

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional La Plata

Departamento de Ingeniería Civil



Carrera: Ingeniería Civil - Cátedra: Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alejandro F. Loudet

Obra: Puerto de la Ciudad de Miramar

MEMORIA DE INGENIERÍA

Autores:

Martin Mariano Marano Corvalan

Capítulo - Contenido	Pág. N°2
Cap A) Introduccion	3 de 30
Cap B) Acceso al puerto	3 de 30
B-1) Vías Maritima	3 de 30
B-2) Via Terrestre	11 de 30
Cap C) Obra de abrigo	15 de 30
C-1) Muro de gravedad	15 de 30
C-2) Deslizamiento	16 de 30
C-3) Volcamiento	17 de 30
C-4) Hundimiento	18 de 30
Cap D) Capacidad del puerto	21 de 30
D-1) Playa de contenedores	21 de 30
Cap E) Zona Deportiva	22 de 30
E-1) Diseño de Darsena Deportiva	22 de 30
Cap F) Zona de atraque	24 de 30
F-1) Diseño y ordenación de las zonas de atraque	25 de 30
F-1) Area de fondeo	28 de 30

1. INTRODUCCION

El Objetivo del proyecto consta en diseñar un puerto con fines comerciales y recreativos en la ciudad de Miramar con recurrencia de 25 años. en las coordenadas: Latitud 38° 17'21.02"S; longitud 57°50'29.93"O (Anexo 1)

La zona cuenta con :

- Desembocadura Mar Argentino
- Pleamar máxima: 2,25 m
- Bajamar máxima: - 0,50 m
- Amplitud máxima: 1.75 m
- Viento de - m/s con un fech de - km, una duración de - horas y en dirección Sudeste

Para Dicho puerto consta de una terminal; cargas generales y una de contenedores. Se tendrá en cuenta un buque de diseño de carga general de 15.000 DWT. Con buena maniobrabilidad
Características:

- Eslora = 162 m
- Manga = 21,7 m
- Puntal = 12,7 m
- Calado máximo = 9,1 m

2 ACCESO AL PUERTO

2.1 VIA MARITIMA

El acceso al puerto será por un canal dragado en el Mar Argentino Aplicando la normativa del PIANC, determine las dimensiones del canal (ancho y profundidad) requeridas para las siguientes condiciones y diseñe los perfiles transversales (Anexo 2):

- Entrando: con lastre
- Saliendo: con carga máxima
- Velocidad de desplazamiento: 5 Nudos en el interior y 9 en el exterior
- Cruce de buques prohibido
- Salida de buques en coincidencia con la pleamar.
- Vientos: 43 N para todas las direcciones
- Corrientes cruzadas: Exterior: 0,5 a 1 N Interior: 0,2 a 0.5 N
- Corrientes longitudinales: Bajas (<1.5 N)
- Oleaje 3.00 (Usar tabla ROM)
- Ayudas a la navegación: Buena señalización y ayuda
- $h/C = 1.15$ a 1.25
- Fondo áspero-suave y suelo arenoso
- Peligrosidad de la carga: baja (Tener en cuenta que son contenedores).

- Calado correspondiente a carga máxima según tabla.
- Adoptar efecto Squat 0.25 m.
- Margen de seguridad

Por existir afloramientos rocosos se considera según las ROM 1.20 respectivamente.

- Por sedimentación: por fondo arenoso se considera una sobre profundización de 0.10 m.
- Otros factores se consideran despreciables
- Veriles: 1:3
- Prof. Fuera del canal: Promedio 5 m

Ancho

$$W = B = W \text{ base} + W \text{ adicional} + W \text{ izq.} + W \text{ der}$$

$$W \text{ base} = f(\text{manga}) = 1.3 B = 1.3 \times 21.7 \text{ m} = 28.21$$

Maniobrabilidad Buena

Ancho básico de navegación que requiere el buque de diseño para navegar en muy buenas condiciones ambientales y de operación del canal.

TABLE 1

BASIC MANOEUVRING LANE

Ship Manoeuvrability	good	moderate	poor
Basic Manoeuvring Lane, w_{BM}	1.3 B	1.5 B	1.8 B

Velocidad

$$W \text{ adic.} = f(\text{veloc}) = 9 \text{ nudos Moderado (moderate)} = 0 \text{ m}$$

TABLE 2

ADDITIONAL WIDTHS FOR STRAIGHT CHANNEL SECTIONS

WIDTH w_1	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
(a) Vessel speed (knots)		
- fast > 12	0.1 B	0.1 B
- moderate > 8 - 12	0.0	0.0
- slow 5 - 8	0.0	0.0

Viento

W adic. = f(viento) = 43 nudos severo y vel. moderada = 0.8 B = 0.8x21.7m = 17.36m

WIDTH w_1	Vessel Speed	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
(b) Prevailing cross wind (knots)			
- mild ≤ 15 (\leq Beaufort 4)	all	0.0	0.0
- moderate $> 15 - 33$ ($>$ Beaufort 4 - Beaufort 7)	fast	0.3 B	-
	mod	0.4 B	0.4 B
	slow	0.5 B	0.5 B
- severe $> 33 - 48$ ($>$ Beaufort 7 - Beaufort 9)	fast	0.6 B	-
	mod	0.8 B	0.8 B
	slow	1.0 B	1.0 B

Corrientes cruzadas

W adic. = f(c.c.) = 0.5 a 1 nudos moderada y vel. moderada = 0.7 B = 0.7 x 21.7 = 15.19m

(e) Prevailing cross current (knots)			
- negligible < 0.2	all	0.0	0.0
- low 0.2 - 0.5	fast	0.1 B	-
	mod	0.2 B	0.1 B
	slow	0.3 B	0.2 B
- moderate $> 0.5 - 1.5$	fast	0.5 B	-
	mod	0.7 B	0.5 B
	slow	1.0 B	0.8 B
- strong $> 1.5 - 2.0$	fast	0.7 B	-
	mod	1.0 B	-
	slow	1.3 B	-

Corrientes longitudinales

W adic. = f(c.l.) = 1.5 nudos baja y vel. moderada = 0 x B = 0m

(d) Prevailing longitudinal current (knots)			
- low ≤ 1.5	all	0.0	0.0
- moderate $> 1.5 - 3$	fast	0.0	-
	mod	0.1 B	0.1 B
	slow	0.2 B	0.2 B
- strong > 3	fast	0.1 B	-
	mod	0.2 B	0.2 B
	slow	0.4 B	0.4 B

Altura y longitud de ola

W adic. = f (h. ola) = 3 m baja y vel. moderada = 1 x B = 21.7 m

(e) Significant wave height H_s and length λ (m)			
- $H_s \leq 1$ and $\lambda \leq L$	all	0.0	0.0
- $3 > H_s > 1$ and $\lambda \approx L$	fast	$\approx 2.0 B$	
	mod	$\approx 1.0 B$	
	slow	$\approx 0.5 B$	
- $H_s > 3$ and $\lambda > L$	fast	$\approx 3.0 B$	
	mod	$\approx 2.2 B$	
	slow	$\approx 1.5 B$	

Ayuda a la navegación

W adic. = f (a. n.) = buena = 0.1 B = 0.1 x 21.7 = 2.17m

WIDTH w_1	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
(f) Aids to Navigation		
- excellent with shore traffic control	0.0	0.0
- good	0.1 B	0.1 B
- average, visual and ship board, infrequent poor visibility	0.2 B	0.2 B
- average, visual and ship board, frequent poor visibility	$\geq 0.5 B$	$\geq 0.5 B$

Superficie inferior

W adic. = f(sup. inf.) = fondo liso y suelo suave = 0.1 x B = 0.1 x 21.7 = 2.17m

(g) Bottom surface		
- if depth $\geq 1.5 T$	0.0	0.0
- if depth $< 1.5 T$ then		
- smooth and soft	0.1 B	0.1 B
- smooth or sloping and hard	0.1 B	0.1 B
- rough and hard	0.2 B	0.2 B

