan por estar fondeadas lejos de la línea de costa a gran profundidad, a más de 200 metros. La red está compuesta por boyas de tipo Wavescan y SeaWatch. Las boyas de tipo SeaWatch miden tanto Oleaje como parámetros Atmosféricos y Oceanográficos. Las boyas de tipo Wavescan solo miden Oleaje y variables Atmosféricas. y con un periodo de muestreo de 10 minutos.

Para obtener las características necesarias del oleaje, se realizan mediciones desde la boya de Cabo de Palos y para ello se empleará el visor web de Puertos del Estado. Se utiliza esta boya ya que es la más cercana a la costa de Altea y los datos que se obtendrán serán los más parecidos a la zona de estudio.

Para la recopilación de datos referentes al viento, corrientes y variaciones del nivel del mar se utilizará un punto WANA que se encuentre más cerca de la costa y de la zona de estudio.

La boya de Cabo de Palos se haya a 230 metros sobre el fondo marino. En la *tabla 8* y figura 9 se pueden ver las características del punto donde se toman las mediciones.

Longitud	0.33° O	
Latitud	37.65° N	
Cadencia	60 min	
Código	2610	
Profundidad	230 m	
Inicio de medidas	18-7-2006	
Última medida	Hasta actualidad	
Tipo de sensor	Direccional Océ-Met	
Modelo	REDEXT	

*Tabla 8. Información de la boya DE Cabo de Palos.
Fuente: Puertos del Estado/Oceanografía*

Conjunto de Datos: Red exterior
Boya de : Boya de Cabo de Palos
Longitud : -0.327 E
Latitud : 37.651 N
Profundidad : 230.000 m



*Ilustración 9. Ubicación de la boya Costera de Alicante.
Fuente: Puertos del Estado/Oceanografía*

La siguiente gráfica, véase figura 10, muestra la relación de altura significativa de ola (H_s) y la probabilidad de excedencia anual.

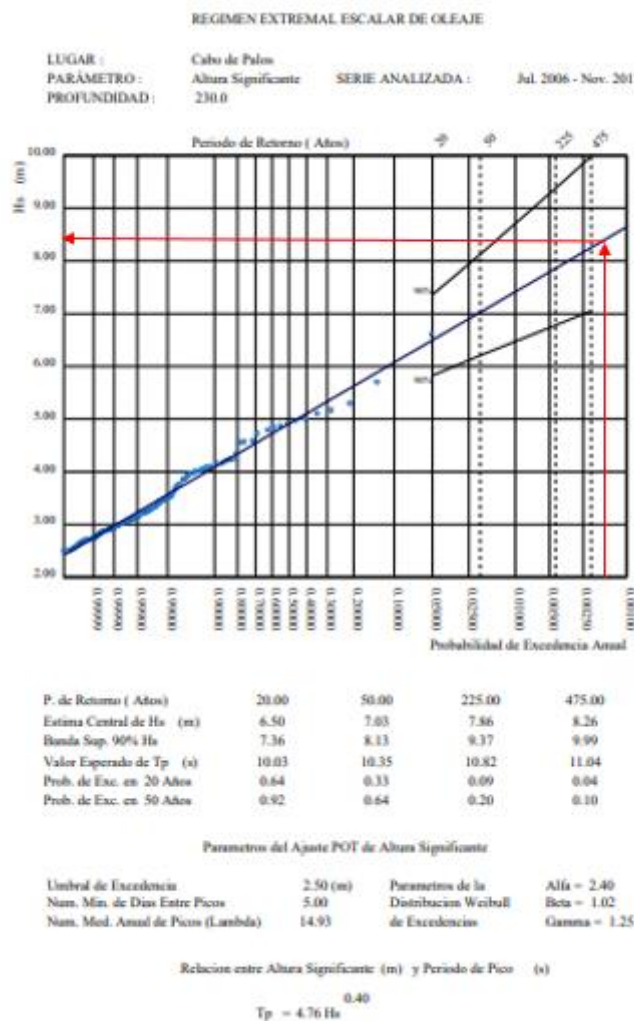


Ilustración 10. Régimen extremal escalar de oleaje. Fuente: Puertos del Estado

Para que los datos sean representativos de la costa en régimen extremal, la boya tiene que encontrarse en aguas profundas. Para ello a partir de la información del régimen extremal escalar de oleaje y considerando un periodo de retorno de 500 años se obtiene una altura de ola significativa de 8.45 m aproximadamente. La condición de aguas profundas viene dada por la profundidad relativa:

