

---

# Unidad Docente VI.1

## Proyecto y Gestión Integral de Áreas Portuarias

**Principios de Configuración y Dimensionamiento de Áreas  
de Atraque y Amarre**

AMF, RBM, RGM  
Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales  
IISTA–Universidad de Granada

Granada, 23/02/2016

[www](#)

[inicio](#)



página 1 de 38

[fullscreen](#)

[salir](#)

# Índice General

## Nota 1.

- Procedimiento General de Dimensionamiento.
- Configuración Física de Obras de Atraque y Amarre.
- Capacidad de Obras de Atraque.
- Factores de Proyecto para el Dimensionamiento de Obras de Atraque y Amarre

[www](#)

[inicio](#)



*página 2 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

# Procedimiento General de Dimensionamiento

## Nota 2.

El procedimiento para la configuración y dimensionamiento tiene como ámbito de aplicación:

- El proyecto y la construcción de áreas de atraque y amarre.
- Todas la obras marítimas y portuarias cualquiera que sea su clase o destino.
- El establecimiento de criterios de explotación.

www

inicio



página 3 de 38

fullscreen

salir

---

## Procedimiento Recomendado para Dimensionar Áreas de Atraque y Amarre

1. Definición de usos y requerimientos operativos y funcionales.
2. Descripción del emplazamiento.
3. Estudio inicial de alternativas —configuración física y tipología estructural—.
4. Definición de las disposiciones en planta y alzado de la obra de atraque.
5. Establecimiento de los criterios generales de proyecto.
6. Elección de la alternativa de proyecto más conveniente.
7. Predimensionamiento de la obra.
8. Verificación de la obra.
9. Optimización.
10. Redacción del proyecto.

[www](#)

[inicio](#)



página 4 de 38

[fullscreen](#)

[salir](#)

# Configuración Física de Obras de Atraque y Amarre

## Nota 3.

Configuración física de las terminales en función del uso:

- Comercial.
- Pesquero.
- Deportivo.
- Industrial.
- Militar.

www

inicio



página 5 de 38

fullscreen

salir

- Configuración física de atraques y amarres.

Tipo de mercancía		Sistema de manipulación de mercancías	Configuración física del atraque	
USO COMERCIAL	GRANELES LÍQUIDOS	Productos Petrolíferos y químicos	Bombeo por tubería	
				MONOBOYA
				CAMPO DE BOYAS
			PANTALÁN DISCONTINUO	
			Gases Licuados	Brazos de carga/descarga+tubería
			PANTALÁN DISCONTINUO	
	GRANELES SÓLIDOS	Con instalación especial	Sistemas continuos	PANTALÁN CONTINUO O DISCONTINUO
		Sin instalación especial	Sistemas discontinuos	MUELLE
	MERCANCÍA GENERAL	Carga Convencional	Sistemas discontinuos por elevación	MUELLE
			Contenedores	Sistemas discontinuos por elevación
		Ro-ro	Por medios rodantes	PANTALÁN DISCONTINUO
			Parte por medios rodantes y parte por elevación	MUELLE
		Ferris	Por medios rodantes	PANTALÁN CONTINUO
			Parte por medios rodantes y parte por elevación	MUELLE
Multipropósito	Medios rodantes+elevación	MUELLE		
PASAJEROS	Ferris	Por medios rodantes	PANTALÁN CONTINUO	
		Parte por medios rodantes y parte por elevación	MUELLE	
	Cruceros y otras embarcaciones de pasajeros		PANTALÁN CONTINUO	
USO PESQUERO	PESCA	Sistemas discontinuos por elevación	PANTALÁN CONTINUO	
			MUELLE	
USO NÁUTICO-DEPORTIVO			PANTALÁN CONTINUO	
USO INDUSTRIAL			MUELLE	
USO MILITAR			PANTALÁN CONTINUO	

www

inicio

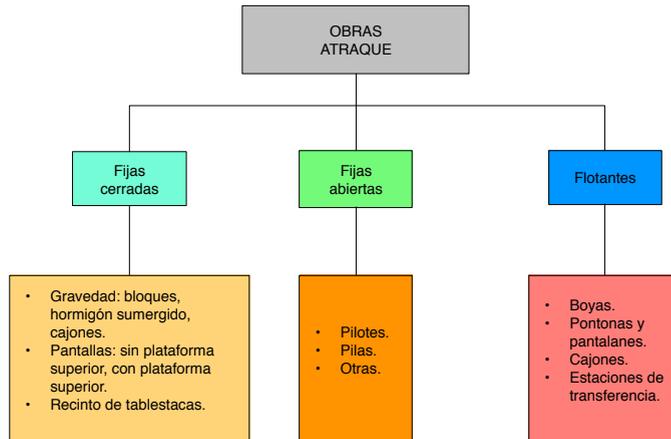


página 6 de 38

fullscreen

salir

## Clasificación de Amarres



[www](#)