Profundidad de la vía

W adic. = f(prof.) = fondo 1.15 a 1.25 T = 0.2 x B = 4.34m

(h) Depth of waterway			
- $\geq 1.5 T$	0.0	$\geq 1.5 T$	0.0
- 1.5 T - 1.25 T	0.1 B	$< 1.5 T - 1.15 T$	0.2 B
- $< 1.25 T$	0.2 B	$< 1.15 T$	0.4 B

Nivel de peligro de carga

W adic. = f(categoría) = 0,8 x B = 0.8 x 21.7 = 17.36m

(i) Cargo hazard level		
- low	0.0	0.0
- medium	$\geq 0.5 B$	$\geq 0.4 B$
- high	$\geq 1.0 B$	$\geq 0.8 B$

TABLE 5

CATEGORY	CARGO
Low	Dry bulk, break bulk, containers, passengers, general freight, trailer freight
Medium	Oil in bulk
High	Aviation spirit, LPG, LNG, chemicals of all classes

Veril izquierdo y derecho

W adic. = f (pend. del canal y fondo de los bancos) vel. moderada = $0.5 \times B = 10.85 \times 2$ veriles = 21.7m

W adic. = f (taludes empinados y duros) = vel. moderada = $1 \times B = 1 \times 21.7 = 21.7 \times 2$ veriles = 43.4m

Width for bank clearance (W_B , or W_{Ng})	Vessel Speed	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
Sloping channel edges and shoals: 	fast	0.7 B	-
	moderate	0.5 B	0.5 B
	slow	0.3 B	0.3 B
Steep and hard embankments, structures: 	fast	1.3	-
	moderate	1.0 B	1.0 B
	slow	0.5 B	0.5 B

W TOTAL = 111

Para determinar el volumen de dragado para la construcción del canal. Y la duración en días del dragado si se draga con un equipo de las siguientes características:

- Draga de succión por arrastre de 1300 m^3 de capacidad de cántara.
- Rendimiento de cántara: 70 %
- Velocidad de navegación: 12 Nudos.
- Distancia de zona de deposición: 3000 m.
- Tiempo de carga: 30 minutos.
- Tiempo de descarga: 5 minutos.

Profundidad de Excavación**Exterior**

1) Calado =	9,1	m
2) Movimientos vert. =	0,87	m
3) Squat =	0,25	m
4) Tipo de fondo =	1,20	m
5) Sedimentación =	0,10	m

Prof. Ext. = 11,60 m

TABLA 7.1. MOVIMIENTOS VERTICALES DEL BUQUE DEBIDOS A LA ACCIÓN DEL OLEAJE

Eslora del buque (L_{pp} en m)	Altura de la ola (m)							
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
	Desplazamiento vertical (m)							
75	0,10	0,17	0,34	0,58	0,76	1,02	1,30	1,58
100	0,05	0,14	0,28	0,46	0,65	0,87	1,12	1,36
150	0,00	0,09	0,20	0,34	0,51	0,69	0,87	1,08
200	0,00	0,05	0,15	0,26	0,40	0,57	0,72	0,92
250	0,00	0,03	0,10	0,21	0,33	0,48	0,63	0,80
300	0,00	0,00	0,07	0,16	0,25	0,39	0,56	0,68
400	0,00	0,00	0,04	0,11	0,18	0,31	0,51	0,68

CALCULOS DE DRAGADO

Prog.	W del canal	Cota Terreno Natural	Cota de Proyecto	Superficie	Promedio sección	Dist. Parcial	Volumen
(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m)	(m ³)
0+000	111	1,80	10,50	496	-	-	-
0+219	111	2,20	10,50	473	485	219	106106
0+468	111	3,00	10,50	428	450	249	112125
2+275	111	3,20	11,60	932	680	1807	1228670
4+842	111	4,10	11,60	833	882	2567	2265249
6+945	111	5,20	11,60	710	771	2103	1622359
10+717	111	5,80	11,60	644	677	3772	2554021
13+771	111	6,50	11,60	566	605	3054	1847517

17+447	111	5,80	11,60	644	605	3676	2223796
26+091	111	6,80	11,60	533	588	8644	5085265
34+735	111	7,90	11,60	411	472	8644	4077807
37+830	111	8,80	11,60	311	361	3095	1116521
42+072	111	9,60	11,60	222	266	4242	1130069

vol. Total = 23.369.505 m³

Costo exc = 1500 \$/m³

Costo Total = 3.505.425.750 \$

Duración de días de dragado:

Datos equipo:

Draga de succión por arrastre, Cap = 1300 m³
 Rendimiento Cántara = 70 % 1 nudo = 2000 m/h
 Velocidad de navegación = 12 nudos 24000 m/h
 Distancia a zona de deposición = 3000 m
 Tiempo de carga = 30 minutos
 Tiempo de descarga = 5 minutos

Nº viajes = Volumen Total / (Volumen de cántara x Rendimiento) = 25681 Viajes

Tiempo de viaje = Distancia / Velocidad de navegación = 0,13 horas 8 min

Tiempo total = T carga + 2 x Tviaje + Tdescarga = 0,83 horas 50 min

Número de días = Nº viajes x Tiempo total = 888 Días de 24 hs

2664 Días de 8 hs

2.2 VIA TERRESTRE

La zona de implantación del puerto no cuenta actualmente con un acceso bueno y directo, ya que el acceso que tiene es por calle de tierra y de ahí tiene que pasar por el centro de Miramar. Poner en condiciones este acceso que actualmente existe, no es una opción viable ya que traería consecuencias estructurales para las calles de la ciudad y problema sociales. La mejor opción sería conectar el puerto mediante una autopista nueva, que no atraviese la ciudad, con la ruta provincial 11 y de ahí tiene acceso a ruta provincial 77 y siguiente a la ruta provincial 88

Vía ferroviaria no es viable ya que no se encuentra ningún ferrocarril en la cercanía

3 LA OBRA DE ABRIGO

Como el puerto fue diseñado mar adentro para la protección se tuvo en cuenta el oleaje, el viento (velocidad y fech) en el sitio de implantación, con lo que se determinó la altura de diseño

- $U=24$ m/s
- $F= 150$ km
- $d= 1.5$ horas
- dirección: Noroeste

Como resultado se obtuvo lo siguiente:

U	24	m/seg	U	24	m/seg
F	150	km	d	1,5	hs
Hs (U)	5	m	Hs(d)	1,5	m
Ts (U)	10	seg	Ts(d)	4,5	seg
Altura de diseño		Hs	1,905	m	
Tiempo de diseño		Ts	4,5	seg	

Se elige la menor altura = 1.90 mts

Luego se definió el perfil transversal de la escollera, las cotas de fondo, cota mínima de núcleo y coronamiento y los taludes laterales, adoptándose 1:2 para estos últimos.

Para la determinación se utilizó la siguiente metodología:

- Cota de núcleo mínima
 $CSN= \text{Nivel medio} + 0,5 \text{ m}$
- Cota de fondo
 $CF= 4\text{m}$
- Cota de coronamiento mínima
 $CC= PM + \text{RunUp}$

$$R = \left(\frac{\pi}{2\theta}\right)^{1/2} H_s$$

Donde

θ = Angulo de pendiente del talud

$\theta = 27^\circ = 0,46$ rad

Nf	4	m	m	2	
Nnuc min	3,70	m	Φ	0,46	rad
Ncor min	5,10	m	R	3,51	m

Para definir los perfiles transversales de la escollera, utilizamos la fórmula de Hudson que se muestra a continuación donde determinamos el peso de elementos de las capas:

$$W1 = \frac{\gamma_r H_s^3}{K_d \Delta^3 m}$$

Dónde:

γ_r = Densidad de la roca

H_s = Altura de diseño de la ola

K_d = Coeficiente de estabilidad

$$\Delta = \frac{\gamma_r - \gamma_w}{\gamma_w}$$

m = Pendiente

Adoptamos el valor de K_d en base a una roca triturada (rugosa) y colocada en forma aleatoria.

