

Anejo 7: Requerimientos en planta y alzado

**Estudio de soluciones para la reordenación
interior y ampliación del puerto deportivo de la Vila
Joiosa (T.M. La Vila Joiosa)**

Álvaro Olmos Pérez

París, mayo del 2023



Índice

1.Objeto	5
2.Dimensionamiento de la bocana en planta.....	6
2.1.Orientación de la bocana	7
2.2 Ancho de bocana.....	7
3.Determinación del calado mínimo en áreas de navegación y flotación.....	11
3.1 Calado de la bocana.....	11
3.2 Calado por zonas según su eslora.....	14
4.Bibliografía	15

Índice de figuras

Figura 1: Ortofoto costera y orientación de la bocana	7
Figura 2: Anchura de la vía de navegación	10
Figura 3: Factores determinantes en los calados de navegación y flotabilidad	11
Figura 4: Esquema del datum del mareógrafo de Gandía	13
Figura 5: Principales referencias de nivel del mar del mareógrafo de Gandía	13

Índice de tablas

Tabla 1: valores admisibles de rhds, rsm y rhds.....	9
Tabla 2: márgenes de seguridad para diferentes zonas.....	12
Tabla 3: calado mínimo por zonas según su eslora	14



1. Objeto

El objetivo principal de este anejo es realizar un análisis exhaustivo de las dimensiones mínimas necesarias en planta y alzado para diseñar tanto la bocana de entrada al puerto como el área de atraque. Este proceso de dimensionamiento es crucial para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones portuarias.

En primer lugar, se llevará a cabo el dimensionamiento en planta de la bocana, lo cual implica determinar la orientación y el ancho adecuados. Esto permitirá asegurar una entrada segura y sin restricciones para las embarcaciones que ingresen al puerto. Para ello, se considerarán factores como el tamaño promedio de los buques que utilizan el puerto, las condiciones climáticas locales y las regulaciones portuarias.

Además del dimensionamiento de la bocana y el área de atraque, también se llevará a cabo el cálculo de las profundidades necesarias tanto en la bocana como en la zona de atraque y amarre. Esto es esencial para garantizar que las embarcaciones puedan acceder al puerto y moverse sin restricciones debido a la profundidad del agua. Se considerarán los calados de las embarcaciones que utilizan el puerto y se buscará mantener niveles adecuados de profundidad para evitar encallamientos o daños a las embarcaciones.

Por último, se calculará el radio mínimo necesario para que los buques puedan realizar maniobras de manera segura y eficiente dentro del puerto. Esto implica tener en cuenta el tamaño y las características de los buques, así como las restricciones de espacio y las rutas de navegación existentes. El objetivo es garantizar que las maniobras se realicen de manera segura, evitando colisiones y asegurando un flujo fluido de tráfico marítimo dentro del puerto.

Para llevar a cabo este anejo, se requerirá obtener información precisa sobre la dirección del viento y el oleaje, la cual se obtendrá del anejo correspondiente al clima marítimo. Además, se utilizarán las dimensiones de la flota tipo, las cuales se obtendrán del anejo de oferta y demanda. Estos datos se complementarán con información adicional obtenida de las ROM específicas, como la ROM 3.1-99 y la ROM 2.0-11, las cuales contienen normativas y directrices relacionadas con el diseño y operación de puertos.

2. Dimensionamiento de la bocana en planta

Para poder dimensionar la bocana en planta tendremos en consideración lo establecido en la ROM 3.1-99 PROYECTO DE LA CONFIGURACION MARITIMA DE LOS PUERTOS; CANALES DE ACCESO Y AREAS DE FLOTACION.

