

Anejo nº7

Clima atmosférico y marítimo

Proyecto básico de nuevos amarres en el puerto de Cullera (Valencia)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. CLIMA ATMOSFÉRICO	5
2.1. ESTACIONES METEREOLÓGICAS	5
2.2. TEMPERATURA	6
2.3. PRECIPITACIÓN.....	7
2.4. RESTRICCIONES CLIMATOLÓGICAS EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	7
3. CLIMA MARÍTIMO.....	8
3.1. OLEAJE	8
3.1.1. Régimen extremal	8
3.1.2. Régimen medio.....	9
3.2. NIVEL DE MAREA.....	12
3.2.1. Régimen extremal del nivel de marea.....	12
3.3. VIENTO.....	13
3.3.1. Régimen medio.....	13
3.3.2. Régimen extremal	14

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del siguiente anejo es la caracterización del clima atmosférico y marítimo mediante el estudio de distintos parámetros que pueden resultar relevantes en el diseño y funcionalidad de las obras, así como en el desarrollo de los trabajos.

Se establecen dos sistemas de estudio, por un lado el clima atmosférico, en el que los datos más relevantes son los que proporcionan información sobre temperatura y pluviometría. Parámetros determinantes en el diseño de las obras, la elección de materiales y la programación de los trabajos.

Por otro lado, se estudia el clima marítimo, caracterizado principalmente por el oleaje, la marea y el viento en las proximidades de la desembocadura del río Júcar, condicionantes a tener en cuenta en el diseño y funcionalidad de la solución constructiva.

2. CLIMA ATMOSFÉRICO

Los datos obtenidos proceden de las siguientes fuentes documentales:

- "Valores medios (mensuales y anuales) de las variables climatológicas, referidos a las estaciones meteorológicas principales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet), durante el periodo 1951 – 2008.
- Visores, "Atlas climático de la Península y Baleares" de la AEMet y "Visor cartográfico de la Generalitat Valenciana" del Instituto Cartográfico de Valencia.

2.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Las estaciones meteorológicas consideradas por ser las más cercanas a la zona de estudio, así como su localización se indican en las siguientes imagen y tabla.

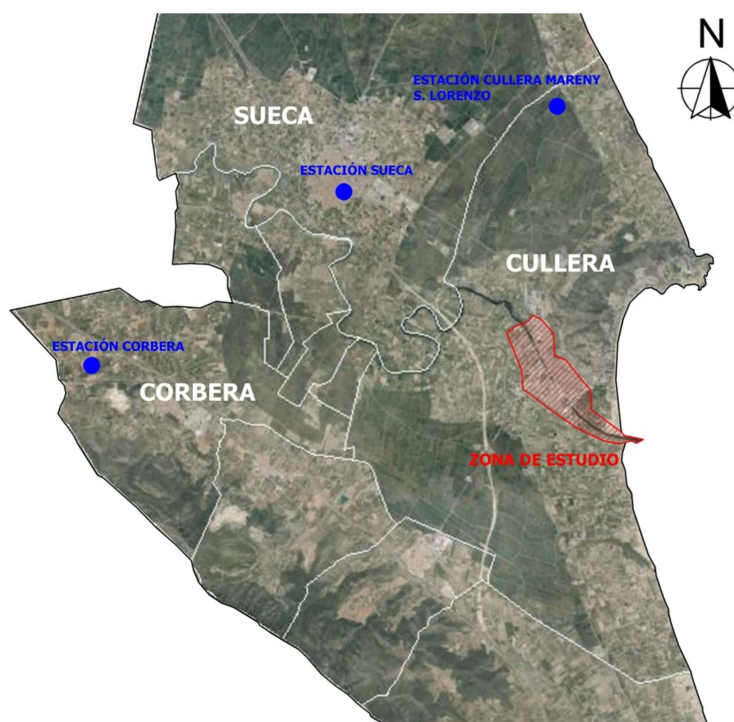


Figura 7.1. Ubicación de las estaciones meteorológicas AEMet de referencia

Estación	Periodo disponible	Tipo	Código
CULLERA MARENY S. LORENZO	1968/2008	TP*	8328B
SUECA	1920/2008	TP	8326
CORBERA	1972/2008	P**	8303U
*TP: estación Termométrica y Pluviométrica **P: estación Pluviométrica			

Tabla 7.1. Estaciones meteorológicas de referencia

2.2. TEMPERATURA

Para la determinación de las temperaturas que se dan en el municipio se analizan las siguientes variables:

- Temperaturas medias

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la temperatura media mensual y la temperatura media anual.

Valores medios mensuales y medio anual											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10,5	11,5	12,9	14,7	17,9	21,7	24,4	25,0	22,4	18,2	14,1	11,6
Anual 17,1 °C											

Como puede observarse la temperatura media anual es de 17,1 °C. Los meses más calurosos son julio y agosto con una temperatura media de 24,7 °C, mientras que en diciembre, enero y febrero, meses más fríos, la temperatura media es de 11,2 °C.

- Temperaturas máximas y mínimas medias

En la siguiente tabla se presentan las temperaturas medias de las máximas y mínimas, así como sus medias anuales.

