

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**Anteproyecto de Remolcador  
de altura de 35 T.P.F.**

**Manuel PORRÚA LARA**



**Centro: E. U. I. T. NAVAL**  
**Titulación: I. T. NAVAL**  
**Fecha: Julio 2009**





## **Contenido.**

1. Introducción al buque de servicio.
2. Dimensionamiento.
3. Formas.
4. Estabilidad.
5. Escantillonado.
6. Potencia.
7. Equipos y servicios.
8. Disposición general.
9. Presupuesto.





# **1. INTRODUCCIÓN AL BUQUE DE SERVICIO.**





<b>INTRODUCCIÓN AL BUQUE DE SERVICIO</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.</b>	<b>5</b>
<b>1.2 FUNCIONES DE LOS REMOLCADORES.</b>	<b>7</b>
<b>1.3 TIPOS DE REMOLCADORES</b>	<b>9</b>
1.3.1 Remolcador de puerto.	9
1.3.2 Remolcador de puerto y altura.	9
1.3.3 Remolcador de altura y salvamento.	10
<b>1.4 SISTEMA DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO DE LOS REMOLCADORES</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Sistema de propulsión.</b>	<b>11</b>
1.5.1 Hélices convencionales.	11
1.5.2 Hélices especiales.	13
<b>1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS REMOLCADORES</b>	<b>17</b>
1.6.1 Remolcador de una hélice.	17
1.6.2 Remolcador de dos hélices.	18
1.6.3 Remolcador tipo tractor.	19
1.6.4 Remolcador tipo «Z-peller».	21
<b>1.7 SISTEMAS DE GOBIERNO</b>	<b>23</b>
1.7.1 Towmaster.	23
1.7.2 Timón Kort.	24
1.7.3 Timones laterales.	24
1.7.4 Dos hélices y un solo timón.	24
1.7.5 Doble timón y una hélice.	25
1.7.6 Propulsor-gobierno.	25
<b>1.8 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS REMOLCADORES</b>	<b>27</b>
1.8.1 Maniobrabilidad	27
1.8.2 Estabilidad	28
1.8.3 Potencia	28
1.8.4 Tracción a punto fijo.	30
<b>1.9 ELEMENTOS DE REMOLQUE</b>	<b>31</b>
1.9.1 Chigre de remolque.	32
1.9.2 Bitas.	33
1.9.3 Gancho de remolque.	34
1.9.4 Cable de remolque.	35
1.9.5 Ventosa o copa aspirante.	36
1.9.6 Sertogan.	36
<b>1.10 INSTALACIONES ESPECIALES.</b>	<b>37</b>
1.10.1 Sistemas de lucha contra incendios, Cl.	37
1.10.2 Bombas contra incendios	40
1.10.3 Monitores o lanzas de agua y espumógeno.	43
1.10.4 Protección del buque de servicio.	46
1.10.5 Sistemas de lucha antipolución.	46
1.10.6 Sistemas de apoyo a plataformas petrolífera.	46
1.10.7 Otros sistemas de buques auxiliares.	47
1.10.8 Suministro de energía eléctrica.	47
1.10.9 Grúas y plumas.	47
<b>1.11 PARTES IMPLICADAS EN LAS OPERACIONES DE REMOLQUE.</b>	<b>49</b>
1.11.1 Autoridades portuarias.	49
1.11.2 Prácticos.	51
1.11.3 Armadores, agentes	53



---

1.11.4	Patrones de remolcadores	53
<b>1.12</b>	<b>MÉTODOS DE OPERACIÓN</b>	<b>55</b>
1.12.1	Remolque de tracción.	55
1.12.2	Empuje	55
1.12.3	Operación de empuje-tracción	56
1.12.4	Remolque de costado	56
1.12.5	Método empleado en Australia y en el Caribe.	56



En primer lugar haremos una introducción al buque de servicio, mas concretamente al buque tipo remolcador. Las características que lo definen, los diversos tipos, los equipos de que constan y su forma de actuación serán puntos clave en este apartado.

## **1.1 INTRODUCCIÓN.**

Los buques auxiliares o de servicio tienen como objetivo dar apoyo o ayuda a otros tipos de buques, por ejemplo mantener abiertas las rutas de navegación o la limpieza de las aguas o facilitar las maniobras de atraque o desatraque, etc. En este Capítulo trataremos de un pequeño subconjunto de estos buques, que son los buques de servicio y entre ellos los siguientes:

- Buques de servicio en puerto:
- Remolcadores de puerto.
- Buques de servicio en el mar:
- Remolcadores de altura.
- Buques de suministro a plataformas petrolíferas.
- Buques de salvamento y contra-incendios.

Todos estos buques tienen características comunes que permiten tratarles conjuntamente desde el punto de vista del proyecto del buque. Incluso se proyectan buques para cumplir simultáneamente las funciones de remolque y salvamento en



alta mar y apoyo a plataformas petrolíferas.

La principal misión de estos buques es producir fuerza, denominada tracción o empuje, que tradicionalmente ha sido empleada para:

- Ayudar a los buques a amarrar.
- Transportar objetos flotantes.

Otras misiones encomendadas a los buques de servicio son las siguientes:

- Lucha contra incendios.
- Salvamento de buques o naufragos.
- Lucha contra la polución (derrames, vertidos, roturas de petroleros, etc.).
- Posicionamiento y mantenimiento de boyas.
- Transporte y colocación de anclas de instalaciones «off-shore».



## **1.2 FUNCIONES DE LOS REMOLCADORES.**

Los remolcadores son embarcaciones auxiliares para la navegación y maniobras de los buques y otros elementos flotantes, que se utilizan para las funciones siguientes:

- Asistir al buque en las maniobras de atraque, desatraque y, en algunos casos, permanencia.
- Ayudar al buque en el reviro en un área reducida.
- Dar el apoyo necesario para contrarrestar la acción del viento, del oleaje o de las corrientes en las situaciones en las que el buque navega a baja velocidad, en las que la eficacia del motor propulsor y del timón es baja.
- Ayudar a parar al buque.
- Remolcar, empujar o auxiliar a un buque que se ha quedado sin medios de propulsión o gobierno.
- Transportar gabarras o artefactos flotantes de un lugar a otro.
- Dar escolta, en previsión de pérdida de gobierno, a buques con cargas peligrosas en zonas de alto riesgo.





## **1.3 TIPOS DE REMOLCADORES**

Atendiendo al tipo de operación y a la misión a realizar por el remolcador, se pueden dividir en: remolcadores de puerto, remolcadores de puerto y altura y remolcadores de altura y salvamento, aunque también pueden existir remolcadores que realicen los tres tipos de operaciones.

### **1.3.1 Remolcador de puerto.**

Es el que se emplea en el tráfico interior de puerto, su potencia puede oscilar entre 400 y 3.000 CV o más, con una tracción a punto fijo (bollard pulí) de 6 a 30 toneladas, una eslora comprendida entre 20 y 30 m, un calado comprendido entre 3,0 y 4,5 m y una velocidad que varía entre 5 y 13 nudos. Aunque esta función en el tráfico interior del puerto es la habitual, existen remolcadores con base en determinados puertos estratégicos donde operan en solitario y deben poder realizar operaciones de puerto y de altura así como operaciones de salvamento.

### **1.3.2 Remolcador de puerto y altura.**

Sus operaciones pueden dividirse entre servicios de puerto para auxiliar a grandes buques, amarre de supertanques a mono boyas, remolques costeros de altura etc. Su eslora está comprendida entre 25 y 40 m y su potencia puede variar entre 1.500 y 5.000 CV con una tracción a punto fijo de 20 a 55 toneladas.



### **1.3.3 Remolcador de altura y salvamento.**

Es el remolcador que por su tamaño y potencia le permite efectuar remolques oceánicos y prestar asistencia a los buques en peligro en alta mar. Las características principales de este tipo de remolcador son: eslora de 40 a 80 m, potencia de 4.000 a 20.000 CV, tracción de tiro a punto fijo de 55 a 180 toneladas y velocidad de 15 a 16 nudos.

La mayoría de los remolcadores de puerto cuenta hoy en día con equipos de lucha contra la contaminación y contra incendios. Los remolcadores de altura y salvamento, además de su equipo propio de remolque, cuentan con instalaciones contra incendios de agua y agua-espuma con monitores montados sobre plataformas elevadas a 15/20 m. sobre la línea de flotación que, comandados a distancia, pueden apagar incendios de grandes proporciones; disponen también de sistemas de achique para ser empleados en buques siniestrados y algunos remolcadores pueden hacer funcionar, por medio de sus elementos auxiliares, los motores principales de un buque siniestrado facilitándole aire para el arranque y energía eléctrica.



## **1.4 SISTEMA DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO DE LOS REMOLCADORES**

### **1.5 Sistema de propulsión.**

El sistema generalizado de propulsión de los remolcadores es por motores diesel que accionan hélices convencionales o especiales. Las hélices convencionales pueden clasificarse en cuatro tipos:

- Hélices de paso fijo.
- Hélices de paso variable.
- Hélices de paso fijo con tobera.
- Hélices de paso variable con tobera.

Las hélices especiales más frecuentemente utilizadas son de dos tipos:

- Sistema Schottel (hélice timón).
- Sistema Voith-Schneider (propulsor cicloidal).

#### **1.5.1 Hélices convencionales.**

Las hélices de paso fijo, mantienen su configuración invariable, mientras que en las hélices de paso variable se puede hacer girar cada una de las palas sobre su propio eje, dando el paso requerido en un sentido o en otro e incluso dejándole anulado girando las palas como un disco, lo que



permite que el motor gire siempre en el mismo sentido permaneciendo continuamente en marcha.

Las hélices de paso variable son mas eficaces que las de paso fijo porque al ajuste de las palas permite desarrollar la máxima potencia o cualquier velocidad, lo que no sucede con las hélices de paso fijo que están diseñadas para las condiciones específicas de operación ordinaria. Sin embargo las hélices de paso variable proporcionan un menor empuje para navegación de atrás, lo que puede ser una limitación importante para los remolcadores en los que se busque un compromiso para el funcionamiento eficaz del remolcador trabajando en uno y otro sentido.

La incorporación de una tobera a estos sistemas, dentro de la cual gira la hélice, mejora significativamente la eficacia del propulsor, equivaliendo a un incremento del diámetro efectivo de la hélice. El efecto que produce la tobera es que al canalizar el paso del agua se consigue un aumento de la velocidad en la sección mínima donde está la hélice, velocidad que disminuye al sobrepasar esta sección, aumentando así la presión y el empuje. El rendimiento de una hélice con tobera puede ser del 25% al 40% superior al sistema propulsor convencional para navegación avante.



### **1.5.2 Hélices especiales.**

Las hélices especiales son sistemas en los que la hélice hace las funciones de propulsión y gobierno, sustituyendo por tanto al timón. Los sistemas más desarrollados son el tipo Schottel y el Voith-Schneider.

#### *- Sistema Schottel.*

Este sistema consiste en una hélice suspendida de un eje vertical en Z o ángulo recto. Fijo al eje hay una tobera dentro de la cual gira la hélice y todo el conjunto puede girar 360° sobre dicho eje vertical. Con este giro se consigue dirigir el chorro de la corriente de expulsión en la dirección deseada, dando una gran maniobrabilidad al remolcador que puede desplazarse en todos los sentidos.

#### *- Sistema Voith-Schneider.*

Consiste en un rotor que gira sobre un eje vertical fijo al casco aproximadamente en su punto giratorio provisto de cuatro foils o palas que pivotan sobre ejes verticales accionadas por un mecanismo llamado control de gobierno, que fija el ángulo de ataque de las palas en las diferentes posiciones de maniobra, determinando la posición del centro de gobierno. Cuando el centro de gobierno se separa del centro geométrico del rotor, las palas ejercen un movimiento alrededor de su eje produciendo un chorro de agua que crea una reacción en contrario.

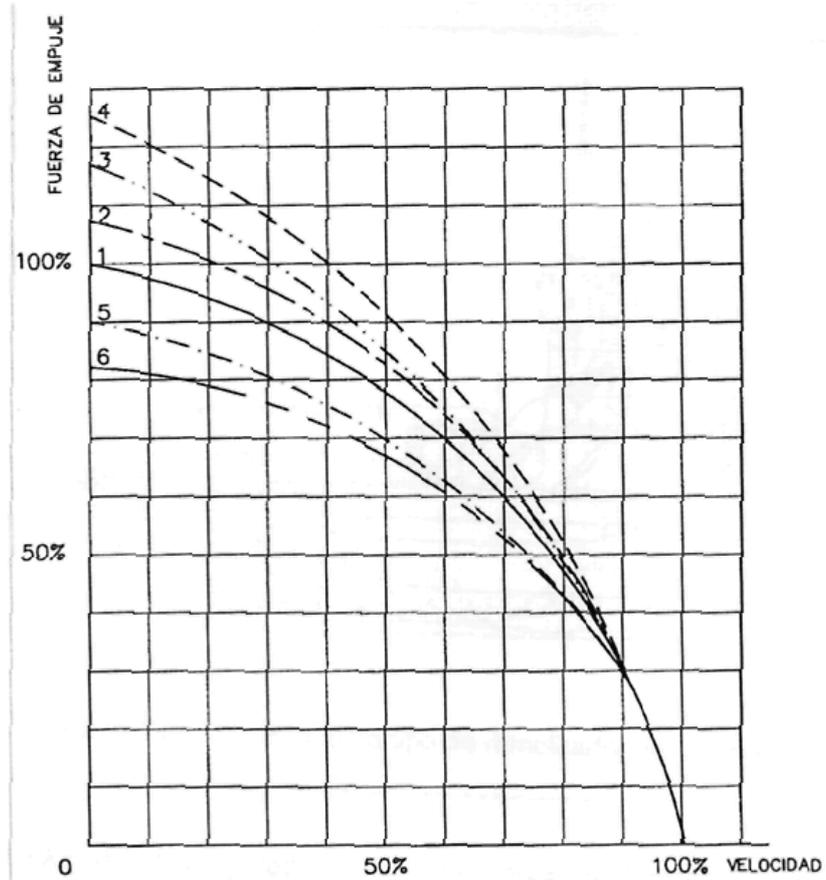
El mecanismo está diseñado de un modo sincronizado de



manera que las perpendiculares a la cuerda del perfil de cada pala coinciden en el centro de gobierno, con lo cual se consigue que el chorro de agua y el empuje resultantes sean perpendiculares a la línea que une el centro de gobierno con el centro geométrico del rotor; de esta forma puede conseguirse con un solo rotor un empuje en cualquier dirección, lo que da una gran capacidad de maniobra a este sistema. Si en un remolcador se instalan dos rotores de este tipo, puede conseguirse que los componentes longitudinales de ambos empujes se compensen entre sí, sumándose las fuerzas transversales, que, de estar aplicadas en el centro de deriva, darían lugar a un desplazamiento lateral del remolcador.