$$\frac{d}{L_o} > 0.5$$

Siendo “d” la profundidad a la que se encuentra la Boya que son 230 m, y L_o la longitud de onda:

$$T_p = 4.76 \times H_s^{0.4} = 11.17 \text{ seg}$$

$$L_o = \frac{g \times T^2}{2\pi} = \frac{9.81 \times 11.17^2}{2\pi} = 194,81$$

$$\frac{d}{L_o} = \frac{230}{194.8} = 1.18 > 0.5$$

Por lo que se demuestra que la boya se encuentra en aguas profundas.

La información de altura de ola significativa también se puede obtener por direcciones, véase *figura 11*, viéndose mejor en la rosa de altura significativa que se muestra a continuación.

LUGAR : Cabo de Palos
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2
PERIODO : Global
SERIE ANALIZADA : Jul. 2006 - Nov. 2017
PORCENTAJE DE CALMAS : 0.48 %

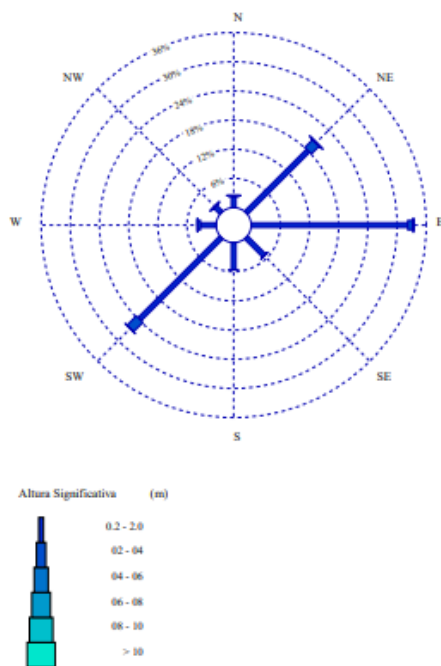


Ilustración 11. Rosa de altura significativa. Fuente: Puertos del Estado

En la rosa de altura significativa se observa que la dirección de mayor altura significativa es E, por tanto, se considera que en esa dirección se dará la situación más desfavorable. Por lo anterior, se añade el régimen extremal direccional de oleaje en el sector E, véase *figura 12*.

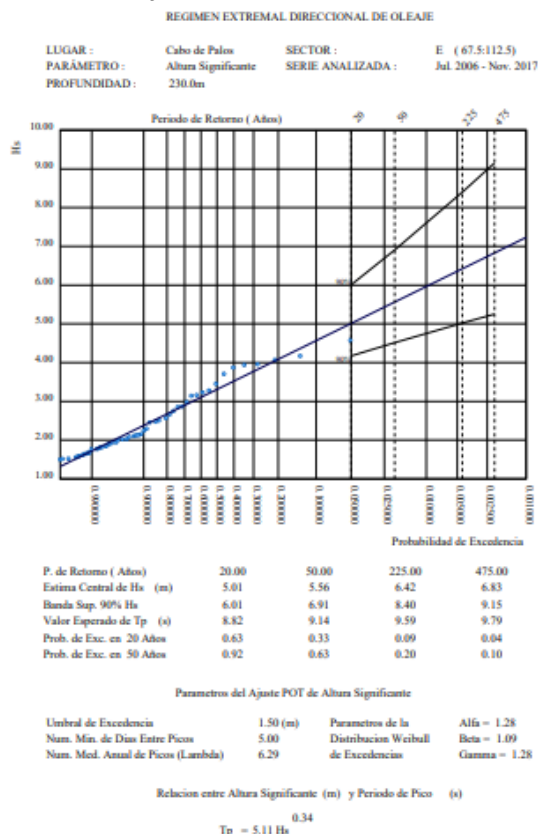


Ilustración 12. Régimen extremal direccional de oleaje en el sector E. Fuente: Puertos del Estado