Valores mensuales y medio anual de las Tª máximas y mínimas medias												
MÁX	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	15,1	16,5	18,4	20,3	22,9	26,6	29,4	29,7	27,3	22,8	18,5	15,8
	Anual 22,0 °C											
MÍN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	5,9	6,5	7,4	9,1	12,8	16,8	19,5	20,3	17,5	13,5	9,7	7,3
	Anual 12,2 °C											

- Número de días con temperatura mínima igual o inferior a 0 °C

Se incluye el análisis de esta variable para la determinación de los días aprovechables en obra para las unidades que tienen limitaciones de temperaturas mínimas de puesta en obra.

Número de días con Tª inferior o igual a 0 °C			
PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
0,7	0	0	4,2
Anual 4,9 días			

2.3. PRECIPITACIÓN

Para la caracterización de las lluvias del municipio se analizan las siguientes variables:

- Precipitación media

En la siguiente tabla se presentan los valores medios mensuales y medio anual de precipitación.

Valores medios mensuales y medio anual											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
62	46	51	44	39	26	10	21	84	95	84	87
Anual 655 mm											

- Número medio de días con precipitación superior a 10 mm

En la siguiente tabla se muestran la media de días por estación en los que la precipitación es superior a 10 mm.

Número de días con precipitación superior a 10 mm			
PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
4,3	2,0	6,8	5,4
Anual 18,5 días			

2.4. RESTRICCIONES CLIMATOLÓGICAS EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

A partir de la información anteriormente recabada y las limitaciones climatológicas que se establecen en las normas, para las unidades de obra más importantes se establecen las épocas más desfavorables o de interrupción de los trabajos.

Limitaciones climatológicas a las unidades de obra

- Hormigones (art. 71.5.3.1 y art.71.5.3.2 EHE-08). Se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados. Y en el caso en que la temperatura ambiente sea superior a 40 °C o haya un viento excesivo.

Características climatológicas de la zona y épocas en las que son frecuentes

- Temperaturas mínimas. En general, la temperatura del municipio no desciende de los 0 °C, únicamente se tendrán en cuenta las predicciones meteorológicas durante el invierno, donde la media de días con heladas es de 4.

- Temperaturas máximas. No se disponen de datos del número de días en que se superan los 40 °C que establece la norma. Se sabe sin embargo, que en caso de darse estas temperaturas, sucederán durante los meses más calurosos, julio y agosto.
- Precipitaciones. El número de días al año en los que se han registrado precipitaciones por encima de los 10 mm es de 18,5 días, siendo más frecuentes en otoño e invierno.

3. CLIMA MARÍTIMO

Los datos obtenidos proceden de las siguientes fuentes documentales:

- Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado formado por las mediciones de la Red de Boyas Costeras de Puertos del Estado (REDCOS), las mediciones de la Red de Boyas de Aguas Profundas (REDEXT) y puntos SIMAR.
- ROM 03-91. Acción Climática (I): Oleaje. Anexo: Clima Marítimo del Litoral Español.
- ROM 04-95. Acciones Climáticas para el Proyecto de las Obras Marítimas y Portuarias (II): Viento.
- Atlas de Inundación en el Litoral Peninsular Español del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (G.I.O.C.). Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas.

3.1. OLEAJE

Para caracterizar el oleaje en las proximidades de la desembocadura del río Júcar se analizarán dos situaciones, el régimen extremal que proporciona la frecuencia con la que se puede producir un temporal que provoque una altura de ola con riesgo, y el régimen medio que determina el estado de oleaje más probable.

3.1.1. Régimen extremal

Para la caracterización de este régimen se emplean el conjunto de datos instrumentales proporcionados por la boya Valencia I, perteneciente a la REDCOS, y la más cercana a la zona de estudio. Se trata de una boya escalar con código 1617, fondeada a 20 m de profundidad, con coordenadas geográficas latitud 39.467° N y longitud -0.283° E, que ha registrado medidas desde 1985 a 2005.

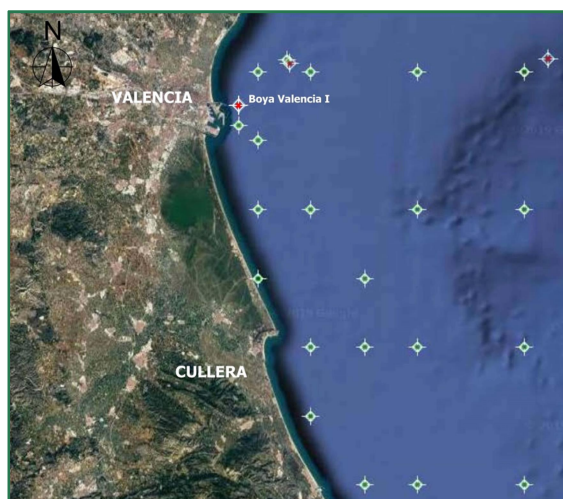


Figura 7.2. Ubicación de la Boya de referencia

Esta boya nos proporciona una serie de datos con suficiente fiabilidad pues, según la ROM 0.3-91, se recomienda para garantizar la fiabilidad que el número de años con cobertura de datos sea, como máximo, 20 veces menor que el número de años del periodo de retorno.

A partir de los datos registrados, y para un periodo de retorno determinado, se obtiene la altura de ola significativa asociada. En nuestro caso, se tomará como periodo de retorno 100 años que tiene asociada una probabilidad de excedencia de 0,01.

