

Proyecto básico de terminal exterior de atraque para
cruceros de tamaño medio en Benidorm (Alicante).
Obra de atraque exterior.

Anejo nº 3
Clima Marítimo

Autor:

Víctor Martí Grau

ÍNDICE

1. Introducción	pág. 2
2. Oleaje	pág. 3
2.1. Régimen medio	pág. 3
2.2. Régimen extremal	pág. 7
3. Viento	pág. 8
3.1. Régimen medio	pág. 8
4. Mareas	pág. 11
5. Corrientes	pág. 12

1. Introducción

El objeto de este anejo es obtener los datos representativos del clima marítimo en la bahía de Benidorm (Alicante). Los agentes climáticos y ambientales considerados en el estudio son el oleaje, el viento, las mareas y las corrientes. Estos agentes van a condicionar el diseño de la terminal en todas las fases del proyecto, y van a ser condicionantes importantes tanto para la resistencia como para la funcionalidad.

Todos los datos referidos en este anejo se han obtenido de los informes oficiales de Puertos del Estado.

En particular, los datos de régimen medio de oleaje y viento son proporcionados por el informe de régimen medio del Nodo WANA2083102, que se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas: 38°30'00'' N, 0°4'58.80'' W.

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de datos que más probablemente podemos encontrar. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilístico en el que por término medio se va a desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

El régimen extremal de oleaje ha sido proporcionado por la Boya de Alicante, que es el punto más próximo a Benidorm que posee un informe de régimen extremal con unas condiciones de contorno similares. Sus coordenadas geográficas son: 38°15'00'' N, 0°24'36'' W.

El régimen extremal de oleaje es un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de ola. Esto es necesario para acotar el riesgo que corre una instalación debido a la acción del oleaje.

El régimen de mareas se ha determinado mediante los niveles del mar registrados por el mareógrafo de Gandia, el más próximo, obtenidos del informe de la estación REDMAR de Gandia.

El régimen de corrientes se ha determinado en base al informe de la boya Cabo de Palos.

2. Oleaje

2.1. Régimen medio

Si representáramos los datos en forma de histograma no acumulado, el régimen medio vendrá definido por aquella banda de datos en la que se contiene la masa de probabilidad que hay entorno al máximo del histograma.

El régimen medio se describe, habitualmente, mediante una distribución teórica que ajusta dicha zona media o central del histograma. Es decir, no todos los datos participan en el proceso de estimación de los parámetros de la distribución teórica, sólo lo hacen aquellos datos cuyos valores de presentación caen en la zona media del histograma. La distribución elegida para describir el régimen medio de las series de oleaje es Weibull.

El régimen medio, generalmente, suele representarse de una forma gráfica mediante un histograma acumulado y el correspondiente ajuste teórico, todo ello en una escala especial en la cual Weibull aparece representada como una recta.

Se incluyen las distribuciones conjuntas de altura y periodo, altura y dirección y rosas de oleaje.

Las distribuciones conjuntas muestran histogramas y tablas de contingencia y en la rosa de oleaje se representa la altura y dirección del oleaje asociada a su probabilidad de ocurrencia.

Los datos que se exponen son estadísticas agregadas para un período de estudio anual, puesto que la terminal va a ser operativa todas las estaciones del año.

Los datos mostrados a continuación corresponden al periodo comprendido entre Enero de 1996 y Octubre de 2013 y fueron recogidos a lo largo de todo el año.

En primer lugar se representa el periodo pico respecto a su frecuencia.

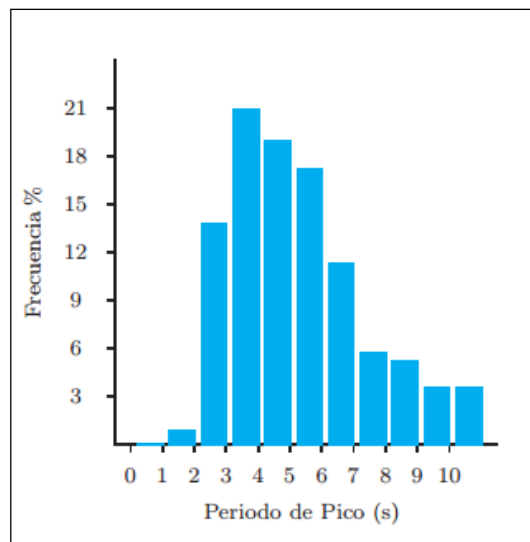


Figura 2.1.1 Frecuencia de periodo pico

En segundo lugar se representa la altura de ola significativa respecto a su frecuencia.