Para averiguar si es ola rompiente o no rompiente debemos verificar lo siguiente:

$0,78 \times h$ (profundidad de pie de obra) $\neq H_s$ \Rightarrow Ola no rompiente

$0,78 \times h$ (profundidad de pie de obra) $= H_s$ \Rightarrow Ola rompiente

$$0,78 * N_{cor \text{ min}} (4 \text{ mts}) = 3.12$$

Como $3.12 \neq H_s (1.9)$ se trata de ola no rompiente

Para las siguientes capas:

Peso de la capa secundaria $W2 = W1/10$

Peso de la capa del núcleo $W_{nucleo} = W1/200$

Peso de la capa al pie de la escollera $W_{pie} = W2$

Para el morro consideramos el mismo peso de capa primaria que para el cuerpo, pero debemos hallar el talud con el cual construirlo. Por lo tanto, de la fórmula de Hudson despejamos m manteniendo los otros datos ya que utilizamos las mismas rocas, modificando el K_d , colocando el correspondiente al morro.

	γ_s	K_d	Δ	m	$W1$	$W2$	W_{nuc}	W_{pie}
Cuerpo	2,65	4	1,65	2	0,51	0,05	0,00	0,05
Morro	2,65	2,3	1,65	4	0,51	0,05	0,00	0,05

Para conocer el espesor que tendrá la capa primaria, secundaria y el pie, se utilizó la siguiente expresión:

$$E_i = n K_{\Delta} \left(\frac{W_i}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

n : número de capas

K_{Δ} = Coeficiente de capa.

$E_{pie} = E2$

La longitud de la capa al pie de la escollera será:

$$\text{Long pie} = 2 \times E1$$

Determinación del ancho del coronamiento del núcleo:

$$B = n K_{\Delta} \left(\frac{W_{nucleo}}{\gamma_s} \right)^{\frac{1}{3}} > 3,5mts$$

n	K_{Δ}	$E1$	$E2$	E_{pie}	Long pie	B
2	1,15	1,40	0,70	0,70	2,80	0,30

Adoptamos un ancho $B = 4m$ para que pueda pasar un camión

Para el resto de las capas se obtiene geoméricamente.

VERIFICACIÓ

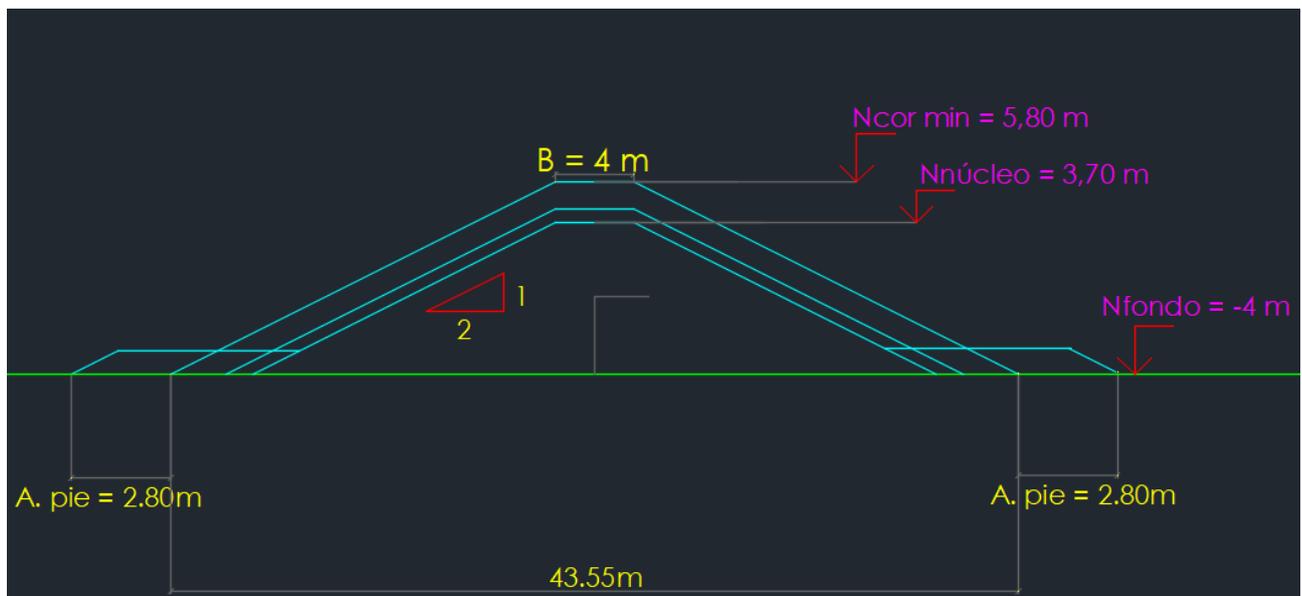
Se debe verificar que los espesores adoptados en cada una de las capas cumplan con los niveles mínimos que se necesitan.

$$N_{nucleo \text{ min}} = N_{cmin} - E1 - E2 = 5.10 - 1.40 - 0.70 = 3mts$$

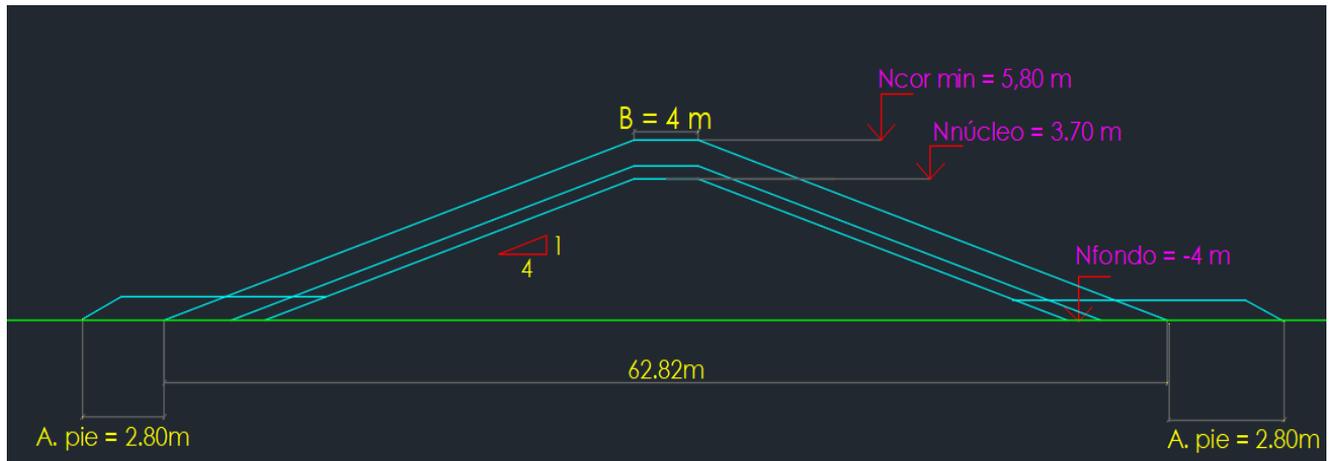
Como no verifica porque cota de núcleo mínima tiene que ser 3.70 se hace la verificación a la inversa
 $N_{\text{min}} = N_{\text{nucleo min}} + E1 + E2 = 3.70 + 1.40 + 0.70 = 5.80 \text{ mts}$

Entonces Nuestra nueva cota de coronamiento mínima es 5.80 mts y la cota de núcleo mínima es 3.70

Perfil transversal Cuerpo



Perfil transversal Morro



4 TIPOLOGIAS DE ATRAQUE

Se utilizarán 1 tipos de tipología, muros de gravedad para las diferentes secciones de atraque

4.1 MURO DE GRAVEDAD

DATOS:

- Tirón de Bita: 2 tn/m
- Sobrecarga: 2 tn/m
- P.e. Hº: 2,2 tn/m³
- P.e. Arena seca: 1,8 tn/m³
- P.e. Arena sumergida: 1,0 tn/m³
- Φ : 35º
- N: 30