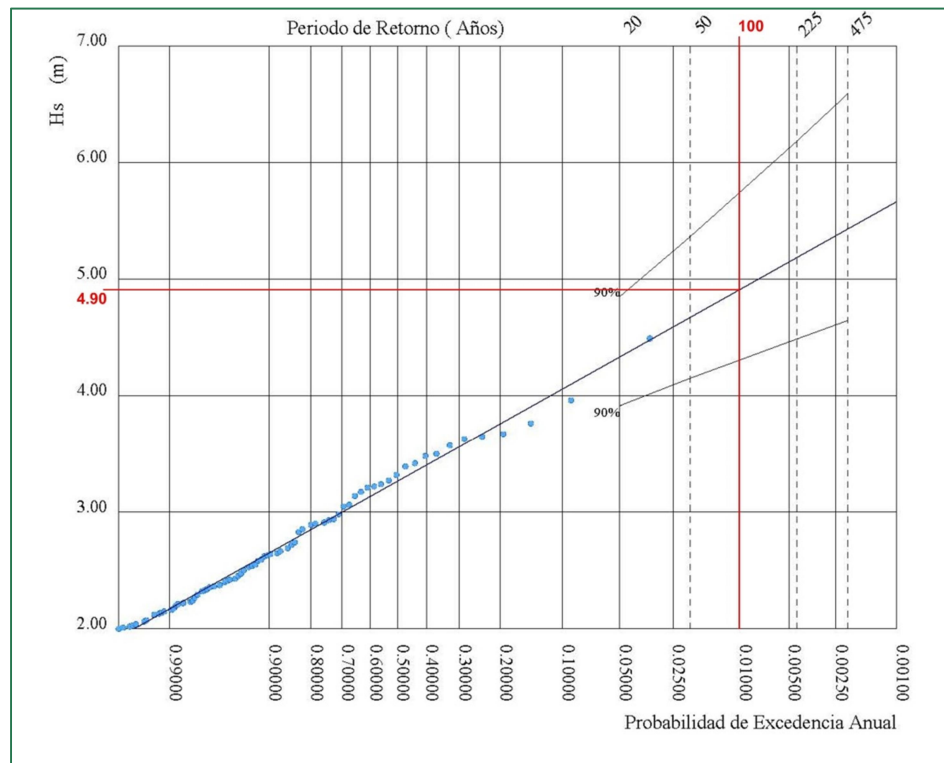


Figura 7.3. Régimen extremal escalar correspondiente a la Boya de Valencia I

Del gráfico con ajuste de los valores extremos a una distribución Weibull, se obtiene una altura significativa de ola, H_s , de 4,9 m.

Según la relación entre altura significativa y el periodo de pico, que proporciona la formulación de Puertos del Estado, para una H_s igual a 4,9 m el periodo de pico (T_p) asociado es 10,85 s.

$$T_p = 4,9 \cdot H_s^{0,50} \quad (1)$$

3.1.2. Régimen medio

Para la caracterización del régimen medio se emplean el conjunto de datos simulados por un punto SIMAR, más cercano a la zona de actuación, además de disponer de rosa de oleaje que permita obtener el periodo de pico asociado a la altura significativa de ola según las direcciones de oleaje más frecuentes.

En concreto, el punto SIMAR de referencia es el 2082110, con coordenadas geográficas latitud 39.617° N y longitud -0.167 E, situado a una profundidad indefinida y con simulaciones desde 1958 hasta la actualidad.

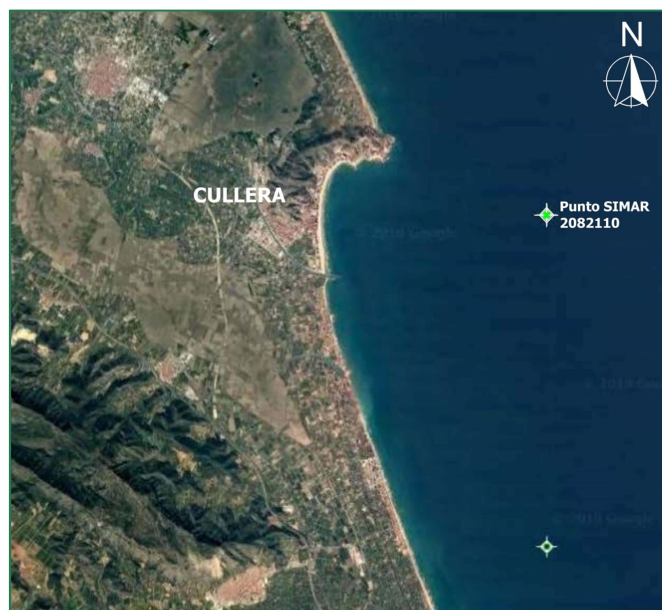


Figura 7.4. Ubicación del Punto SIMAR de referencia

A partir de la siguiente rosa de oleaje se obtendrán las direcciones de oleaje con mayor incidencia.