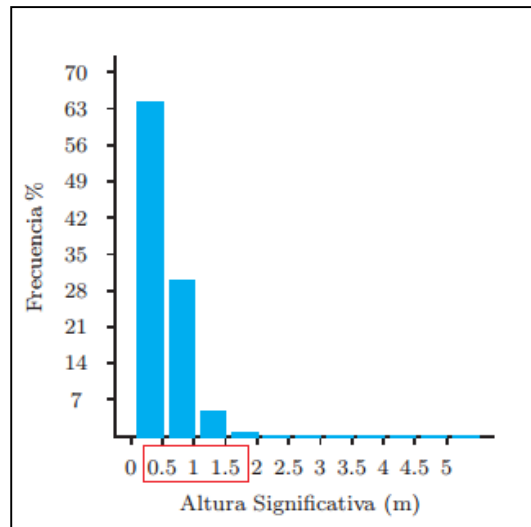


Figura 2.1.2 Frecuencia de altura de ola

Nótese que es una zona de oleaje suave ya que el 64% de las olas no sobrepasan el medio metro, y un 94% no serán mayores de un metro.

A continuación se representa una tabla que relaciona la altura de ola con el periodo de pico y señala la frecuencia de ocurrencia de cada combinación.

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	-	0.620	12.857	16.273	13.214	9.532	4.771	2.222	2.089	1.283	1.049	63.909
1.0	-	-	0.798	4.451	5.227	6.811	4.964	2.278	2.177	1.724	1.533	29.963
1.5	-	-	0.006	0.164	0.334	0.759	1.248	0.837	0.556	0.343	0.529	4.777
2.0	-	-	-	0.002	0.018	0.086	0.203	0.265	0.160	0.109	0.121	0.964
2.5	-	-	-	-	-	0.002	0.018	0.086	0.068	0.057	0.053	0.285
3.0	-	-	-	-	-	0.002	-	0.010	0.025	0.021	0.025	0.082
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.008	-	0.002	0.010
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	0.006	0.008
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.620	13.661	20.891	18.793	17.193	11.205	5.699	5.085	3.536	3.318	100 %

Figura 2.1.3 Altura de ola y periodo de pico

Los datos de la rosa del oleaje muestran la altura de la ola y su dirección de procedencia según su frecuencia para el periodo que abarca entre Enero de 1996 y Octubre de 2013.

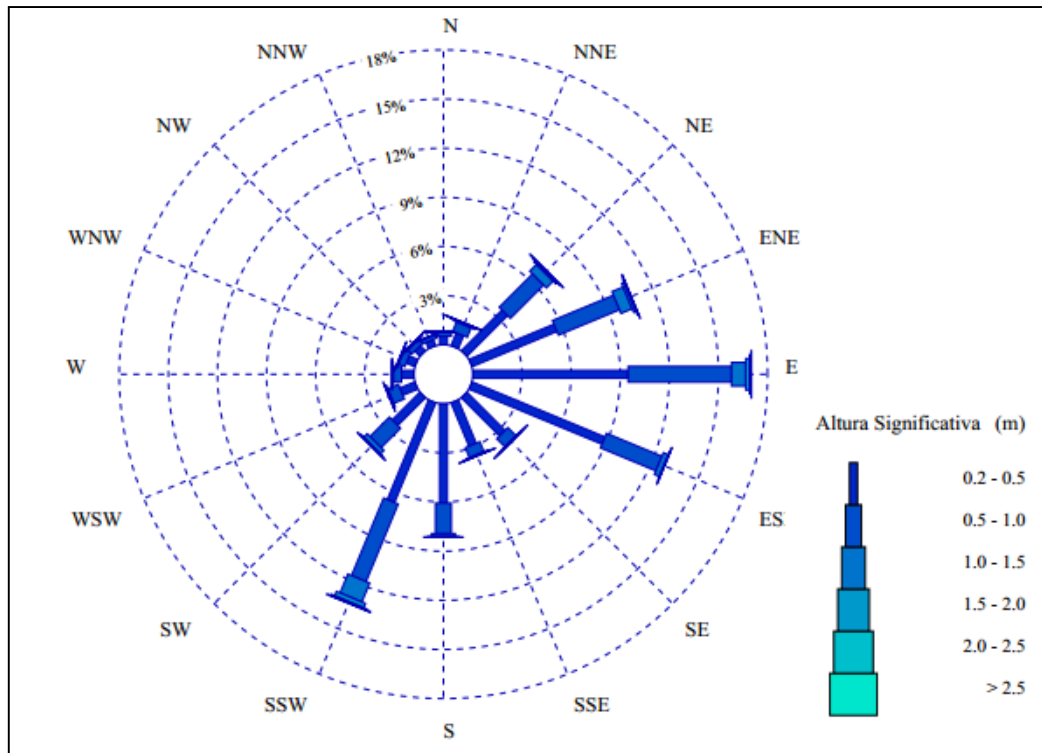


Figura 2.1.4 Rosa de oleaje

Como podemos observar en la rosa del oleaje no existe una dirección claramente predominante sino que hay varias direcciones que destacan, que son: NE, ENE, E, ES, S y SSW.

