



Anejo nº 18

## **CÁLCULO DE LA BOCANA**

AMPLIACIÓN SUR DEL PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE  
ALCANAR

Autor: Gonzalo Pardo Gómez

## Índice

1. Introducción	3
2. Determinación del ancho de la bocana	4
3. Anchura basada en la experiencia	4
4. Anchura basada en la ROM	5
5. Calado de la bocana	10
6. Radio de maniobra	11

## Índice de imágenes

1. Imagen 1: Esquema de navegación según la ROM	6
2. Imagen 2: Esquema explicativo de la fórmula usada para el cálculo del radio de giro	11

## Índice de tablas



1. Tabla 1: Valores para el sobreancho	7
2. Valores de rshm y rhd para vías de navegación con taludes rígidos o márgenes rocosos o estructurales	9
3. Tabla 3: Valores para el cálculo del ancho de la bocana	9
4. Tabla 4: Valores considerados en las embarcaciones	10

## 1. INTRODUCCIÓN

La orientación de la bocana del puerto tiene que ser uno de los puntos a estudiar ya que será la entrada de los barcos y tiene que ser una entrada segura y cómoda. Para ello se usarán los planos de oleaje o las informaciones de las boyas cercanas estudiando los oleajes más desfavorables, mas comunes y más directos.

Todo este estudio se realizará con la intención de evitar la propagación en el interior del puerto, poder inscribir rutas de entrada y salida de la flota y por otra parte para tener calado suficiente para las diferentes embarcaciones y estar libre de aterramientos.

El puerto tiene una finalidad deportiva lo cual implica ciertas limitaciones. Para que un puerto o zona portuaria deportiva sea considerado como puerto base o de invernada, ha de tener entre otras la características siguiente:

-  El acceso marítimo al puerto ha de ser fácil, incluso para la navegación a vela, y practicable en todo tiempo.
-  El acceso marítimo al puerto ha de ser practicable en la temporada

En cuanto al Reglamento de la Ley sobre Puertos Deportivos (Real Decreto de 26 de Septiembre de 1980 núm. 2486/80) se prescribe en su Artículo 3º lo siguiente como condiciones mínimas a cumplir por los accesos a los puertos base o invernada:

Para la determinación de las condiciones que, como mínimo, deberán cumplir los accesos a los puertos base o de invernada, de acuerdo con los apartados a) y b) del artículo 3º de la Ley, habrán de tenerse en cuenta las siguientes prescripciones:

1. La boca de entrada estará por fuera de la línea de rotura de cualquier ola significativa con frecuencia de cinco años. Se definen las características de esta ola como la altura y el periodo medio del tercio de olas más altas de un grupo de olas determinado. En el análisis del oleaje se tomara la altura media del tercio de olas mas altas entre un numero de ellas determinado, dividiendo el tiempo de observación por el periodo significativo. A su vez, este se determinara como el periodo medio de las olas mas altas durante el tiempo de observación.

2. Será posible inscribir rutas de entrada y salida a vela, para cualquier viento posible y barco de ocho metros de eslora. En el supuesto de capacidad de ceñida de 45º, recorrido de arrancada 40 metros y deriva de 10 metros en la virada. Estas rutas dejaran un resguardo mínimo de 15 metros a las obras.

3. En ningún caso el paso a una dársena será menor de 25 metros, o de tres esloras del mayor barco que pueda atracar en ella.

4. La congestión en la entrada no será mayor de 35 interferencias por hectárea a cualquier hora del día, de acuerdo con el índice de J. M. Nichol y A. L. Ely. No obstante, el proyectista podrá justificar otros procedimientos de calculo. siempre que las cifras resultantes sean concordantes y equivalentes a las antes expresadas.

5. Los accesos por tierra cumplirán las normas de utilización y seguridad que estén establecidas por el Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo y que correspondan a la importancia y seguridad del trafico previsto.

6. La entrada y salida por tierra, para la explotación normal, tanto para personas como para vehículos, se hará, a ser posible, por un solo punto y tendrá capacidad suficiente para el tránsito previsible en días y horas puntas. Podrá haber otra entrada y salida, normalmente cerrada, para las grandes cargas indivisibles, tales como barcos procedentes de astilleros.