*El sistema Voith-Schneider produce un menor empuje para navegación avante que una hélice de paso fijo para la misma potencia instalada, sin embargo esta pérdida de eficacia está compensada por la alta maniobrabilidad obtenida, que es muy necesaria para operaciones en aguas restringidas.*

La siguiente tabla nos muestra las diferencias entre las fuerzas obtenidas en cada tipo de sistema de propulsión a medida que aumentamos de velocidad.



1. HELICES DE PASO FIJO.
2. HELICES DE PASO VARIABLE.
3. HELICES DE PASO FIJO CON TOBERA.
4. HELICES DE PASO VARIABLE CON TOBERA.
5. SISTEMA SCHOTTEL.
6. SISTEMA VOITH-SCHNEIDER.

Fuerzas de empuje a proa en función de la velocidad (para un remolcador de 2.000 CV)





## **1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS REMOLCADORES**

Atendiendo al número y posición de las hélices los remolcadores pueden clasificarse en:

### **1.6.1 Remolcador de una hélice.**

El remolcador de una hélice es el clásico remolcador convencional que tiene una sola hélice a popa, pudiendo llevarla dentro de una tobera para aumentar la fuerza de tracción; las palas pueden ser fijas o de paso controlable.

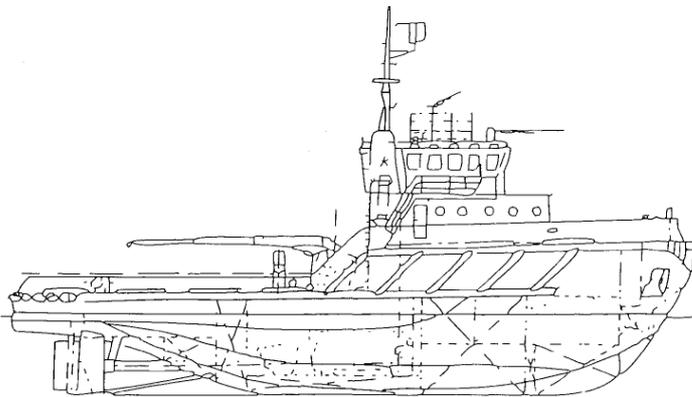
Posee las siguientes características:

-Es adecuado como remolcador de proa, maniobrable a todas las velocidades.

-Es inadecuado como remolcador de popa porque no tiene maniobrabilidad.

-No tiene maniobrabilidad en marcha atrás.

-Alta velocidad en marcha libre avante.



Esquema tipo de remolcador de una hélice con tobera.



### **1.6.2 Remolcador de dos hélices.**

Es el remolcador de hélices gemelas instaladas a popa accionadas por ejes horizontales, cuyas palas pueden ser de paso fijo o controlable, instaladas dentro de toberas o sin ellas. Para aumentar la maniobrabilidad se pueden instalar dos timones-tobera que proporcionan al remolcador una gran maniobrabilidad.

Las características que poseen estos remolcadores son:

-Son adecuados como remolcador de proa, ya que son maniobrables a todas las velocidades

-No son adecuados como remolcadores de popa, ya que son inadecuados a casi todas las velocidades

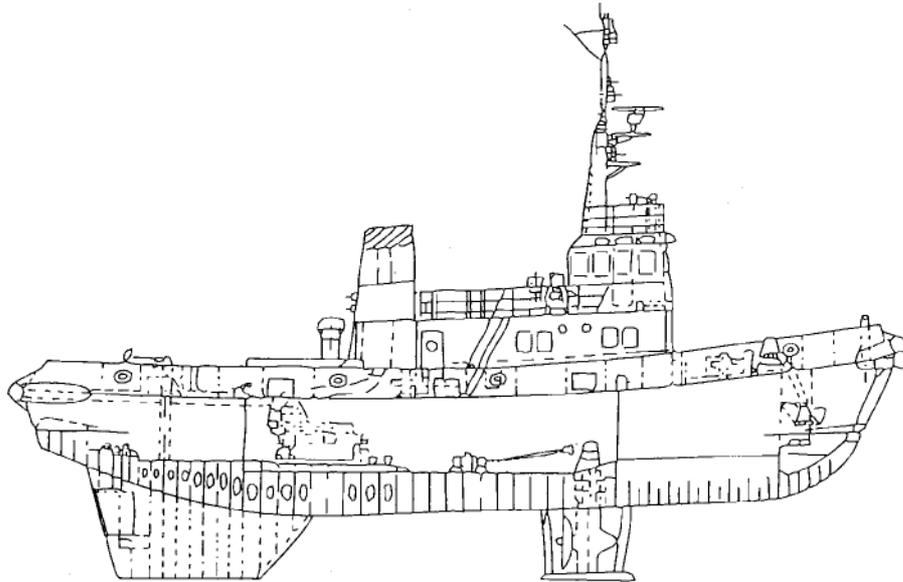
Estas características pueden quedar influenciadas en alto grado, una vez que se disponga de una hélice de empuje lateral.



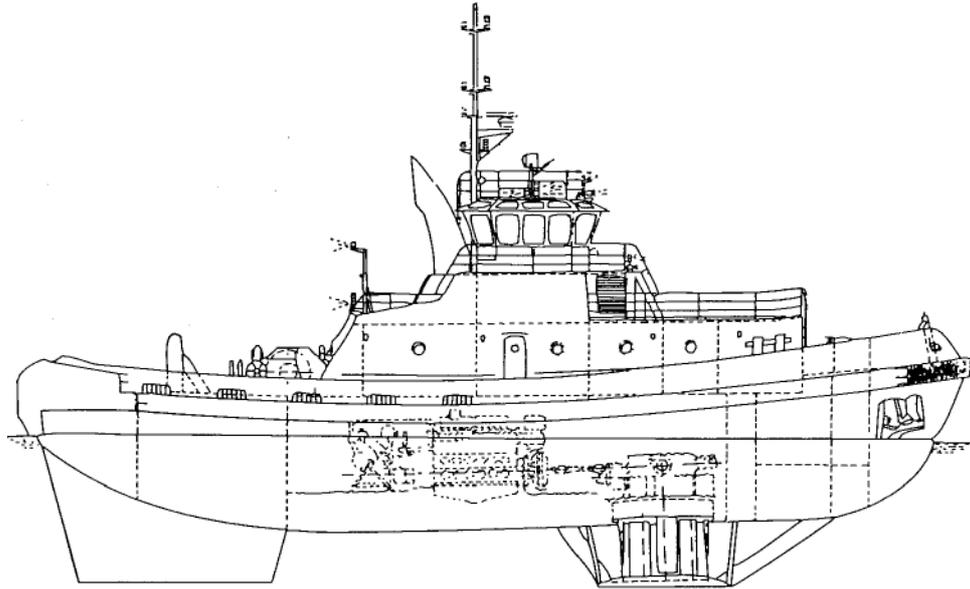
### **1.6.3 Remolcador tipo tractor.**

Es el remolcador que lleva el elemento propulsor en la parte de proa, del tipo Schottel o Voith-Schneider. Debido a su especial maniobrabilidad, lleva el gancho de remolque a popa, lo cual evita que el remolcador pueda zozobrar al tirar de través. Sus características son:

- Es adecuado como remolcador de proa y de popa.
- Es adecuado para operaciones de empuje y tiro.
- Tiene gran maniobrabilidad, incluso en desplazamiento lateral.
- Tiene gran fuerza de tracción en todas las direcciones.



Remolcador tipo tractor con propulsor Schottel



Remolcador tipo tractor con propulsor Voith-Schneider



#### **1.6.4 Remolcador tipo «Z-peller».**

Es un remolcador de propulsión a popa con hélices gemelas tipo Schottel con 360° de giro, que debido a su gran maniobrabilidad y tiro puede actuar como remolcador tipo tractor o para empuje y tiro.

La instalación de dos chigres de remolque, uno a proa y otro a popa, cerca de la bita de remolque principal, le aumenta su capacidad de acción en cualquier dirección. Sus características son:

-Es adecuado para remolcador de proa utilizando el chigre en la bita principal como remolcador convencional.

-Es adecuado como remolcador de popa enganchando el remolque por el chigre delantero, operando como remolcador tipo tractor.

-Tiene elevada velocidad en marcha libre avante y atrás.

-Tiene gran maniobrabilidad tanto con remolque como sin él.

-Es adecuado para operaciones de tiro y empuje.





## **1.7 SISTEMAS DE GOBIERNO**

Por lo que se refiere a los sistemas de gobierno (con independencia de los sistemas de propulsión: Schottel y Voith-Schneider.) la mayoría de los remolcadores están dotados de timones compensados y semicompensados, es decir con el borde de ataque prolongado hacia proa de la mecha del timón, con objeto de utilizar el flujo de forma más eficaz y hacer que el servomotor funcione con menos carga. La mayoría de los timones de los remolcadores están sobredimensionados en relación con los buques convencionales para favorecer la maniobrabilidad, lo que en general obliga a desarrollar codastes con talón para soportar el timón y, en su caso, la hélice.

Entre los sistemas de timones especiales desarrollados para los remolcadores pueden citarse los siguientes:

### **1.7.1 Towmaster.**

Este sistema de gobierno sitúa varios timones detrás de cada tobera, que pueden llegar a girar hasta 60° en cada banda, en lugar de los 35 ó 40° habituales. Esta cualidad permite una excelente maniobrabilidad en marcha avante; precisando como contrapartida un mayor calado a popa.



### **1.7.2 Timón Kort.**

Este sistema consiste en una tobera en cuyo interior se encuentra la hélice propulsora. La tobera está acoplada a la mecha del timón y gira accionada por el servomotor. Las ventajas de este sistema respecto a los convencionales son una mejora del rendimiento en marcha avante y una mayor maniobrabilidad marcha atrás. Como des ventaja hay que señalar que la respuesta de este timón es más lenta que la de los timones convencionales.

### **1.7.3 Timones laterales.**

Estos timones auxiliares se instalan a proa y a cada banda de la hélice propulsora, proporcionando una mayor gobernabilidad en las maniobras marcha atrás. Estos timones se operan por controles separados y se mantienen a la vía en marcha avante. Normalmente se montan conjuntamente con toberas Kort.

### **1.7.4 Dos hélices y un solo timón.**

Este sistema de gobierno no es muy eficaz en maniobras dado que el flujo de las hélices no incide directamente sobre el timón al estar centrado entre ellas; sin embargo el sistema es eficaz en las operaciones de remolque con gancho.



### **1.7.5 Doble timón y una hélice.**

Este tipo de instalación se utiliza en remolcadores con hélice de paso variable, con objeto de mejorar las desfavorables características de gobierno que presentan estos remolcadores cuando se dispone un solo timón detrás de ella y la hélice está en paso cero.

### **1.7.6 Propulsor-gobierno.**

En este caso la hélice hace las funciones de propulsión y gobierno, con lo que por tanto sustituye al timón. Corresponde por tanto a los sistemas hélice-timón (Schottel) y cicloidales (Voith-Schneider) ya descritos al analizar los propulsores.

La combinación de los diferentes sistemas compatibles de propulsión y gobierno descritos en los apartados anteriores, a los que se puede añadir la presencia de hélices transversales, produce una tipología muy variada de remolcadores.





## **1.8 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS REMOLCADORES**

Las principales características que debe tener un remolcador son las siguientes: maniobrabilidad, estabilidad y potencia.

### **1.8.1 Maniobrabilidad**

La capacidad y facilidad de maniobra de un remolcador son fundamentales para el desarrollo de sus funciones más características, ya que en maniobras con grandes buques en espacios reducidos será necesario poder moverse en todas las direcciones. La maniobrabilidad de un remolcador depende de la forma del casco, para lo cual suele estar especialmente construido de forma hidrodinámica a popa, o bien, de fondo plano a fin de que las corrientes de aspiración lleguen a las hélices sin turbulencias.

Los sistemas de propulsión y gobierno son elementos determinantes de la maniobrabilidad del remolcador, especialmente los sistemas combinados de propulsión - gobierno tipo Schottel o Voith-Schneider, proporcionan una movilidad al remolcador en todas las direcciones. Otro factor que influye en la maniobrabilidad es la posición del gancho o chigre de remolque, que deberá estar muy cerca del centro de resistencia lateral o algo hacia popa de él.

Otro elemento que influirá en la maniobrabilidad es la capacidad que tenga el remolcador para pasar de una situación de avance toda a completamente parado.



### **1.8.2 Estabilidad**

La curva de estabilidad estática para un remolcador debe ser positiva hasta los 50° con un brazo de estabilidad (distancia entre el metacentro y el centro de gravedad) de unos 60 cm, por lo que será necesario que las puertas de los alojamientos y entrada de la sala de máquinas sean estancas ante la posibilidad de alcanzar grandes escoras al tirar el cable de remolque en dirección del través. Los métodos por los que se puede mejorar la estabilidad estática de los remolcadores se basan en el incremento de la manga, en la reducción de la resistencia transversal del casco, en la reducción de la altura del gancho o punto de tiro y de la altura del punto de empuje y en la utilización de líneas de amarre o cabos de remolque con buenas características de absorción de cargas de impacto.

### **1.8.3 Potencia**

La potencia del remolcador deberá ser aquella que le permita acometer de una forma segura la función que tenga encomendada. Para las operaciones de transporte (arrastre o empuje de barcos, pontonas, plataformas, etc.) la potencia del remolcador deberá ser como mínimo la necesaria para remolcar o empujar un remolque de un determinado desplazamiento a una cierta velocidad mínima que le permita gobernar en las peores condiciones meteorológicas esperables durante el transporte. Esta potencia necesaria para lograr una determinada velocidad dependerá del rendimiento del motor propulsor, del rendimiento de la línea de ejes, del rendimiento de la hélice y del rendimiento del casco del remolcador y del



remolcado.