Las siguientes figuras relacionan la altura de ola con la dirección de procedencia, asignando una frecuencia para cada combinación.

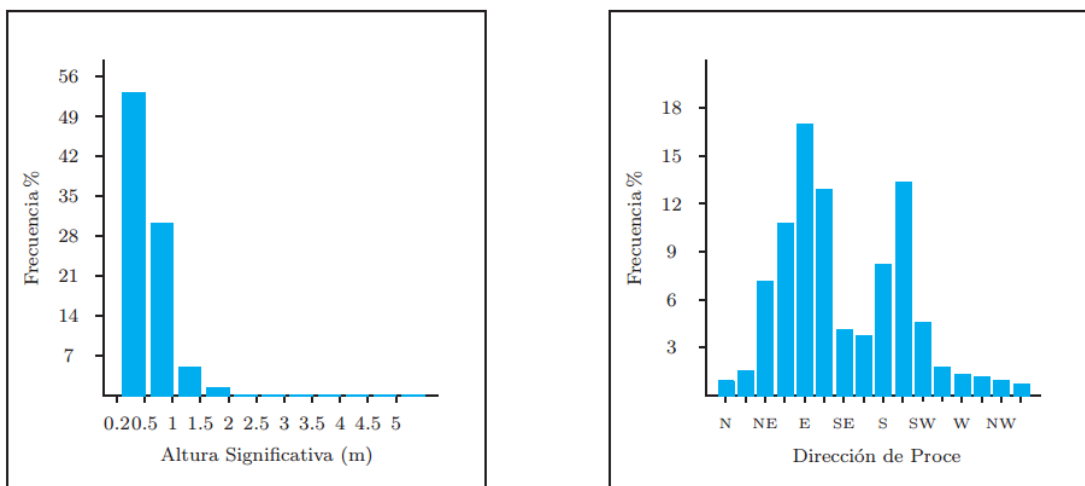


Figura 2.1.5 Frecuencias aisladas

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	10.856												10.856
N 0.0		.527	.236	.035	.002	.002	-	-	-	-	-	-	.802
NNE 22.5		.847	.618	.082	.023	-	-	.002	.002	-	-	-	1.574
NE 45.0		3.509	2.873	.579	.113	.031	.018	-	-	-	-	-	7.122
ENE 67.5		5.608	4.038	.739	.150	.064	.016	-	-	-	-	-	10.614
E 90.0		9.485	6.311	.868	.240	.082	.025	.002	-	-	-	-	17.013
ESE 112.5		8.786	3.660	.324	.035	.010	-	-	-	-	-	-	12.815
SE 135.0		3.287	.704	.033	.004	.002	.002	-	-	-	-	-	4.032
SSE 157.5		2.854	.655	.055	.021	.004	-	-	-	-	-	-	3.589
S 180.0		6.067	1.861	.191	.021	.004	-	-	-	-	-	-	8.144
SSW 202.5		6.576	5.125	1.247	.279	.080	.021	.006	.006	-	-	-	13.341
SW 225.0		2.380	1.676	.302	.055	.006	-	-	-	-	-	-	4.420
WSW 247.5		.979	.698	.101	.006	-	-	-	-	-	-	-	1.783
W 270.0		.759	.511	.062	.010	-	-	-	-	-	-	-	1.342
WNW 292.5		.560	.419	.064	.002	-	-	-	-	-	-	-	1.044
NW 315.0		.437	.343	.066	.002	-	-	-	-	-	-	-	.847
NNW 337.5		.398	.232	.031	.002	-	-	-	-	-	-	-	.663
Total	10.856	53.059	29.958	4.777	.964	.285	.082	.010	.008	-	-	-	100 %

Figura 2.1.6 Frecuencias conjuntas

En esta gráfica vemos la probabilidad de no excedencia de una altura significativa de ola para el periodo anual.