## **2. DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE LA BOCANA**

La anchura de la bocana viene condicionada a diferentes factores. Debe de ser lo más ancha posible para permitir a los entrar de manera sencilla pero tampoco puede ser extremadamente ancha ya que sino el oleaje penetraría dentro del puerto y se produciría propagación por dentro del puerto y lo que se pretende es que haya la menor agitación posible.

La profundidad de diseño del canal de entrada debe asegurar un margen suficiente bajo las quillas de las máximas embarcaciones usuarias del puerto teniendo en cuenta las fluctuaciones de las mareas, el paso del seno del oleaje, la naturaleza de los fondos y la situación de las rompientes.

Para el calculo del ancho de la bocana, se seguirán varios grupos de criterios de cálculo. Por una parte, un grupo de criterios deterministas y basados en la experiencia, otro grupo basado en la metodología descrita en la ROM 3.1-99.

## **3. ANCHURA BASADA EN LA EXPERIENCIA**

Para el dimensionamiento de la bocana por métodos basados en la experiencia, usaremos el libro de Rafael del Moral llamado *Obras Marítimas* donde nos indica alguna de las indicaciones que ponemos a continuación:

- ✚ La anchura mínima que debe superar tres veces la eslora máxima y como la eslora máxima que disponemos en el puerto es de 20 metros, la anchura mínima de la bocana será de 60 metros.
- ✚ La anchura debe estar comprendida entre 45 y 85 metros.
- ✚ La anchura mínima debe ser la de dos vías de tráfico o 10 veces la manga máxima, y al ser la manga máxima de 6 metros sale una anchura mínima de la bocana de 60 metros.

Por lo tanto, por recomendaciones basadas en la experiencia la anchura mínima de la bocana será de 60 metros.

#### **4. ANCHURA BASADA EN LA ROM**

La anchura de la bocana se mide perpendicularmente al eje longitudinal de la vía, y se consigue con la suma de los siguientes términos:

$$B_t = B_n + B_r$$

Donde:

- ✚  $B_t$ : Anchura total de la vía de navegación
- ✚  $B_n$ : Anchura nominal de la vía de navegación o espacio libre que debe quedar permanentemente disponible para la navegación de los buques, incluyendo los Márgenes de Seguridad.
- ✚  $B_r$ : Anchura adicional de reserva para tomar en consideración los factores relacionados con los contornos. (Por ejemplo reserva para inestabilidad de los taludes en el caso de que los contornos de la vía de navegación estén resueltos con esta tipología estructural).

##### Determinación de $B_n$

La ROM propone varios casos de navegación de entrada, en este proyecto, vamos a basarnos en “Navegación en tramos rectos con condiciones climáticas constantes a lo largo de la traza”

Se calculará por lo tanto la anchura nominal de una sola vía de navegación de tramo recto dotada de un carril. Se supondrá que las condiciones climáticas, marítimas y meteorológicas (vientos, oleajes y corrientes) sean constantes a lo largo de la traza.

$B_n$  está definido por la fórmula siguiente :

$$B_n = B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b) + (r_{hsm} + r_{hsd})i + (r_{hsm} + r_{hsd})d$$

Donde:

- ✚ B: Manga máxima de los buques que circularán por la vía de navegación
- ✚ B<sub>d</sub>: Sobreancho de la senda del buque, producido por la navegación con un determinado ángulo (ángulo de deriva) relacionado con el eje de la vía navegable, para corregir la deriva del buque ocasionada por la incidencia de los vientos, oleajes o corrientes. El sobreancho necesario (b<sub>d</sub>) se calculará con la fórmula siguiente:



- $b_d = L_{pp} \cdot \sin \beta$  (para valoración de espacios de agua)
- 

donde L<sub>pp</sub>: es la eslora entre perpendiculares del buque de diseño.

- ✚ L = Eslora total del buque de diseño
- ✚  $\beta$  = Ángulo de deriva, que puede determinarse con fórmulas válidas para valores de  $\beta < 25^\circ$ , que tienen en cuenta la acción del viento, corrientes, etc., además de las características del buque, casco, área de flotación, si tienen bulbo, etc.