Según nuestro tipo de buque obtenemos sus características generales:

- **LONGITUD** = eslora x 1,1 = 162m x 1,1 = **178,2m**

- **ALTURA**

Se toma una revancha de 1.5m. De esta manera podemos calcular el Nivel de Coronamiento y el Nivel de Dragado:

$$NC = N_{\max 25 \text{ años}} + \text{revancha} = 3,75\text{m} + 1.5\text{m} = \mathbf{5,25\text{m}}$$

$$NF = N_{\min 25 \text{ años}} - \text{calado}(c) - \text{revancha}(10\%c) = -2,60\text{m} - 9,1\text{m} - 0.91\text{m} = \mathbf{-12,61\text{m}}$$

La altura del muro de gravedad será determinada de la siguiente manera:

$$H = NC - ND = 5.25 + 12,61\text{m} = \mathbf{17.86\text{m}}$$

$$\text{Calculamos } \Delta h = \text{amplitud}/3 = 1,15\text{m} / 3 = \mathbf{0,38\text{m}}$$

• ANCHO

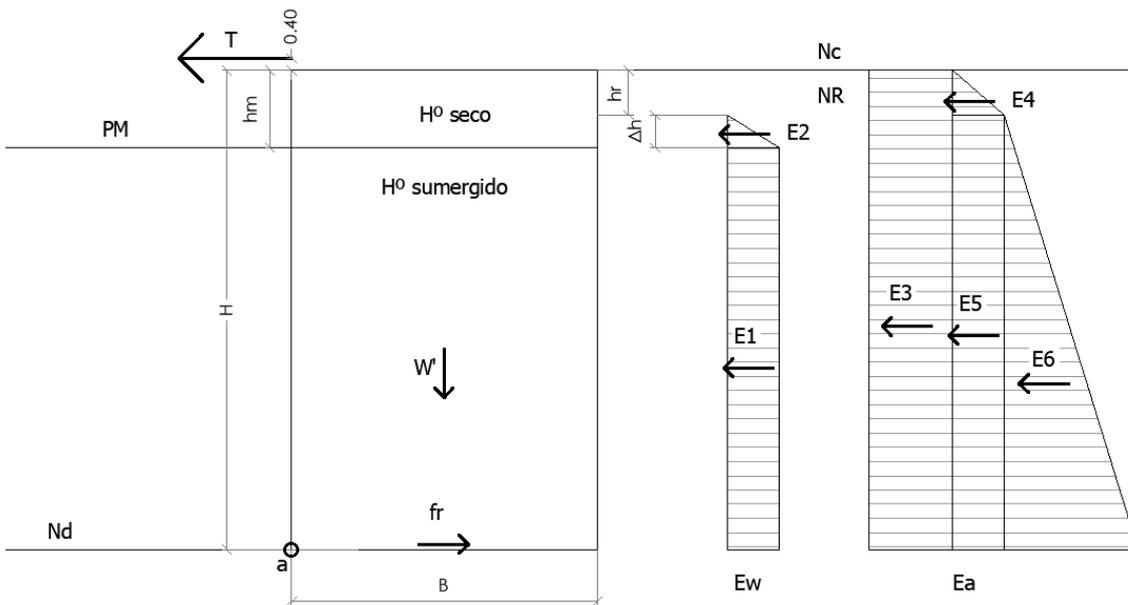
Estudiaremos los diferentes modos de falla: deslizamiento, volcamiento y hundimiento.

4.1.1 DESLIZAMIENTO

(no se consideran las sobrecargas sobre el muro)

$$Ec. \text{ de equilibrio de fuerzas} = \frac{\Sigma \text{fuerzas estabilizantes}}{\Sigma \text{fuerzas desestabilizantes}} \geq FS$$

Siendo FS = coeficiente de seguridad = 1,5



- Como fuerzas estabilizantes tenemos el peso propio del muro y la fuerza de fricción con el suelo

Fr x W'

$$W' = B [\gamma H^{\circ} \text{seco} \times hm + \gamma H^{\circ} \text{sum} \times (H - hm)]$$

- Como fuerzas desestabilizantes tendremos el tirón de bita, el empuje activo del suelo y el empuje hidrostático por nivel residual.

T = 2 tn/m

$$Ea = Ka \times Q \times H + 0,5 (Ka \times \gamma_{\text{seco}} \times hr^2) + Ka \times \gamma_{\text{seco}} \times hr (H-hr) + 0,5 [Ka \times \gamma_{\text{sum}} (H-hr)^2]$$

$$Ew = 0,5 (\gamma_w \times \Delta h^2) + \gamma_w \times \Delta h (H-hm)$$

De la ecuación inicial se debe despejar B para cada caso. El valor máximo será el obtenido para deslizamiento.

Deslizamiento								
Caso	N marea	N residual	hm	hr	Ea	Ew	W'/B	Bd

1	3,75	3,75	1,50	1,50	58,46	0	19,06	11,90
2	3,37	3,75	1,88	1,50	58,46	6,20	19,37	12,91
3	2,98	3,37	2,27	1,88	59,81	6,05	19,67	12,93
4	2,60	2,98	2,65	2,27	61,12	5,90	19,98	12,95
5	2,22	2,60	3,03	2,65	62,40	5,76	20,29	12,97
6	1,83	2,22	3,42	3,03	63,65	5,61	20,59	12,98
7	1,45	1,83	3,80	3,42	64,86	5,46	20,90	12,98
8	1,07	1,45	4,18	3,80	66,05	5,32	21,21	12,97
9	0,68	1,07	4,57	4,18	67,20	5,17	21,51	12,96
10	0,30	0,68	4,95	4,57	68,32	5,02	21,82	12,95
11	-0,08	0,30	5,33	4,95	69,41	4,88	22,13	12,93
12	-0,47	-0,08	5,72	5,33	70,47	4,73	22,43	12,90
13	-0,85	-0,47	6,10	5,72	71,49	4,58	22,74	12,87
14	-1,23	-0,85	6,48	6,10	72,49	4,43	23,05	12,84
15	-1,62	-1,23	6,87	6,48	73,45	4,29	23,35	12,80
16	-2,00	-1,62	7,25	6,87	74,38	4,14	23,66	12,76
17	-2,38	-2,00	7,63	7,25	75,27	3,99	23,97	12,72
18	-2,60	-2,38	7,85	7,63	76,14	3,91	24,14	12,75
19	-2,60	-2,60	7,85	7,85	76,61	3,91	24,14	12,82

4.1.2 VOLCAMIENTO

(no se consideran las sobrecargas sobre el muro)

$$\text{Ec. de equilibrio de momentos} = \frac{\sum M \text{ estabilizantes}}{\sum M \text{ desestabilizantes}} \geq FS$$

Siendo FS = coeficiente de seguridad = 1,5

- Como Momentos estabilizantes tenemos el peso del muro por brazo de palanca

$$M_e = W \times \text{brazo de palanca}$$

$$W = \gamma_n \times B \times H \times 1m$$

- Como Momentos desestabilizantes tenemos el tirón de bita por brazo de palanca, el empuje activo de suelos por brazo de palanca y el empuje hidrostático por nivel residual por brazo de palanca.

Para ello debemos tener en cuenta dónde están ubicadas las componentes de los empujes.

De la ecuación inicial se debe despejar B para cada caso. El valor máximo será el obtenido para volcamiento.