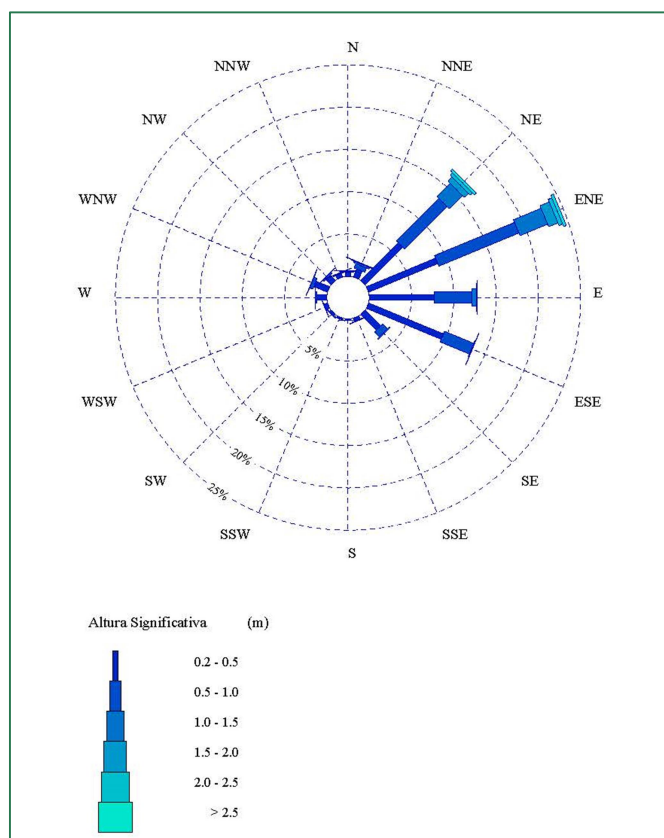


Figura 7.5. Rosa de Oleaje Anual correspondiente al Punto SIMAR 2082110

Se puede observar que la dirección de oleaje predominante es ENE y algo menos frecuentes las direcciones NE y ESE, siendo esta última objeto de análisis por tener la dirección de entrada a la bocana.

Para cada dirección de oleaje de estudio se obtendrá la altura significativa de ola a partir del gráfico de régimen medio asumiendo una probabilidad de excedencia del 99%. Mediante la fórmula (1) se obtendrá el periodo de pico asociado a cada una de las alturas.

Dirección ENE

Para esta dirección la altura significativa de ola es de 2,61 m y el periodo de pico asociado de 7,92 s.

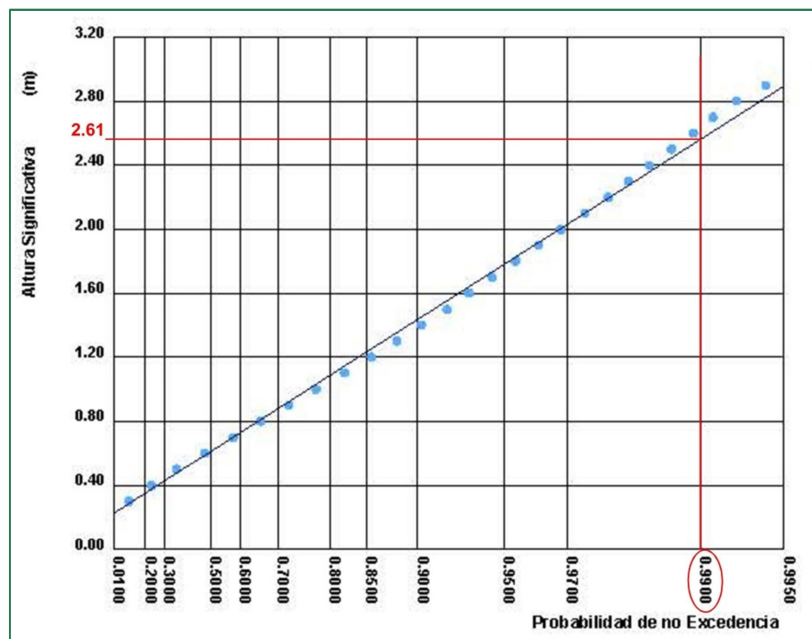


Figura 7.6. Régimen medio escalar para la dirección ENE

Dirección ESE

En este caso la altura significativa de ola es de 0,97 m y el periodo de pico asociado de 4,83 s.

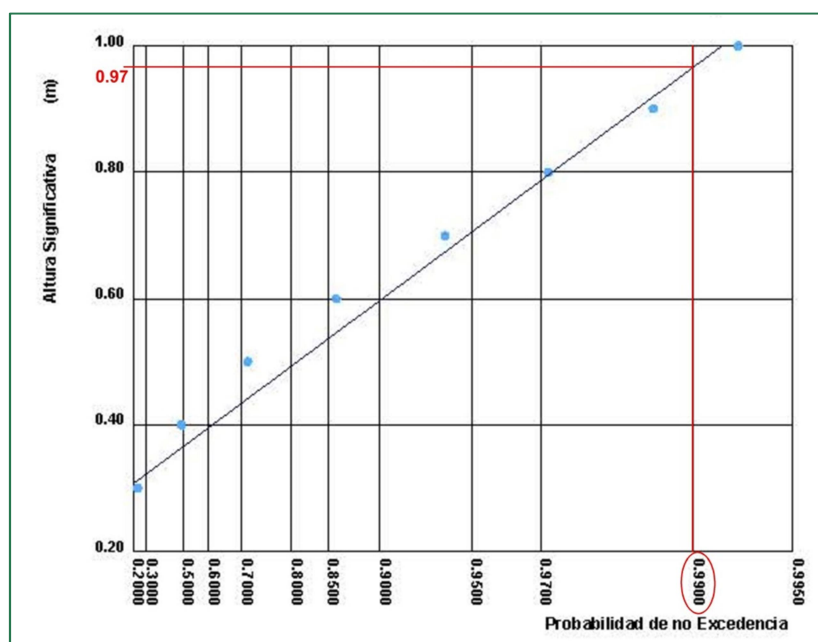


Figura 7.7. Régimen medio escalar para la dirección ESE

3.2. NIVEL DE MAREA

La caracterización de los niveles de marea y los máximos alcanzados por la acción conjunta de la dinámica marina y atmosférica son esenciales para determinar las condiciones a las que estarán expuestas las nuevas instalaciones y que se tendrán en cuenta en el diseño de las mismas.