Se deberán tener en cuenta las siguientes premisas según lo establecido en el documento anteriormente mencionado:

1. Configuración del puerto: Se debe tener en cuenta la integración de la bocana con las infraestructuras portuarias existentes, como diques, muelles, dragados, etc., así como la morfología y tipología estructural de los elementos que componen la bocana.
2. Navegación de entrada y salida: Se deben considerar las intensidades de tráfico esperadas y el tamaño de los buques que operarán en el puerto, teniendo en cuenta las condiciones límites de operación establecidas.
3. Control del oleaje: Es importante limitar la entrada de energía del oleaje en el interior del puerto para minimizar la agitación en las áreas de navegación utilizadas, de acuerdo con el clima marítimo local y los usos previstos en cada área.
4. Reducción de los cierres del puerto: Se debe buscar limitar los períodos de cierre del puerto causados por el clima marítimo y la configuración de la bocana, como la generación de corrientes fuertes o la rotura del oleaje en la boca del puerto.
5. Dinámica litoral: Se deben evaluar los efectos de las infraestructuras portuarias en la dinámica litoral, considerando no solo las afectaciones dentro del puerto, como el aterramiento de la bocana y áreas de navegación, sino también los impactos en zonas cercanas o remotas que sean afectadas por esta dinámica.
6. Características geológicas y geotécnicas: Se deben analizar las características del terreno y su idoneidad para la construcción de infraestructuras portuarias y el desarrollo de áreas de navegación.
7. Ampliaciones futuras: Se deben considerar las posibles ampliaciones del puerto y las limitaciones que la configuración de la bocana actual pueda representar.
8. Impactos ambientales: Es importante evaluar los impactos ambientales durante la fase de construcción y operación del puerto.
9. Condicionantes de planificación: Se deben tener en cuenta otros factores de planificación, como el planeamiento urbano y costero, que puedan afectar al emplazamiento específico bajo análisis.

Es necesario entender que, aunque se tengan en cuenta todas estas consideraciones podemos llegar a encontrar condiciones que sean contrapuestas unas a otras, por lo que se tratará de encontrar una solución de compromiso que permita responder a todas las necesidades planteadas.

2.1. Orientación de la bocana

Actualmente la bocana del puerto se halla orientada hacia el oeste-suroeste. Se optará por orientarla hacia el oeste pues se encuentra protegida del oleaje intenso proveniente del este y del noreste, según lo obtenido en el Anejo 5: *Clima marino y dinámica litoral*, gracias a la morfología de la costa, como se puede apreciar en la siguiente ortofoto:

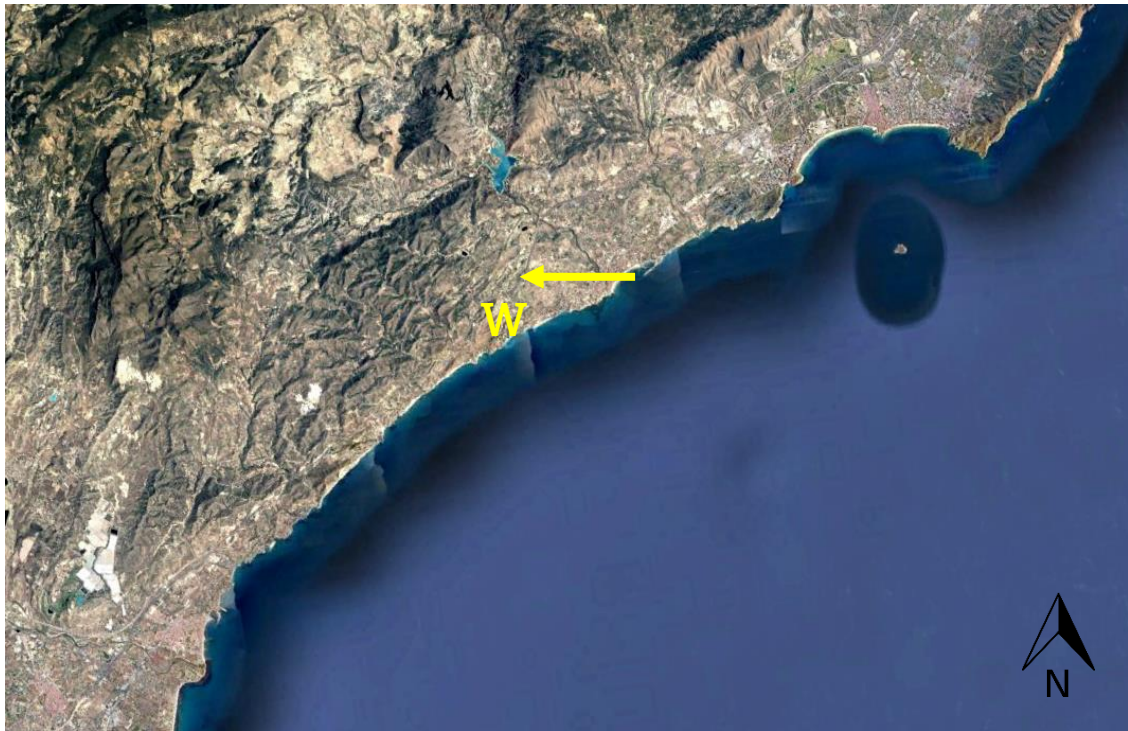


Figura 1: Ortofoto costera y orientación de la bocana

2.2 Ancho de bocana

Para determinar la anchura de la vía de navegación, medida perpendicularmente al eje longitudinal, se considerarán los siguientes aspectos:

$$B_t = B_n + B_r$$

En donde:

Se denota B_t como la anchura total de la vía de navegación, medida en el punto más estrecho de la sección transversal.

B_r representa la anchura adicional de reserva para tener en cuenta los contornos, pudiendo variar en cada margen según su naturaleza y características. En este caso, se consideran 3 metros a cada lado del buque como anchura adicional de reserva. Por lo tanto, $B_r = 6$ metros.

B_n se refiere a la anchura nominal de la vía de navegación, que debe mantenerse permanentemente disponible para la navegación de los buques, incluyendo los Márgenes de Seguridad. Esta anchura nominal considera diversos factores, tales como:

- El tamaño, dimensiones y maniobrabilidad de la flota de diseño.
- La disponibilidad y precisión de las ayudas a la navegación, que determinarán los puntos de referencia para posicionar el buque.
- Los márgenes de seguridad establecidos para evitar el contacto del buque con los contornos de las Áreas de Navegación o Flotación, así como con otras embarcaciones y objetos fijos o flotantes presentes en el entorno.

Se diseñará en este caso para un solo carril de navegación, por lo que para poder calcular este valor se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$B_n = B + b_d + 2 * (b_e + b_r + b_b) + (rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

B = Manga máxima de los buques que circularán por la vía de navegación, en este caso tomaremos un valor estándar de 6 metros para admitir yates de eslora significativa.

bd = Sobreancho de la senda del buque, producido por la navegación con un determinado ángulo (ángulo de deriva) en relación con el eje de la vía navegable, para corregir la deriva del buque ocasionada por la incidencia de los vientos, oleajes, corrientes o remolcadores. El sobreancho necesario (bd) se calcular con la formula siguiente:

$$bd = L * \sin \beta \text{ (para valoración de espacios aéreos)}$$

siendo:

L = Eslora total del buque de diseño. Tomaremos el valor de 25 m

β = Angulo de deriva, que puede determinarse con las fórmulas siguientes válidas para valores de $\beta \leq 25^\circ$, que toma el valor de 10° en tramos normales de vías navegables en áreas de $h/D=1.50$

Por lo que $bd = 4,34$ m

b_e = Sobreancho debido a errores de posicionamiento. Este valor representa la diferencia entre la posición real del buque y la posición estimada por el capitán utilizando los medios de información y ayuda a la navegación disponibles en el Área de Navegación o Flotación analizada. En el caso de que no se disponga de información precisa sobre las características del sistema de ayuda a la navegación, se considerará como medida de este sobreancho el valor de la manga máxima B de los buques que operan en la vía navegable, en este caso 6

b_r = 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.

$$b_r = (1.50 - Emáx) * b_{ro}$$

$Emáx$ = riesgo máximo admisible por los criterios establecidos en la tabla 2.2 de la ROM 3.1-99. Tomaremos como valor de $Emáx = 0.30$.

bro = sobreancho para respuesta correspondiente a un valor de $Emax = 0.50$. El valor de bro en este caso es:

$$bro = 0.10 * B = 0.10 * 6 = 0,6 \text{ metros}$$

Por lo que el valor de br obtenido es de 0,72 m

bb = sobreancho para cubrir el error que pudiera derivarse de los propios sistemas de balizamiento. Utilizaremos el valor de 0,5 m

rh_{sd} = Margen de Seguridad o resguardo horizontal libre que debe 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 uno y otro margen (rh_{sd})i (rh_{sd})d según la naturaleza y características de las mismas.

