

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

Anejo nº 8  
Requerimientos geométricos

Autor:

Víctor Martí Grau

## ÍNDICE

1. Introducción	pág. 2
2. Orientación	pág. 2
3. Requerimientos del muelle	pág. 4
3.1 En alzado	pág. 4
3.2 En planta	pág. 5
4. Requerimientos del dique	pág. 6

## 1. Introducción

En este anejo se estudian los requerimientos geométricos que es necesario cumplir para satisfacer las diversas funciones de la estructura.

En primer lugar se calcula la orientación de la estructura. Después se tratan las condiciones que ha de cumplir la terminal desde el punto de vista de un muelle; el nivel de coronación y las longitudes de las líneas de atraque. De la misma manera se calculan las condiciones geométricas que ha de tener la estructura como dique vertical de abrigo. Finalmente se da una descripción de la geometría de los cajones.

No deben tomarse los valores calculados en este anejo como definitivos. El objetivo es calcular las condiciones mínimas necesarias, la geometría finalmente elegida esta detallada en los planos.

## 2. Orientación

La estructura se orientará en la dirección perpendicular a la resultante de oleaje incidente anual ponderado por su frecuencia, para que la terminal pueda ser operativa el máximo tiempo posible durante todo el año.

Para caracterizar el oleaje incidente sobre la estructura se usan los datos de clima marítimo del anejo 3.

Este cálculo se realiza a partir de la tabla que relaciona la dirección de procedencia con su porcentaje de ocurrencia. El cálculo consiste en multiplicar cada dirección por su frecuencia para obtener su peso relativo y realizar el sumatorio de estos productos para a continuación dividirlo por 100 descontando el período de calmas, como se indica en la siguiente expresión:

$$\theta^\circ = \frac{\sum(\text{dirección} \times \text{frecuencia})}{100 - \text{calmas}}$$

La tabla de datos es la siguiente:

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	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 %

Los datos de oleaje corresponden al período anual puesto que no se prevé que haya ninguna limitación estacional en el uso de la terminal.

La resultante de oleajes incidentes es:

DIRECCIÓN		FRECUENCIA	Dir x Frec
<b>N</b>	0.0	0.80	0.00
<b>NNE</b>	22.5	1.57	35.42
<b>NE</b>	45.0	7.12	320.49
<b>ENE</b>	67.5	10.61	716.45
<b>E</b>	90.0	17.01	1531.17
<b>ESE</b>	112.5	12.82	1441.69
<b>SE</b>	135.0	4.03	544.32
<b>SSE</b>	157.5	3.59	565.27
<b>S</b>	180.0	8.14	1465.92
<b>SSW</b>	202.5	13.34	2701.55
<b>SW</b>	225.0	4.42	994.50
<b>WSW</b>	247.5	1.78	441.29
<b>W</b>	270.0	1.34	362.34
<b>WNW</b>	292.5	1.04	305.37
<b>NW</b>	315.0	0.85	266.81
<b>NNW</b>	337.5	0.66	223.76
<b>Calmas</b>		10.86	0.00
<b>Total</b>		100.00	11916.35

<b>Resultante</b>	11916.35 / (100-10.86)	<b>133.67°</b>
-------------------	------------------------	----------------

La orientación de la estructura es:  $\theta = 45^\circ\text{N}$

### 3. Requerimientos del muelle

#### 3.1 Requerimientos en alzado

Según la ROM 3.1-99 y la ROM 2.0-11 el nivel de coronación del muelle será el valor máximo resultado de considerar los siguientes criterios. El criterio de explotación, el de no rebasabilidad de las aguas exteriores, y el de drenaje de aguas pluviales. El criterio de no rebasabilidad del nivel freático se cumple automáticamente si se cumple el criterio de no rebasabilidad del agua libre exterior.

Las variables a obtener son el francobordo  $F_c$  respecto del nivel medio del mar (NMM).

- Criterio de explotación según ROM 3.1-99

$$NMO + \Delta z \quad \Delta z = +2.5 \text{ m para buques de desplazamiento } > 10.000 \text{ t}$$

$$NMO = NMM + 0.1 \text{ m}$$

Con los datos de mareas del Anejo 3,  $NMM = BMVE + 0.41 \text{ m}$

$$F_c = 2.6 \text{ m}$$

- Criterio de explotación según ROM 2.0-11

El francobordo es de 2.5 m respecto del nivel superior de la ventana de marea operativa, que se puede tomar como  $NMM+0.5 \text{ m}$  cuando la marea astronómica no es significativa, como es el caso de este emplazamiento.

$$F_c = 3 \text{ m}$$

- Criterio de no rebasabilidad del agua libre exterior

El francobordo mínimo será 0.5 m respecto del nivel superior de la ventana extremal de las aguas exteriores. Puesto que la línea de atraque se encuentra al lado abrigado de la estructura, el agente predominante que afecta al nivel de las aguas es la marea.