3. REGIMEN DE VIENTO

3.3. INTRODUCCIÓN

Para abordar el estudio de soluciones que nos ocupa, se tendrá que caracterizar y prever todas las variables climáticas de la zona litoral del municipio de Altea. Esto es importante ya que el viento, junto con el oleaje, es el fenómeno que condiciona tanto la construcción como el proceso de transporte litoral y con ello, los problemas de erosión de los que se ve afectado el tramo de estudio.

Debido a la ausencia de información local más precisa, completa y fiable, se recurrirá a la ROM 0.4-95 Recomendación Acciones climáticas.

La caracterización del viento se ha realizado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) a través del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), y por el Instituto Nacional de Meteorología a través del Servicio de Climatología, por encargo de Puertos del Estado específicamente para su inclusión en el Programa ROM.

3.4. RECOMENDACIONES SEGÚN (ROM 0.4-95)

3.4.1. Zonificación del litoral español (ROM 0.4-95)

Respecto a la zonificación, se ha mantenido el reparto y diferenciación de las áreas, establecidas en el Atlas de Clima Marítimo (ROM 0.3-91 Oleaje Anejo I). A diferencia de la anterior ROM

citada, esta no permite aceptar que las características extremales del viento sobre la superficie del mar sean las mismas en todos los puntos del área. Los resultados obtenidos son representativos de los puntos de área con vientos más fuertes y por tanto tomarse como indicadores cualitativos. La consideración de áreas climáticas homogéneas más reducidas, así como la correlación de los resultados con aquellos obtenidos por estaciones costeras próximas, será imprescindible para la estimación de las características extremales del viento en cada uno de los puntos del área.

En la figura 13 se representa la zonificación del litoral español, pudiéndose ver que la costa de Altea se sitúa en el Área VII.

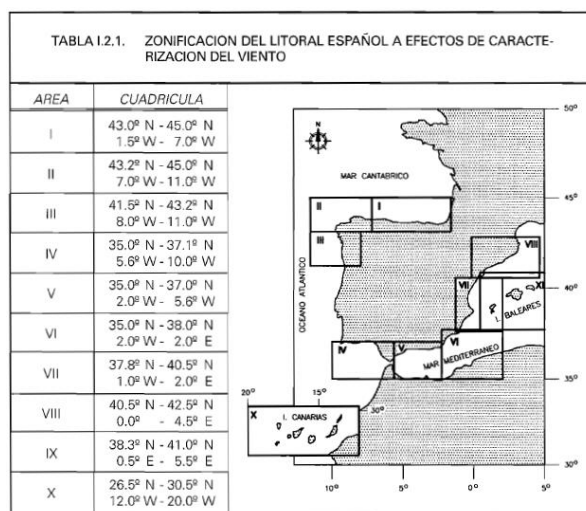


Ilustración 13. Zonificación del litoral español a efectos de caracterización del viento. Fuente: ROM 0.4 95.

3.4.2. Metodología de determinación (ROM 04.95)

La metodología utilizada se basa en el análisis estadístico de la información de dos fuentes:

- Observaciones desde buques en ruta con información direccional, almacenados en la base de datos visuales del CEPYC, creada a partir de los datos suministrados por el National Climatic Center de Asheville (USA).
- Datos instrumentales escalares registrados en estaciones costeras pertenecientes a la Red del Instituto Nacional de Meteorología.

Para que quede completa la definición de viento en el litoral español, los datos de origen instrumental que proceden de estaciones costeras y los datos que proceden de buques en ruta se complementan entre sí.

Así es que, la caracterización media del parámetro de velocidad del viento en condiciones de mar abierto se realiza a partir de los datos procedentes de observaciones desde buques en ruta, al contrario que los procedentes de estaciones costeras que incorporan información direccional. En lo referente a condiciones medias, los primeros son menos dispersos geográficamente y más homogéneos.

