

ANEJO N°9

DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE LOS PANTALANES

ÍNDICE:

1. INTRODUCCION

2. CARACTERÍSTICAS DE PANTALANES

2.1 SEPARACIÓN ENTRE PANTALANES

2.2 DIMENSIONES DE LOS PANTALANES

2.3 LONGITUD DE LOS PANTALANES

3. BOLARDOS

4. DEFENSAS

5. CÁLCULOS DE PANTALANES

5.1 DESCRIPCIÓN

5.2 CÁLCULOS PREVIOS

5.2.1 CÁLCULO DEL FORJADO

5.3 SEGURIDAD FRENTE AL DESLIZAMIENTO

5.4 SEGURIDAD FRENTE AL VUELCO

5.5 SEGURIDAD FRENTE AL HUNDIMIENTO

1. INTRODUCCION

Del estudio de soluciones se ha obtenido que el atraque será de costado a ambos lados del pantalán fijando la embarcación a bolardos. Esto significa que la fuerza más desfavorable será el tiro del barco bajo la acción del viento, por lo tanto, la resistencia de los bolardos debe ser acorde con las fuerzas de tiro que provocan las embarcaciones.

A continuación se van a definir las dimensiones de los pantalanes, así como la comprobación de las 3 posibilidades de fallo que pueda tener el pantalán : Deslizamiento, Vuelco y Hundimiento.

2. CARACTERÍSTICAS DE PANTALANES Y ATRAQUES.

2.1 Separación entre pantalanes.

La separación entre pantalanes dependerá de la manga de las embarcaciones, según la ROM 2.0-11 en el capítulo Uso NAÚTICO-DEPORTIVO, cada embarcación ocupa una longitud de línea de atraque (L_a) que se asigna a cada embarcación según criterio del proyectista.

$L_a = (1.15-1.25) \times \text{La manga de la embarcación.}$

En este proyecto se optó que:

$$L_a = 1.2 \times 9\text{m}$$

$$L_a \approx 11\text{ m}$$

Sin embargo la solución que se optó en este proyecto es el atraque a ambos lados del pantalán, es decir, entre cada 2 pantalanes al menos atracarían 2 embarcaciones.

$$L_a = 11 \times 2$$

$$\mathbf{L_a = 22\text{ m}}$$

2.2 Dimensiones de los pantalanes.

El pantalán es un elemento económico que sirve para proporcionar atraque a las embarcaciones y con adecuada distribución permite aprovechar íntegramente el espejo de agua abrigado.

La disposición de los pantalanes será, en la medida de lo posible, sensiblemente perpendicular a los muelle porque así gozarán de una mayor estabilidad y proporcionarán una mayor estética al conjunto de las instalaciones.

Para la definición geométrica de los pantalanes se han tenido en cuenta las siguientes recomendaciones dadas por el “Reglamento de Puertos Deportivos”.

- En cuanto a la longitud de los pantalanes, se aconseja que no sobrepase los 150 m por motivos de funcionalidad y comodidad, que no es el caso en este proyecto.
- La anchura mínima de los pantalanes debe ser de 2 m y si la longitud del pantalán es superior a 100 m la anchura mínima debe ser de 3m. Teniendo en cuenta el tamaño de las embarcaciones la anchura de los pantalanes será de 5 m.
- La altura de muelles y pantalanes deberá estar situada entre 0,80 y 1,20 m sobre el nivel medio del mar. En este caso será de 1 m.

2.3 Longitud de los pantalanes

La longitud de la línea de atraque ocupada dependerá de la manga del buque, Según la ROM 2.0-11 en el capítulo Uso NAÚTICO-DEPORTIVO, la longitud de atraque está definida como $0.7-1L_b$.

A criterios de diseño se optó que $L_b=46$ m.

3. BOLARDOS.

Los bolardos se dispondrán a lo largo de los pantalanes. Normalmente en las instalaciones náutico-deportivas suelen disponerse bolardos capaces de resistir esfuerzos de 10KN, que no es el caso en nuestro proyecto, ya que una embarcación de 45 m de eslora puede llegar a producir una fuerza de tiro de 38 Tn bajo un viento intenso.

La separación de los bolardos viene definida según la eslora de la embarcación

Eslora (m)	Separación entre bolardos (m)
≥ 25	≥ 7
18	6
15	5
12	4
10	3,5
8	3
6	2,5

Tabla 1

De la *tabla 1* se deduce que la separación entre bolardos será de 10 m y se dispondrá el siguiente tipo de bolardos: 500 mm de base x 460 mm de altura.