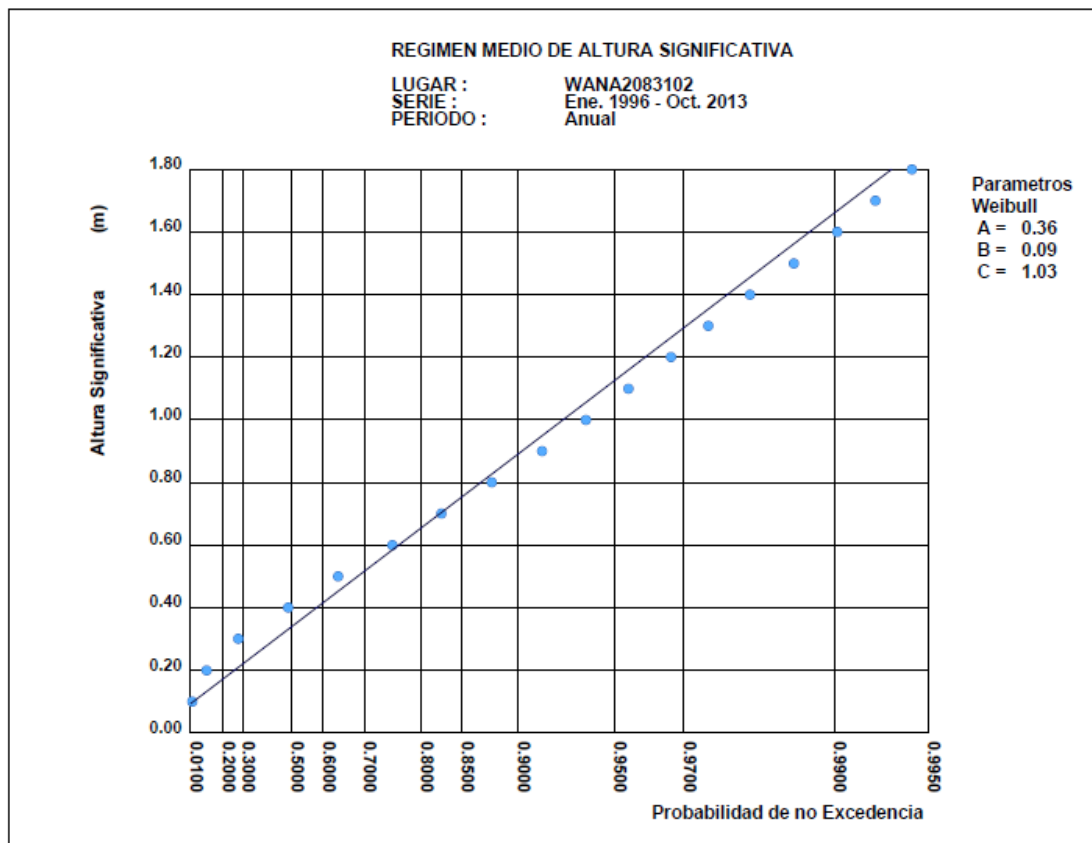


Figura 2.1.7 Probabilidad de no excedencia de altura de ola

2.2. Régimen extremal

A partir de los datos registrados por la Boya de Alicante para los temporales ocurridos entre Septiembre de 1985 y Diciembre de 2012, Puertos del Estado ha confeccionado un gráfico donde se relaciona la altura de ola significativa, la probabilidad de excedencia anual y el periodo de retorno en años.