La potencia requerida para el remolcador será la suma de la potencia necesaria para mover el remolque y el propio remolcador; de una manera aproximada se puede suponer que la potencia que necesita el remolcador para alcanzar una determinada velocidad es del 9 al 10% de la potencia total necesaria para efectuar el remolque; luego conociendo la potencia necesaria para mover el remolque se puede calcular aproximadamente la potencia que necesitará el remolcador para efectuar un determinado remolque.

Dentro del concepto de potencia del remolcador se debe resaltar el de tracción a punto fijo, valor que está más ligado con la determinación de la potencia necesaria de los remolcadores en el caso de las restantes funciones desarrolladas por ellos y especialmente con las maniobras a realizar con los buques en puertos y áreas restringidas.



#### **1.8.4 Tracción a punto fijo.**

Es la cantidad de fuerza horizontal que puede aplicar el remolcador trabajando avante en el supuesto de velocidad nula de desplazamiento, coincidiría por tanto con la tracción que el remolcador produciría en una amarra que le fijase a un bolardo fijo de un muelle.

Conocida la tracción a punto fijo puede determinarse la tracción o el empuje avante. Se recuerda que los empujes con el remolcador trabajando en otras direcciones distintas de avante pueden presentar reducciones muy significativas según sea e tipo de remolcador.



## **1.9 ELEMENTOS DE REMOLQUE**

Cada tipo de remolcador irá equipado con los elementos necesarios para desarrollar con normalidad su trabajo. Unos van fijos en cubierta, tales como: chigre de remolque, gancho de remolque, bitas en «H» y bitas normales, y otros formarán el material necesario para dar el remolque como: cable de remolque, pies de gallo, triángulo, cable de seguridad, cabos mensajeros y guías. Por tanto, cada remolcador, de acuerdo con su potencia de tiro y tracción a punto fijo, deberá tener dichos elementos con la resistencia necesaria que permita efectuar el remolque con seguridad.

En los remolcadores convencionales el cable de remolque suele moverse libremente sobre la cubierta orientándose de acuerdo con la posición relativa entre el remolque y el remolcador. Para ello se disponen en cubierta en popa, defensas tubulares en ambas bandas, sobre los que desliza el cable de remolque. Cuando el remolque es en alta mar, el cable pasa a través de gateras, mientras que si es en puerto se deja libre

En los remolcadores tractores el cable o cabo de remolque, hace algunos años, pasaba a través de una horquilla en forma de «A» y actualmente de unos rodillos.

En los tractores, cuanto más a popa se instalen los rodillos, mayor es la fuerza de tracción disponible para el tiro indirecto consiste en situar al remolcador perpendicular a la línea de remolque, generándose una gran fuerza de frenado



por la pantalla que presenta el buque ante el agua, incrementada por tener en popa un gran quillote y en proa los propulsores.

### **1.9.1 Chigre de remolque.**

Consiste en una máquina hidráulica provista de uno o dos tambores donde se guarne el cable de remolque. El sistema puede ser automático de tensión o longitud constante, o no automático. El chigre de tensión constante mantiene en todo momento el cable en la tensión programada, desvirando cuando entra en excesiva fuerza y virando cuando queda en banda; de esta manera, una vez fijada la longitud del cable del remolque o la tensión máxima, automáticamente se mantendrán estos valores. El chigre de remolque no automático es de accionamiento manual y requiere regular la distancia manualmente y estar atento a que no trabaje en exceso.

El chigre de remolque debe instalarse lo más bajo posible para no disminuir la estabilidad y a ser posible coincidiendo con el centro de resistencia lateral para facilitar la maniobrabilidad del remolcador.

La desventaja del chigre de remolque es que no es posible pasar de la situación de remolque hacia adelante a hacia atrás, especialmente en maniobras en lugares estrechos.

Resumiendo, las ventajas e inconvenientes del chigre de remolque son:

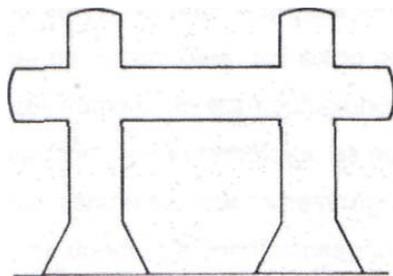


- La longitud del cable de remolque puede ser ajustable durante varias situaciones.
- Se puede soltar rápidamente y, por supuesto, el chigre se encarga de hacer la faena pesada.
- Sólo es preciso la utilización de un tripulante de cubierta.
- No es posible pasar de la posición de remolque hacia adelante a la posición de remolque hacia atrás (esto suele ocurrir durante el remolque con gancho, y el remolque a través de la bita de remolque), especialmente en maniobras en lugares estrechos.

### 1.9.2 Bitas.

En cubierta deber haber las suficientes bitas para hacer firmes los cabos de remolque y colocadas en los lugares apropiados para ser usadas en diversos tipos de remolques, ya sea por la popa, por la proa o abarloado.

El remolcador puede suministrar el cabo de remolque y la longitud puede ser ajustada por la tripulación del remolcador.



Bita de remolque (Bita en "H")



### **1.9.3 Gancho de remolque.**

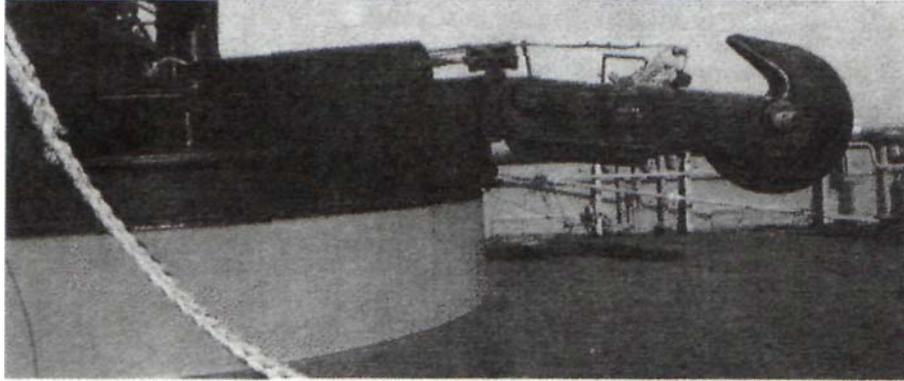
El gancho de remolque de los remolcadores convencionales tiene movimiento vertical y gira de banda a banda sobre una guía semicircular. En los tractores va situado a proa de los rodillos, suele ser giratorio, aunque no precisa un gran ángulo de giro, ya que el cable va ya dirigido a su paso por dichos rodillos.

En ambos casos se dispone de un sistema de disparo, normalmente neumático, con accionamiento local a ambas bandas y remoto desde el puente. Adicionalmente se instala un sistema de disparo automático en caso de emergencia, cuando se alcanza un determinado ángulo de escora bruscamente o cuando se produce una escora lenta, pero progresiva del remolcador.

La situación del gancho debe ser coincidiendo con el centro de resistencia lateral o algo hacia popa del mismo, dependiendo del sistema propulsor, con el fin de dar a máxima maniobrabilidad al remolcador; su altura será la mínima para evitar una pérdida de estabilidad del remolcador.

La principal ventaja es la seguridad adquirida, debido a la rápida posibilidad de desenganche.

También se necesitan menos tripulantes en cubierta que con una bita de remolque.



Gancho de remolque

#### **1.9.4 Cable de remolque.**

Cable o cabo de remolque es el cable o cabo que se emplea para arrastrar el remolcado. Puede ser metálico, de fibra natural y de fibra sintética tales como: nylon, polipropileno, etc. El cable de remolque se emplea para remolques largos, costeros y oceánicos, en los cuales se requiere mucha longitud y gran resistencia. El cable convencional de remolque puede ser de 5 a 6 cm de diámetro y de más de 600 m de longitud y va enrollado en el tambor del chigre de remolque.



### **1.9.5 Ventosa o copa aspirante.**

El remolcador está provisto a proa y en sus costados de unas ventosas similares a los tentáculos de un pulpo, que se acoplan fuertemente al costado del buque remolcado cuando tenga que empujar de "carnero", tirar o abordarlo. El sistema, aun experimental, reduce el personal en cubierta tanto del remolcador como del remolcado y la maniobra de tomar y largar el remolque es instantánea, así como también reduce el empleo de cables de remolque (el número de manipulaciones de los cables, tanto a bordo del barco a remolcar como en el remolque, es nulo).

El empleo de copas aspirantes queda restringido todavía a los puertos debidamente protegidos, en donde las condiciones marinas prevalecientes son moderadas,

Se trata de un método bastante nuevo, y sólo se ha empleado en Japón.

### **1.9.6 Sertogan.**

Es el nombre de la patente de un sistema de cobrado del cable de remolque del buque asistido. Consiste en un motor eléctrico, de no mucha potencia, situado sobre el gancho de remolque, con un tambor en el que se va enrollando el pequeño cabo que sirve para cobrar el cable, que ha sido lanzado previamente al buque a remolcar.



## **1.10 INSTALACIONES ESPECIALES.**

### **1.10.1 Sistemas de lucha contra incendios, CI.**

Los estándares sobre lucha contra incendios de las sociedades de clasificación establecen las clases CI 1, 2 y 3 y requieren un mínimo de capacidad de agua y alcance de los monitores, con un mínimo número de bombas y monitores instalados. Por ejemplo en tractores el único de esos estándares que se considera es la clase 1, que pide una capacidad de agua total de alimentación de lanzas de 2400 m<sup>3</sup>/hr; si además lleva sistema de creación de nube de agua alrededor del remolcador entonces las bombas deberán dar más de 2400 m<sup>3</sup>/hr; con esta capacidad un monitor de agua debe de proyectar los chorros con un alcance mínimo de 120 metros horizontalmente y 45 metros por encima del nivel del mar. En las siguientes tablas se dan dichos mínimos para Lloyd's Register y Det Norske Veritas, respectivamente.



## CLASES Y REQUISITOS BUQUES CI. LLOYD'S.

EQUIPO	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Número de monitores	2	3	4
Capacidad monitores, c/u	12000m <sup>3</sup> /hr	1800m <sup>3</sup> /hr	1800m <sup>3</sup> /hr
Capacidad total bombas	2400m <sup>3</sup> /hr	7200m <sup>3</sup> /hr	10000m <sup>3</sup> /hr
Altura del chorro	45m	70m	70m
Alcance horizontal del chorro	120m	150m	150m
Capacidad F.O. para monitores	24h	96h	96h
Conexiones manguera a cada banda	4	8	8
Núm. equipos de bombero	4	8	8

**CLASES Y REQUISITOS BUQUES CI. DNV.**

EQUIPO	Clase I	Clase II	Clase III
Número de monitores	2	3 ó 4	4
Capacidad monitor, c/u	1200m <sup>3</sup> /hr	2400 ó 1800m <sup>3</sup> /hr	2400m <sup>3</sup> /hr
Capacidad total bombas	2400m <sup>3</sup> /hr	7200m <sup>3</sup> /hr	9600m <sup>3</sup> /hr
Número de bombas	1-2	2-4	2-4
Altura del chorro	50m	80m	90m
Alcance horizontal del chorro	120m	150m	150m
Capacidad F.O. para monitores	24h	96h	96h



### 1.10.2 **Bombas contra incendios**

Los mínimos de número y capacidad están fijados por los requerimientos de la clase, según se indica en las Tablas 1.8.10 y 1.8.11. En cualquier caso es una buena práctica de diseño seleccionar cada bomba para trabajar lo más cerca posible de su punto de máximo rendimiento, lo que permitirá a la bomba cargas de trabajo mayores o menores, a ambos lados del punto de diseño, sin causar excesivo daño por erosiones debidas a cavitación o pérdida de rendimiento.

La velocidad de la bomba contra incendios suele ser de 1800 rpm, lo cual asegura la posibilidad de ser movida por el motor principal a través del PTO, «power take off», y su engranaje, o mediante un motor diesel independiente. Velocidades por encima de las 2000 rpm también se emplean, aunque supone mayor desgaste de los cojinetes y partes móviles, que repercuten en un alto coste en caso de mantenimiento.

No se debe olvidar que con el incremento de la velocidad de rotación también se incrementa el NPSH, «net positive suction head», requerido, dificultando la selección de la posición de la bomba.

Existen los siguientes métodos de accionamiento de las bombas contra incendios:

- *Accionamiento por el o los motores principales.*

Debe de tenerse en cuenta la potencia que requiera la bomba contra incendios, para no afectar a la maniobrabilidad



del remolcador o tractor.

Concretamente en los tractores los dos propulsores gemelos van movidos por motores diesel de velocidad media, mediante un sistema de engranajes las bombas y los motores principales a los que están conectadas pueden girar a velocidad constante durante las operaciones de lucha contra incendios y la carga de trabajo puede ser distribuida convenientemente entre la propulsión y el accionamiento de la bomba CI; esta disposición es muy empleada por su flexibilidad.

El empleo de cajas de engranajes permite que la rotación de la bomba y del motor sea compatible. El accionamiento de las cajas de engranajes se puede hacer desde el puente y desde la cámara de control de la maquinaria mediante válvulas solenoide. El diseño de las cajas de engranajes, embragues y acoplamientos permite el arranque de la bomba a plena carga y revoluciones máximas, aunque lo normal es arrancar ésta con poca carga, para ir incrementándola paulatinamente.

- *Accionamiento por los motores diesel auxiliares*

En este caso el diesel auxiliar, normalmente, mueve un alternador en un extremo y la bomba CI desde el otro extremo del motor. El motor deberá estar dimensionado considerando ambos servicios.



- *Accionamiento por un motor eléctrico*

Esta solución es válida cuando la capacidad y presión de la bomba no es muy grande, pues puede conducir a una bomba excesivamente cara para dar la adecuada presión en los monitores o lanzas; con el inconveniente adicional, si la frecuencia de la corriente es de 50 Hz, de funcionar el motor y la bomba a 1500 rpm, lo que a su vez incrementaría el coste y el tamaño del conjunto motor eléctrico y bomba.

- *Accionamiento por motor diesel especialmente dedicado.*

Se plantea un problema de espacio para esta configuración, amén de económico. Puede ser conveniente cuando las configuraciones anteriores sean difíciles de instalar.



### **1.10.3 Monitores o lanzas de agua y espumógeno.**

Los tipos de monitores que existen en el mercado son:

- Monitores de solo agua.

Como su nombre indica este monitor sólo proyecta agua, lo más lejos posible.