rh_{sm} = Resguardo adicional de seguridad que deber 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 uno y otro margen (rh_{sm})i y (rh_{sm})d según la naturaleza de las mismas y determinarse según los criterios siguientes, en los que se ha supuesto que siempre se cuenta con el Margen de Seguridad (rh_{sd}), por lo que en ningún caso podrá aceptarse valores de $rh_{sm} + rh_{sd}$ inferiores a los que aquí se indican:

	rh_{sm}	r_{sm}	$r_{sm} + rh_{sd}$
— Vías de navegación con taludes tendidos ($V/H \leq 1/3$)			
• Velocidad absoluta del buque ≥ 6 m/s	$0.6 B$	$0.1 B$	$0.7 B$
• Velocidad absoluta del buque entre 4 y 6 m/s	$0.4 B$	$0.1 B$	$0.5 B$
• Velocidad absoluta del buque ≤ 4 m/s	$0.2 B$	$0.1 B$	$0.3 B$
— Vías de navegación con taludes rígidos ($V/H \geq 1/2$) o con márgenes rocosos o estructurales			
• Velocidad absoluta del buque entre ≥ 6 m/s	$1.2 B$	$0.2 B$	$1.4 B$
• Velocidad absoluta del buque entre ≤ 4 y 6 m/s	$0.8 B$	$0.2 B$	$1.0 B$
• Velocidad absoluta del buque ≤ 4 m/s	$0.4 B$	$0.2 B$	$0.6 B$

Tabla 1: valores admisibles de rh_{sd} , r_{sm} y rh_{sd}

Por consiguiente, en el caso de una vía de navegación con taludes tendidos y una velocidad absoluta del buque en el rango de 4 a 6 m/s, se determinará el margen adicional de seguridad de la siguiente manera:

$$(rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d = 0,5 B + 0,5 B = 6 \text{ metros}$$

Por lo que la anchura nominal, B_n , será en este caso de 30,78m

A continuación, se mostrará una ilustración obtenida de la ROM para esclarecer cada componente de la ecuación:

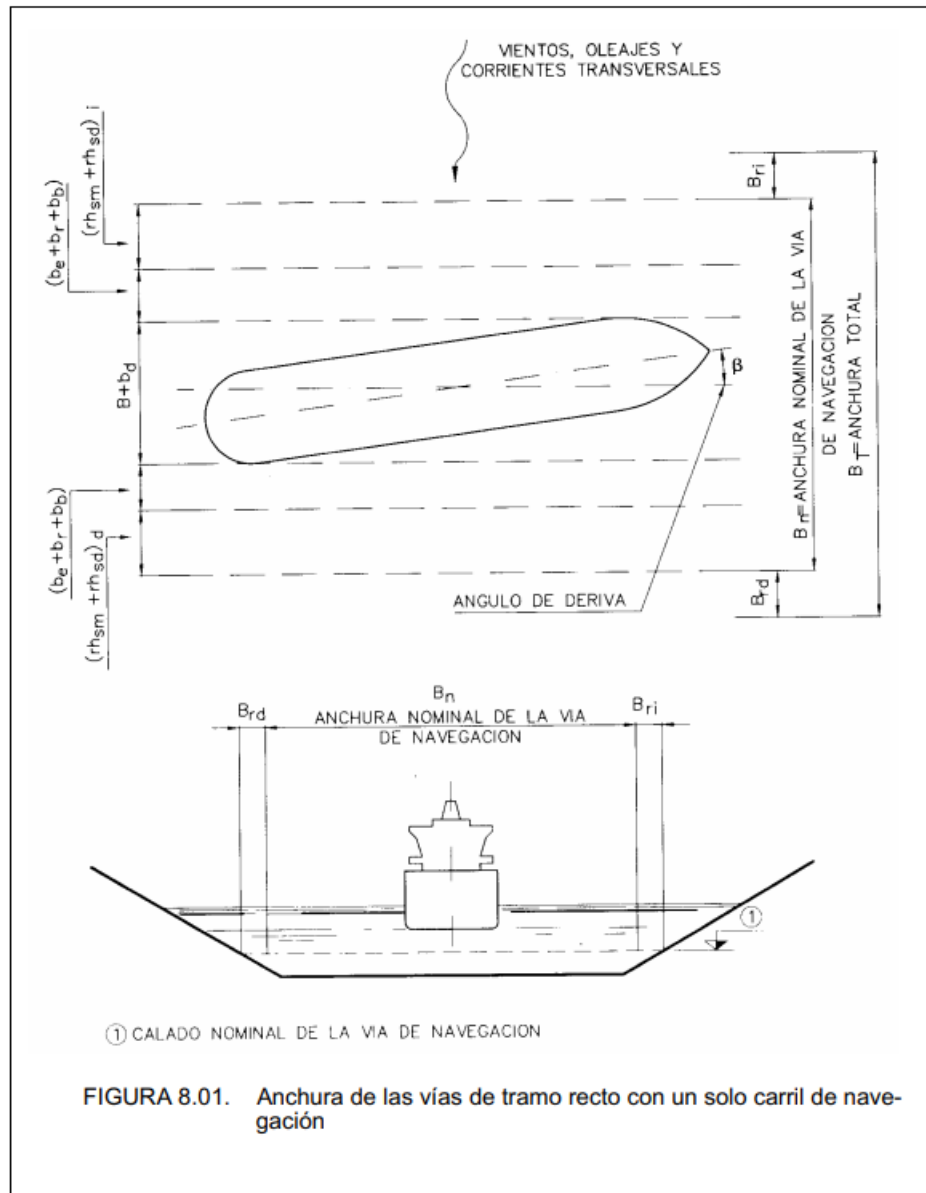


Figura 2: Anchura de la vía de navegación

3. Determinación del calado mínimo en áreas de navegación y flotación

Al determinar la profundidad de agua requerida en las diferentes Áreas de Navegación y Flotación, es necesario considerar varios factores, incluyendo:

El calado de los buques y los aspectos relacionados con ellos que puedan resultar en que alguna parte de su casco alcance una profundidad menor que la correspondiente a la quilla plana en condiciones estáticas en agua de mar (H1).

El nivel del agua que se tome en consideración y los factores que afecten a su variabilidad (H2), los cuales determinarán el plano de referencia para ubicar el buque.

Los márgenes de seguridad establecidos para evitar el contacto del buque con el fondo.

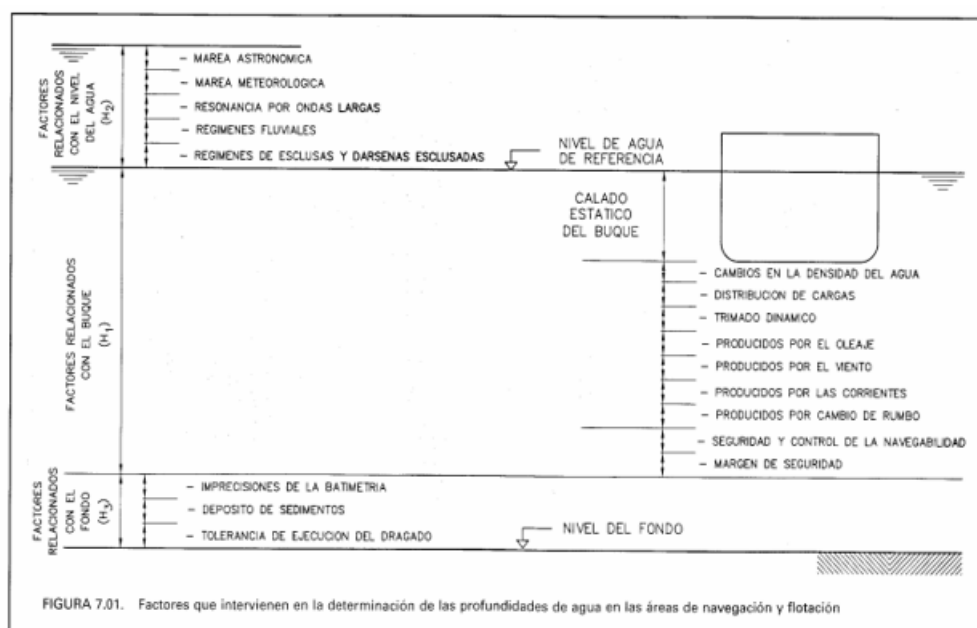


Figura 3: Factores determinantes en los calados de navegación y flotabilidad

3.1 Calado de la bocana

Para obtener los factores relacionados con el buque (H1), se ha aplicado un método empírico basado en la ROM 3.1-99. Este método cuantifica los factores asociados al buque, teniendo en cuenta su calado y los márgenes de seguridad (H1), considerando las características específicas del Área de Flotación en cuestión y el calado (C) del buque considerado.