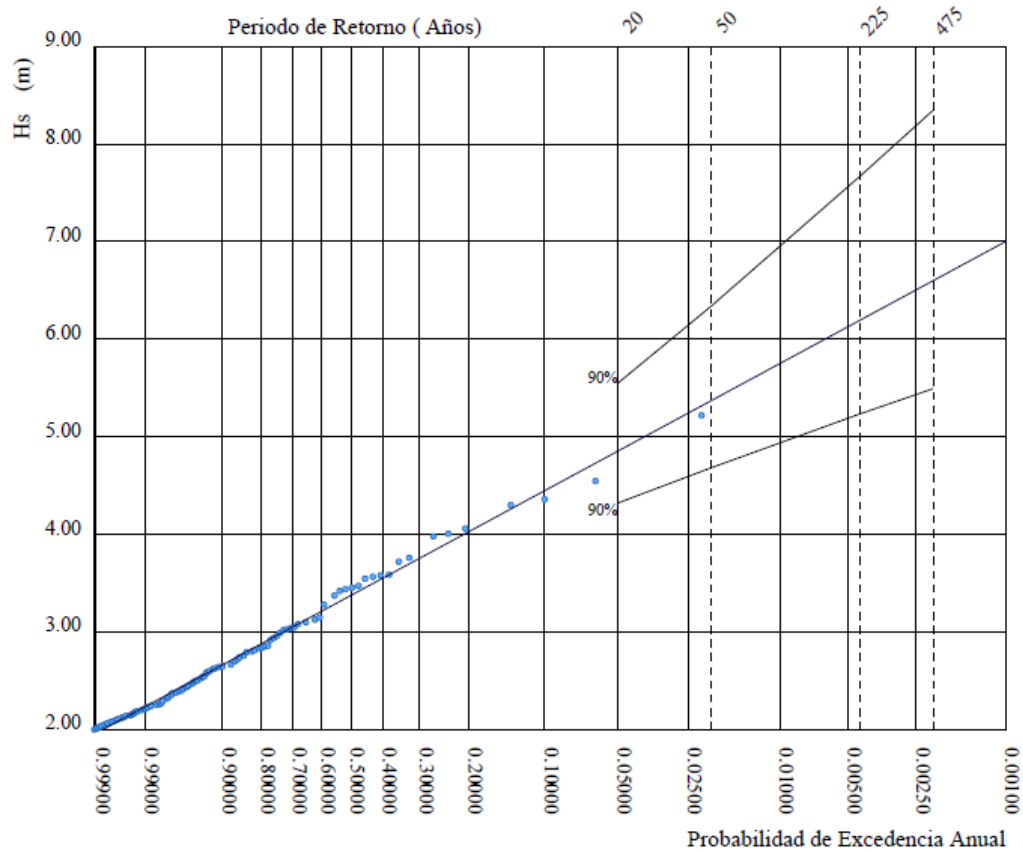


Figura 2.2.1 Gráfico de régimen extremal

En el gráfico se distingue la línea de estimación central y las líneas del intervalo de confianza del 90% superior e inferior.

En la siguiente figura se encuentra la ecuación (1) que relaciona el periodo de pico con la altura de ola significativa en aguas profundas.

$$T_p = 4.96 \cdot H_s^{0.46} \quad (1)$$

P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	4.85	5.37	6.20	6.60
Banda Sup. 90% Hs	5.55	6.33	7.67	8.35
Valor Esperado de Tp (s)	10.27	10.76	11.49	11.84
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante			
Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.95
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.65
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	7.04	de Excedencias	Gamma = 1.06

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)	
$T_p = 4.96 H_s^{0.46}$	

Figura 2.2.2 Parámetros de cálculo

3. Viento

3.1. Régimen medio

A continuación se exponen los datos del régimen medio del viento obtenidos del informe del punto WANA para el periodo anual, de la serie comprendida entre Enero de 1996 y Octubre de 2013.

Los datos de la rosa de viento muestran velocidad y dirección de procedencia según su frecuencia.