Volcamiento									
E1	E2	M Ew	E3	E4	E5	E6	M Ea	B ²	Bv
0,00	0,00	0,00	9,68	0,55	11,97	36,27	292,49	51,79	7,20
6,12	0,07	50,11	9,68	0,55	11,97	36,27	292,49	58,73	7,66
5,98	0,07	47,76	9,68	0,87	14,68	34,59	310,14	60,15	7,76
5,83	0,07	45,47	9,68	1,25	17,24	32,95	326,97	61,40	7,84
5,68	0,07	43,23	9,68	1,71	19,66	31,35	342,99	62,51	7,91
5,54	0,07	41,05	9,68	2,24	21,94	29,79	358,22	63,49	7,97

5,39	0,07	38,93	9,68	2,85	24,07	28,27	372,68	64,33	8,02
5,24	0,07	36,87	9,68	3,52	26,06	26,79	386,39	65,04	8,06
5,10	0,07	34,86	9,68	4,27	27,91	25,34	399,38	65,65	8,10
4,95	0,07	32,90	9,68	5,09	29,61	23,94	411,66	66,14	8,13
4,80	0,07	31,01	9,68	5,98	31,17	22,58	423,25	66,54	8,16
4,65	0,07	29,16	9,68	6,94	32,59	21,26	434,18	66,85	8,18
4,51	0,07	27,38	9,68	7,97	33,86	19,98	444,45	67,06	8,19
4,36	0,07	25,65	9,68	9,08	34,99	18,74	454,10	67,20	8,20
4,21	0,07	23,98	9,68	10,25	35,98	17,54	463,13	67,27	8,20
4,07	0,07	22,37	9,68	11,50	36,82	16,38	471,58	67,26	8,20
3,92	0,07	20,81	9,68	12,82	37,52	15,25	479,46	67,19	8,20
2,17	0,02	11,09	9,68	14,21	38,08	14,17	486,79	66,41	8,15
0,00	0,00	0,00	9,68	15,03	38,33	13,58	490,70	65,52	8,09

4.1.3 HUNDIMIENTO

(se consideran las sobrecargas sobre el muro)

Se debe analizar el estado tensional en el suelo. Para ello, debemos determinar la excentricidad total de las cargas actuantes

$$e = \frac{Mt}{\sum Fy}$$

Se debe cumplir que: $\sigma_{max} = \frac{N}{A} + \frac{M_{desestabilizantes}}{W} \leq \sigma_{adm}$

Tomamos como σ_{adm} del suelo = $1,5 \times N_{SPT} = 1,5 \times 40 = 60$

- Si $e < B/6 \Rightarrow \sigma_{max} = Fy / (B \cdot 1m) + M_{desest}/B^2 \cdot x1m/6$
- Si $e > B/6 \Rightarrow \sigma_{max} = 2 \cdot \sum Fy / 3 \cdot (B/2 - e)$

El valor de B utilizado es el mayor de los valores resultantes del análisis por deslizamiento y volcamiento.

Para verificar que no haya tensiones negativas en el hormigón la resultante debe caer en el tercio medio de la base, por lo tanto, se debe cumplir que:

$$he = B/6$$

Hundimiento						Tensiones negativas en Hº				
σ_{adm}	N	A	M vol	W	σ	Sum Fy	M vol	e	B/6	Cumple
45	249,35	12,98	329,01	28,07	30,94	249,35	329,01	1,32	2,16	SI
45	253,33	12,98	379,12	28,07	33,03	253,33	379,12	1,50	2,16	SI
45	257,31	12,98	394,42	28,07	33,88	257,31	394,42	1,53	2,16	SI
45	261,29	12,98	408,96	28,07	34,70	261,29	408,96	1,57	2,16	SI
45	265,27	12,98	422,74	28,07	35,50	265,27	422,74	1,59	2,16	SI
45	269,25	12,98	435,79	28,07	36,27	269,25	435,79	1,62	2,16	SI
45	273,23	12,98	448,13	28,07	37,02	273,23	448,13	1,64	2,16	SI
45	277,20	12,98	459,78	28,07	37,74	277,20	459,78	1,66	2,16	SI
45	281,18	12,98	470,76	28,07	38,44	281,18	470,76	1,67	2,16	SI

45	285,16	12,98	481,08	28,07	39,11	285,16	481,08	1,69	2,16	SI
45	289,14	12,98	490,78	28,07	39,77	289,14	490,78	1,70	2,16	SI
45	293,12	12,98	499,86	28,07	40,40	293,12	499,86	1,71	2,16	SI
45	297,10	12,98	508,35	28,07	41,01	297,10	508,35	1,71	2,16	SI
45	301,08	12,98	516,27	28,07	41,59	301,08	516,27	1,71	2,16	SI
45	305,06	12,98	523,63	28,07	42,16	305,06	523,63	1,72	2,16	SI
45	309,04	12,98	530,47	28,07	42,71	309,04	530,47	1,72	2,16	SI
45	313,02	12,98	536,79	28,07	43,25	313,02	536,79	1,71	2,16	SI
45	315,27	12,98	534,40	28,07	43,33	315,27	534,40	1,70	2,16	SI
45	315,27	12,98	527,22	28,07	43,08	315,27	527,22	1,67	2,16	SI

Caso 1: nivel de marea y nivel residual en $P_{max_{25años}}$

Caso 2: nivel de marea baja desciende Δh y nivel residual se mantiene en $P_{max_{25años}}$

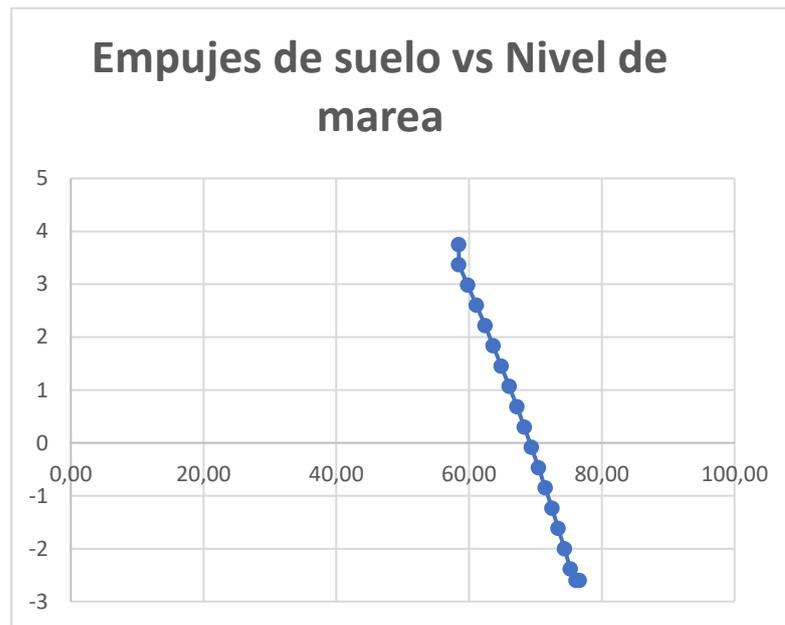
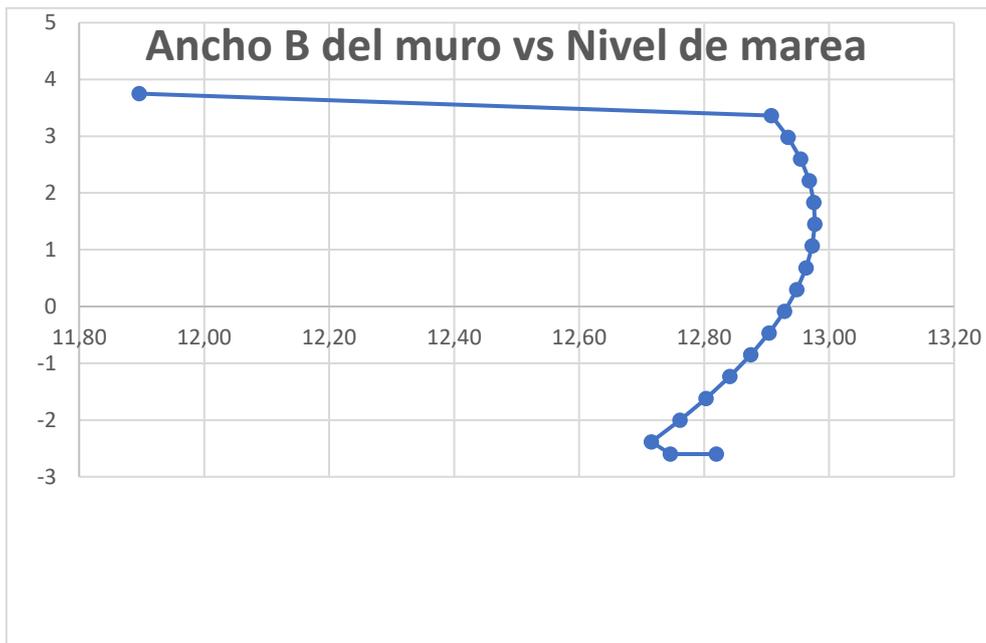
Caso 3: ambos niveles bajan Δh

Así sucesivamente hasta llegar al caso que el nivel de marea llega al $B_{max_{25años}}$ no estando allí el nivel residual.

• CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

- Costo del HºSº: 15000 \$/m³ (precio unitario del material puesto en obra, colocado y terminado)
- Volumen de HºSº: $B \times H \times L = m^3$
- Costo total = Vol HºSº x Costo HºSº = 41302.16 m³ x 15000\$/m³ = \$ 619.531.950

Caso	N marea	Ea	Ew	Suma	Bd
1	3,75	58,46	0	58,46	11,90
2	3,37	58,46	6,20	64,66	12,91
3	2,98	59,81	6,05	65,86	12,93
4	2,60	61,12	5,90	67,02	12,95
5	2,22	62,40	5,76	68,16	12,97
6	1,83	63,65	5,61	69,26	12,98
7	1,45	64,86	5,46	70,33	12,98
8	1,07	66,05	5,32	71,36	12,97
9	0,68	67,20	5,17	72,37	12,96
10	0,30	68,32	5,02	73,34	12,95
11	-0,08	69,41	4,88	74,29	12,93
12	-0,47	70,47	4,73	75,20	12,90
13	-0,85	71,49	4,58	76,07	12,87
14	-1,23	72,49	4,43	76,92	12,84
15	-1,62	73,45	4,29	77,73	12,80
16	-2,00	74,38	4,14	78,52	12,76
17	-2,38	75,27	3,99	79,27	12,72
18	-2,60	76,14	3,91	80,05	12,75
19	-2,60	76,61	3,91	80,53	12,82



5 CAPASIDAD DEL PUERTO**5.1 PLAYA DE CONTENEDORES**

- La terminal de contenedores depende de equipo de manipulación
- Tiempo de permanencia promedio 7 días Coeficiente de ocupación:0,75
- Altura de apilado 3
- Factor de apilamiento 0.7

Al considerarse una playa unificada se utiliza la siguiente formula:

$$S_i = \frac{C_i \times t_i \times s_i}{h_i \times 365 \times g_o \times a_o}$$

Siendo:

S_i : Superficie de almacenaje correspondiente al tipo de trafico

C_i : Volumen anual de mercancía correspondiente al tipo de trafico (TEU) se computa solo una vez

Adopto 1

100.000 TEU/año

t_i : Tiempo medio de transito o estancia de la mercancía correspondiente al tráfico en el área de almacenamiento (días). Adopto 7 dias

s_i : Superficie unitaria bruta requerida (m^2) por el tipo de trafico por TEU. Por tabla 19, con altura de apilado 3 y equipo Straddle carrier Es $s_i = 18 m^2$

h_i : Factor de apilamiento (de 0.6 a 0.8). Adopto 0.8

g_o : Factor de ocupación a falta de datos. Adopta 0.80

a_o : Coeficiente de almacenamiento neto (entre el 60% y el 75 %). Adopto 75%

Entonces, la playa de almacenaje de contenedores tiene que tener una superficie de 71917.80 m^2

Entonces quedara definida por 250 m x 287.67 m

6. ZONA DEPORTIVA

6.1 DISEÑO DE LA DÁRSENA DEPORTIVA

Lo primero es definir nuestras embarcaciones tipo para los cálculos

Definición del buque de cálculo en embarcaciones a motor y vela

Embarcaciones a motor				
Eslora (m)	Rango aplicable (m)	Manga (m)	Calado (m)	
6	<8	2,1	1,0	
9	8-10	2,7	1,5	
12	10-12	3,4	1,8	
15	12-15	4,0	2,3	
18	15-20	4,4	2,7	
21	20-22	5,0	3,0	
24	22-25	5,5	3,3	

Fuente. ROM 3.1-99

De la tabla de la ROM decidí hacer 2 zonas para 2 tipo de embarcaciones: para embarcaciones menores a 12 M de eslora y otra para mayores a 12m y menores a 24 m de eslora

Dimensiones estándar del buque de cálculo

Buque de diseño. Medidas máximas para el dimensionamiento				
Buque de diseño	L Eslora (m)	B Manga (m)	D Calado (m)	
1	12	3,5	2,1	
2	24	5,5	3,6	

Fuente. Elaboración propia

Área de reviro en la entrada

Dentro del concepto de áreas de maniobra, se engloban las zonas reservadas para parar, revirar o arrancar el buque. A pesar de la gran maniobrabilidad de las embarcaciones deportivas, la gran acumulación de tráfico en temporada estival y los requerimientos de espacio en remolcaje, hacen que sea recomendable disponer de un área de reviro en la boca de la dársena, con su centro situado en el eje longitudinal de la misma y de radio $1,5 \cdot L$ (siendo L la eslora del buque de cálculo).

Área de Reviro para buque 1 = $1.5 L = 1.5 \times 12 = 18 \text{ m}$

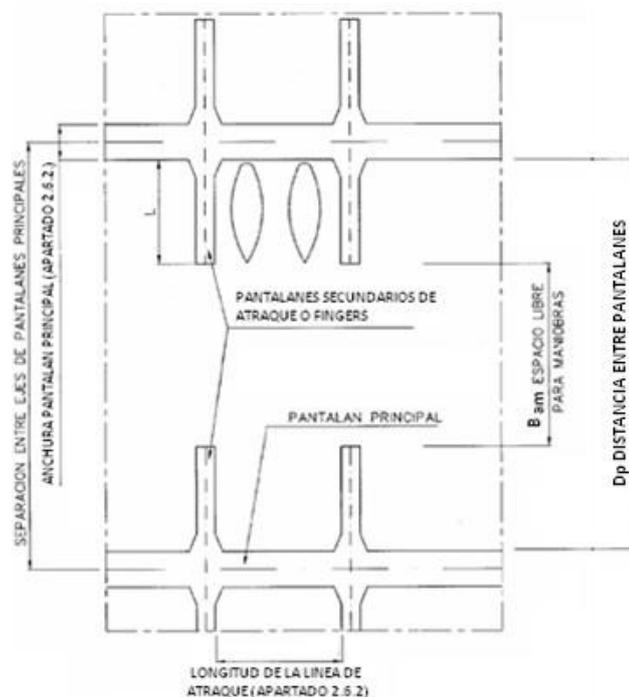
Área de Reviro para buque 2 = $1.5 L = 1.5 \times 24 = 36 \text{ m}$

Área de maniobra entre los atraques

El diseño de la dársena deportiva requiere la reserva de espacios para llevar a cabo las maniobras de atraque y salida de barcos. En el caso frecuente de utilización de pantalanes como ejes vertebradores del puerto deportivo, La separación mínima entre pantalanes principales, medida entre extremos de los pantalanes de atraque (o de los barcos amarrados a ellas si es más desfavorable), será, como mínimo de:

Determinación de la anchura del área de maniobra entre atraques

Tipología de amarre	B_{am}		Buque 1	Buque 2
	$L \leq 12 \text{ m.}$	$L > 12 \text{ m.}$	$L \leq 12 \text{ m.}$	$L > 12 \text{ m.}$
Amarre en punta mediante tren de fondeo	$2,0 \cdot L$	$1,75 \cdot L$	24	42
Amarre en punta mediante finger	$1,5 \cdot L$	$1,5 \cdot L$	18	36
Amarre abarloado a muelle	$1,75 \cdot L$	$1,75 \cdot L$	21	42