[inicio](#)



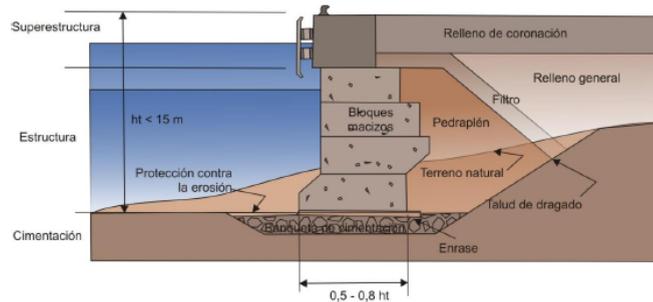
*página 7 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Obras de atraque fijas cerradas: bloques.

### OBRA DE ATRAQUE DE BLOQUES.



La estructura resistente está formada por bloques de materiales pétreos o prefabricados de hormigón, macizos o huecos que se rellenan luego con material granular u hormigón. Las formas de los bloques son paralelepípedicas aunque también los hay achaflanados y trapezoidales. Son usuales pesos de entre 150 y 2.000 kN. La capacidad resistente radica en la movilización del rozamiento entre bloques, que pueden estar solidarizados o no. El paramento de atraque es vertical, aunque se puede avanzar su base, hasta alinearlo con la defensa en vertical, para mejorar la resistencia al vuelco o al hundimiento.

[www](#)

[inicio](#)



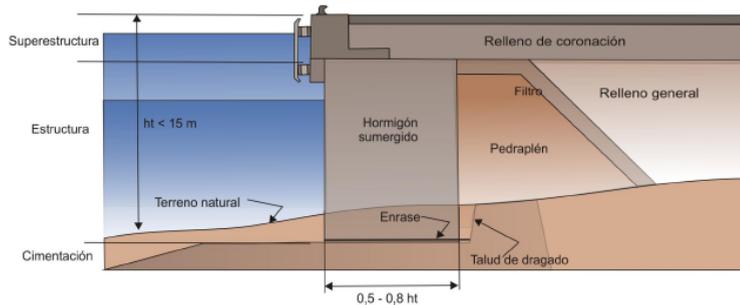
[página 8 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Obras de atraque: hormigón sumergido.

## OBRA DE ATRAQUE DE HORMIGÓN SUMERGIDO



La construcción de estos muelles se lleva a cabo bajo el agua casi en su totalidad, utilizando procedimientos de hormigón sumergido, es decir, bombeando un hormigón rico en cemento, con el extremo del tubo embutido en la masa de la zona a hormigonar para que, al expandirse se evite el lavado del cemento y del árido fino. Se ejecuta bien por tongadas de altura mayor de 1,5 m. o por sección completa. Puede también apoyarse en banquetas de escollera si son grandes y el terreno tiene baja capacidad portante. Suelen ejecutarse cuando no hay espacio para prefabricar los bloques.

[www](#)

[inicio](#)



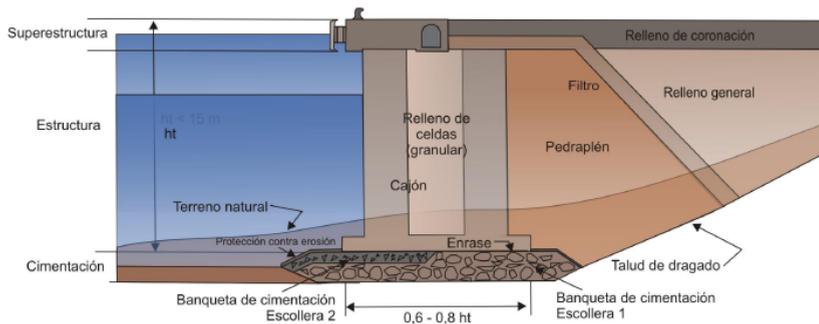
[página 9 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Obras de atraque fijas cerradas: cajones.