La disposición de un monitor típico de agua consiste en un conjunto de tuberías con curvas diseñadas «ad hoc», para estabilización y direccionado del flujo, con una tobera cilíndrica en el extremo. Uno de los principales objetivos a cumplir en el diseño de los monitores es convertir el flujo turbulento del agua proveniente de la bomba CI en laminar, la mejor disposición para conseguir esto es con una tobera de suave convergencia unida a una corta salida paralela.

- Monitor de agua y espumógeno de lanza común.

Este tipo de monitor se usa con capacidades hasta los 800 m<sup>3</sup>/hr.

Para expandir el espumógeno es necesario introducir aire en la mezcla agua/ espumógeno, se consigue mediante agujeros en la periferia del monitor, que actúan como inductores de aire. La razón de expansión varía, el valor medio es de 5:1.



- Monitor de agua y espumógeno de lanzas independientes.

Cuando los requerimientos de capacidad son superiores a los 800 m<sup>3</sup>/hr es conveniente el empleo de lanzas independientes, para alcanzar la máxima efectividad en la proyección del agua sin interferencia con el diseño necesario para el espumógeno.

Los métodos de operar los monitores son básicamente tres:

- Monitores manuales.

Su empleo está limitado a los sistemas CI más pequeños y (normalmente más antiguos) con monitores de capacidad individual hasta los 500 m<sup>3</sup>/h tanto en los de sólo agua como en los de agua/espumógeno; se operan con una palanca o un volante, que tiene un sistema de anclaje que asegura y fija su posición de trabajo.

No deben utilizarse cuando las capacidades de descarga sean grandes, con altas presiones y monitores situados a más de 10 m. por encima del nivel del agua.

- Monitores eléctricos.

Estos monitores son de fácil control a distancia; se mueven mediante un motor eléctrico. Pueden requerir un cableado especial.

El recinto de los motores eléctricos en cuanto a



aislamiento estará diseñado teniendo en cuenta la proximidad a una fuente de agua. Para asegurar que los monitores al girar durante las operaciones de trabajo no golpean a la estructura del barco, se emplean contactos eléctricos que paran el giro del monitor en posiciones predeterminadas.

- *Monitores electrohidráulicos.*

El uso de este sistema se aplica especialmente a buques gaseros (GPL o GNL), porque los gases de sus tanques son incompatibles con el empleo de un sistema eléctrico. Los costes de instalación y de mantenimiento son los más altos.

La presión, de trabajo del sistema hidráulico está alrededor de 70 bar, que es suficiente para compensar las pérdidas de presión en conductos de no excesiva longitud y de pequeño diámetro, y además asegurar la suficiente presión para operar el monitor.



#### **1.10.4 Protección del buque de servicio.**

A fin de proteger al propio buque, para que se pueda acercarse al buque socorrido, se dispone un sistema de pulverización de agua alrededor de todas las superficies exteriores.

#### **1.10.5 Sistemas de lucha antipolución.**

Los sistemas utilizados para luchar contra la contaminación marina producida por los derrames de petróleo incluyen tanques de almacenamiento de productos químicos y residuos de crudo y un equipo de recogida de derrames constituido por: barreras inflables, un 'skimmer', un tanque neumático y una bomba hidráulica portátil, sumergible.

Otra alternativa de la lucha anticontaminación la constituye, en lugar de la recogida, la utilización de líquidos dispersantes, que se emiten a través de rociadores. Se disponen con este fin tangones giratorios y rociadores servidos por una bomba de agua salada y una bomba dosificadora del dispersante.

#### **1.10.6 Sistemas de apoyo a plataformas petrolífera.**

Los buques de apoyo a plataformas petrolíferas tienen unos servicios muy distintos a los de cualquier otro buque debido a los requerimientos específicos de dichas plataformas, por ejemplo deben disponer de: tanques de cemento, campanas de buceo y sistemas de posicionamiento dinámico.



### **1.10.7 Otros sistemas de buques auxiliares.**

Servicio de achique.- Cuando el buque asistido tiene una vía de agua o una inundación tan importante que el achique con sus propias bombas es insuficiente, los buques auxiliares facilitan bombas portátiles de achique sumergibles que se instalan en el buque asistido.

### **1.10.8 Suministro de energía eléctrica.**

La versatilidad de estos buques se puede incrementar con un generador portátil, preferentemente trifásico, con objeto de asistir a buques con problemas en la planta eléctrica.

### **1.10.9 Grúas y plumas.**

Suelen disponer de pequeñas plumas para:

- Manejo del bote de rescate.
- Entrada de víveres y pertrechos al propio barco o a otro abarloado, como por ejemplo las bombas de achique portátiles.
- Manejo en general de equipos.

Estas grúas suelen ser de accionamiento eléctrico o electro hidráulico, de tipo telescópico, extensible o articulada.





## **1.11 PARTES IMPLICADAS EN LAS OPERACIONES DE REMOLQUE.**

Las operaciones portuarias a realizar son llevadas a cabo por las siguientes entidades:

- Autoridades portuarias
- Prácticos
- Armadores agentes
- Armadores de remolcadores

A continuación se muestra el conjunto de requisitos que poseen cada uno de ellos.

### **1.11.1 Autoridades portuarias.**

Uno de los principales requisitos que busca la autoridad portuaria es la realización de operaciones seguras dentro de la Bahía, de forma que no se produzcan averías en las instalaciones (bloqueo de canales navegables) o a otros barcos.

De otro lado, también es de vital importancia para las autoridades portuarias, la disponibilidad del remolcador.

En definitiva, podemos decir que los requisitos que buscan las autoridades portuarias son:

- Seguridad, tanto técnica como la disponibilidad del



## remolcador

- Las tarifas de los remolcadores (a tarifas bajas, mejor será la posición del puerto en lo que a competencias se refiere respecto a otros puertos.).

En lo referido a las exigencias requeridas a los remolcadores por parte de las autoridades portuarias, podemos destacar las siguientes:

- Extinción de incendios.
- Lucha contra la contaminación y control de la misma
- Salvamento

Existen ocasiones en las cuales, los remolcadores pueden realizar operaciones adicionales:

- Labores de reparación
- Labores de mantenimiento de los canales navegables
- Boyas de amarre de punto simple
- Luces de navegación y boyas.



### 1.11.2 **Prácticos.**

Los prácticos están principalmente interesados en aspectos tales como:

- Fuerza de tracción.
- Maniobrabilidad.
- Seguridad.
- Diversificación de los remolcadores.
- Disponibilidad.
- Configuraciones posibles del remolcador.

Además de estos aspectos, lo más importante para que se dé un practicaje con éxito es la buena comunicación con los patrones de los remolcadores.

En función de las condiciones de trabajo, cambiará la preferencia del práctico por la fuerza de tracción, no sólo la fuerza de tracción total, sino también la distribución de la fuerza de tracción sobre el barco.

Los prácticos exigen en ocasiones diferentes tipos de remolcadores en función de la zona donde deban de posicionarse.

Remolque desde la zona de PROA: generalmente son remolcadores con la hélice a popa.

Remolque desde la zona de POPA: en este caso se suele



solicitar un remolcador tipo tractor.

En el caso en que el práctico vea necesario la utilización de remolcadores para maniobras de costado, los prácticos solicitan remolcadores adicionales.

Los prácticos deben de disponer en todo momento de un remolcador, en función de las posibles eventualidades que se puedan dar en el puerto;

- Por una avería repentina de la hélice de proa.
- Por una avería del timón.
- O por una avería en el sistema de propulsión.

En el caso de condiciones atmosféricas desfavorables (fuerte lluvia o niebla), lleva asociada una disminución en la velocidad del barco y de la maniobrabilidad del mismo, de manera que aumenta la necesidad del empleo de remolcadores.

También debemos de hacer constar que el práctico, en función del tamaño del buque a remolcar, optará por la maniobrabilidad o por la fuerza de tracción. Así, para buques pequeños elegirá un remolcador pequeño altamente maniobrable, y en el caso de buques mayores, optará por la fuerza de tracción.



### **1.11.3 Armadores, agentes**

Los armadores tienen como principal inquietud las tarifas de los puertos. En muchos, las tarifas se basan en las dimensiones de los barcos y en la clase de asistencia que se presta. En otros, dicha tarifa se basa en el tipo de remolcador que se emplee.

La disponibilidad del remolcador es de suma importancia, ya que si un barco se retrasa en sus operaciones en puerto, se produce un gasto inesperado por parte del armador.

### **1.11.4 Patrones de remolcadores**

Para los patrones de los remolcadores, el principal interés es la realización de servicios de diversa naturaleza, tanto en el presente como en el futuro. Por este motivo, resulta de gran importancia para el patrón el desarrollo de los gastos operativos y de qué modo puede mantener su flota lo más flexible posible para que pueda competir con todos los requisitos del puerto.

Los gastos de explotación de un remolcador se componen principalmente de los siguientes elementos;

- Inversiones
- Reparaciones y mantenimiento
- Estudios



- Primas de seguro
- Equipamiento
- Materiales de consumo (combustibles, aceite lubricante, alimentos para la tripulación)
- Porcentaje de gastos generales

Debe hacerse constar que, cuanto mejores sean las cualidades técnicas de los remolcadores, tanto más bajos serán los gastos de reparación y de mantenimiento.

Cuanto más sofisticado sea el remolcador, desde el punto de vista operativo y técnico, más reducida será la tripulación que se necesita para realizar el trabajo de forma conveniente.



## **1.12 MÉTODOS DE OPERACIÓN**

En función de los aspectos siguientes (experiencia de la tripulación, tipo y tamaño de los barcos a los que deberá prestarse asistencia, tipo y tamaño de los remolcadores), nos podemos encontrar con diversos métodos de operación;

- Remolque de tracción
- Empuje
- Operaciones de empuje-tracción
- Remolque al costado

Veamos cada uno de estos métodos de operación.

### **1.12.1 Remolque de tracción.**

El remolcador está conectado al barco mediante el gancho o la bita de remolque, situado en popa o en el centro.

Éste método de operación es el que se suele emplear en la asistencia portuaria en la mayoría de los puertos de Europa.

### **1.12.2 Empuje**

Aquí, el remolcador puede estar o no conectado al barco mediante una codera de proa.

Mediante éste método, el remolcador empuja el barco en la dirección adecuada.

Método empleado ampliamente en América de Norte



### **1.12.3 Operación de empuje-tracción**

En este caso, el remolcador se encontrará conectado al barco mediante una cadena de proa, estando en condiciones de empujar y tirar del buque. Método usado principalmente en Japón, Asia meridional, etc.

### **1.12.4 Remolque de costado**

Con este tipo de operación, el remolcador ha de empujar o empuja-tirar. Se emplea en aguas más abiertas.

### **1.12.5 Método empleado en Australia y en el Caribe.**

Para la realización de estas operaciones, los remolcadores deben de poseer los siguientes elementos (elementos de remolque):

- Gancho de remolque.
- Bita de remolque.
- Chigre de remolque (estos se pueden situar en proa, popa o en crujía).
- Ventosa o copa aspirante.
- Defensa (proa, popa, costados).



## **2 DIMENSIONAMIENTO**





<b>2</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO</b>	<b>1</b>
<b>2.1</b>	<b>DATOS DE PARTIDA</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>ESTUDIO ESTADISTICO</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>DIMENSIONES PRINCIPALES</b>	<b>9</b>
2.3.1	Obtención de la potencia a instalar.	9
2.3.2	Obtención de las dimensiones principales. Formulas de regrsión.	10
2.3.3	Relación entre dimensiones principales	13
2.3.4	Dimensionamiento mediante ARQNAVAL .	14
2.3.5	Relación entre dimensiones principales	19
2.3.6	Tabla comparativa entre los resultados obtenidos mediante formulas de regresión y ARQNAVAL.	20
<b>2.4</b>	<b>FORMAS, COEFICIENTES Y DESPLAZAMIENTO.</b>	<b>21</b>
2.4.1	Obtención del calado. Fórmulas de regresión.	21
2.4.2	Francobordo. Fórmulas de regresión.	22
2.4.3	Desplazamiento	23
2.4.4	Coefficientes de carenas. Fórmulas de regresión.	29
2.4.5	Corrección de formas mediante ARQNAVAL	32
<b>2.5</b>	<b>Resistencia y propulsión</b>	<b>33</b>
2.5.1	Obtención de potencia y propulsión mediante ARQNAVAL.	33
2.5.2	Autonomía.	36
2.5.3	Datos corregidos.	37
<b>2.6</b>	<b>Pesos. ARQNAVAL.</b>	<b>39</b>
2.6.1	Peso de acero	40
2.6.2	Peso del equipo	41
2.6.3	Peso de la maquinaria	42
2.6.4	Peso muerto	43
<b>2.7</b>	<b>Volúmenes. ARQNAVAL.</b>	<b>44</b>
2.7.1	Obtención de volúmenes mediante ARQNAVAL	44
<b>2.8</b>	<b>Arqueo</b>	<b>46</b>
<b>2.9</b>	<b>Francobordo.</b>	<b>48</b>
<b>2.10</b>	<b>Estabilidad.</b>	<b>50</b>
<b>2.11</b>	<b>Maniobrabilidad.</b>	<b>50</b>





Una vez visto que es un buque de servicio, y las características principales con las que deben contar los remolcadores, con sus correspondientes tipos de propulsión y sus instalaciones, veremos cual de ellos se adapta mejor a las necesidades de nuestro buque.

## **2.1 DATOS DE PARTIDA**

Empezaremos señalando las características de partida del remolcador que deseamos diseñar.

Se trata de un remolcador de altura, con un T.P.F. de 35 toneladas. Dicho remolcador será capaz de navegar en aguas libres a una velocidad de 10 nudos. La tripulación estará compuesta por 15 tripulantes, y la autonomía será de 10 días de navegación.

Como complemento a estas características, el remolcador dispondrá de los equipos necesarios para la realización de:

- Extinción de incendios.
- Salvamento.
- Lucha contra la contaminación.

Tras ver las características básicas del buque a estudiar, buscaremos el tipo que mas se adecua a dichas características.

Al tratarse de un remolcador de altura, la maniobra de remolque la realizará conectado al barco mediante un gancho en popa. Por este motivo vamos descartamos los propulsores de tipo tractor, como son los Voith-Schneider, y tipo tractor Schottel. El tipo de propulsor mas adecuado seria un propulsor instalado a popa.