L = Eslora del buque de cálculo

A efectos prácticos de dimensionamiento de la dársena es útil conocer la **distancia entre pantalanes (D_p)**, que según los criterios mencionados se puede determinar como la suma de la anchura del área de maniobra más dos veces la eslora de los barcos atracados a popa/proa de éstos:

$$D_p \geq B_{am} + 2 \cdot L$$

Distancias entre pantalanés según Tipología de amarre	Buque 1	Buque 2	Buque1	Buque 2
	L ≤ 12 m.	L > 12 m	Dn Mayor a	
Amarre en punta mediante tren de fondeo	24	42	48	90
Amarre en punta mediante finger	18	36	42	84
Amarre abarloado a muelle	21	42	45	93

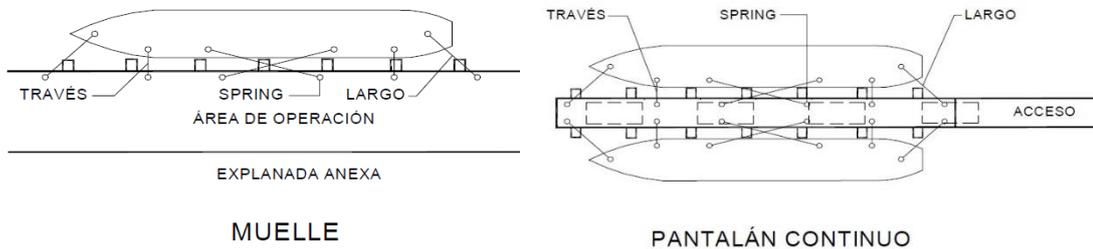
7. ZONAS DE ATRAQUE

Tipologías de atraque

El objetivo fundamental de una obra de atraque y amarre es proporcionar a los buques unas condiciones adecuadas y seguras para su permanencia en puerto. Las obras de atraque y amarre pueden clasificarse en:

- **Muelles:** Estructuras de atraque y amarre fijas que conforman una línea de atraque continua, que en general excede en longitud al buque amarrado. Disponen de explanadas traseras adosadas conectadas con tierra.
- **Pantalanes:** Estructuras de atraque y amarre, fijas o flotantes, que pueden conformar líneas de atraque tanto continuas como discontinuas, atracables a uno o a ambos lados (los pantalanés discontinuos suelen responder a soluciones discontinuas con duques de alba, plataformas o boyas de amarre). No disponen de rellenos y, por tanto, no dan lugar a la creación de explanadas. La conexión suele realizarse bien por prolongación de la misma estructura o mediante pasarelas o puentes.
- **Duques de Alba:** Estructuras exentas y separadas de la costa que se utilizan como puntos de atraque, de amarre o de ayuda a las maniobras de atraque.
- **Boyas de Amarre:** Estructuras de amarre flotantes, cuya posibilidad de movimientos se encuentra limitada por una cadena amarrada a un ancla, a un muerto o a ambas cosas, los cuales suponen un punto fijo en el fondo. Se denominan campos de boyas las disposiciones que posibilitan el amarre de un buque simultáneamente a varias boyas con el objeto de limitar los movimientos del buque amarrado.

Tipologías de atraque en puertos deportivos



Las obras de atraque para uso deportivo deben fundamentalmente garantizar una permanencia segura de los barcos en puerto, facilitando la accesibilidad de sus usuarios. El principal condicionante es la optimización del espacio disponible para flotas de características muy poco homogéneas. Por dichas razones, la tipología más conveniente es el **pantalán continuo** si permanecen atracadas o los **campos de boyas** en las áreas de fondeo.

7.1 Diseño y ordenación de las zonas de atraque

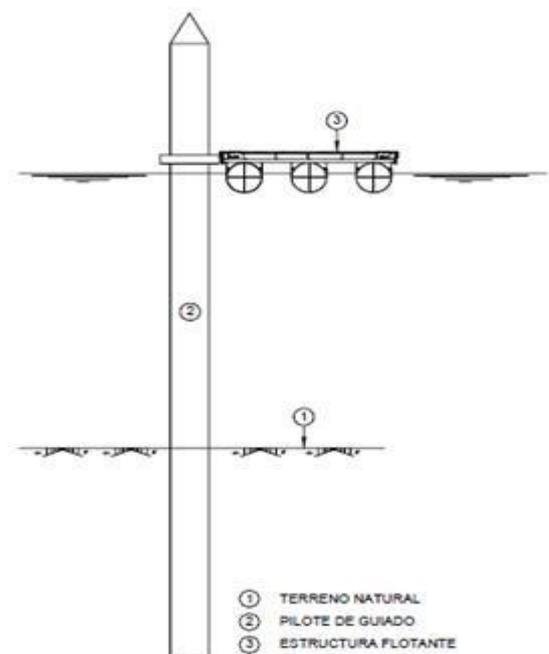
Disposición de los pantalanes, fingers y rampas

A. ANCHURA DEL PANTALÁN

La anchura recomendada de los pantalanes principales, para el supuesto de que no admitan tráfico de vehículos, estará comprendida entre 1,20 m. y 2,00 m en función del tamaño de los buques y del número de pantalanes de atraque que se dispongan en cada pantalán principal; si se prevé algún tipo de tráfico para vehículos ligeros o el pantalán tiene más de 120m de largo, se adoptará una anchura adaptable a los usos, con un valor mínimo de 2,50 m. Siguiendo estas indicaciones, la anchura cumple las recomendaciones de paso para personas de movilidad reducida.

B. LONGITUD DEL PANTALÁN

En pantalanes de estructura fija se recomienda no sobrepasar longitudes de más de 150 metros. En pantalanes flotantes fijados mediante bloques de hormigón o muertos se recomienda no pasar los 60 metros de longitud, mientras que en pantalanes fijados con pilotes se recomienda una longitud máxima de 120 metros por razones de comodidad.



C. LONGITUD DE LOS FINGERS

La longitud de los pantalanes de atraque será igual a la eslora máxima (L) del buque de cálculo que alberguen. Excepcionalmente podrían admitirse longitudes menores (80% de la L) si se desarrolla un sistema adecuado de amarre de barcos, que no afecta a las dimensiones del área de maniobras definida en el apartado anterior. Los fingers de más de 12 metros de longitud no podrán quedar en ménsula y deberán incluir una pila de apoyo al final.

D. ANCHURA DE FINGERS

La anchura del finger (B_f) dependerá de su longitud y del tipo de pantalán a la que viene sujeto (fijo o flotante). Mientras el británico Yatch Harbour Assotiation (UK1) dicta unas dimensiones mínimas recogidas en la siguiente tabla, el Department of Defense americano (USA3) aboga por una anchura de finger de, al menos, $0,1 \cdot L$, siendo L la eslora de la mayor embarcación que podrá alojarse en dicho atraque. Para nuestros B_f de diseño opto por usar la de mayor longitud de los dos propuestas

Anchura de fingers (B_f)

PANTALANES FLOTANTES				PANTALANES FIJOS			
Eslora L (m)	B_f (m) UK1	B_f (m) USA3	B_f (m) diseño	Eslora L (m)	B_f (m) (UK1)	B_f (m) USA3	B_f (m) diseño
12	1	1,2	1,2	12	0,6	1,2	1,2
24	2,5	2,4	2,5	24	0,9	2,4	2,4

Igual por cuestión de comodidad constructiva, diseño y brindar una buena circulación los pantalanes fijos se hará de 6 m los principales y los secundarios si de 1,2 y 2,4