## OBRA DE ATRAQUE DE CAJONES



La estructura resistente está formada por cajones prefabricados normalmente de hormigón armado (también puede pretensarse), aligerados con celdas, construidos en seco o en diques flotantes y luego, remolcados, fondeados y rellenos con agua, material granular u hormigón pobre. Las formas más habituales son las rectangulares. Las dimensiones vienen marcadas por la estabilidad una vez colocados y también la estabilidad naval. En España se han llegado a alturas de 38 m y esloras de 66 m.

www

inicio



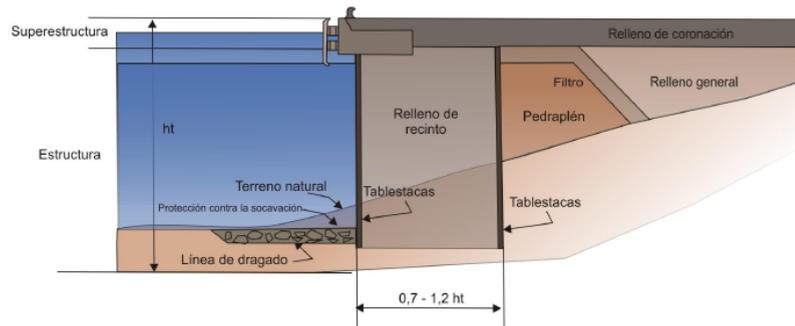
página 10 de 38

fullscreen

salir

- Obras de atraque fijas cerradas: recintos de tablestacas.

## OBRA DE ATRAQUE DE RECINTOS DE TABLESTACAS



La estructura resistente está formada por una fila de recintos formados por tablestacas metálicas, conectados entre sí, con distintas configuraciones geométricas posibles (recintos con formas circulares con celdas independientes, celdas con diafragmas, dos filas de tablestacas arriostradas entre sí a distintos niveles...). Los recintos se rellenan luego con material granular. Todo ello da la capacidad resistente. Los recintos circulares son los más frecuentes, dado que trabajan de manera independiente.

[www](#)

[inicio](#)



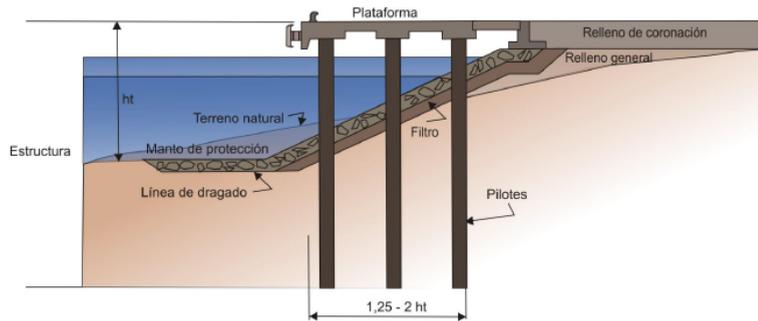
[página 11 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Obras de atraque fijas abiertas: pilotes.

### OBRA DE ATRAQUE DE PILOTES



La estructura resistente está formada por una plataforma sustentada en pilotes verticales y/o inclinados, y caso de que exista un relleno adosado, se puede complementar con una estructura de contención de tierras y de unión con la plataforma de coronación del talud. La plataforma se puede anclar para impedir movimientos horizontales. Por su parte, los pilotes se anclan en el suelo la longitud necesaria (hasta 50 m.) y pueden ser moldeado "in situ" o prefabricados hincados. No suelen separarse más de 8 m.

[www](#)

[inicio](#)



[página 12 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Criterios para la Selección de la Tipología

- Uso y explotación.
- Geotécnicos.
- Morfológicos.
- Climáticos.
- Medioambientales.
- Constructivos y de los materiales.
- Sísmicos.
- De mantenimiento.

[www](#)

[inicio](#)



*página 13 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Verificación de la Tipología

- Modos de fallo asociados a ELU:
  - EQU: pérdida de equilibrio estático.
  - STR: estructural/inestabilidad interna.
  - GEO: geotécnico/inestabilidad interna.
  - UPL: exceso de presión de agua.
  - HYD: inestabilidad hidráulica.
- Modos de fallo asociados a ELS:
  - DUR: durabilidad.
  - REP: reparabilidad.
  - VIB: vibraciones excesivas.
  - DEX: deformaciones excesivas.
  - EST: estéticos.