Por tanto, se determinará la cota máxima que alcanzaría el nivel del mar en el tramo frente a la desembocadura del río Júcar en horizonte temporal de 100 años.

La documentación consultada en lo referente al nivel de marea máximo es el Atlas de Inundación en el Litoral Peninsular Español y los datos de la red de mareógrafos REDMAR de Puertos del Estado.

Para la caracterización del nivel de mar se tomará como referencia los registros del mareógrafo de Valencia, con código 3651 y coordenadas geográficas, latitud 39.44° N y longitud 0.31° W.

El siguiente esquema define cada una de las cotas de referencia desde el nivel del mareógrafo de Valencia.

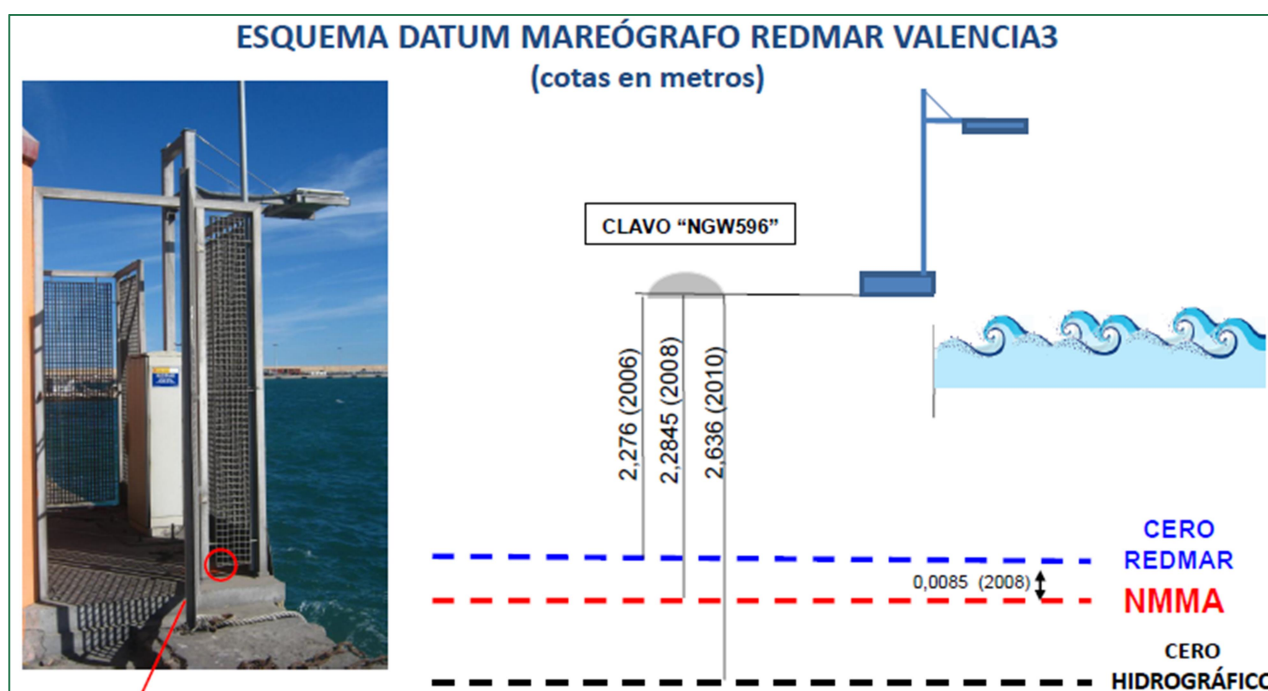


Figura 7.8. Niveles de referencia del mareógrafo de Valencia

En el Puerto de Valencia el cero del puerto es el cero REDMAR, como puede observarse está a 0,85 cm por encima del Nivel Medio del Mar de Alicante (NMMA). Mientras que el cero del mareógrafo o cero hidrográfico está a 0,36 m por debajo del cero del puerto. Todos los niveles de mar se han referenciado al NMMA.

Puesto que en el ATLAS se presentan los datos por zonas, con efectos de caracterización del nivel del mar, se asume que el régimen de inundación analizado dentro de una zona será idéntico en todos los puntos del litoral de determinada área. De esta forma, el municipio de Cullera se encuentra en el Área VII, Subzona – a, donde la información instrumental consiste en la Boya de Tarragona y el mareógrafo de Valencia.

3.2.1. Régimen extremal del nivel de marea

El siguiente gráfico recoge el régimen extremal del nivel de marea (S_{NM} , suma de la marea meteorológica y la astronómica). Para un periodo de retorno de 100 años se obtiene una elevación debida a la marea

meteorológica y astronómica de 0,706 m referida al NMMA. Los valores del nivel de marea para un intervalo de confianza del 90% se encuentran entre 0,665 y 0,745 m.