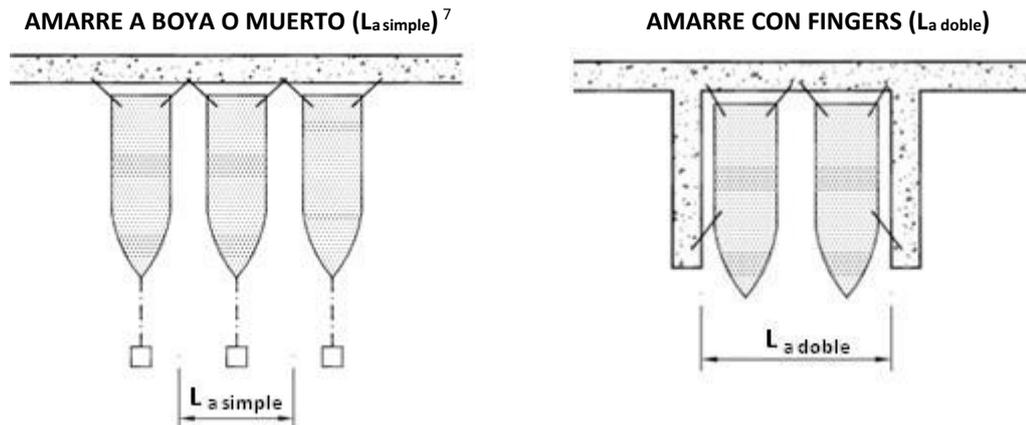
E. Longitud de la línea de atraque

Las embarcaciones deportivas suelen atracar de punta en muelles o pantalanes fijos o flotantes. El amarre se hace al propio muelle o pantalán y a elementos auxiliares de amarre (fingers) o a líneas de amarre sumergidas. La longitud de línea de atraque ocupada dependerá de la manga del buque tipo y de los "clareos" o espacios libres entre barcos, cuya misión es la de permitir las maniobras de atraque/desatraque con facilidad y seguridad y la colocación de pequeñas defensas entre barcos y entre barcos y fingers, en su caso.

En atraques simples (o a boya o muerto) y para embarcaciones de menos de 20 metros de eslora se recomienda una longitud de la línea de atraque ($L_{a \text{ simple}}$) de, como mínimo, igual a la suma de la manga máxima (B) del buque de cálculo, más un resguardo de 0,30 - 0,50 m a cada lado de la embarcación. (ROM 2.0-08). En atraques dobles la línea de atraque ($L_{a \text{ doble}}$) será, como mínimo, igual a la suma de dos veces

la manga máxima del barco de diseño, más un resguardo de 0,30 - 0,50 m con respecto a cada uno de los muelles, más un resguardo de 1,00 m. entre ambos barcos. En el caso de embarcaciones de más de 20 metros de eslora, la línea de atraque (L_a) tendrá un resguardo de 1m a cada lado de la embarcación en atraques simples y además de 1m entre ambos barcos para el caso de atraques dobles (UK1).

Longitud de la línea de atraque (L_a)



Buque de diseño	de	Eslora (m)	Manga (m)	$L_{a \text{ simple}}$ (m)	$L_{a \text{ doble}}$ (m)
1		12	3,5	4,5	9,0
2		24	5,5	7,5	14,0

Para realizar la tabla se han calculado las longitudes de línea de atraque con el resguardo más desfavorable (0,50 m a cada lado)

En aquellos casos en que las embarcaciones no atracan de punta, es válida la recomendación de los buques para obtener la longitud de atraque ($L_a = 1 \text{ a } 1,5 \cdot L$, siendo L la eslora del buque de cálculo). (ROM 2.0-08).

Recomendaciones generales

- Los amarres deben permitir que las embarcaciones estacionen orientadas en la dirección del viento principal, y, por lo tanto, de oleaje transversal a la embarcación amarrada.
- Las embarcaciones de la misma eslora deben estar situadas a los lados del mismo canal de navegación, en lugar de a los lados del pantalán. Esto provocará una homogeneización de la eslora del buque de cálculo del pantalán y optimizará el espacio de agua disponible.
- Las embarcaciones de igual eslora deben colocarse en la misma dársena, con el objetivo de que el buque de cálculo de cada zona sea lo más reducido posible. Si es necesario se crearán varias dársenas con rangos de esloras diferentes. Esto conllevará un mayor aprovechamiento de la lámina de agua.

Calado de la línea de atraque

La determinación del calado o profundidad de la línea de atraque (D_a) será el más desfavorable entre los códigos de buenas prácticas y el establecido por la metodología de la ROM del apartado 2.4.1.3. Los códigos de buenas prácticas dictan que el calado debe ser el mayor entre:

- 3,5 metros en atraques para embarcaciones de eslora < 20 metros
- 2,5 metros en atraques para embarcaciones de eslora < 10 metros
- $1,05 \cdot D$ para muelles y atraques abrigados (ROM 3.1-99)
- $1,10 \cdot D$ para muelles y atraques poco abrigados (ROM 3.1-99)

Determinación del calado de la línea de atraque D_a según métodos determinísticos (ROM) y códigos de buenas prácticas

L (m)	D (m)	D_{cn} ROM fondos limosos o arenosos	D_a ROM fondos rocosos	D_{cn} ES1	D_{cn} ROM3199 muelles abrigados	D_{cn} ROM3199 muelles poco abrigados	D_a de diseño (m)
12	2,1	2,4	2,6	3,5	2,2	2,3	3,5
24	3,6	3,9	4,1	-	3,8	4,0	4,1

L = Eslora del buque de cálculo

D = Calado del buque de cálculo

Niveles de coronación de las obras de atraque

Se realiza de la misma manera que lo realizado para la zona de embarcaciones de portacontenedores

7.2 ÁREAS DE FONDEO AL BORNEO

Los fondeaderos son zonas cuya profundidad permite un estacionamiento ordenado de embarcaciones por medio de grandes pesos que descansen en el fondo de las aguas o anclas que se agarren a él. Cabe destacar que está prohibido fondear en el interior de un puerto deportivo, por lo que estas zonas se diseñarán fuera de las obras de abrigo. Con carácter general, los fondeaderos se deben ubicar en zonas que cumplan los siguientes criterios:

- **Capacidad.** El fondeadero debe permitir el libre borneo de la propia embarcación y del resto con un adecuado margen de seguridad. El borneo se consigue reducir en fondeos a varias anclas o en fondeaderos del tipo boya y muerto.

- **Profundidad.** Depende del calado, de la amplitud de marea y de otros factores hidrográficos. La quilla debe estar completamente asegurada en bajamar, sin embargo, tampoco al extremo que obligue a filar mucha cadena.
- **Geología del fondo.** El tipo de fondo, indicado en las cartas náuticas es determinante en los fondeaderos de anclaje. Los fondos arenosos, ⚓S, son idóneos para evitar que el ancla garree, mientras los de piedra o algas, ⚓ST o ⚓W, son en menor medida recomendados.
- **Abrigo.** El fondeadero debe estar abrigado de los vientos y corrientes.
- **Tráfico y usos.** El área de fondeo nunca podrá interferir el paso normal de embarcaciones o usuarios del litoral (bañistas, vela ligera, etc.).

Fondeaderos de boya y muerto

El ordenamiento permitir una mayor capacidad, los fondeaderos ordenados mediante sistema de boya y muerto permiten una mejor conservación del fondo marino. Al contar con sistema de muerto y cadena evitan que el ancla de la embarcación toque el fondo cada atraque. Los fondeaderos reglamentarios deben contar con servicio de recogida de basuras.

$$R_b = \sqrt{(n^2 - 1) * D} + L$$

Donde:

R_b = Radio del círculo que forma la embarcación fondeada al pivotar alrededor del ancla por efecto del viento y de las corrientes

$n = 2.3$

D = Calado del mar en el puesto de atraque

L = Eslora el buque de cálculo

El puesto de amarre quedará definido por una boya numerada con la inscripción del tonelaje máximo admitido.

Para Buque de diseño 1:

$$R_b = \sqrt{(2.3^2 - 1) * 3.5} + 12 = 15.97 \cong 16.00 \text{ m}$$

Para Buque de diseño 2:

$$R_b = \sqrt{(2.3^2 - 1) * 4.1} + 24 = 28.19 \cong 28.50 \text{ m}$$

Ordenación de fondeaderos de boya y muerto