[www](#)

[inicio](#)



página 14 de 38

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Modos de parada asociados a ELP:
  - ACS: suspensión de la accesibilidad del buque al atraque.
  - ATR: paralización de las operaciones de atraque.
  - PER: suspensión de la permanencia de los buques en el atraque.
  - CAR: paralización de la carga/descarga de mercancía o embarque/desembarque de pasajeros.

[www](#)

[inicio](#)



*página 15 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

# Capacidad de las Obras de Atraque

## Condicionantes para el Dimensionamiento

- Previsión anual de volúmenes y tipos e mercancías, y de tráfico de pasajeros.
- Tamaño, composición y características de la flota.
- Distribución estadística de intervalos de arribada y escalas.
- Distribución estadística de tiempos de servicio.
- Características y productividad de de las operaciones de carga/descarga.
- Calidad del servicio.
- Características de los accesos marítimos.

[www](#)

[inicio](#)



página 16 de 38

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Medios y dotaciones para la maniobrabilidad de los buques.
- Distribución de tiempos de estancia de las mercancías en almacenamiento.
- Necesidades de superficie de almacenamiento de mercancías hasta su evacuación/recepción.
- Capacidad de evacuación/recepción de los medios de transporte terrestre.

[www](#)

[inicio](#)



*página 17 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Condicionantes para la Capacidad

- Volumen anual de mercancías manipuladas en condiciones dadas.
- Capacidad definida en conjunto o por unidad de longitud.
- Capacidad expresada en toneladas, número de contenedores, TEU's, unidades de transporte, pasajeros, etc.
- La capacidad real está limitada por la capacidad de almacenamiento y de accesos terrestres.

[www](#)

[inicio](#)



[página 18 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Dimensionamiento en Planta

- Emplazamiento.
- Alineaciones.
- Número de atraques  $N_a$ .
- Longitud total  $L_a$  de la línea de atraques.
- Posición y dimensionamiento de tacones y rampas.
- Anchura  $A_m$ .
- Accesos terrestres.

[www](#)

[inicio](#)



página 19 de 38

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Atraques

- Máximo volumen anual  $C_t$ .
- Tráfico unitario medio.
- Características de la flota.
- Distribución de escalas.
- Número, características y rendimiento de los equipos de manipulación.
- Tiempo útil total de trabajo durante el año.
- Niveles de operatividad mínimos.
- Nivel de calidad del servicio.
- Tiempos de servicio, improductivos y de maniobra de atraque.

[www](#)

[inicio](#)



*página 20 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

# Factores de Proyecto para el Dimensionamiento de Obras de Atraque y Amarre

## Nota 4.

- Flota de buques prevista para la terminal.
- Volumen de mercancías a manipular.
- Productividad prevista para el subsistema.

[www](#)

[inicio](#)



[página 21 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

### Nota 5.

Factores de proyecto determinados por las siguientes funciones de distribución:

- Composición y características de la flota.
- Tráfico unitario.
- Distribución de escalas o de intervalos de tiempo entre llegadas.
- Distribución de tiempos de servicio.

[www](#)

[inicio](#)



página 22 de 38

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Composición y Características de la Flota

### Nota 6.

- Buque de proyecto → flota homogénea.
- Buque máximo y mínimo → elección del más desfavorable para definir la flota.

[www](#)

[inicio](#)

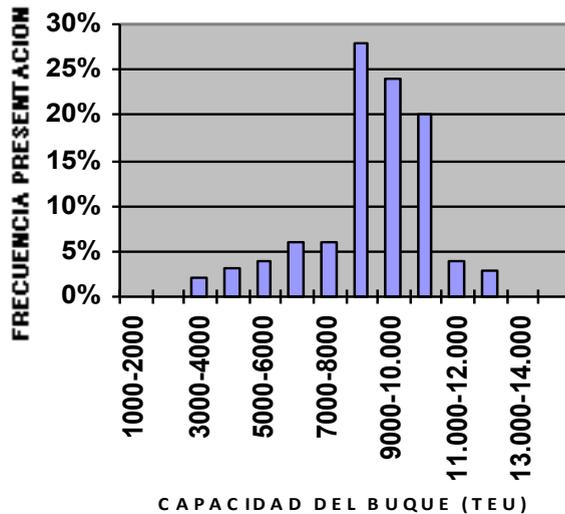


*página 23 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Función de distribución:
  - Buque máximo, buque mínimo, buque tipo  $P_{85}$ , buque medio  $P_{50}$ .