Este sería el esquema de navegación según la ROM de una única vía de navegación:

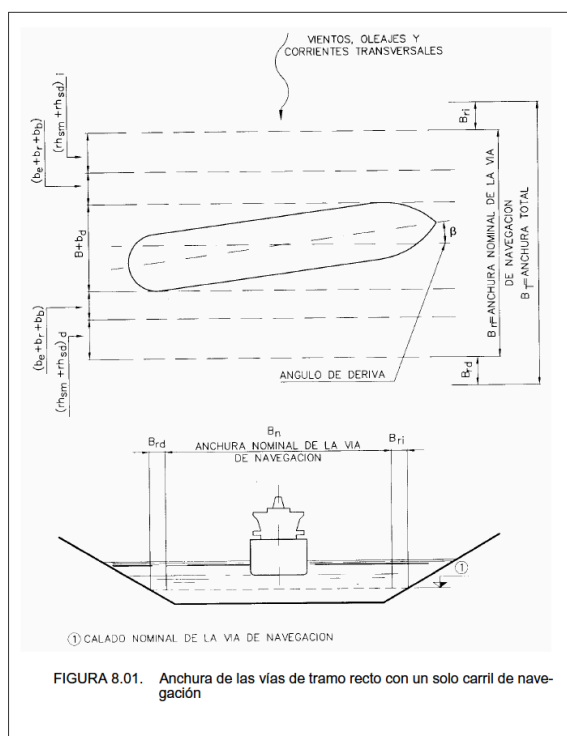


FIGURA 8.01. Anchura de las vías de tramo recto con un solo carril de navegación

Como no tenemos datos precisos sobre las características del buque mencionado la ROM permite calcular el ángulo de deriva determinado:

La ROM diferencia tres casos y recomienda diferentes ángulos :

- ✚ las vías navegables en áreas de  $h/D < 1,20m$  :  
 $\beta = 5^\circ$  en los tramos normales y  $10^\circ$  en los puntos singulares
  - ✚ las vías navegables en áreas de  $h/D = 1,50m$  :  
 $\beta = 10^\circ$  en los tramos normales y  $15^\circ$  en los puntos singulares
  - ✚ las vías navegables en áreas de  $h/D > 5,00m$  :  
 $\beta = 15^\circ$  en los tramos normales y  $20^\circ$  en los puntos singulares
- [ tenemos h la profundidad del agua en reposo y D el calado del buque]
- 
- ✚ Be: Sobreancho por errores de posicionamiento. Corresponde a la diferencia (sólo la componente transversal al eje de la vía) entre la verdadera posición del buque y la posición estimada por el capitán utilizando los medios de información y ayuda a la navegación disponibles en el Area de Navegación o Flotación que se analice. A falta de mayor información sobre la precisión de estos sistemas de ayuda se utilizaran los valores siguientes. Todos los valores para sistemas electrónicos corresponden a precisión predecible al 95%.

	Operación sin práctico o sin capitán experimentado en el emplazamiento considerado	Operación con práctico o capitán experimen- tado en el emplazamiento considerado
• Posicionamiento visual en estuarios abiertos, sin balizamiento:	100 m	50 m
• Posicionamiento visual referido a boyas o balizas en vías de aproximación:	50 m	25 m
• Posicionamiento visual entre alineaciones de boyas o balizas que marquen los límites de la vía:	20 m	10 m
• Posicionamiento visual mediante enfilaciones:	0,5°	0,5°
• Posicionamiento mediante sistemas radioeléctricos (válidos para situarse sobre una carta náutica, sin posicionamiento visual)		
— Radiofaros:	5,0°	5,0°
— Radar (a bordo). Banda S:	1,5°	1,5°
— Radar (a bordo). Banda X:	1,0°	1,0°
— RACON(distancia /demora):	150 m/0,3°	150 m/0,3°
— TRANSIT. Doble Frecuencia:	25 m	25 m
GPS:	100 m	100 m
DGPS:	10 m	10 m

Tabla 1: Valores para sobreancho

En todos los valores indicados en grados, la diferencia de posición es el producto de la distancia por el seno del ángulo correspondiente y no siempre coincidir con la componente transversal al eje de la vía que es valor “be” buscado.

En el supuesto de que la vía de navegación se dimensione suponiendo operación con práctico o capitán experimentado o deber quedar recogida esta condición en las Normas o Manuales de Operación correspondientes.

En el caso de que no se conozcan las características del sistema de ayuda a la navegación, se adopta, para estudios preliminares, como medida de este sobreancho, un valor igual a la manga máxima 'Ba de los buques que operen en la vía navegable.