3.4.3. Atlas de clima marítimo en el litoral español (ROM 04-95)

Las dos páginas siguientes que pertenecen al Atlas de clima marítimo en el litoral español, incluyen la localización y características técnicas de la información analizada correspondiente a dicha área y se divide en:

-Caracterización media:

- Cabecera: Características y localización de la información analizada.
- Cuadro A1: Observaciones desde buques en ruta: Rosa de vientos.
- Cuadro A2: Observaciones desde buques en ruta: Régimen medio escalar.
- Cuadro A3: Observaciones desde buques en ruta: Regímenes medios direccionales. Frecuencias de presentación sectoriales.
- Cuadro A4: Observaciones desde buques en ruta: Persistencia escalar del viento.
- Cuadros A5: Registros en estaciones costeras: Regímenes medios escalares.

-Caracterización extremal:

- Cabecera: Localización y características de la información analizada.
- Cuadro B1: Observaciones desde buques en ruta: Regímenes extremos direccionales.
- Cuadro B2: Observaciones desde buques en ruta: Régimen extremal escalar.
- Cuadro B3: Registros en estaciones costeras: Regímenes extremos escalares.
- Cuadro B4: Velocidad básica del viento, correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, recomendada para proyecto en m/s. También incluye los Coeficientes de Direccionalidad.

Las relaciones de caracterización del viento en el litoral español, obtenidas a partir del análisis estadístico de los datos proporcionados, se representan gráficamente con formato de Atlas de Viento, véase *tabla 9 y 10*.