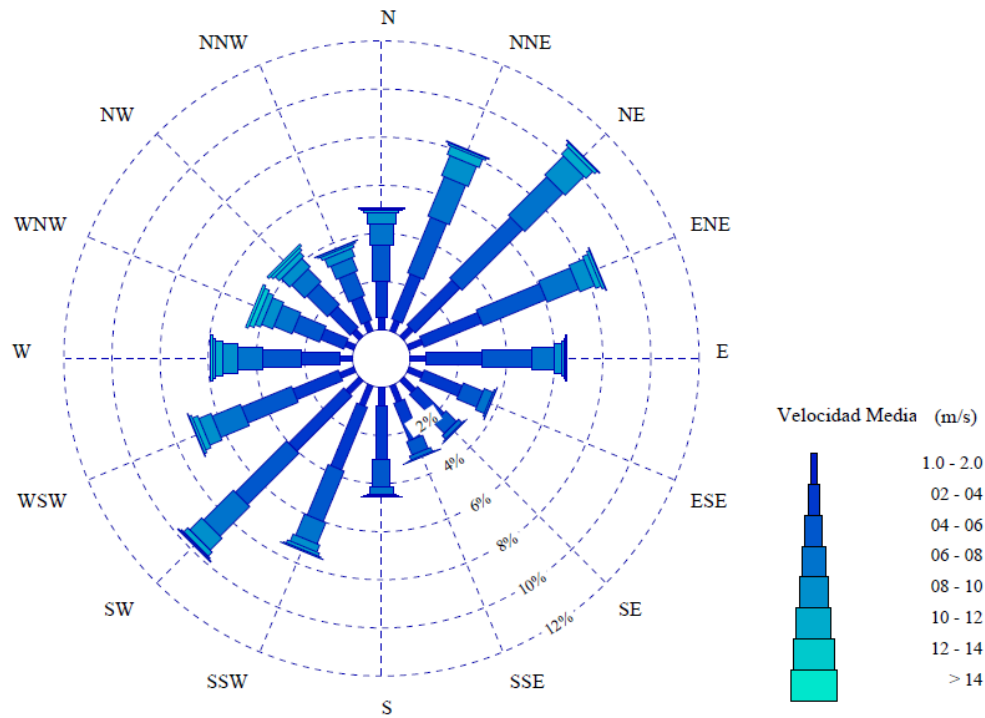


Figura 3.1.1 Rosa de viento

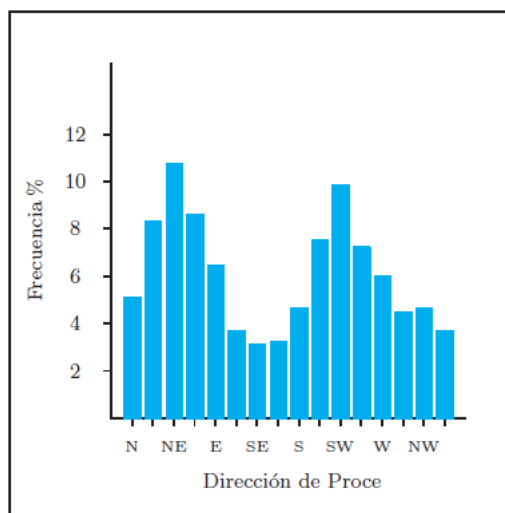


Figura 3.1.2 Frecuencia-Dirección

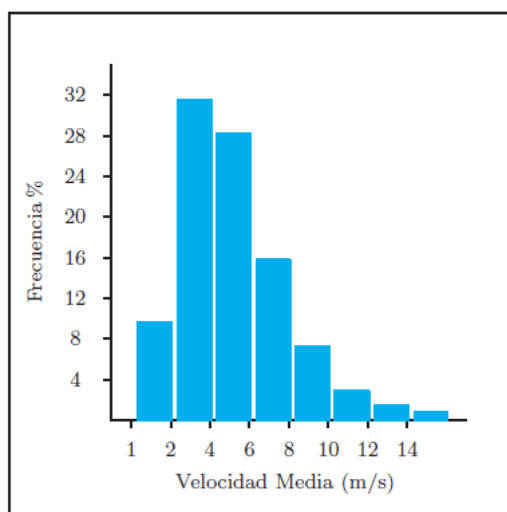


Figura 3.1.3 Frecuencia-velocidad media

A continuación se representa una tabla que pone en relación la velocidad media con la dirección de procedencia del viento en relación a su frecuencia.

Tabla Velocidad Media (Ve) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Ve (m/s)									Total
	≤ 1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	> 14.0	
CALMAS	3.315									3.315
N 0.0		.500	1.501	1.519	.873	.437	.133	.064	.047	5.074
NNE 22.5		.486	2.021	2.505	1.773	.898	.379	.090	.043	8.196
NE 45.0		.541	2.634	3.569	2.255	1.109	.394	.144	.037	10.683
ENE 67.5		.617	2.602	2.843	1.423	.662	.236	.119	.033	8.535
E 90.0		.664	2.341	2.032	.941	.334	.111	.049	.004	6.476
ESE 112.5		.627	1.708	.892	.398	.078	.012	-	-	3.715
SE 135.0		.685	1.554	.617	.195	.045	.004	-	-	3.100
SSE 157.5		.722	1.681	.595	.182	.025	.012	.004	-	3.221
S 180.0		.767	2.218	1.130	.322	.082	.025	.004	-	4.547
SSW 202.5		.902	2.819	2.276	.951	.318	.129	.049	.010	7.454
SW 225.0		.773	3.239	3.014	1.745	.701	.236	.064	.041	9.812
WSW 247.5		.644	2.052	2.249	1.275	.547	.236	.105	.029	7.136
W 270.0		.533	1.601	1.583	1.035	.621	.316	.135	.098	5.923
WNW 292.5		.394	1.046	1.189	.818	.498	.246	.213	.111	4.514
NW 315.0		.402	1.216	1.218	.759	.488	.240	.139	.098	4.559
NNW 337.5		.433	1.056	1.062	.595	.363	.141	.072	.018	3.739
Total	3.315	9.689	31.289	28.291	15.540	7.206	2.850	1.251	.570	100 %

Figura 3.1.4 Tabla conjunta

En la siguiente gráfica vemos la probabilidad de no excrecencia respecto de una velocidad media de viento para el periodo anual.