Para su aplicación exclusiva en estudios previos se recogen en el presente apartado unos criterios empíricos de uso habitual que cuantifican los factores relacionados con el buque incluyendo su propio calado y los Márgenes de Seguridad (H_1) en función de las características del Área de Flotación que se analice y del calado (C) del buque que se considere.

Tomaremos el caso más desfavorable, según un estudio de las características de los yates de 20 a 30 metros, su obra viva no excede los 2 metros.

	H_1
— Antepuertos, fondeaderos y vías de navegación exteriores. Bocanas de puertos	
• Abrigados por la forma de la costa	1,10 C
• Poco abrigados	1,20 C
• Desabrigados con oleajes $H_s < 1.00$ m	1,30 C
• Totalmente desabrigados con oleajes $H_s \geq 2.00$ m	1,50 C
— Vías de navegación interiores	
• Abrigadas	1,10 C
• Poco abrigadas	1,15 C
— Áreas de maniobras	
• Abrigadas	1,08 C
• Poco abrigadas	1,12 C
— Muelles y atraques abrigados	
• Para buques grandes ($D > 10.000$ t)	1,08 C
• Para buques pequeños y medios ($D \leq 10.000$ t)	1,05 C
— Muelles y atraques poco abrigados	
• Para buques grandes ($D > 10.000$ t)	1,12 C
• Para buques pequeños y medios ($D \leq 10.000$ t)	1,10 C

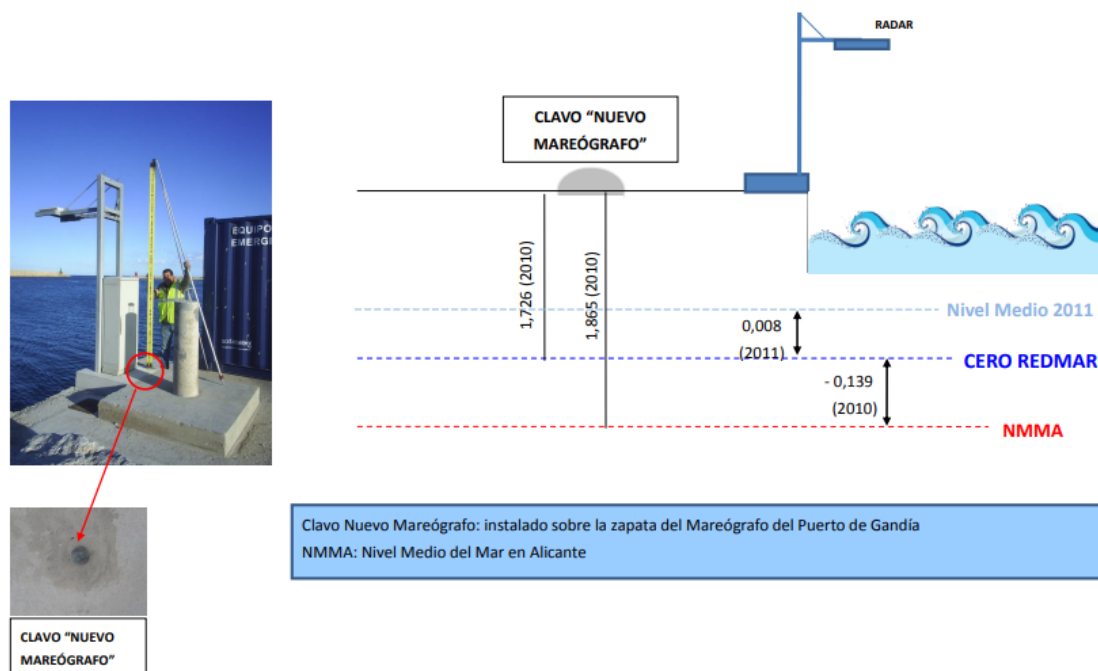
Tabla 2: márgenes de seguridad para diferentes zonas