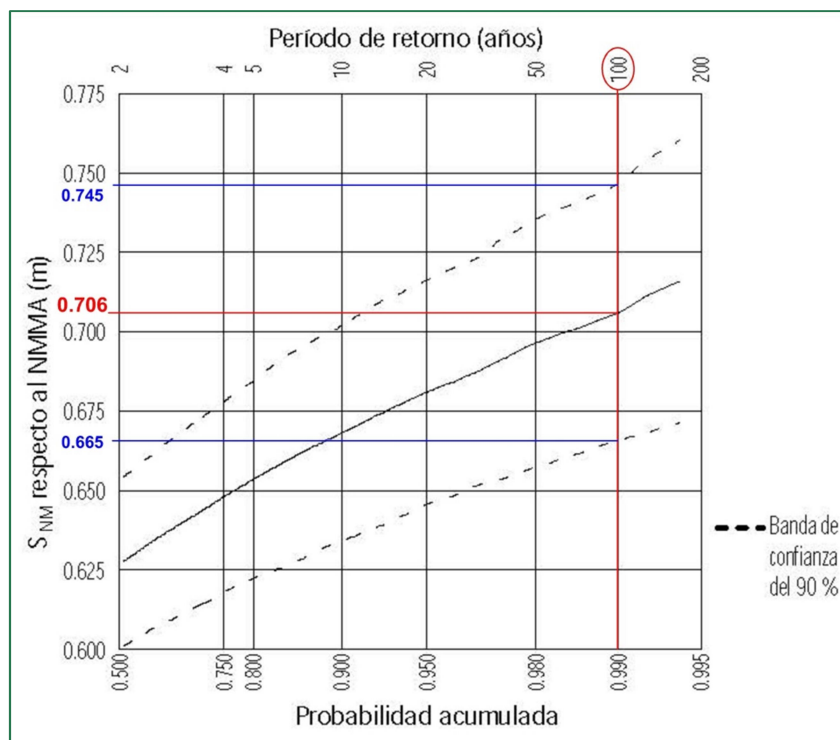


Figura 7.9. Régimen extremal del Nivel de Marea

3.3. VIENTO

La documentación de referencia para la caracterización del viento es la ROM 0.4-95 correspondiente al área VII, pues el Ente Puertos del Estado no dispone de datos suficientes para ello.

3.3.1. Régimen medio

Para la zona en la que se encuentra la zona de estudio la rosa de vientos es la que se muestra a continuación, en ella se observa que la dirección del viento reinante, más frecuente, es la SW y la dirección dominante, con viento más intenso, es la NE.

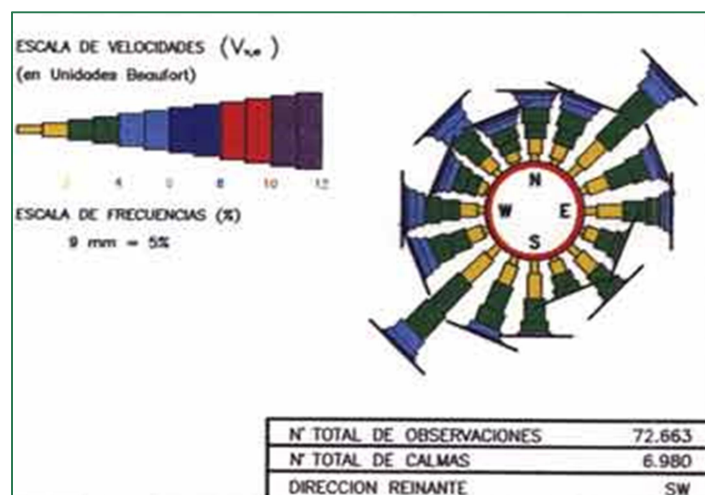


Figura 7.10. Rosa de Vientos

La representación del régimen medio escalar se representa en papel probabilístico mediante la función de distribución Weibull, donde las coordenadas son las velocidades del viento en m/s y en nudos, y las abscisas son las probabilidades de no excedencia.

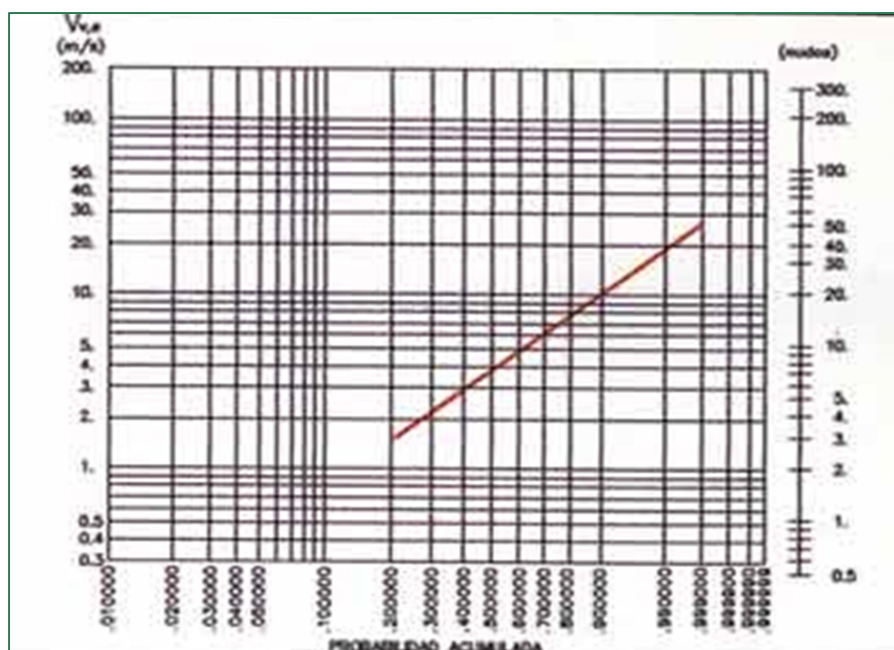


Figura 7.11. Régimen medio escalar

3.3.2. Régimen extremal

Se pretende obtener la velocidad del viento de proyecto en condiciones extremas, para ello, se sigue la metodología esquematizada en el Atlas de Viento del Litoral Español, recogido en la ROM 0.4-95.