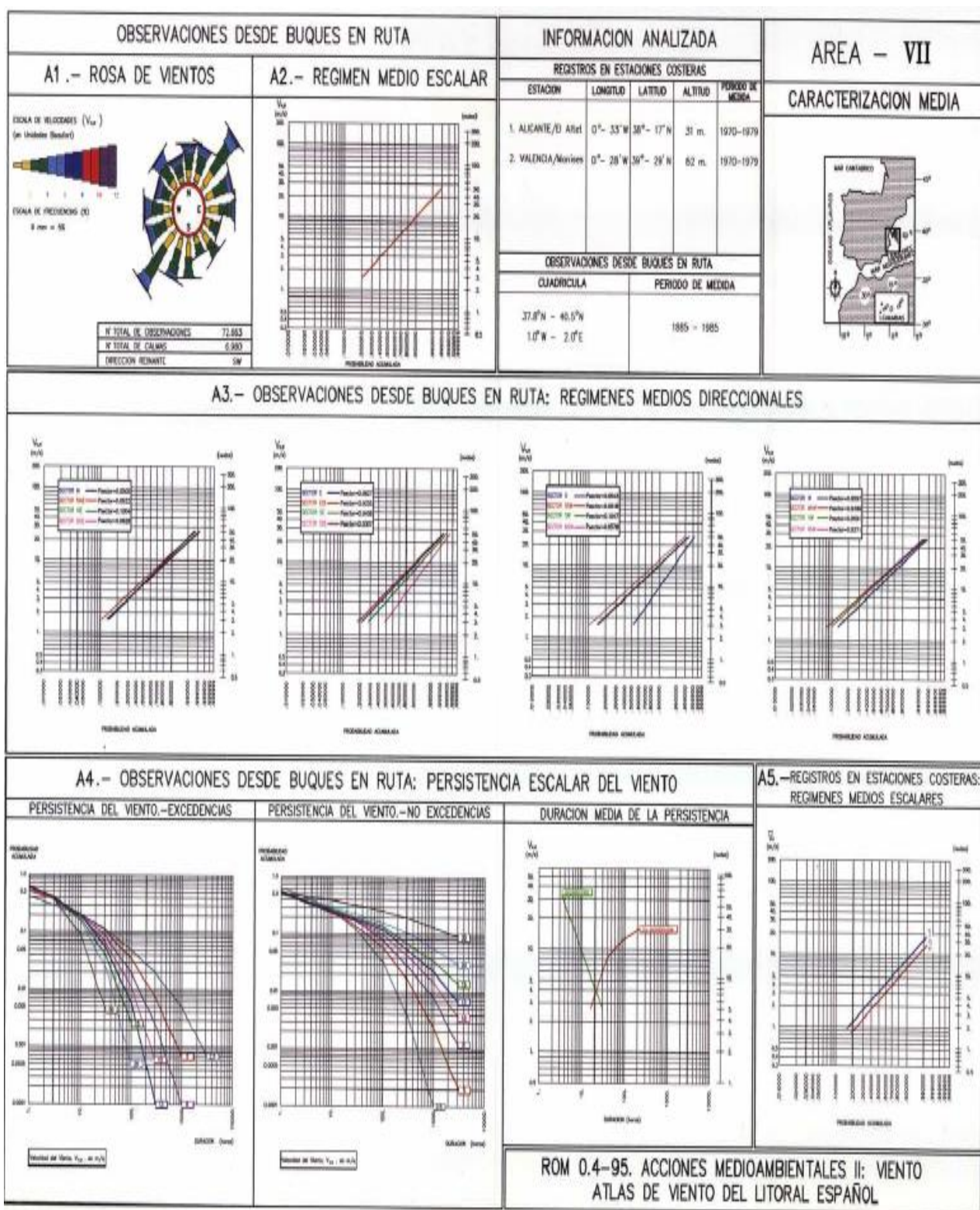


Tabla 9. Caracterización media del viento en el Área VII. Fuente: ROM 04-95

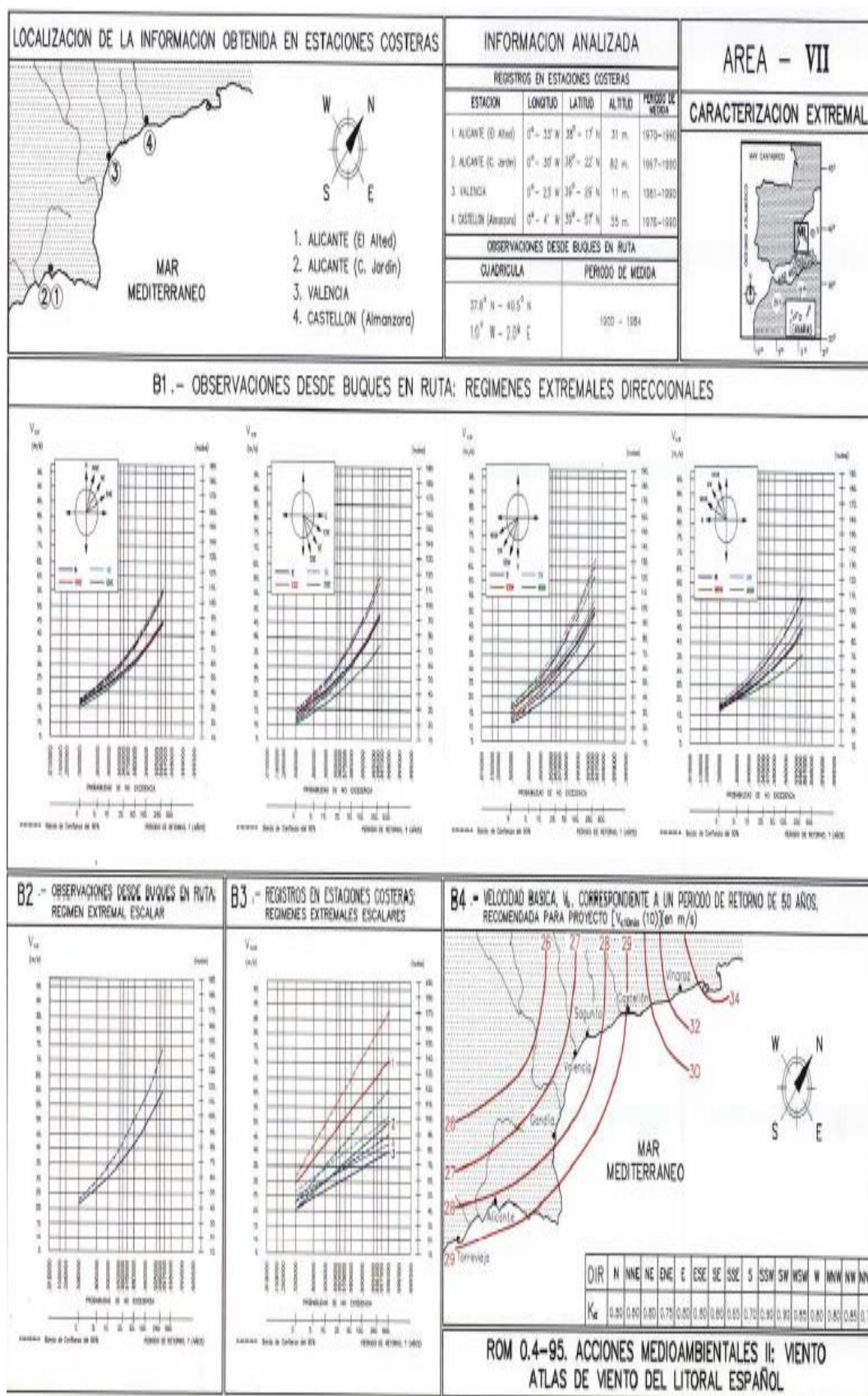


Tabla 10. Caracterización extremal del viento en el Área VII. Fuente: ROM 0-95

Como estos datos son bastante antiguos, para la obtención de datos actualizados utilizamos la web de Puertos del Estado.

3.5. RECOMENDACIONES SEGÚN PUERTOS DEL ESTADO

3.5.1. Ubicación del punto WANA 2086103

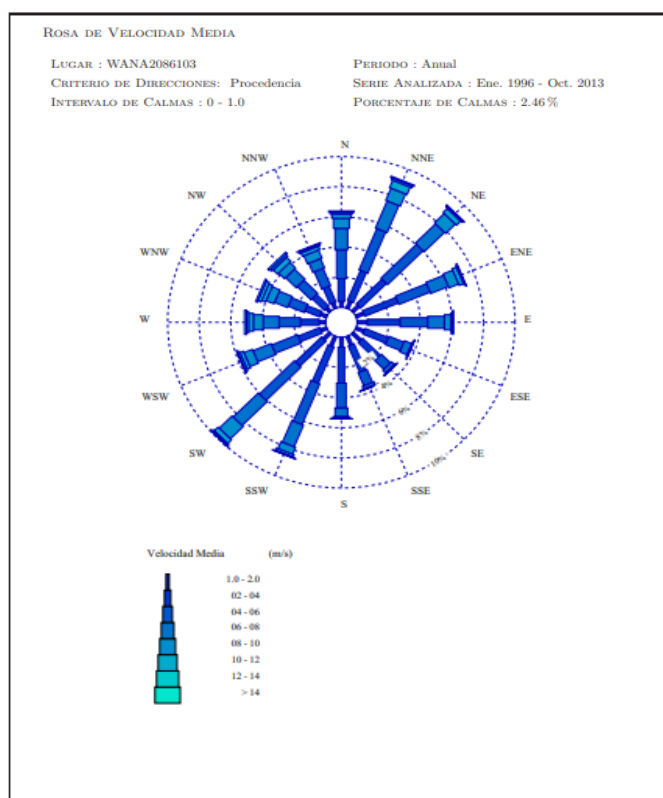


Ilustración 14. Rosa de viento anual del punto WANA2086103 del periodo 1996-2013.
Fuente: Puertos del Estado.

Tal como se puede ver en la figura 14, los vientos predominantes son los del NNE, NE y SW ya que son a simple vista los de mayor magnitud, aunque seguidamente se estudiarán con mayor detalle.

3.5.2. Régimen medio direccional de vientos

El régimen medio de vientos nos indica la relación entre los valores de la variable velocidad con la probabilidad de que dichos valores no sean superados en el año climático medio.

La velocidad media (m/s) con mayor frecuencia de ocurrencia es de 5 m/s con una frecuencia de 30% como se puede observar en la figura 15.