[www](#)

[inicio](#)



[página 24 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Distribución de Tráfico Unitario

- Características de las líneas marítimas.
- Tipo de terminal —import/export, tránsito o mixta—.
- Hinterland.
- Terminal pública o monocliente.
- Eficiencia y productividad.
- Organización comercial.
- Acuerdos entre navieras y empresas estibadoras.

[www](#)

[inicio](#)



*página 25 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

1. Terminal import/export:

- (a) Línea marítima feeder o SSS —Short Sea Shipping—: 70 % de la capacidad del buque.
- (b) Línea marítima transoceánica o feeder con escalas: 20 % de la capacidad en escalas intermedias, 40 % de la capacidad en escalas inicial/final.

2. Terminal de tránsito marítimo:

- (a) Línea marítima feeder o SSS: 70 % de la capacidad del buque.
- (b) Línea marítima transoceánica: 30 % de la capacidad del buque.

[www](#)

[inicio](#)



*página 26 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

3. Terminal mixta: media ponderada de los anteriores considerando la relación entre import/export y tránsito
4. Terminales dedicadas: 15% más de la capacidad que el buque en carga/descarga.
5. Tráfico tramp: 80% de la capacidad del buque en carga y descarga.

[www](#)

[inicio](#)

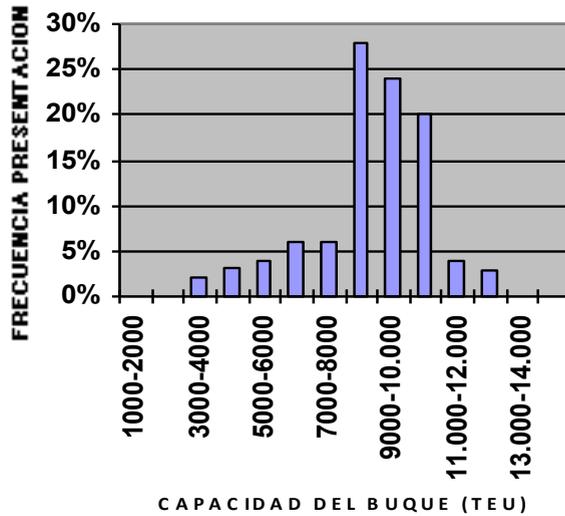


*página 27 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Función de distribución:



[www](#)

[inicio](#)



[página 28 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Distribución de Escalas

- Arribada de buques → proceso de Poisson.
- Intervalo entre llegadas consecutivas → distribución exponencial.
- Regularidad en las arribadas → ajustable a una distribución de Erlang.

[www](#)

[inicio](#)



*página 29 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Distribución de Tiempos de Servicio

- tiempo de servicio  $t_s$  (horas/buque)  $\rightarrow$  tiempo activo  $t_a$  + tiempo inactivo  $t_i$  + tiempo de maniobra  $t_m$ .
- Plancha unitaria  $t_{pu} \rightarrow t_a + t_i \rightarrow$  tiempo en atraque.
- Plancha unitaria media:

$$\overline{t_{pu}} = \frac{\overline{C_u}}{\overline{N_g} \cdot \overline{R} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3} \quad (1)$$

- $\overline{C_u}$ : tráfico unitario medio;  $\overline{N_g}$ : número medio de equipos de manipulación;  $R$ : rendimiento medio bruto de los equipos;  $\alpha_1$ : aprovechamiento de la jornada de trabajo;  $\alpha_2$ : coeficiente medio de actividad en el atraque;  $\alpha_3$ : nivel de operatividad de la instalación.

• Rendimientos medios:

		Grúas Fijas/ Móviles	Instalaciones Especiales	Grúas Contenedores <sup>1)</sup>	Cabezas Tractoras en operaciones Ro-Ro no autopropulsadas <sup>2)</sup>	Tuberías o brazos-mangueras
		(t/h)	(t/h)	(Ud/h)	(Ud/h)	(m <sup>3</sup> /h)
MERCANCÍA GENERAL	Papel de bobina	80-180				
	Productos siderúrgicos	175-575				
	Productos hortofrutícolas	65-100				
	Productos forestales	60-260				
	Contenedores			18-30 <sup>6)</sup> 8)		
	Ro-Ro				5-7	
GRANELES SÓLIDOS	Clinker	375-500				
	Cemento	120-275	200-300 <sup>3)</sup> 120-225 <sup>4)</sup>			
	Cereales/fertilizantes	175-275	225-375 <sup>3)</sup> 125-300 <sup>4)</sup>			
	Carbón y minerales (descarga)	235-375	500-600 <sup>5)</sup>			
	Chatarra	100-140				
GRANELES LÍQUIDOS	Crudos (descarga)					5.000-10.000 <sup>7)</sup>
	Refinados y químicos					500-1.000 <sup>7)</sup>
	Licuadao (LNG)					1.500-3.000 <sup>7)</sup>
	Licuadao (LPG)					500-1.000 <sup>7)</sup>

(1) Con un único spreader.

(2) Con dos carriles en tacón o rampa de acceso al buque.

(3) Aspirador neumático sobre pórticos.

(4) Tornillo sin fin (ó medio mecánico continuo).

(5) Grúa pórtico + cinta transportadora.

(6) A falta de otros datos, para la conversión de Ud/h en TEU/h puede adoptarse un factor medio de 1.5.

(7) Por línea de carga/descarga.

(8) Puede considerarse que un contenedor medio equivale a 1.25 TEU. Si se admite esta relación, 18-30 contenedores/h son equivalentes a 22.5-37.5 TEU/h. En grúas pórtico de contenedores con doble carro o doble spreader podría considerarse que los rendimientos brutos medios podrían ser un 50% superiores.

www

inicio



página 31 de 38

fullscreen

salir

## Tasa de Utilización

- Tasa de utilización → número de atraques:

$$\phi = \frac{\text{n}^\circ \text{ anual de buques en un año}}{\text{n}^\circ \text{ de buques que pueden servirse en un año}} = \frac{\lambda_{max} \cdot 12}{\frac{N_a \cdot t_a}{\bar{t}_s}} \quad (2)$$

- $\lambda_{max}$ : número de buques por mes;  $N_a$ : número de atraques;  $t_a$ : tiempo de servicio en un año (horas);  $\bar{t}_s$ : tiempo medio de servicio.

www

inicio



página 32 de 38

fullscreen

salir

• Utilización:

PARA ESPERA RELATIVA ( $\tau$ ) DE 0.10										
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPERAS	TASA DE OCUPACIÓN ( $\phi$ )									
	NÚMERO DE ATRAQUES ( $N_a$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M/G_1/N_a$ y $M/G_m/N_a$ (Tráficos unitarios muy heterogéneos o totalmente homogéneos)	0.09	0.30	0.44	0.52	0.58	0.63	0.66	0.69	0.71	0.73
$M/G_2/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente heterogéneos)	0.07	0.28	0.40	0.49	0.55	0.60	0.63	0.66	0.68	0.71
$M/G_4/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente homogéneos)	0.08	0.29	0.41	0.50	0.56	0.61	0.64	0.67	0.69	0.72
PARA ESPERA RELATIVA ( $\tau$ ) DE 0.25										
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPERAS	TASA DE OCUPACIÓN ( $\phi$ )									
	NÚMERO DE ATRAQUES ( $N_a$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M/G_1/N_a$ y $M/G_m/N_a$ (Tráficos unitarios muy heterogéneos o totalmente homogéneos)	0.20	0.45	0.57	0.65	0.70	0.74	0.77	0.79	0.80	0.82
$M/G_2/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente heterogéneos)	0.17	0.43	0.54	0.62	0.67	0.71	0.75	0.77	0.78	0.81
$M/G_4/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente homogéneos)	0.18	0.44	0.55	0.63	0.69	0.72	0.76	0.78	0.79	0.81
PARA ESPERA RELATIVA ( $\tau$ ) DE 0.50										
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPERAS	TASA DE OCUPACIÓN ( $\phi$ )									
	NÚMERO DE ATRAQUES ( $N_a$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M/G_1/N_a$ y $M/G_m/N_a$ (Tráficos unitarios muy heterogéneos o totalmente homogéneos)	0.33	0.58	0.69	0.75	0.79	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88
$M/G_2/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente heterogéneos)	0.29	0.54	0.65	0.72	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86
$M/G_4/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente homogéneos)	0.31	0.56	0.67	0.73	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.87
<b>Legenda</b>										
$M/G_1/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Exponencial.										
$M/G_2/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Erlang de orden 2.										
$M/G_4/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Erlang de orden 4.										
$M/G_m/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Erlang de orden $\infty$ .										

www

inicio

◀◀ ◀ ▶▶ ▶▶

página 33 de 38

fullscreen

salir

## Longitud de Líneas de Atraque

- Número de atraques necesarios.
- Alineaciones de las que se disponen.
- Dimensiones de los buques de eslora máxima.
- Configuración física.
- Tipo de tráfico.
- Condiciones climáticas locales.
- Configuración de la dársena.
- Medios previstos para la maniobrabilidad de los buques.