Velocidad básica de proyecto, $V_b, \alpha(T)$

Se determina a partir del mapa a estima de la Velocidad básica escalar del viento, $V_{v,10 \text{ min}}$ en categoría I de rugosidad superficial, asociada a un periodo de retorno de 50 años, $V_{b/50 \text{ años}}$. Consultando el cuadro B4 del área VII, donde se sitúa el municipio de Cullera, se obtiene una velocidad, V_b , igual a 27,6 m/s.

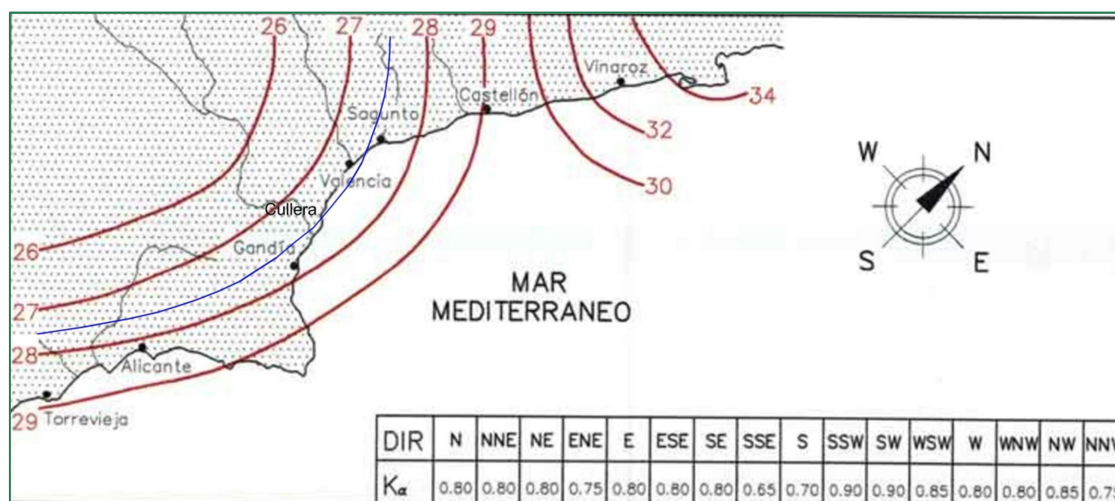


Figura 7.12. Velocidad básica, V_b , correspondiente a un periodo de retorno de 50 años

Considerando un periodo de retorno de 100 años y las direcciones más desfavorables, SW y NE, obtenidas anteriormente, la velocidad básica direccional asociada a ese periodo de retorno se obtiene mediante la siguiente formula.

$$V_b = V_b(50 \text{ años}) \cdot K_\alpha \cdot K_T$$

donde,

K_α : coeficiente direccional en las direcciones que produzcan acciones más desfavorables.

Para el caso que nos ocupa, los coeficientes asociados a las direcciones SW y NE son 0,90 y 0,80 respectivamente. (Cuadro B4 Área VII de la ROM 04-95).

K_T : coeficiente de transformación a periodo de retorno de la obra.

$$K_T \cong 0,75 \cdot \sqrt{(1 + 0,2 \cdot \ln(T))} , \text{ con T en años}$$

Para un periodo de retorno de la obra de 100 años el coeficiente K_T es igual a 1,04.

La velocidad básica direccional asociada a un periodo de retorno para cada una de las direcciones desfavorables es:

$$V_{b,SW} = V_b(50 \text{ años}) \cdot 0,90 \cdot K_T = 25,83 \text{ m/s}$$

$$V_{b,NE} = V_b(50 \text{ años}) \cdot 0,80 \cdot K_T = 22,96 \text{ m/s}$$

Velocidad de viento de proyecto en condiciones climáticas extremas, $V_{v,t(z)}$

Se obtiene a continuación la velocidad de viento de proyecto para la fase de construcción y la de servicio en condiciones climáticas extremas. Esta velocidad es el resultado de aplicarle una serie de coeficientes a la velocidad básica determinada anteriormente.

Los coeficientes contemplan las condiciones específicas del proyecto (rugosidad superficial, altura, topografía local y tipo de estructura).

La ecuación de aplicación es la siguiente:

$$V_{v,t(z),T,\alpha} = V_{b,T,\alpha} \cdot F_A \cdot F_T \cdot F_R$$

siendo,

$V_{b,T,\alpha}$: velocidad básica del viento en la dirección a un periodo de retorno T.

F_A : factor de altura y rugosidad. En el ámbito de aplicación de la ROM 0.4-95 se considera siempre Categoría I de rugosidad superficial.

Con una categoría I de rugosidad y considerando un tipo de superficie II (campo abierto y llano) para la zona de estudio, se obtiene, de la Tabla 2.1.4.1.2 de la ROM 04-95, un factor F_A igual a 0,85.