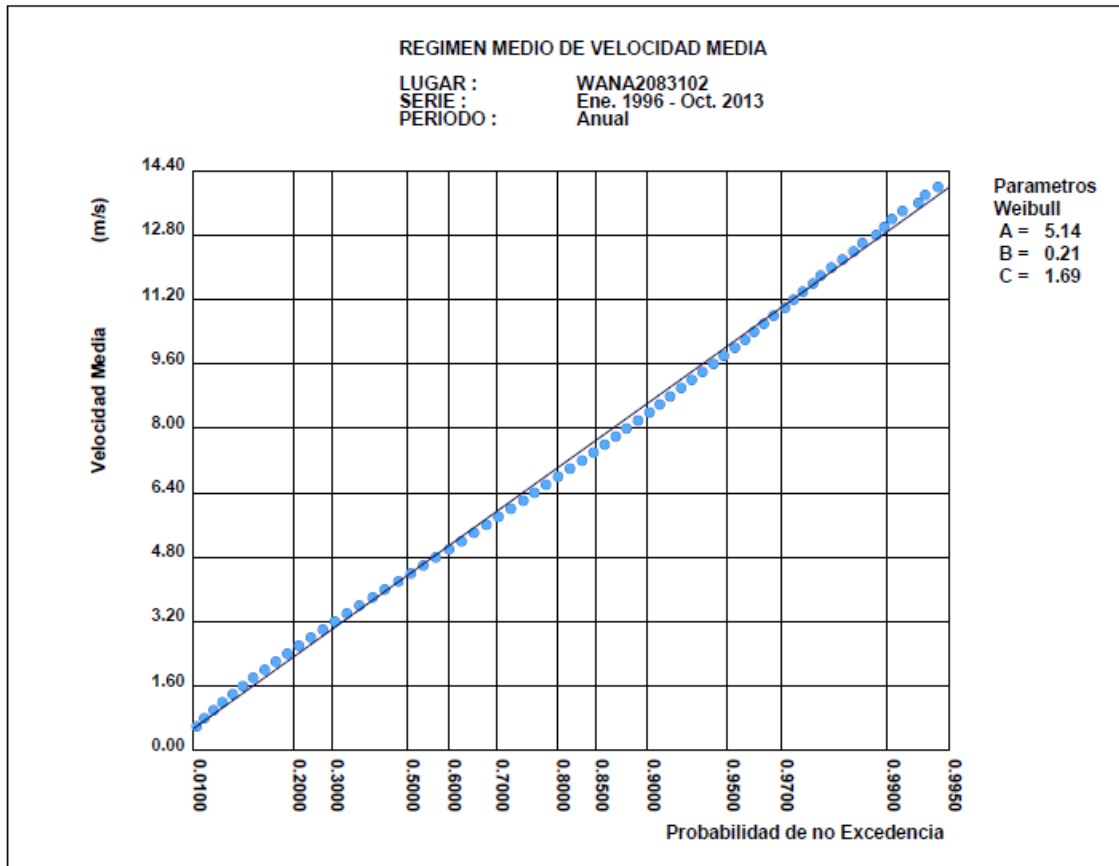


Figura 3.1.5 Probabilidad de no excedencia

Se puede observar que la probabilidad de que velocidad del viento sea menor de 9 m/s estará por encima de 90 %, es decir, que solo en 10 de cada 100 casos el viento superará los 9 m/s. La probabilidad de que el viento sea menor de 12.8 m/s estará en torno al 99% o sea solo 1 de cada 100 casos la ola supera los 12.8 m/s.

4. Mareas

Con el objetivo de determinar el nivel medio del mar en Benidorm y cuantificar el efecto de las mareas, conjuntamente la astronómica y la meteorológica, se exponen los datos del informe de la estación REDMAR de Gandía. Puesto que esta estación es la más cercana a la bahía de Benidorm, se asume que el nivel medio del mar es el mismo.