Dentro de la gama de propulsores a popa, y para el caso que estamos estudiando, la más adecuada es la hélice con timón-tobera del tipo Kort.

Ya que de este modo uniremos una buena maniobra de remolque a popa con una excelente maniobrabilidad, tanto si está conectado o no a un remolque.

Teniendo las características de partida de nuestro remolcador, pasaremos a calcular las dimensiones principales del mismo.



## **2.2 ESTUDIO ESTADISTICO**

Crearemos una base de datos estadística de buques con características similares al que pretendemos proyectar. De esta base de datos se extraerá unas relaciones entre dimensiones, dentro de las cuales deberá estar situado nuestro remolcador.

Para la creación de la base de datos, se han buscado buques que guarden una relación lo más próxima posible al tipo de buque que se pretende construir. Para ello se han tenido en cuenta las siguientes características:

Tipo de remolcador. Se ha buscado entre buques del tipo remolcador de altura, con capacidad de actuar como remolcador de apoyo en puerto.

Tiro a punto fijo. Se han seleccionado buques cuyo tiro a punto fijo fuese similar al de buque de proyecto. Por ello todos los buques que integran la base de datos desarrollan tiros a punto a fijo entre 30 y 50 tm.

Velocidad. Se han seleccionado buques del tipo remolcador que sean capaz de desarrollar velocidades del entorno de 12 nudos.

A partir las características anteriormente citadas la base de datos muestra aquellas propiedades más importantes: Dimensiones principales, capacidades, potencia propulsiva, tiro a punto fijo y velocidad. Siempre que ha sido posible se ha completado la base de datos con otros datos como coeficientes de formas, capacidades de tanques menores, etc.



Para la realización de la base de datos se han consultado publicaciones especializadas en el mundo de los remolcadores como: REED'S TUG WORLD REVIEW y publicaciones más generales como INFOMARINE o ROTACIÓN, también se han consultado diversas paginas web de empresas de remolcadores como son BOLUDA.

Con los datos expuestos de los buques que forman la base de datos se obtiene el rango de variación de las diferentes relaciones que se van a tener en cuenta en esta primera fase del predimensionamiento:

2.2.1.1.1.1	Dimensiones principales											
<b>Eslora total (m)</b>	30,00	33,00	34,95	35,10	30,82	33,60	30,48	32,72	30,80	32,00	32,72	32,00
<b>Eslora entre p.p. (m)</b>	26,80	28,70	30,00	32,00	27,00	29,60	26,83	28,80	27,15	28,20	28,80	26,40
<b>Manga (m)</b>	9,85	11,00	10,50	11,45	10,20	10,80	10,50	11,00	11,12	10,40	11,84	10,00
<b>Puntal (m)</b>	5,40	5,60	5,30	5,70	4,80	5,50	5,48	5,60	5,40	5,40	5,70	4,40
<b>Calado (m)</b>	4,20	4,40	4,00	5,00	4,45	4,50	4,11	4,60	3,81	5,00	5,10	3,40
<b>Desplazamiento (tm)</b>		820,00						660,00				
<b>Capacidades</b>												
<b>Combustible (m<sup>3</sup>)</b>	228,00	263,00	238,00	140,00	122,60		170,40	97,80			88,50	63,86
<b>Agua dulce (m<sup>3</sup>)</b>	50,00	34,00	84,00	63,00	18,70		50,40	29,90			21,90	22,60
<b>Aljibe (m<sup>3</sup>)</b>												
<b>Aceite limpio (m<sup>3</sup>)</b>		12,00			4,30							4,60
<b>Séptico (m<sup>3</sup>)</b>		7,00			2,10							
<b>Lodos (m<sup>3</sup>)</b>		12,00										
<b>Lastre (m<sup>3</sup>)</b>		40,95		90,00	40,87		108,40	65,00				84,80
<b>Espumógeno (m<sup>3</sup>)</b>	12,00										26,00	15,00
<b>Emulsionante (m<sup>3</sup>)</b>					8,39	13,20						
<b>Recogida derrames (m<sup>3</sup>)</b>				120,00							100,00	
<b>Capacidad total (m<sup>3</sup>)</b>	290,00	368,95	322,00	413,00	196,96	13,20	329,20	192,70	0,00	0,00	236,40	190,85
<b>Potencia/Tiro/Velocidad</b>												
<b>Potencia (kW)</b>	3077	3700	2980	4013	2940	3460	3204	3600	2983	3278	3800	2984
<b>Tiro (kN)</b>	53,00	60,00	52,20	60,00	50,00	55,00	53,00	60,00	50,30	50,00	66,00	54,50
<b>Velocidad (nudos)</b>	13,40	13,00	13,50	14,40	13,40	13,50	13,50	13,80	13,40	14,00	13,50	14,26



## **2.3 DIMENSIONES PRINCIPALES**

### **2.3.1 Obtención de la potencia a instalar.**

Para obtener las dimensiones principales utilizaremos unas formulas llamadas de regresión. Dichas formulas nos proporcionan las dimensiones principales de nuestro buque con los datos de partida ya conocidos.

Las formulas de regresión que usaremos son las publicadas en el artículo “DIMENSIONAMIENTO DE REMOLCADORES” del Ingeniero Naval D. Manuel Arnaldos.

El punto de partida es el conocimiento de la potencia a instalar. Esta la hallaremos partiendo del conocido T.P.F. que es de 35 t. Obtendremos una estimación de la potencia a instalar.

Para ello hacemos uso de la siguiente igualdad, la cual relaciona potencia instalada con el T.P.F.:

$$PB=K1*TPF$$

Donde K1, en función del tipo de propulsión, en nuestro caso (hélices con timón-tobera tipo Kort) K1=67.

$$PB=67*35=2345 \text{ BHP}$$

Para redondear la cifra de potencia tomaremos una PB de 2400 BHP.



### **2.3.2 Obtención de las dimensiones principales. Formulas de regresión.**

Conocida la estimación de potencia a instalar, estamos capacitados para obtener unos valores orientativos de las dimensiones principales. (Lpp, B, y H.)

A partir de este punto, las formulas de regresión que usaremos son las publicadas en el artículo “DIMENSIONAMIENTO DE REMOLCADORES” del Ingeniero Naval D. Manuel Arnaldos.

#### **Eslora**

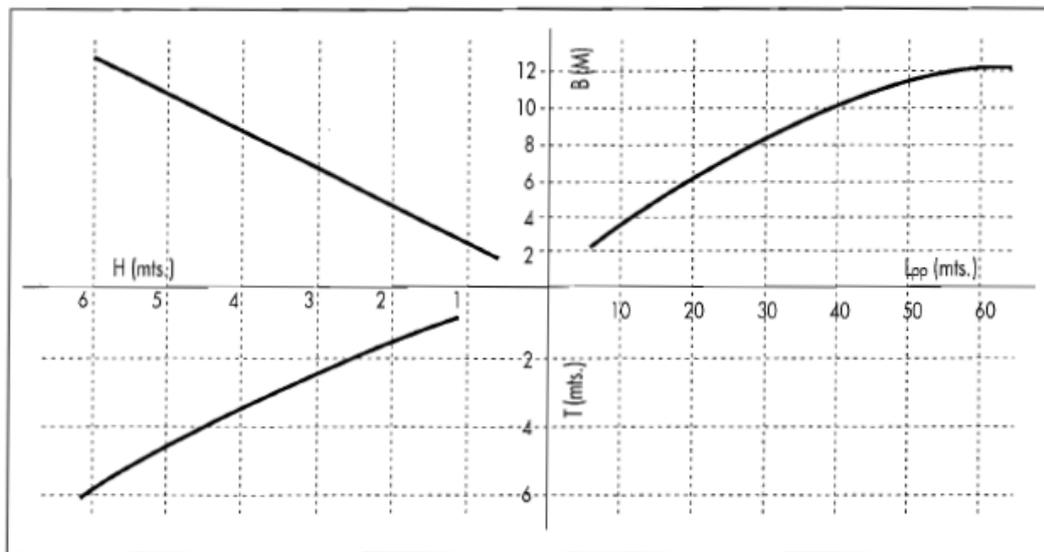
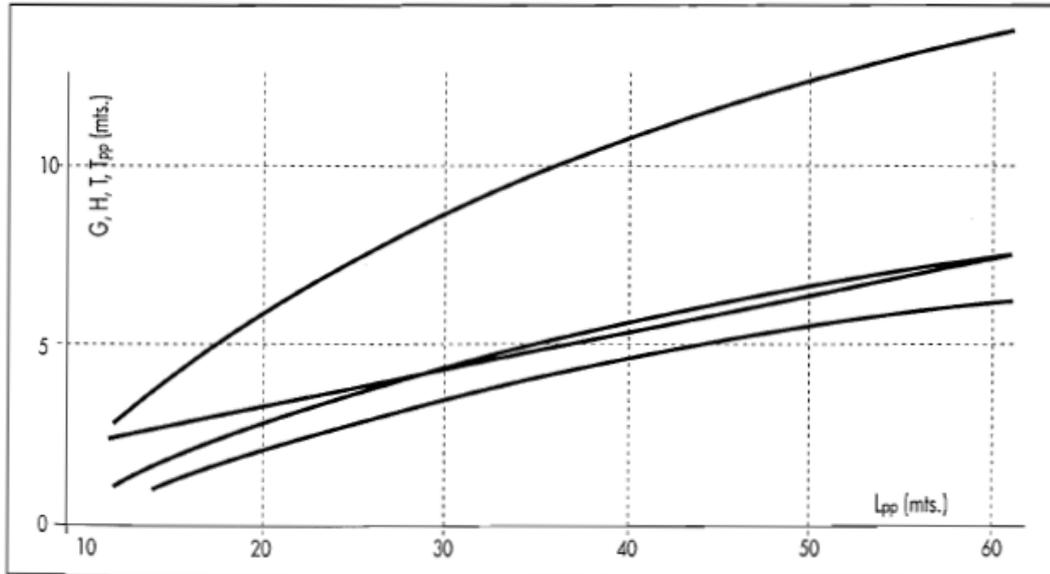
$$Lpp = (((BHP/3) + 334)^2) - 0.833$$

Para asegurar los cálculos, estos se han realizados mediante una hoja de calculo Excel.

Tras aplicar las formulas de regresión anteriores, con una potencia propulsora de 2400 BHP, hemos obtenido:

$$Lpp = 32,84m$$

El cálculo de la manga y el puntal lo haremos haciendo uso de las siguientes tablas:



## Manga

Los resultados obtenidos en las anteriores figuras son:

B=9,05m

B=8,90m



Por lo tanto, optaremos por una manga tal que:

$$B=9,00\text{m}$$

### Puntal

Los resultados obtenidos en las anteriores figuras son:

$$H=4,5\text{m}$$

$$H=4,3\text{m}$$

Por lo tanto, optaremos por una manga tal que:

$$H=4,5\text{m}$$



### **2.3.3 Relación entre dimensiones principales**

La relación  $L/B$  suele estar comprendida entre 3 y 4, en nuestro caso 3,65.

Otra relación a tener en cuenta es  $L/H$  que debe estar comprendida entre 6 y 9, en nuestro caso 7,30.

Por último la relación  $B/H$  debe estar comprendida entre 1,8 y 2,3; en nuestro caso 2.

Todas ellas están dentro de los límites que nos marcan las relaciones entre dimensiones principales de remolcadores ya construidos.



### **2.3.4 Dimensionamiento mediante ARQNAVAL.**

El software ARQNAVAL, lo utilizaremos como método de comprobación y en su defecto de corrección de los datos obtenidos mediante las formulas de regresión.

Antes de comenzar con el dimensionamiento mediante ARQNAVAL, haremos unas pequeñas aclaraciones de dicho programa.

ARQNAVAL, no es un programa de arquitectura naval, sino que se trata de un programa de ayuda al dimensionamiento y cálculos del proyecto inicial, en dicho programa pueden ejecutarse los cálculos correspondientes a:

- Arqueo
- Dimensionamiento preliminar
- Estabilidad buque intacto
- Formas y coeficientes de carena
- Francobordo
- Maniobrabilidad
- Peso y C. de G. en rosca
- Resistencia y propulsión
- Volumen y superficie de espacios

Cuando se ejecuta ARQNAVAL, se presenta la siguiente pantalla de aviso:



### ARQNAVAL

#### AVISO IMPORTANTE

Este programa se distribuye con el libro < El Proyecto Básico del Buque Mercante > de R. Alvariño, J.J. Azpíroz y M. Meizoso. Los resultados obtenidos son aproximados y adecuados para la primera fase del proyecto de un buque y no serán aptos para utilización en cálculos para someter a la Administración, peritajes a tramitar por el Colegio Oficial de Ingenieros Navales y actos similares. Los autores no admitirán ninguna responsabilidad por posibles errores o inexactitudes de cualquier tipo que pueda contener este programa.

Esto quiere decir, que los autores de dicho programa han intentado al máximo, que la información resultante de la aplicación de dicho programa sea lo más fiable posible.

Tras dicha pantalla de aviso, aparece el menú principal, desde el cual accederemos a todos los módulos anteriormente mencionados.

### ARQUITECTURA NAVAL

- 1 - Arqueo
- 2 - Pre-dimensionamiento de Petroleros
- 3 - Dimensionamientos preliminares
- 4 - Estabilidad Buque intacto
- 5 - Formas y coeficientes de carena
- 6 - Francobordo
- 7 - Maniobrabilidad
- 8 - Peso y C.de G. en rosca
- 9 - Resistencia y propulsión
- 0 - Volumen y superficie de espacios

En primera instancia se debe de entrar en el módulo



correspondiente al dimensionamiento preliminar (3). Dicho módulo comienza con la siguiente pantalla:

TIPOS DE BUQUE

- 1 - Granelero
- 2 - P. de Crudo
- 3 - Quimiquero
- 4 - P. Productos
- 5 - Carga general
- 6 - Costero
- 7 - Frigorífico
- 8 - L.P.G.
- 9 - P. Contenedor
- 10 - Remolcador

DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR

Tipo de buque : 10

Corregir ? <S/[IN]>

Como podemos observar, debemos de hacer constar el tipo de buque al cual debe de realizar los cálculos.

En nuestro caso, nuestro buque es un remolcador, con lo cual deberemos de introducir el número 10, tal y como se observa en la pantalla.

Una vez introducido el dato requerido por el programa, se acepta (INTRO) sin variar el dato introducido, ya que se nos pregunta si deseamos modificarlo.