4. DEFENSAS

Las defensas se instalan en los pantalanes por una o más de las siguientes razones:

- Absorber la energía de impacto debida al atraque del buque
- Evitar que el casco del buque entre en contacto con la superestructura del atraque

- c. Evitar o reducir los movimientos del buque mientras permanece amarrado

Sin lugar a dudas la finalidad más importante de las defensas es absorber la energía cinética del buque en el momento de su atraque, evitando que sufran daños tanto su casco como la propia estructura del muelle. Está claramente demostrada la eficacia de la instalación de defensas en los muelles y pantalanes para embarcaciones de eslora mayor de 12 m, sobre todo a medida que ha ido aumentando su desplazamiento y la inversión realizada por este concepto está plenamente justificada en función de los costos de reparación que evita, por una parte, y en el ahorro en el diseño de las estructuras del atraque, por otra.

Además el sistema de defensas dispuesto debe evitar que la parte curva de la proa, cuando el buque atraca, entre en contacto con la superestructura del muelle, bolardos o cualquier otra instalación. Una vez atracado el buque, las defensas evitarán que su casco y el muelle puedan dañarse debido a los movimientos causados por el viento, variaciones en el nivel del mar, oleaje generado por viento o buques pasando por las cercanías del muelle, etc.

Otro aspecto a tener en cuenta en el diseño del sistema de defensas es su capacidad de reducir los movimientos del buque atracado. En efecto el buque, con su sistema de amarras y defensas, constituye un sistema con un periodo propio de oscilación. Cuando este periodo está próximo al de las olas o grupos de olas que alcanzan al muelle el sistema puede entrar en resonancia haciendo imposible las operaciones de carga o descarga. Con el sistema de amarras y defensas es posible cambiar el periodo de oscilación del barco y mejorar sus condiciones de operatividad.

Las defensas son unos perfiles de madera tropical de alta densidad, de 22 mm de espesor y 140 mm de anchura, se colocan a ambos lados del pantalán y sirven también como encofrados perdidos para la capa de compresión de la losa alveolar.

Cabe destacar que las defensas son continuas a lo largo del pantalán.

5. CÁLCULOS DE PANTALANES

5.1 DESCRIPCIÓN

El ancho de la losa de forjado es de 5 m que le suma el valor de las defensas de 10 cm a cada lado.

Los pantalanés se construyen con las pilas apoyadas sobre el terreno natural mediante enrase de grava de 25 cm de espesor.

Las pilas tienen las siguientes dimensiones en planta $4 \times 4,7 \text{ m}^2$ y apoyan a la cota -7 m sobre sacos de grava de 0,25 m.

En las pilas apoyan, en 0,5 m, losas de hormigón pretensado aligeradas de 25 cm de canto y 1 m de ancho que sirven de forjado entre pilas. Son auto-resistentes y admiten su peso más el de la capa de compresión que es de 5 cm de espesor más una sobrecarga de uso de 3 kN/m^2 , las losas llevarán las conducciones por los aligeramientos, hasta las tomas situadas en la arquetas de las pilas.

La capa de compresión llevará un ligero mallazo para evitar las fisuras debidas a la retracción y fluencia de hormigón.

La luz entre ejes de pilas es de 14 m, ya que la longitud de pantalanés es de 46 m por lo tanto tendremos 4 pilas y 3 vanos de 10 m de longitud.

El canto total de la losa alveolar con la capa de compresión es de 30 cm llegando desde la cota +0,7 m a la cota +1 m de coronación del pantalan.

5.2 CÁLCULOS PREVIOS:

5.2.1 CÁLCULO DEL FORJADO:

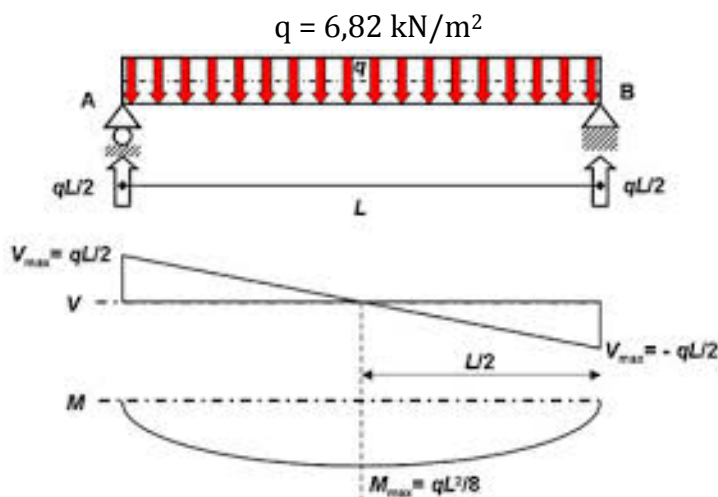
- Forjado de losa pretensada
- Control normal
- Vigas simplemente apoyadas