Referencias de nivel del mar

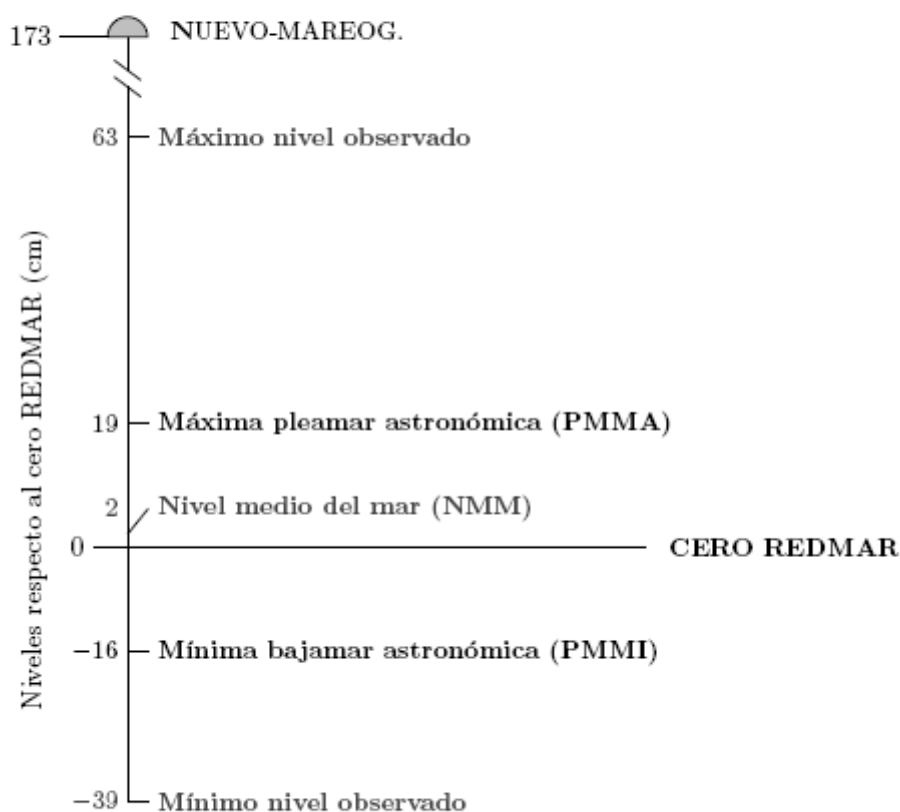


Figura 3. Principales referencias de nivel del mar calculadas sobre el todo período de datos disponible. La unidad de las alturas es el centímetro y están referidas al cero REDMAR. Se indica además, la altura del TGBM (*Tide Gauge Benchmark*) sobre el mismo cero.

Figura 4.1 Niveles de referencia del mar

Las mareas máximas observadas son de -0.41 m y 0.61 m respecto del nivel medio del mar (NMM). Por tanto, a partir de los datos de batimetría referidos a la mínima bajamar BMVE, el nivel medio del mar se encuentra en BMVE+0.41m y la máxima pleamar PMVE se encuentra en BMVE+1.02m.

Se observa también que la unidad de altura U.A. de las mareas astronómicas es menor de 0.5 m.

5. Corrientes

A continuación se exponen los datos del informe de la boya Cabo de Palos.

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE INTENSIDAD Y DIRECCIÓN DE CORRIENTE (SERIE DE DATOS ORIGINAL)

LUGAR : Cabo de Palos

PERIODO : anual

SERIE ANALIZADA : Dic. 2012 - Nov. 2013

FRECUENCIA : 1 dato hora

NÚMERO DE DATOS : 6944

EFICACIA : 79.28 %

INTENSIDAD RES. MEDIA : 14.55 (cm/s)

DIRECCIÓN RES. MEDIA : 56.55 (grados)

VELOCIDAD MEDIA : 27.89 (cm/s)

VELOCIDAD MÁXIMA : 96.00 (cm/s)

Dirección (grados)	V. de Corriente (cm/s)						Total
	(00-10]	(10-20]	(20-30]	(30-40]	(40-50]	> 50	
N 0.0	.965	1.225	.937	.994	.360	.418	4.899
NNE 22.5	.937	2.248	2.767	2.363	1.441	1.657	11.412
NE 45.0	1.369	2.493	2.795	3.372	3.761	6.138	19.928
ENE 67.5	1.225	2.233	1.960	2.161	1.715	4.409	13.703
E 90.0	1.268	1.225	1.239	.879	.620	.605	5.836
ESE 112.5	1.037	1.326	.562	.908	.231	.086	4.150
SE 135.0	1.023	1.513	1.037	.706	.202	-	4.481
SSE 157.5	1.023	1.556	1.599	.461	.101	-	4.741
S 180.0	.836	2.305	2.061	.706	.130	-	6.037
SSW 202.5	1.153	2.565	1.614	.720	.043	-	6.095
SW 225.0	.807	2.219	1.571	.620	.029	.014	5.259
WSW 247.5	.850	1.196	1.182	.375	.043	-	3.646
W 270.0	.663	.720	.706	.303	-	-	2.392
WNW 292.5	.663	.634	.274	.216	.043	-	1.830
NW 315.0	.605	.720	.418	.216	.101	.058	2.118
NNW 337.5	.764	1.009	.663	.562	.115	.360	3.473
Total	15.187	25.187	21.383	15.562	8.934	13.746	100 %

Figura 5.1

Se debe observar que gran parte de las corrientes que registra esta boya son de direcciones NNE a ENE, las cuales no son importantes en la bahía de Benidorm que posee un abrigo natural frente a estas direcciones, como se puede observar en la imagen a continuación.



Figura 5.2

Sin embargo, ante la imposibilidad de contar con datos mejores, se asumen las velocidades de corriente registradas en esta boya como no direccionales y se acepta la frecuencia de ocurrencia.

De tal manera la frecuencia de una velocidad de corriente menor o igual a 0.5 m/s es del 86.254%.