Tras esto, se nos muestra la pantalla en la cual deberemos de introducir los datos que definirán nuestro buque remolcador.

Expliquemos cuales son los dos primeros datos solicitado:

- Tipo de remolcador (1/[2])

1- buque de servicio en puerto (remolcadores de puerto)



2- buques de servicio en el mar (remolcadores de altura, buques de suministro a plataformas petrolíferas, buques de salvamento y contraincendios)

- Tipo de propulsor (1 a 6)

1 - una hélice sin tobera

2 - dos hélices sin tobera

3 - una hélice con timón-tobera (Kort)

4 - dos hélices con timón-tobera (Kort)

5 - dos hélices con tobera, azimutal (Aquamaster o Schottel)

6 - dos hélices cicloidales azimutales (Voith-Schneider)

En nuestro caso al introducir los datos de partida reales, es decir:

2. Buque de servicio en la mar.

3. Una hélice con timón-tobera (Kort).

35 t de T.P.F.

10 nudos de velocidad en aguas libre.



DATOS para REMOLCADORES	
Tipo de remolcador(1/[21] (*):	2
Tipo de propulsor (1 a 6) (*):	3
Tiro a punto fijo (t) :	35
Velocidad aguas libres(nudos):	10

DIMENSIONES PRELIMINARES	
(&#226; deben comprobarse y ajustarse &#226;)	
Eslora entre PP (m) :	35.58
Manga trazado (m) :	10.17
Puntal a Cta. Sup (m) :	4.84
Calado medio (verano) (m) :	2.69
Coefficiente de bloque :	0.74
Desplazamiento (t) :	737
MCO motor(es) prop. (BHP) :	2522

Como podemos observar, este m3dulo proporciona una primera aproximaci3n de las dimensiones principales del proyecto, en base a un an3lisis estadístico de buques modernos. A continuaci3n se deben ejecutar los m3dulos de c3lculo de pesos, capacidades, potencia, estabilidad etc., para ajustar y comprobar las dimensiones obtenidas.

Una vez obtenido un dimensionamiento, ya no se puede volver a ejecutar este m3dulo; los retoques de las dimensiones se har3n con los dem3s m3dulos.



### **2.3.5 Relación entre dimensiones principales**

Las dimensiones obtenidas mediante ARQNAVAL son:

- $L_{pp}=35,58\text{m}$
- $B=10,17\text{m}$
- $H=4,84\text{m}$

Dichas dimensiones tiene unas relaciones tal que:

- $L/B=3,50$
- $L/H=7,35$
- $B/H=2,10$



### **2.3.6 Tabla comparativa entre los resultados obtenidos mediante formulas de regresión y ARQNAVAL.**

	F.Regresión	ARQNAVAL
Lpp	32,84m	35,58m
B	9,00m	10,17m
H	4,50m	4,84m
L/B	3,65	3,50
L/H	7,30	7,35
B/H	2,00	2,10

Podemos observar, que aunque siendo las dimensiones un poco mayores las obtenidas mediante ARQNAVAL, las relaciones entre ellas son muy aproximadas.

Para continuar con los cálculos, optaremos por tomar como dimensiones principales de partida las obtenidas mediante las formulas de regresión.

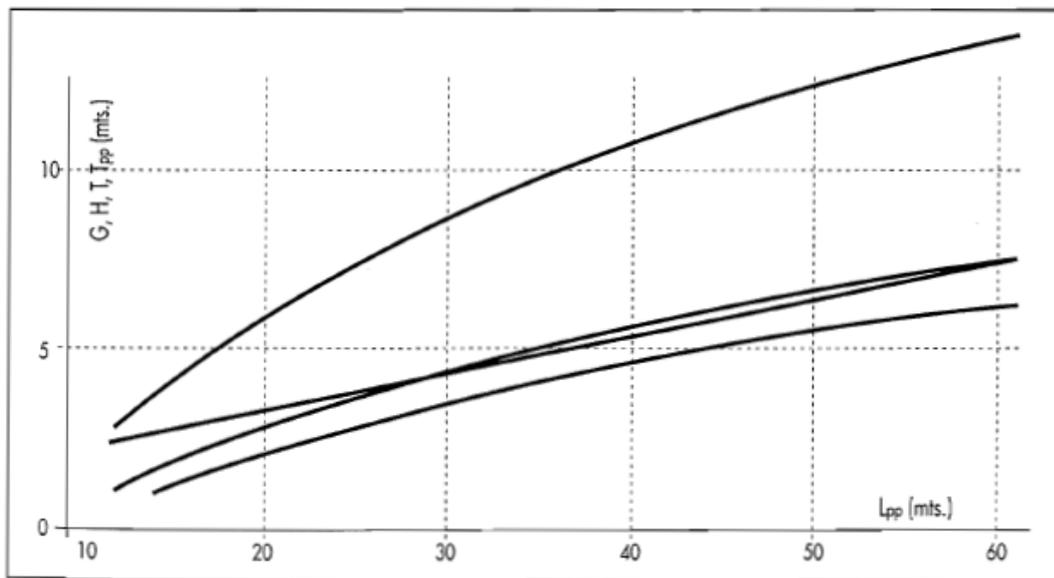


## 2.4 FORMAS, COEFICIENTES Y DESPLAZAMIENTO.

### 2.4.1 Obtención del calado. Fórmulas de regresión.

Para el cálculo de las formas, el primer paso será hallar el calado.

Para ello usaremos la siguiente tabla publicada en el artículo “DIMENSIONAMIENTO DE REMOLCADORES” del Ingeniero Naval D. Manuel Arnaldos.



Para una eslora de 32,84m, el resultado es de un calado medio de 3,50m. y un calado en popa  $T_{pp}=4,40m$

El asiento de proyecto será  $0,05 L_{pp}$ , en nuestro caso  $1,64m$ .



### **2.4.2 Francobordo. Fórmulas de regresión.**

La primera aproximación al francobordo la haremos mediante el tabulado, que para una eslora de 32,84m es de 250mm aprox. Puesto que el remolcador tiene un coeficiente de bloque inferior a 0,68 no precisa corrección de francobordo por este concepto. El resto de correcciones se compensan unas con otras y conducen a un valor de francobordo inferior al necesario por el tema de estabilidad.

En cualquier caso, es recomendable que el francobordo sea superior a:

$$F > B/20$$

En nuestro caso,  $F = 450\text{mm}$ .

Para continuar con el dimensionamiento optaremos por un francobordo de 450mm.



### **2.4.3 Desplazamiento**

El desplazamiento de un remolcador es aconsejable calcularlo a partir de la suma de los diferentes grupos de pesos.

$$\Delta = PM + 1,05x(Mst + Ma + E + Mm)$$

Comenzaremos calculando el peso muerto, que lo obtendremos con la suma del peso de agua dulce, mas peso de aceite, mas peso de combustible y mas una partida que la denominaremos pesos varios.



- El peso de agua dulce la obtendremos por la igualdad:

$$P_a = k \times N \times d \text{ (kg)}$$

Donde “k” es el consumo diario de agua dulce por persona, el valor optimo es de 154 litros/persona x día.

“N” es el número total de personas embarcadas.

“d” es la autonomía del buque en días.

Por lo que obtenemos que  $P_a = 154 \times 15 \times 10$

$$P_a = 23 \text{ tns.}$$

- El peso de aceite de lubricación, viene dado por:

$$P_b = 2,5 \times \text{BHP} \text{ (kg)}$$

Siendo BHP = 2400

$$P_b = 6 \text{ tns.}$$



- El peso de combustible viene definido por:

$$P_c = 24 \times f \times \text{BHP} \times d$$

Siendo:

“f” consumo específico de combustible del motor, puede considerarse 0,16.

“d” autonomía en días.

Por lo que el peso de combustible será:

$$P_c = 24 \times 0,16 \times 2400 \times 10 = 92 \text{ tns.}$$

- Por ultimo, pesos varios (Pd) serán obtenidos por:

Peso de tripulación y efectos:

$$140 \times N ;$$

$$140 \times 15 = 2,1 \text{ tns.}$$

Peso de provisiones y pertrechos:

$$5 \times N \times d ;$$

$$5 \times 15 \times 10 = 0,75 \text{ tns.}$$

Por tanto,

$$P_d = 2,85 \text{ tns.}$$



- El peso muerto será la suma de los anteriores:

$$PM=Pa+Pb+Pc+Pd$$

$$PM=23+6+92+3=124 \text{ tns.}$$

Tras la obtención del peso muerto obtendremos los grupos de pesos restantes:

- Peso de acero (Mst).
- Peso de habilitación y equipo (Ma+e).
- Peso del motor principal (Mmp).
- Peso total de la maquinaria (Mm).

- Peso de acero (Mst).

$$Mst=\alpha \times L \times B \times H$$

donde  $\alpha$  es una constante que oscila entre 0,13 y 0,17, considerándose 0,14 como valor mas normal.

$$Mst=0,14 \times 32,84 \times 9,00 \times 4,5 = 186 \text{ tns.}$$



- Peso de habilitación y equipo (Ma+e).

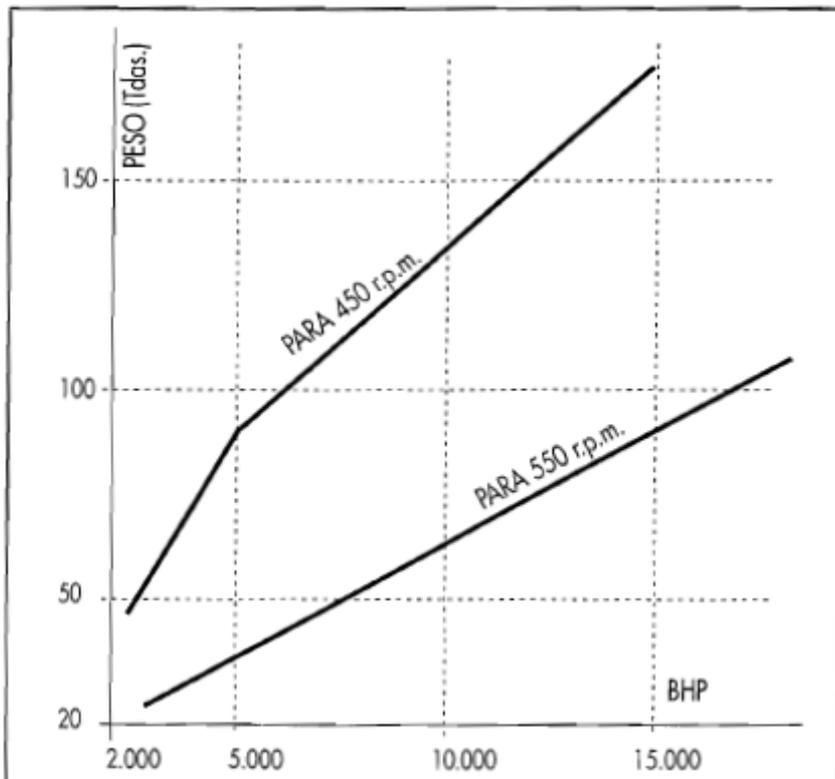
$$Ma+e = \beta \times L \times B \times H$$

siendo  $\beta$  una constante del orden de 0,04 a 0,08, tomándose 0,06 como el valor mas usado.

$$Ma+e = 0,06 \times 32,84 \times 9,00 \times 4,5 = 80 \text{ tns.}$$

- Peso del motor principal (Mmp).

Haciendo uso de la siguiente gráfica, obtendremos el peso del motor principal, entrando con los BHP y r.p.m. de nuestro remolcador.



$$Mmp = 35 \text{ tns.}$$



- Peso total de la maquinaria (Mm).

Cuando el motor está en el entorno de las 600 rpm, el peso de la maquinaria se obtiene por;

$$Mm=2,5 \times Mmp$$

en nuestro caso  $Mm=85$  tns.

- Desplazamiento.

El desplazamiento se obtendrá por la suma de los diferentes grupos de pesos obtenidos.

$$\Delta=PM+1,05 \times (Mst + Mm + Ma+e + PM)$$

$$\Delta=124+1,05 \times (186+80+85)=493 \text{ tns.}$$



#### **2.4.4 Coeficientes de carenas. Fórmulas de regresión.**

- Coeficiente de bloque.

$$C_b = \Delta / (L \times B \times T \times \rho)$$

$$C_b = 481 / (32,84 \times 9,00 \times 3,5 \times 1,025) = 0,46$$

El coeficiente así calculado puede servir de comprobación del dimensionamiento.

En remolcadores con tobera Kort los límites del  $C_b$  están en 0,47 y 0,57.

Munro-Smith recomienda que en remolcadores el  $C_b$  se igual o superior a 0,50.

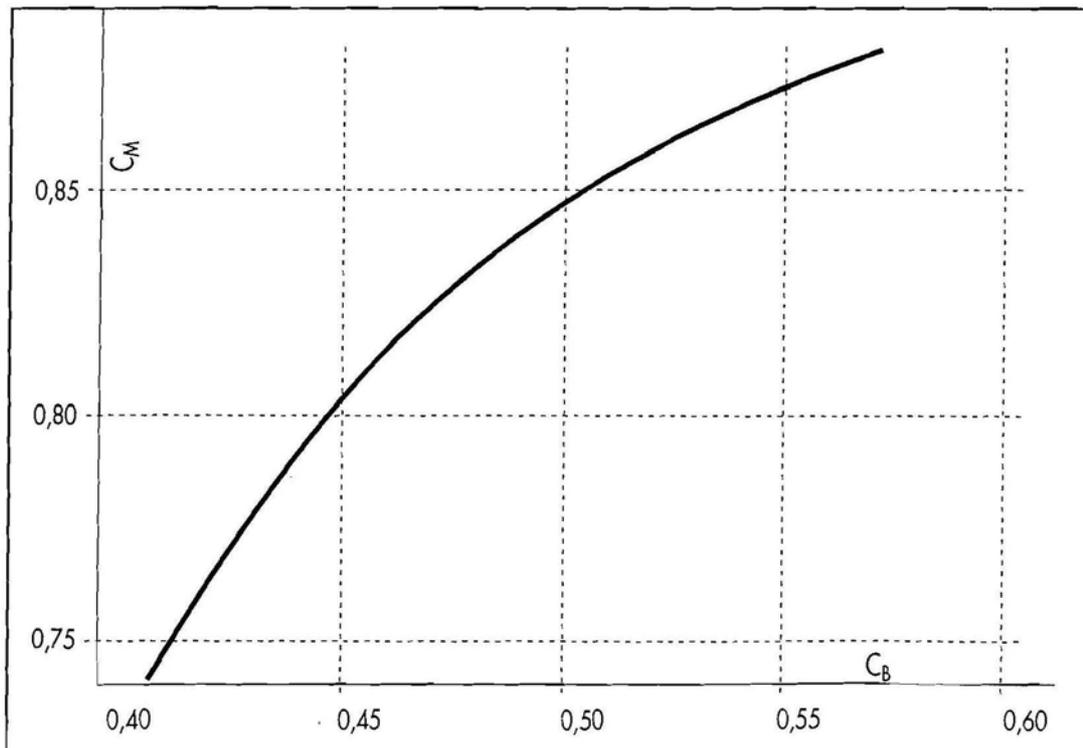
En nuestro caso tomaremos el  $C_b = 0,46$ .