[www](#)

[inicio](#)



*página 34 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Atrache aislado o dos continuados en cada alineación,  $N_a \leq 2$ :

$$L_a = N_a \cdot L_{max} + (N_a - 1) \cdot l_0 + 2 \cdot l_s \quad (3)$$

- Más de dos atraques continuados en cada alineación,  $N_a > 2$ :

$$L_a = L_{max} + (N_a - 1) \cdot L_b + (N_a - 1) \cdot l_0 + 2 \cdot l_s \quad (4)$$

[www](#)

[inicio](#)

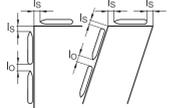
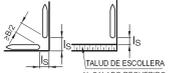
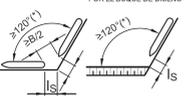
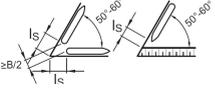
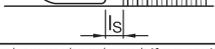


página 35 de 38

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Longitud de atraques:

ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MUELLE	Valores de las variables en función de la eslora total (L en m) del barco mayor que afecta a la determinación de la dimensión analizada				
	Mayor de 300	300-201	200-151	150-100	Menor de 100 <sup>(1)</sup>
1. Distancia "L <sub>s</sub> " entre barcos atracados en la misma alineación (m.) 	30	25	20	15	10
2. Separación "L <sub>s</sub> " entre barco y cambios de alineación o de tipología estructural (m.) a) 	30	25	20	10	5
b) 	45/40	30	25	20	15
c) 	30/25	20	15	15	10
d) 	-/60	50	40	30	20
e) 	20	15	15	10	10

(1) Para buques con eslora total menor de 12 m, se tomará como valor de "L<sub>s</sub>" el 20% de "L", reajustándose los restantes valores proporcionalmente.  
 (B) Manga del barco mayor que afecte a la determinación de la dimensión analizada.  
 (\*) El ángulo se entenderá limitado a 160°. Para ángulos mayores se aplicará el (1).

www

inicio

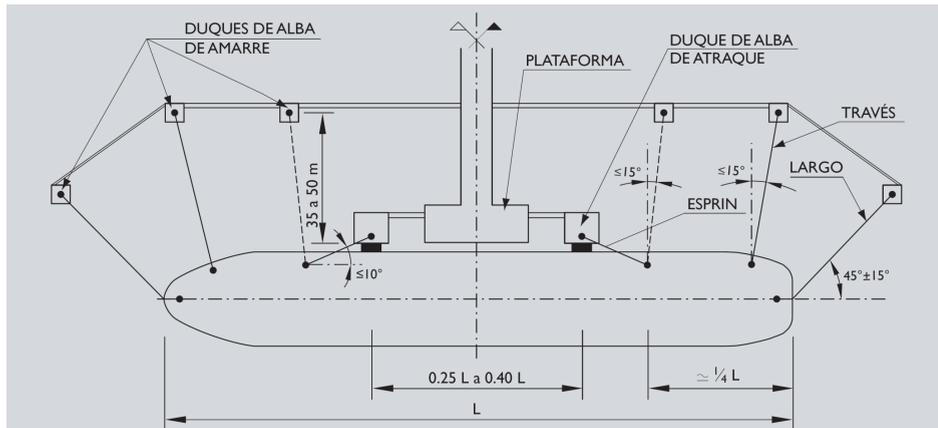


página 36 de 38

fullscreen

salir

- Longitud de atraques discontinuos:



[www](#)

[inicio](#)



[página 37 de 38](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Dimensionamiento en Alzado

- Nivel de coronación del atraque.
- Calado del atraque.
- Perfil longitudinal de tacones y rampas.
- Pendientes del área de operación y almacenamiento.

[www](#)

[inicio](#)



*página 38 de 38*

[fullscreen](#)

[salir](#)