Tanto en el histograma de la derecha como en la tabla 11, se observa que la dirección predominante es la SW

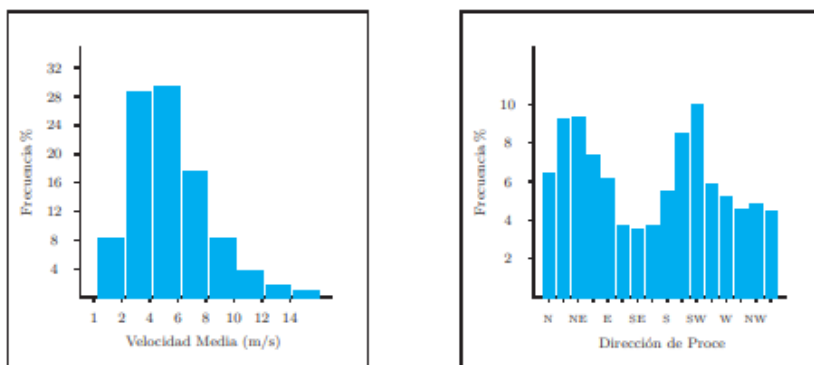


Ilustración 15. Distribución conjunta de velocidad media (m/s) y dirección de procedencia.

Fuente: Puertos del Estado

Dirección	Ve (m/s)									Total
	≤ 1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	> 14.0	
CALMAS	2.464									2.464
N	0.0	.383	1.513	1.923	1.419	.672	.283	.115	.080	6.388
NNE	22.5	.502	2.144	2.967	1.943	.873	.529	.131	.080	9.170
NE	45.0	.535	2.313	3.176	1.823	.869	.373	.090	.053	9.232
ENE	67.5	.531	2.298	2.138	1.216	.658	.289	.076	.041	7.247
E	90.0	.640	2.091	1.745	1.052	.402	.090	.041	.016	6.077
ESE	112.5	.554	1.597	1.023	.484	.057	.018	.004	-	3.737
SE	135.0	.720	1.577	.818	.250	.051	.008	-	-	3.424
SSE	157.5	.625	1.880	.939	.207	.025	.008	.006	-	3.690
S	180.0	.660	2.374	1.654	.572	.113	.023	.004	-	5.400
SSW	202.5	.697	2.600	2.938	1.552	.492	.162	.035	.023	8.498
SW	225.0	.578	2.339	3.131	2.247	1.152	.334	.103	.049	9.933
WSW	247.5	.392	1.497	1.771	1.236	.576	.232	.129	.049	5.882
W	270.0	.412	1.181	1.351	1.007	.621	.299	.131	.131	5.133
WNW	292.5	.422	1.003	1.105	.886	.539	.264	.209	.115	4.543
NW	315.0	.320	1.099	1.240	.943	.527	.377	.148	.129	4.783
NNW	337.5	.381	1.130	1.242	.662	.576	.238	.105	.066	4.400
Total	2.464	8.352	28.634	29.161	17.498	8.205	3.528	1.326	.832	100 %

Tabla 11. Distribución conjunta de dirección de procedencia y velocidad del viento Ve (m/s).

Fuente: Puertos del Estado.

Se comprueba, véase *tabla 11*, que la dirección de procedencia más significativa es la SW superando los 9 m/s y que representa un 9,93% del total, con muy poca diferencia de la dirección del viento NNE y NE.

También se concluye que los periodos de calma solo suponen el 2,46% de frecuencia.

4. MAREAS

Las mareas son oscilaciones periódicas del nivel del mar. Hay diversos tipos de marea, según la causa que la origine:

- Marea meteorológica: ascenso y descenso del nivel del mar debido a fenómenos meteorológicos. Principalmente ocasionados por cambios de presión atmosférica.
- Marea astronómica: movimiento periódico de ascenso y descenso del nivel del mar debido a las atracciones gravitatorias de la luna y el sol.

En la costa mediterránea, el orden de carrera de marea es muy pequeño comparado con las amplitudes que se producen en los grandes océanos. Al ser una menor extensión de agua, no se ve tan afectada por el efecto de la atracción gravitatoria de la luna y el sol. La principal marea que se produce en el mar Mediterráneo es la meteorológica, siendo casi nula la astronómica.