Recurriendo a la tabla 4.6.2.3 ROM 2.0-11, para el puerto de Valencia el nivel superior de la ventana extremal se encuentra 0.96 m por encima del nivel medio del mar considerando un periodo de retorno de 500 años.

$$F_c = 1.46 \text{ m}$$

- Criterio de drenaje de las aguas pluviales

En ubicaciones en las que hay tanto marea astronómica como meteorológica, y la marea astronómica no es significativa ( $UA < 0.5 \text{ m}$ ), este criterio se cumple con un francobordo de 1 m respecto del NMM.

$$F_c = 1 \text{ m}$$

El criterio que da mayor nivel de coronación es el de explotación, no obstante haber una discrepancia entre la ROM 3.1-99 y la 2.0-11. Puesto que la ROM 2.0-11 es posterior y trata de forma específica el caso de obras de atraque y amarre; y puesto que el emplazamiento de esta estructura esta fuera de aguas protegidas, se opta por el resultado que se muestra en la tabla 3.1.1.

**Tabla 3.1.1 – Nivel de coronación del muelle**

<b><math>F_c</math> (m)</b>	<b>3 m</b>
-----------------------------	------------

### 3.2 Requerimientos en planta

La geometría en planta de la terminal es la que se muestra en la figura 3.2.1.

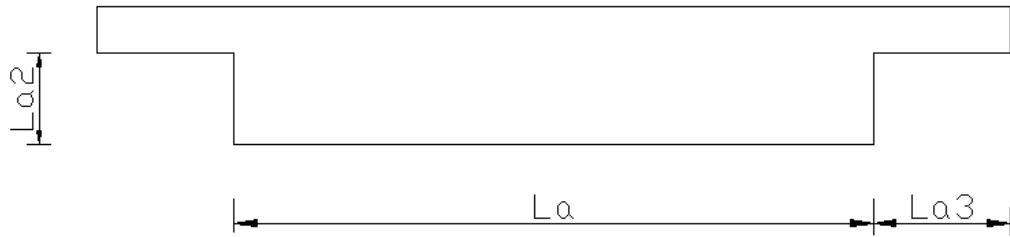


Figura 3.2.1

La solución de muelle elegida consist en una alineación principal para el atraque de cruceros, mas 4 alineaciones secundarias para el atraque de pequeñas embarcaciones.

$$L_a \geq L_{\text{máx}} + 2 \cdot l_s$$

El parámetro  $l_s$  es una distancia de seguridad que depende de la eslora y de la disposición de las líneas de atraque.

$L_{\text{máx}}$  es la eslora total del buque.

- Alineación principal

El buque de proyecto tiene una eslora total de 234 m y  $l_s = 25$  m.

$$L_a \geq 234 + 2 \cdot 25 = 284 \text{ m}$$

- Alineaciones secundarias

La embarcación auxiliar de proyecto tiene una eslora total de 15.5 m y  $l_s = 5$  m.

$$L_{a2} \geq 15.5 + 2 \cdot 5 = 25.5 \text{ m}$$

La longitud  $L_{a3}$  no depende sólo de la longitud necesaria para el atraque sino de las condiciones para reducir la agitación de las aguas. El estudio de la agitación se aborda en el anejo correspondiente.

## 4. Requerimientos del dique

Para proyectar un dique vertical es recomendable satisfacer unas condiciones para que sea poco probable la rotura de las olas contra el paramento.

$$\frac{d}{h} \geq 0.85 \quad (1)$$

$d$ : altura de agua sobre la berma (m)

$h$ : profundidad de agua a pie de dique (m)

$$h = 31 + 0.41 = 31.41 \text{ m}$$

$$d = 10.35 \text{ m}$$

$$\frac{10.35}{31.41} = 0.3295 \not\geq 0.85 \text{ no cumple}$$

$$\frac{l_t}{L} < \frac{1}{20} \quad (3)$$

$l_t$ : longitud de berma a pie de cajón (m)

$L$ : longitud de ola (m)

$$l_t < \frac{171.623}{20} = 8.58 \text{ m}$$

$$\frac{H_I}{L} \leq \left(0.11 + 0.03 \cdot \frac{1-k_R}{1+k_R}\right) \cdot \tanh \frac{2\pi h}{L} \quad (4)$$

$H_I$ : altura de ola incidente (m)

$k_R$ : coeficiente de reflexión

$$H_I = 9.01 \text{ m}$$

$$k_R = 1$$

$$0.0525 \leq 0.09 \text{ cumple}$$

$$H_* = 18.02 \text{ m} \quad (5)$$

No se cumple la condición geométrica de la ecuación (2), sin embargo se cumplen las otras condiciones. Por tanto se considera que la posibilidad de rotura de la ola sobre el paramento no es despreciable.

Francobordo:

$$\frac{F_c}{H_*} > 0.5 \rightarrow F_c > 9.01 \text{ m}$$

Ancho del dique:

$$\frac{B}{H_*} \sim 1.5 \rightarrow B \sim 27.03 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta la fase constructiva, la coronación del cajón será de 3 m sobre el nivel medio del mar. De esta manera las operaciones de construcción no se detendrán debido al oleaje salvo en condiciones excepcionales de temporal.

Por tanto para cumplir con un francobordo total del dique se construirá un espaldón de altura igual a la diferencia entre la cota de coronación y el francobordo.