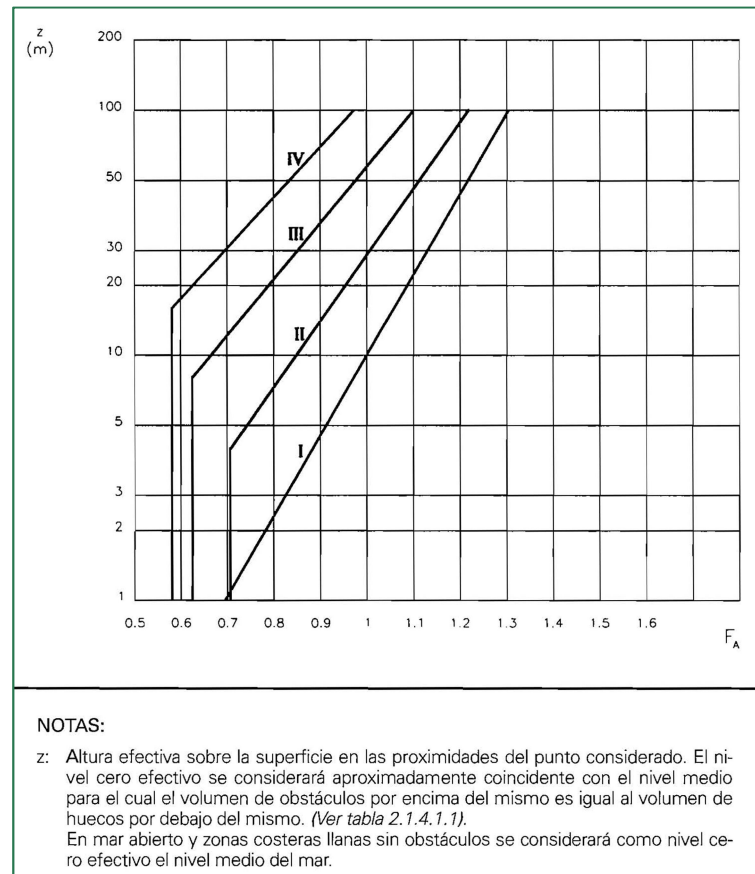


Figura 7.13. Factor de altura y de rugosidad superficial (F_A). Tabla 2.1.4.1.2 de la ROM 0.4-95

F_T : factor topográfico. Para la zona de actuación la ROM no considera significativos para una determinada dirección del viento los efectos de la topografía cuando la pendiente media del terreno a barlovento en una distancia de 5 km desde el punto considerado no exceda de 0,05. En estos casos, como el que se trata, la superficie se considera llana o débilmente accidentada, tomando F_T el valor de 1.

F_R : factor de ráfaga máxima. A partir de las consideraciones ya comentadas, Categoría I de rugosidad y tipo de superficie II, se obtiene de la Tabla 2.1.4.3.1 un valor del factor F_R igual a 1,46.

		CATEGORIA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL															
		I				II				III				IV			
DURACION	z (m)	3s	5s	15s	1min	3s	5s	15s	1min	3s	5s	15s	1min	3s	5s	15s	1min
	3	1.52	1.50	1.45	1.37	1.76	1.73	1.65	1.54	1.98	1.94	1.84	1.69	2.24	2.18	2.06	1.87
	5	1.48	1.46	1.41	1.34	1.73	1.70	1.62	1.51	1.98	1.94	1.84	1.69	2.24	2.18	2.06	1.87
	10	1.44	1.42	1.38	1.31	1.63	1.60	1.54	1.44	1.96	1.91	1.82	1.67	2.24	2.18	2.06	1.87
	15	1.42	1.40	1.36	1.29	1.59	1.56	1.50	1.41	1.86	1.82	1.73	1.60	2.24	2.18	2.06	1.87
	20	1.40	1.38	1.34	1.28	1.56	1.53	1.48	1.39	1.80	1.76	1.68	1.56	2.12	2.07	1.96	1.79
	30	1.38	1.37	1.33	1.27	1.52	1.50	1.45	1.37	1.73	1.70	1.62	1.51	1.99	1.94	1.84	1.69
	40	1.37	1.36	1.32	1.26	1.50	1.48	1.43	1.35	1.68	1.65	1.58	1.48	1.91	1.87	1.78	1.64
	50	1.36	1.35	1.31	1.25	1.48	1.46	1.41	1.34	1.65	1.63	1.56	1.46	1.86	1.82	1.73	1.60
	60	1.36	1.34	1.30	1.25	1.47	1.45	1.40	1.33	1.63	1.60	1.54	1.44	1.82	1.78	1.70	1.57
	80	1.35	1.33	1.29	1.24	1.45	1.43	1.39	1.32	1.60	1.57	1.51	1.42	1.76	1.73	1.65	1.54
	100	1.34	1.32	1.29	1.24	1.44	1.42	1.38	1.31	1.58	1.55	1.49	1.40	1.73	1.70	1.62	1.51

Figura 7.14. Factor de ráfaga máxima (F_R). Tabla 2.1.4.3.1 de la ROM 04-95

Finalmente, las velocidades del viento de proyecto en condiciones climáticas extremas para cada una de las direcciones de viento son las siguientes:

$$V_{v,15\text{ s}(5),100,SW} = 25,74 \cdot F_A \cdot F_T \cdot F_R = 31,94\text{ m/s}$$

$$V_{v,15\text{ s}(5),100,NE} = 22,88 \cdot F_A \cdot F_T \cdot F_R = 28,39\text{ m/s}$$

Aunque se obtiene una velocidad del viento mayor para la dirección SW, también se tendrá en cuenta la velocidad en la dirección más desfavorable respecto a la entrada al río y las obras, concretamente la dirección ESE.