Puesto que nos encontramos en el caso de una bocana y con una altura de ola significativa superior a 2 metros, empleamos la siguiente fórmula:

$$1,5 C = 3 \text{ Metros}$$

Para determinar los factores relacionados con el nivel del agua (H_2) emplearemos los datos del mareógrafo de Gandía por ser el más próximo al puerto. A continuación, se mostrará el esquema del datum:

ESQUEMA DATUM MAREÓGRAFO REDMAR GANDÍA (cotas en metros)



Nota: La posición relativa de Clavo y Mareógrafo está simplificada. NMMA: Cero IGN



Figura 4: Esquema del datum del mareógrafo de Gandía

De este mareógrafo obtendremos la carrera de marea máxima para poder obtener una solución del lado de la seguridad.

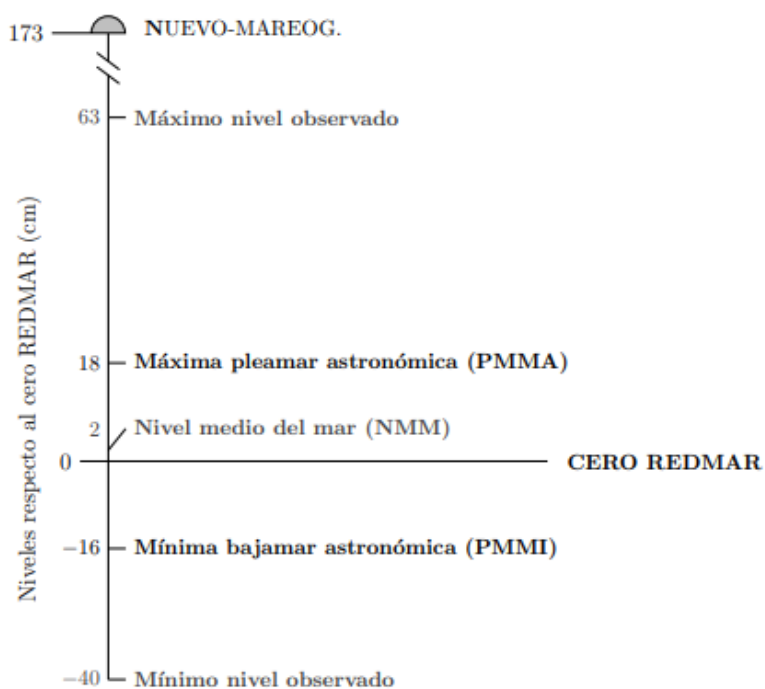


Figura 5: Principales referencias de nivel del mar del mareógrafo de Gandía

Por lo que:

$$H_2 = 63 + 40 = 1,03 \text{ metros}$$

Finalmente deberemos tener en cuenta los factores relacionados con el fondo para cubrir las imprecisiones de la batimetría. Puesto que no tenemos sistemas de compensación del oleaje:

Deben tenerse en cuenta los factores relacionados con el fondo para cubrir las imprecisiones de la batimetría. Al no disponerse de sistemas de compensación de oleaje:

$$H_3 = 0,10 + 1\% \text{ de la profundidad de agua} = 0,15 \text{ metros}$$

Por lo que el calado de la bocana será de 4,18 metros, adoptaremos el valor de $H = 4,20$ metros.

3.2 Calado por zonas según su eslora

Para determinar el calado mínimo en las diferentes áreas de navegación se establecerá un sistema dependiente de la obra viva de cada embarcación, según su eslora. Para ello se emplearán los datos de la figura 3.

Eslora de la embarcación	Obra viva (m)	Calado mínimo (m)
Hasta 6 metros	0,6	2,10
Hasta 8 metros	0,8	2,40
Hasta 10 metros	1,1	2,90
Hasta 12 metros	1,3	3,20
Hasta 16 metros	1,5	3,50
Hasta 20 metros	1,8	3,90
Hasta 25 metros	2	4,20

Tabla 3: calado mínimo por zonas según su eslora



4. Bibliografía

ROM 3.1-99 PROYECTO DE LA CONFIGURACION MARITIMA DE LOS PUERTOS;
CANALES DE ACCESO Y AREAS DE FLOTACION.