En Valencia y Alicante se puede considerar una variación total del nivel del mar de 1 m, debido a la marea meteorológica de aproximadamente 0,5 metros, astronómica y a la variación debida al cambio climático.

5. NMN

Se define Nivel Medio del Mar como el nivel medio obtenido a partir de los todos los datos históricos registrados en el mareógrafo hasta la actualidad. Para el estudio del nivel del mar en la zona de la bahía de Altea se han tomado los datos del mareógrafo más cercano de la REDMAR el cual es el mareógrafo del puerto de Gandía.

Este mareógrafo se escoge dada la cercanía al puerto de Altea y la poca importancia de las mareas en el mediterráneo, los datos de esta estación se consideran suficientes. En la *figura 16 y 17* se puede ver su localización y el esquema datum de este.

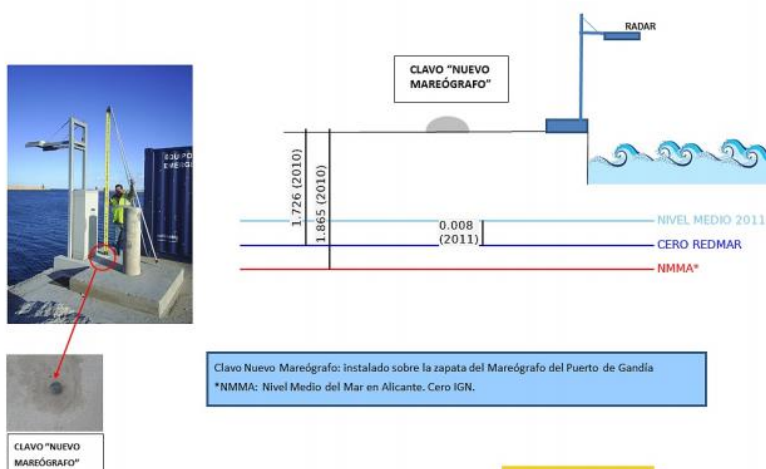
Puerto de Gandía

Régimen mareal: diurno



Ilustración 16. Localización del Mareógrafo del Puerto de Gandía. Fuente: Puertos del Estado

ESQUEMA DATUM MAREÓGRAFO REDMAR GANDÍA (cotas en metros)



Nota: La posición relativa de Clavo y Mareógrafo está simplificada.

Ilustración 17. Esquema Datum del mareógrafo de Gandía. Fuente: Puertos del Estado

El cero del mareógrafo actualmente coincide con el cero del puerto, que está 1,726 m bajo este. El NMMA está situado 1,865 m bajo el mismo clavo. El cero actual, tras la reubicación de 2010, está 23,3 cm por encima del cero del mareógrafo en la posición inicial.

A continuación, se presenta un esquema de los niveles más usuales, véase *figura 18*, del NMN que se obtiene como media de los niveles medios anuales.

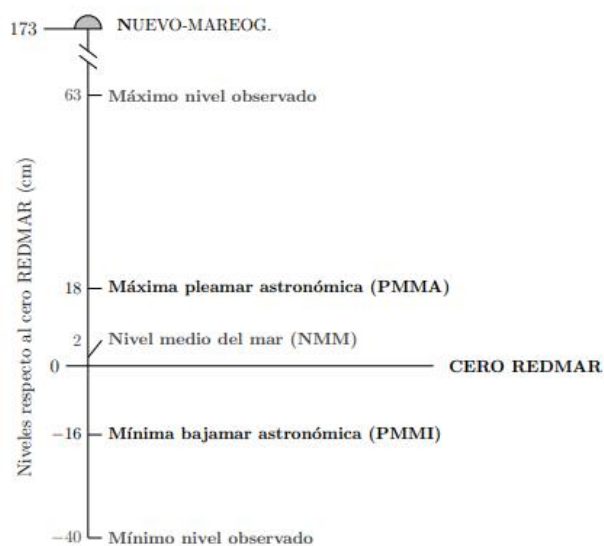


Ilustración 18. Nivel del Mar. Fuente: Puertos del Estado