- Coeficiente de la maestra.

Suele admitirse que el  $C_m$  este entre 0,78 y 0,85.

Para el cálculo de nuestro  $C_m$  usaremos la siguiente gráfica,



Entrando con un  $C_b=0,46$ , el  $C_m=0,82$ .



- Coeficiente prismático.

El coeficiente prismático viene dado por:

$$C_p = C_b / C_m$$

$$C_p = 0,46 / 0,82 = 0,56$$

- Coeficiente de la flotación.

Para el cálculo del  $C_f$  se usa:

$$C_f = 0,45 \times C_b + 0,56$$

$$C_f = 0,45 \times 0,46 + 0,56 = 0,76$$



### 2.4.5 Corrección de formas mediante ARQNAVAL

Tras volver a la pantalla inicial, en la cual aparecen todos los módulos de que consta el programa, entramos en el módulo correspondiente a formas y coeficientes de carena (5).

- El grado de U / V de la carena, es un valor entre 0, para formas acentuadas en U, y 1, para formas netamente en V.

- La constante de Alexander puede ser definida por el usuario, y será la que se utilice en dicha fórmula. Si no se define ningún valor, el programa utilizará 1,08 para remolcadores.

Teniendo que introducir el grado U/V (0 para nuestro buque remolcador), y el K de Alexander (K = 1.08 para buques remolcadores). Al introducir dichos valores, se nos muestra la opción de modificar los datos. Es en este momento cuando deberemos de introducir los datos obtenidos mediante el empleo de las fórmulas de regresión, de forma que obtengamos los datos de nuestro remolcador.

DATOS para FORMAS			Nuevo
Eslora LPP	(m):	35.58	32.84
Manga	(m):	10.17	9
Calado de verano	(m):	2.69	3.50
Velocidad serv. (nudos):		10.00	10.00
Grado U/V ([0] a 1) (*):		0	0
K de Alexander	(*):	1.08	1.08

	Alexand.	Townsin	Katsou.	Kerlen	Schneek.	Media
CB	0.598					
CM	0.884					
CW	0.829					

Froude No.:	0.29	K Alexander:	1.08
U/√L':	0.96	Superficie mojada (m <sup>2</sup> ):	388
CP Saunders:	0.60/0.64	Semiángulo flotación(°):	32.7
CP Troost:	0.59	Cuerpo cilíndrico(%LPP):	29.9
XB (%LPP, +proa):	-0.66		



## 2.5 Resistencia y propulsión

### 2.5.1 Obtención de potencia y propulsión mediante ARQNAVAL.

Una vez obtenidos los coeficientes de carena, nos dispondremos a efectuar el cálculo de la estimación de la resistencia y la propulsión. Para ello entramos en el módulo correspondiente (9).

Veamos una serie de consideraciones respecto de las estimaciones que realiza el programa:

La potencia propulsora se calcula para 8 velocidades en condiciones de pruebas; el usuario puede definir la velocidad mínima, con un valor medio por omisión.

La velocidad en servicio se calcula considerando que el motor desarrolla un porcentaje de su MCO, y con un margen de servicio, ambos especificados por el usuario, y descontando la potencia absorbida por el generador movido por el motor propulsor (P.T.O).

DATOS para POTENCIA		Nuevo	
Tipo de buque	:	10	10
Eslora LPP (m)	:	32.84	32.84
Manga (m)	:	9.00	9.00
Calado de la situación (m)	:	3.50	3.50
C. de Bloque correspondiente	:	0.46	0.46
MCO del(os) M.P. (BHP)	:	2522	2400
RPM del propulsor(es)	:	167	167
Velocidad mínima (nudos) (*)	:	?	?

¿ Datos adicionales por omisión ? (Y/N)

Tras indicarle al programa que considere los datos adicionales por omisión. Estos valores por omisión son los siguientes:



Eslora flotación = 1,025 lpp

Calado a popa = Calado medio

C. de la maestra = 1,006 - 0,0056 Ce<sup>3'56</sup> (Kerlen)

C. de la flotación = 0,297 + 0,743 CB (Torroja)

Centro de carena XB = 17,5 (CB/CM) -12,5 (% LPP) (Troost)

Sección del bulbo = 8 % de B x T

c. d. g. = 40 % del calado

Grado de las secciones = 1 (en V)

Espejo sumergido = 0

Diámetro máx. hélice = 90 % del calado a popa

Superficie apéndices = 1,2 LPP (0,0025 LPP - 0,15) (quillas balance) + 0,02 LPP • T (1 + 50 • (CB • B / LPP)<sup>2</sup>) (timón)



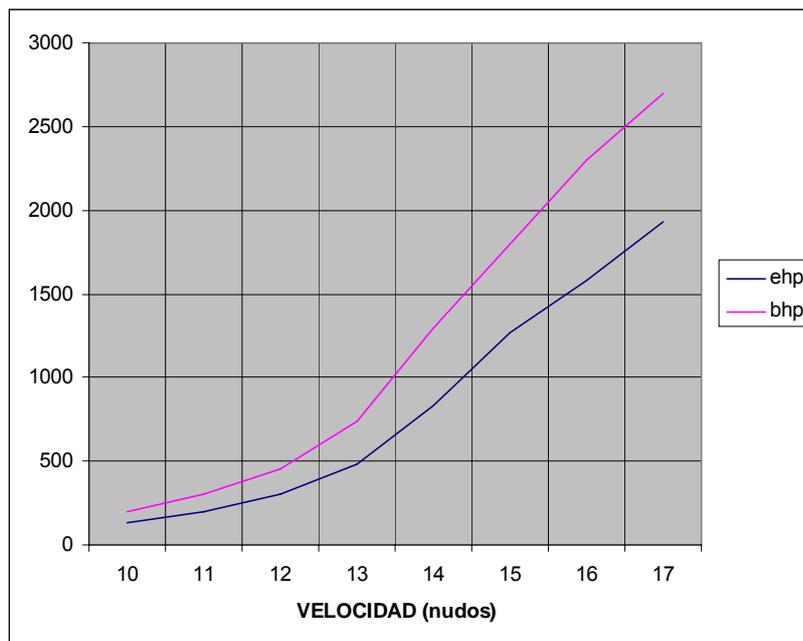
U(nudos)	EHP	BHP	RPM	ETA0	ETAP
<b>(Condiciones de pruebas)</b>					
10.00	131	202	85.8	0.681	0.652
11.00	199	304	96.2	0.684	0.655
12.00	300	456	107.6	0.686	0.657
13.00	486	739	121.6	0.686	0.657
14.00	836	1292	139.9	0.676	0.647
15.00	1269	2002	157.5	0.662	0.634
16.00	1584	2507	169.1	0.660	0.632
17.00	1930	3060	180.5	0.659	0.631

HUELGOS HELICE/CDSTE		VELOCIDAD Y VARIOS		DATOS DE PROPULSION	
m) Lloyd's	DNU	Calado (m)	3.50	No. de hélices	1
a	1.21	Desplaz.(t)	490	No. de palas	4
b	1.81	MCO (BHP)	2400	Diámetro (m)	3.453
c	0.45	RPM	167	Paso/diámetro	0.949
d	0.11	P.T.O. (Kw)	0	Rel. area/disco	0.485
e	0.75	Servicio(nudos)	14.81	C.estela	0.156
f	0.67	Pruebas (nudos)	15.79	C.deducción empuje	0.178
Hélice(s) con tobera		Supe. mojada (m2)	326	C.rotativo relativo	1.003
Tiro p.f.(t): 37.1		Semiang. flot.(°)	15.6	Rendimiento casco	0.974

La salida de resultados indica para cada velocidad los EHP de remolque, los BHP en condiciones de pruebas, las RPM de las hélices, el rendimiento de las hélices en aguas libres ETAO, y el rendimiento propulsivo ETAP. Después se presenta una salida gráfica de EHP y BHP en condiciones de pruebas.

Tras teclear INTRO, se nos presenta una salida gráfica de EHP y BHP en condiciones de pruebas.





### **2.5.2 Autonomía.**

En este momento nos encontramos en disposición de calcular la autonomía, y por tanto el volumen necesario para el almacenaje del combustible.

Es el momento de introducir las millas durante las cuales nuestro buque no necesitaría repostar, en nuestro caso 3550 millas, lo que para una velocidad de servicio de 11 nudos tendríamos combustible para 10 días de servicio.

Los resultados obtenidos son, que el espacio necesario para el almacenaje de combustible debe ser de 74m<sup>3</sup> (71 t de combustible).



### **2.5.3 Datos corregidos.**

Tras la obtención y corregido de los datos de formas, coeficientes y pesos, pasaremos a resumir los datos obtenidos.

Calado: 3,50m

Francobordo: 450mm

Peso de acero: 186t

Peso de la habilitación y equipos: 80t

Peso de los motores principales: 34t

Peso de la maquinaria: 85t

Rosca: 373t

Desplazamiento:493t

Cb: 0,46

Cm: 0,81

Cp: 0,56

Cf: 0,76

B.H.P.:2400 BHP





## 2.6 Pesos. ARQNAVAL.

Estamos en disposición poder calcular, mediante el software ARQNAVAL, las partidas de pesos y sus correspondientes centros de gravedad.

Para ello entramos en el módulo correspondiente.

Al teclear el número correspondiente a dicho módulo (8), se nos muestra una subpantalla, en la cual se observa el desglose del peso en rosca. De esta forma, iremos entrando en cada uno de estos submódulos, terminando de introducir los datos solicitados por el programa. Si además existe algún valor que no coincida con las dimensiones principales, o con los coeficientes de carena, podremos variarlo.





### 2.6.1 Peso de acero

Se calcula el peso por los métodos de Watson y Harvald, para todos lo tipos de buque, y por otros métodos para algunos tipos, según corresponda. El peso calculado por Watson, es el que se toma para calcular el peso en rosca.

```

                                DATOS para PESO de ACERO
Tipo de Buque                   :      10
Eslora LPP                       (m)  :    32.84
Manga                           (m)  :    9.00
Puntal                          (m)  :    4.50
Calado de verano                (m)  :    3.50
C. de Bloque                    :    0.46
Clase de Hielos (0 a 5) [0] (*):      0
Coef. de exper. Watson [1] (*):      1
¿Conoce sup. y cas.? (1/[0])(*):      0

```

Método	Peso(t)	KG(m)
W. & G.	169	3.93
H. & J.	211	

```

Defina Datos del Acero
Peso elegido (*):      169
KG id (*):      3.93

```

En este apartado hemos corregido el puntal y el coeficiente de bloque, insertando el obtenido por las formulas de regresión.



## 2.6.2 Peso del equipo

El peso del equipo se puede calcular por un método simplificado, en función del tipo de buque y sus características principales, o por un método detallado.

Elemento	Peso(t)	Elemento	Peso(t)
4 - Pintura	1.4	22- Regist. y esc. vertic.	5.6
5 - Protección catódica	0.3	23- Puertas de acero	2.2
7 - Fondeo y amarre	9.3	24- Portillos y ventanas	1.8
8 - Equipo navegación	2.0	25- Escaleras exteriores	2.2
9 - id gobierno	2.4	26- Barandillado	2.0
10- id salvamento	9.5	27- Escala real	0.8
11- id C.Incendios	1.5	28- Planchada	0.7
13- Grúas de carga	25.2	29- Lumbrera	0.2
14- Jarcia firme	0.2	30- Habilitación	33.6
21- Escotillas pequeñas	1.0	36- Peso adicional	0.0
		<b>Peso Equipo (t)</b>	<b>101.8</b>
		<b>KG id (m)</b>	<b>9.10</b>



### 2.6.3 Peso de la maquinaria

El peso de maquinaria se calcula en función del tipo de buque, de la potencia, tipo y RPM del motor propulsor y del volumen de la Cra. de máquinas, que el programa estimará si no lo indica el usuario. En instalaciones de varios motores, la potencia es la suma de todos ellos. Por omisión (tecleando <ENTER>) se considera 1 línea de ejes con motor directamente acoplado. Si las RPM del motor son mayores de 300, el programa considera motor engranado, aunque el usuario indique directamente acoplado, y si son menores de 200, lo considera directamente acoplado. Como se puede observar, en éste submódulo se han introducido valores numéricos solicitados por el programa, así como modificaciones en algunos datos no ajustados a los requeridos por nosotros.

DATOS para PESO de MAQUINARIA			
Tipo de Buque	:	:	10
Eslora LPP	(m)	:	32.84
Manga	(m)	:	9.00
Puntal	(m)	:	4.50
Calado de verano	(m)	:	3.50
MCO del(os) motor propulsor (BHP)	:	:	2400
RPM del(os) id	id	:	500
Motor directo/engranado	([1]/2)	(*)	2
Motor en línea / en U	([1]/2)	(*)	1
No. de líneas de ejes	([1]/2)	(*)	1
Volumen Cra. máquinas	(m3)	(*)	121
Coef. de experiencia	[1]	(*)	1

Peso(t)	KG(m)
91	2.22

Hemos modificado MCO del motor principal, introduciendo los 2400 BHP, considerando las RPM del motor principal en 500.



### 2.6.4 Peso muerto

Aquí introducimos todos los datos.

El dato correspondiente al coeficiente de la flotación, es el obtenido en el módulo donde se definen los coeficientes de carena.