Ancho de placa: 1m

Peso propio de cada placa: 2,62 kN/m²

Peso propio de cada placa con la capa de compresión: 3,82 kN/m²

Sobre carga de uso: 3 kN/m²



Momento flector máximo positivo:

$$M^+ = (3,82 + 3) \cdot 10^2 / 8 = 85,25 \text{ kN.m}$$

$$M^+ = 85,25 < 105,85 \text{ kN.m} \quad \rightarrow \quad \text{Cumple}$$

Cortante máximo:

$$V_{\text{max}} = (3,82 + 3) \cdot 10 / 2 = 34,1 \text{ kN/m}$$

$$V_{\text{max}} = 34,1 < 93,15 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \quad \text{Cumple}$$

5.3 SEGURIDAD FRENTE AL DESLIZAMIENTO

Según la ROM 0.5-05 la seguridad frente al deslizamiento se considera suficiente cuando se verifica

$$F \leq H_{(rotura)}/H$$

Donde:

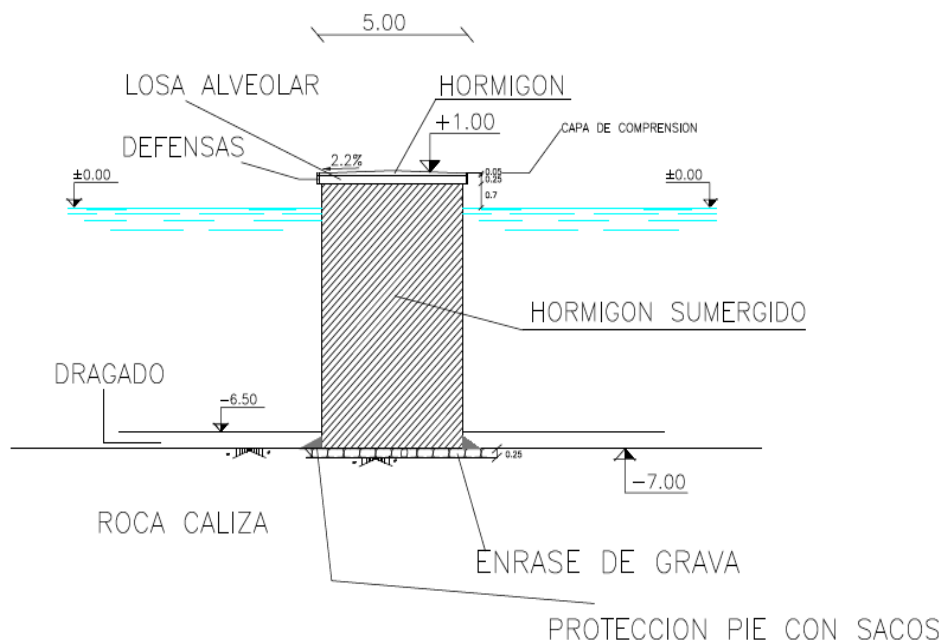
H = carga horizontal actuante

H_(rotura) = carga horizontal que produce la rotura

F = coeficiente de seguridad que se indica en la tabla siguiente

Tipo de combinación	Coeficiente de seguridad al deslizamiento
Cuasi-Permanente	1,5
Fundamental	1,3
Accidental	1,1

Datos adicionales:



DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE LOS PANTALANES

Peso específico hormigón emergido	25	kN/m ³
Peso específico hormigón sumergido	15	kN/m ³
longitud de la zapata	4	m
Ancho de la pila	4,7	m
luz de calculo	10	m
luz entre ejes de pilas	14	m
H ₁ = Altura emergida	1	m
H ₂ = Altura sumergida	7	m
ancho de la losa	5	m

Fuerzas estabilizadoras:

Según la ROM 0.5-05 la fuerza estabilizadora viene definida con la siguiente fórmula:

Peso de la capa de compresión	W1=	62,5	kN
Peso de la losa	W2=	131	kN
Peso de la zapata	W3= (emergidos)	470	kN
	W4=(sumergido)	1974	kN

$$H(\text{rotura}) = V \operatorname{tg} \varphi_c + a \cdot S + (E_p - E_a) + R_c$$

Donde:

V = carga vertical efectiva.