- ✚ br: Sobreancho para respuesta, que valora la desviación adicional que puede producirse desde el instante en que se detecta la desviación del buque en relación a su posición teórica y el momento en que la corrección es efectiva. Este sobreancho se determinará en función de las características de maniobrabilidad del buque, de la manga máxima (B) y de la relación entre la profundidad de agua en reposo en el emplazamiento (h) y el calado del buque(D), mediante la formula:

$$br = (1,50 - E_{max}) \cdot bro$$

Donde

- ✚ E máx.: Riesgo máximo admisible determinado con los criterios de la ROM 3.1-99. En nuestro caso será el 0,15.
- ✚ bro: Sobreancho para respuesta, en nuestro caso usaremos el 10% de la manga del barco.
- ✚ rhsm: Resguardo adicional de seguridad que deberá considerarse a cada lado de la vía navegable, para permitir la navegación del buque sin que resulte afectada por los efectos de succión y rechazo de las márgenes.

Este resguardo podrá ser diferente a una y otra margen (rhsm)i y (rhsm)d, según la naturaleza de las mismas y se determinará según los criterios siguientes, en los que los se ha supuesto que siempre se cuenta con el Margen de Seguridad (rhsm) especificado en el párrafo siguiente, por lo que en ningún caso podrán aceptarse valores de "rhsm + rhsm" inferiores a los que aquí se indican extractos de la ROM 3.1-99 :

- ✚ rhsm: Margen de Seguridad o resguardo horizontal libre que deberá quedar siempre disponible entre el buque y los contornos, taludes o cajeros de la vía navegable. Para su determinación se tomarán los valores indicados en el párrafo anterior que tienden a minimizar el riesgo de contacto del buque atendiendo a la naturaleza de las márgenes de la vía navegable. Este



resguardo podrá ser diferente en una y otra margen (rhsm) i (rhsm)d según la naturaleza y características de las mismas.

Vías de navegación con taludes rígidos ( $V/H > 1/2$ ) o con márgenes rocosos o estructurales			
	rh.sm	rh.sd	rh.sm+rh.sd
<b>Vel. Absoluta del buque &gt; 6 m/s</b>	1,2B	0,2B	1,4B
<b>Vel. Absoluta del buque entre 4 y 6 m/s</b>	0,8B	0,2B	1B
<b>Vel. Absoluta del buque &lt; 4 m/s</b>	0,4B	0,2B	0,6B

Tabla 2: Valores de rshm y rshd para vías de navegación con taludes rígidos o márgenes rocosos o estructurales

bb = Sobreancho para cubrir el error que pudiera derivarse de los propios sistemas de balizamiento.

Obtenemos por lo tanto las componentes necesarias para calcular la anchura de la bocana en la tabla siguiente :

$$B_n = B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b) + (r_{hsm} + r_{hsm})i + (r_{hsm} + r_{hsm})d$$

B	6
b <sub>d</sub>	6.84
b <sub>e</sub>	10.0
b <sub>r</sub>	0.81
b <sub>b</sub>	1.5
r <sub>hsm</sub>	6
r <sub>hsm</sub>	7

Tabla 3: Valores para el cálculo del ancho de la bocana

Con estos valores obtenemos un valor de B<sub>n</sub> de 63 metros de anchura.

La anchura total de la bocana será de  $B_t = B_n + B_r$ , donde B<sub>r</sub> lo consideraremos 9 metros, como valor de seguridad. Por lo tanto la anchura total de la bocana será de 72 metros.

Al ser esta la más restrictiva de las dos anchuras de la bocana diseñaremos el puerto con una bocana de 72 metros de bocana orientada hacia el sur.