φ_c = ángulo de rozamiento del contacto del elemento de cimentación con el terreno.

a = adhesión cimiento-terreno, en este caso es 0.

S = superficie de apoyo.

E_p = empuje pasivo en la profundidad D (cara frontal que se opone al deslizamiento), en este caso no hay empujes de tierras

E_a = empuje activo en la profundidad D (cara trasera).

R_c = otras posibles resistencias del contorno de los alzados laterales del cimiento.

Entonces la formula final para calcular el deslizamiento se queda así:

$$H(\text{rotura}) = V \operatorname{tg} \varphi_c$$

Donde V es el sumatorio de todas las fuerzas verticales y φ_c ángulo de rozamiento del contacto del elemento de cimentación con el terreno.

En el caso de cimentaciones de hormigón in situ sobre rocas, se puede suponer, a falta de información, $\varphi_c = 40$ o ($\mu = \operatorname{tg} \varphi_c = 0,84$)

Tiro de bolardo (eslora 45 m) : 38 Tn = 380 kN

H	380	kN	
H(rotura)	2637,5x tg φ_c	kN	
F=H(rotura)/H	5,83	> 1,5	cumple

5.4 SEGURIDAD FRENTE AL VUELCO

Las cimentaciones superficiales mediante zapatas arriostradas o mediante losas no suelen volcar, ya que las excentricidades de las acciones suelen comenzarse con el sistema de arrastramiento. El vuelco es más típico de cimentaciones corridas, especialmente en pantalanes fijos, muros, muelles de gravedad, etc.

Como coeficientes de ponderación de las acciones se han tomado los siguientes valores de la ROM 0.5-05

- Acciones permanentes

Desfavorables $\gamma_g = 1,0$
Favorable $\gamma_g = 0,9$

- Acciones variables

Desfavorables $\gamma_g = 1,5$
Favorable $\gamma_g = 0,0$

Peso total	2637,5	kN	
b = ancho de la pila	4,7	m	
$M_r = P_t \cdot \text{ancho} / 2$	6198,125	kN.m	
$M_v = \text{ tiro} \cdot (H_1 + H_2)$	3040	kN.m	
$F_v = M_r / M_v$	2,04	> 2	cumple

5.5 SEGURIDAD FRENTE AL HUNDIMIENTO:

Las pilas de los pantalanos apoyan sobre una roca caliza, según la ROM 0.5-05 tendremos 2 casos:

Si $s < 10$ cm o $RQD < 10\%$ o muy meteorizada \geq grado IV \rightarrow trabajar con las formulas correspondiente a suelos.

Si $s > 10$ cm o $RQD > 10\%$ o muy meteorizada $<$ grado IV se trabaja con la formulas de las rocas, que es el caso en este proyecto, ya que, el RQD es mayor que el 25 %.

$$p_{vh} = 3 (p_r \cdot q_u)^{1/2} \cdot f_D \cdot f_A \cdot f_\delta < 15 \text{ MPa}$$

Donde:

p_{vh} = presión vertical efectiva que produce el hundimiento.

$p_r = 1$ MPa, presión de referencia.

q_u = resistencia a compresión simple de la roca sana.

f_D = factor de reducción debido al diaclasamiento.

s = espaciamiento entre litoclasas.

B^* = ancho equivalente de la cimentación.

B_0 = ancho de referencia, se tomará $B_0 = 1$ m.

RQD= índice de fragmentación de la roca.

f_A = factor de reducción debido al grado de alteración de la roca.

f_δ = factor que tiene en cuenta la inclinación de la carga. Se tomará:

$$f_\delta = (1,1 - \text{tg } \delta)^3 < 1$$

p_r	1	MPa
q_u	58,1	MPa
B_0	1	m
B^*	4,7	m
RQD	25,5	%
f_D	0,47	
f_A	0,7	
f_δ	1	

P_{vh}	7,46	MPa	
Pesto total	0,14	Mpa	
P_v	53,26	>2,8	cumple