## 5. CALADO DE LA BOCANA

El calado que se suele tomar para la bocana es superior a 4 metros y depende de varios factores como:

- ✚ Calado del barco máximo
- ✚ Del nivel del mar
- ✚ De la situación de los rompientes
- ✚ De la naturaleza del fondo

Calados considerados en las embarcaciones

Eslora (m)	Manga (m)	Altura de proa (m)	Calado (m)
6	2,38	0,92	1,42
8	2,75	1,17	1,67
10	3,25	1,50	2,00
12	3,75	1,84	2,34
15	4,5	2,33	2,83
20	5,75	3,17	3,67

Tabla 4: Calados considerados en las embarcaciones

A estos calados hay que tener en cuenta errores debidos a:

- ✚ La precisión de los sondeos: 0.2 metros
- ✚ Los depósitos de los sedimentos entre dos campañas consecutivas : 0.3m
- ✚ Las tolerancias de dragado : 0.2m
- ✚ El resguardo de seguridad por variaciones del nivel del mar : 0.6m

Por lo tanto el calado mínimo necesario sería de 5 metros, en la bocana se dispone de un calado actual que va desde 5 a 3,5 metros, lo que haría necesario un dragado hasta conseguir la cota final del fondo de 5 metros en todo el ancho de la bocana, y también en el canal principal de navegación, ya que en ese es por donde discurrirán los barcos de mayor calado. En un estudio más preciso con sondeos, se deberá determinar las eventuales necesidades de dragado mayor o menos que hacer para que no haya ningún riesgo para los barcos al entrar en el puerto.

## 6. RADIO DE MANIOBRA

El área de maniobra de un barco a la hora de entrar a un puerto es muy importante, ya que no se podrán construir giros muy bruscos donde el barco no tenga margen de maniobra. El área de maniobra de reviro, en el supuesto de que se efectúe sin el auxilio de remolcadores, es un círculo de radio  $R_{sr}$  el cual se calcula si se efectúa sin fondeo del ancla mediante:

$$R_{sr} = R \cdot \tan 30^\circ + K \cdot L + 0,35 \cdot L$$

Donde:

- ✚ L: eslora del buque
- ✚ K: distancia del punto giratorio del barco, desde el eje de giro hasta la popa, o si es más cercano hasta la proa, expresado en una fracción de la eslora del buque (L). En este caso la ROM nos recomienda para embarcaciones rápidas y deportivas que usemos un valor de 1 y así también estaremos más del lado de la seguridad.
- ✚ R: radio mínimo de la trayectoria del buque en marcha adelante o marcha atrás. Sin más estudios usaremos el valor de 3,5 veces la eslora del barco.

La siguiente figura nos muestra un esquema explicativo de la fórmula usada para el cálculo del radio de giro.

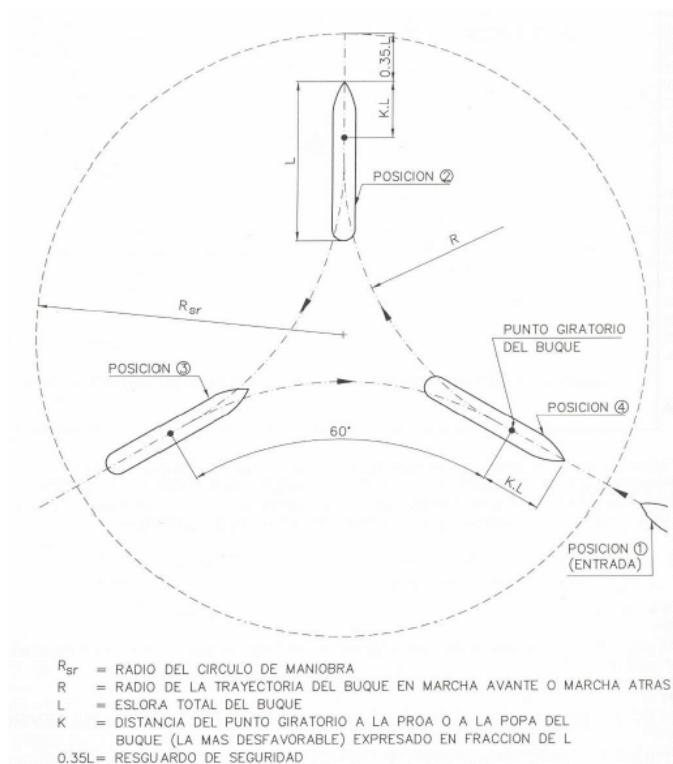


Imagen 2: Esquema explicativo de la fórmula usada para el cálculo del radio de giro



En nuestro caso será:

$$Rsr = (20 \cdot 3,5) \cdot \tan 30 + 1 \cdot 20 + 0,35 \cdot 20 \approx 68 \text{ metros}$$

Como se dispone de una bocana de 72 metros de entrada única sin giros, disponemos de esos radios de giro, ya que sería un giro único.