DATOS para PESO MUERTO			
C. flotación en carga	(*):		0.81
Calado parcial	(m)(*):		3
P. Muerto id	(t)(*):		124
Desplazamiento id	(t)(*):		493
C. de Bloque id	(*):		0.46
Margen en p.rosca	(%) [3](*):		3
Margen en KG id	(%) [8](*):		8

Resumen de Pesos y c. de g.				Otros calados			
Item	Peso(t)	KG(m)	LG(m)	T	IPM	DISW	CB
Acero	169	3.93		3.50	1	373	0.409
Equipo	102	9.10		3.53	124	497	0.463
Maquin.	91	2.22		3.51	120	493	0.461
Margen	11			3.50	118	490	0.460
<b>ROSca</b>	<b>373</b>	<b>5.35</b>	<b>-0.00</b>				
Desplaz.	490						
P. MUERTO	117						

El valor del KG en Rosca incluye un 8.00 % de margen



## 2.7 Volúmenes. ARQNAVAL.

### 2.7.1 Obtención de volúmenes mediante ARQNAVAL

Tras haber definido la resistencia y la propulsión, procederemos con la estimación de los volúmenes, para ello haremos uso del software ARQNAVAL.

Al entrar en éste módulo, se nos presenta la siguiente pantalla;

DATOS para VOLUMENES (1ª parte)			
Tipo de Buque	:	:	10
Eslora LPP	(m)	:	32.84
Manga	(m)	:	9.00
Puntal	(m)	:	4.50
Calado de verano	(m)	:	3.50
Coefficiente de Bloque	:	:	0.46
MCO del M.Propulsor (BHP)	:	:	2400
%B en % de LPP(+ proa)	(*)	:	-0.50
% curva de arrufo	[0] (*)	:	0
% arrufo	[0] (*)	:	0
Brusca de Cta. (m)	[0] (*)	:	0
id trap./teja.([0]/1)	(*)	:	0
Protuberancia bulbo (m)	(*)	:	0
Coef. exp. vol. carga	[1] (*)	:	1

En ella deberemos de indicar los siguientes parámetros:

Brusca en cubierta

Brusca trapezoidal / teja

Protuberancia bulbo

Coeficiente exp. V. carga

Tras aceptar estos datos, pasamos a definir las dimensiones básicas de los espacios, en nuestro caso tomaremos como altura del



D.F. 1 metro, y como longitud del pique de popa 2 m.

DATOS para VOLUMENES (2ª parte)				
PIQUE POPA	longitud	(m)	(*):	1
id	altura encima	(m)	(*):	0.90
C.MAQ.+ C.BOMBAS	longitud	(m)	(*):	8
TANQUE ALTO POPA	id	(m)[0]	(*):	0
TANQUE ALTO PROA	id	(m)[0]	(*):	0
PIQUE PROA	id	(m)	(*):	2
D.FONDO	altura	(m)	(*):	1
id	manga del túnel	(m)[0]	(*):	0
BODEGA No.1	longitud	(m)[0]	(*):	0
id	altura D.fondo	(m)[0]	(*):	0
ESCOTILLAS	longitud total	(m)	(*):	0
id	manga media	(m)	(*):	0
id	altura brazola	(m)	(*):	0
MAMPAROS con POLIN	Número	[0]	(*):	0

Tras lo cual se nos indican los volúmenes de espacios (al 100%).

Espacio	Volúmenes de espacios (al 100 %)			
	l(m)	Vol(m3)	kg(m)	lg(m)
Pique de popa	1.00	3	4.71	-16.85
Doble fondo	21.84	95	0.57	0.95
Pique de proa	2.00	2	17.98	15.35
Total tanques		100		
Cra. máquinas	8.00	99	3.50	-10.56

Ya sólo nos queda por definir el arqueo, el francobordo y la estabilidad del buque intacto.



## 2.8 Arqueo

Comencemos con el arqueo, para seguir con el francobordo, y terminar con la estabilidad.

Al entraren el módulo de arqueo, se muestra una pantalla, tal como la que se muestra en la página siguiente, en la cual han de introducirse los datos correspondientes a:

- A. Volumen de carga
- B. Volumen de brazolas
- C. Volumen superestructura + casetas

Al no tener conocimiento de estos valores numéricos, ya que nos encontramos en la fase de anteproyecto, para que el programa realice los cálculos apropiados marcamos (\*), de forma que el sistema introduzca datos estimativos. Aun así, los datos obtenidos pueden ajustarse a los que pudiéramos obtener una vez que conociéramos el valor de estos parámetros.

Los parámetros estimativos tomados por el programa se muestran en esta pantalla, al igual que los datos correspondientes al arqueo del remolcador.



DATOS para ARQUEO			
Tipo de Buque		:	10
Eslora LPP	<m>	:	32.84
Manga	<m>	:	9.00
Puntal	<m>	:	4.50
C. de bloque		:	0.46
Calado de verano	<m>	<*>:	3.50
% curva de arrufo	[0]	<*>:	0
% arrufo	[0]	<*>:	0
Volumen de carga	<m3>	<*>:	457
Volumen de brazolas	<m3>	<*>:	0
Vol. super.+ casetas	<m3>	<*>:	261

GT	NT
254	116



## 2.9 Francobordo.

Obtenidos los datos de arqueo, entramos en el módulo de francobordo. La pantalla que se nos muestra es la siguiente:

DATOS para FRANCOBORDO			
Tipo de Buque		:	10
Eslora LPP	(m)	:	32.84
Manga	(m)	:	9.00
Puntal	(m)	:	4.50
C. de Bloque		:	0.46
Calado de verano	(m)	(<*):	3.50
Long. castillo	(m ó l/LPP)	[0](*):	0
Long. toldilla	( id )	[0](*):	0
% curva de arrufo		[0](*):	0
% arrufo		[0](*):	0

Veamos algunas consideraciones acerca de este módulo;

- El calado es opcional, y se pregunta sólo a efectos de definir el C. De cloque al 85 % del puntal.

- Las longitudes del Castillo y Toldilla, se pueden indicar en metros o como fracción de la eslora (l/LPP).

- El < % de arrufo > indica el % del arrufo real respecto al reglamentario, que es:

$$\text{proa: } 0,050(1/3+ 10) \text{ (m) } \text{popa: } 0,025(1/3+ 10) \text{ (m)}$$

En buques teóricamente sin arrufo, se dispone sin embargo un arrufo de aprox. 15%, para evitar la caída de la cubierta.

- El < % de curva de arrufo >, indica el % de la semi-eslora sobre el que se extiende la curva de arrufo.

En buques sin arrufo este % oscila aprox. entre 50 % en buques



finos, y 10 % en llenos.

- Se calcula el aumento de calado con francobordo de agua dulce.
- En cargueros se calcula el francobordo y calado con cubierta de madera.

DATOS para FRANCOBORDO		
Tipo de Buque	:	10
Eslora LPP (m)	:	32.84
Manga (m)	:	9.00
Puntal (m)	:	4.50
C. de Bloque	:	0.46
Calado de verano (m) (*)	:	3.50
Long. castillo (m ó l/LPP) [0] (*)	:	0
Long. toldilla ( id ) [0] (*)	:	0
% curva de arrufo [0] (*)	:	0
% arrufo [0] (*)	:	0

Tipo	Fbordo(m)	Calado(m)
A :	0.353	4.150
B :	0.551	3.953
B-60:	0.551	3.953
A.dulce:		+ 0.050
Altura mínima en proa		1.718

En el apartado “Formas, Coeficientes y Pesos”, se calculó el francobordo, el cual no dio como resultado 450mm; comparándolo con la tabla anterior, vemos que es superior al mínimo establecido.



## **2.10 Estabilidad.**

Por último, el cálculo de estabilidad se verá con más detenimiento en el apartado ESTABILIDAD del proyecto.

## **2.11 Maniobrabilidad.**

Al tratarse de un remolcador, este cálculo se suprime, debido a la gran maniobrabilidad de la que disponen dicho tipos de buques, la cual, en nuestro caso, se la proporciona el sistema de timón-tobera tipo Kort.



### **3 FORMAS**





---

<b>3</b>	<b>FORMAS</b>	<b>1</b>
3.1	Diseño de las formas.	5
3.2	Calculo de volúmenes y compartimentos.	10
3.3	Curvas hidrostáticas	43





### **3.1 Diseño de las formas.**

El diseño de las formas se basa en las directrices para la elección de las formas y los parámetros calculados en la fase de proyecto preliminar.

Para el diseño de las formas de la carena utilizaremos el programa “MAXSURF” basado en el modelado tridimensional de superficies, adaptado al campo del diseño naval. Este programa trabaja básicamente definiendo las superficies por un conjunto de puntos de control que de forma global constituyen la malla de puntos de control.

El diseño de las formas con “MAXSURF” se obtiene a partir del modelado de superficies y para ello es necesario un perfecto conocimiento del funcionamiento del programa y un gran número de horas de experiencia por parte del proyectista.

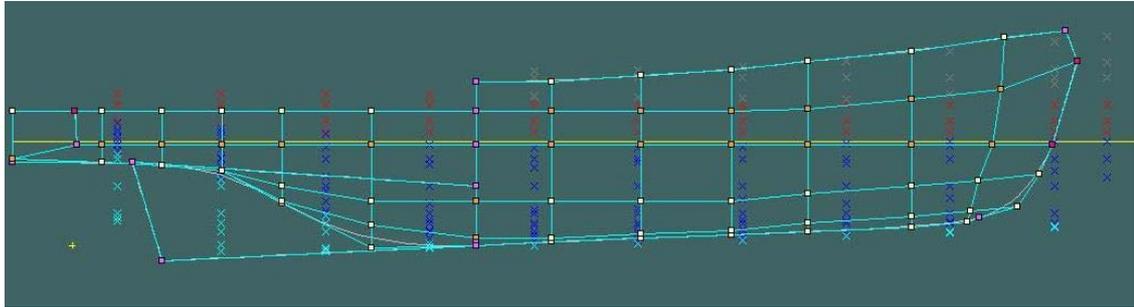
En nuestro caso, llevaremos a cabo el diseño, basándonos en las formas de los ejemplos con los que el programa viene acompañado. Esta es otra forma de trabajar con “MAXSURF”, que no requiere tantas horas de trabajo ni tanta experiencia, y que, al ser plantillas de buques que han sido ensayados y construidos, nos dan una serie de garantías acerca de su diseño.

El método a seguir es el siguiente:

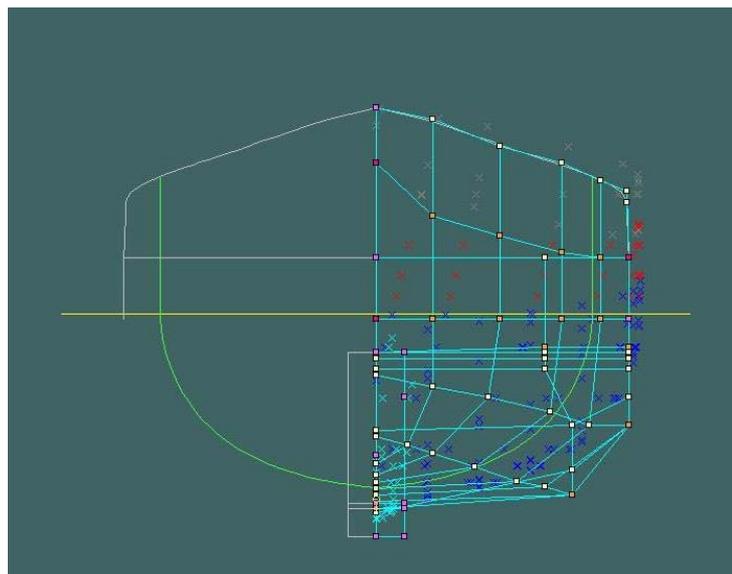
- Elección de una plantilla que se adapte al buque que queremos diseñar. En nuestro caso se trata de un buque tipo



remolcador, sin proa de bulbo y un gran quillote a popa.

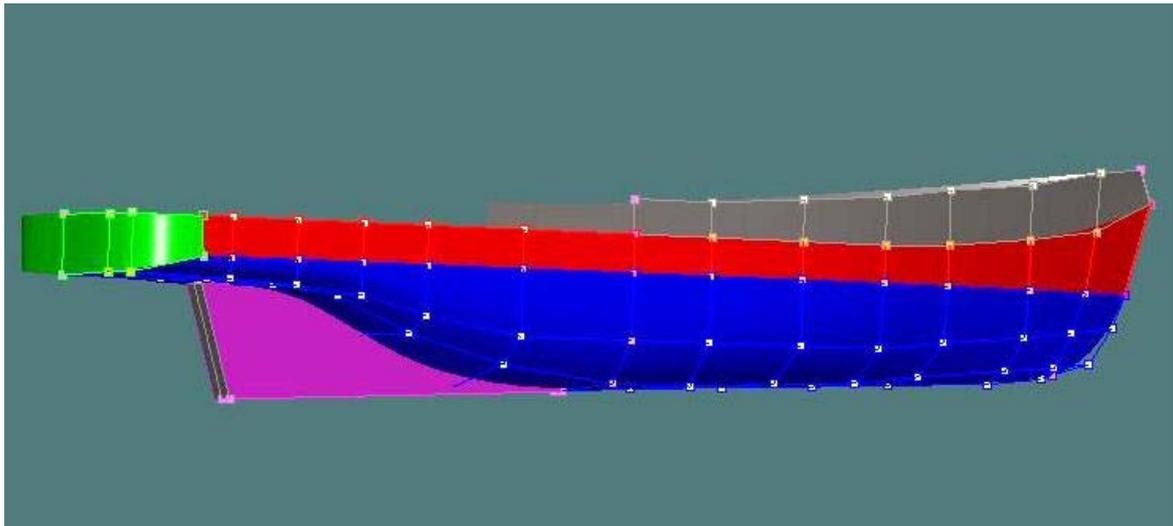


- Una vez elegido el buque, mediante transformación paramétrica, lo adaptamos a las dimensiones principales obtenidas en el proyecto preliminar.
- En la siguiente fase de modificación se adapta la carena a los coeficientes adimensionales de nuestro buque, obtenidos en el dimensionamiento. Esta modificación la realizaremos mediante los denominados puntos de control.





En esta última fase, se modifica la carena poniendo especial atención a los datos hidrostáticos como calado, desplazamiento, coeficiente de bloque, coeficiente de la maestra, etc. hasta adaptar lo máximo posible nuestro diseño a los datos calculados en el dimensionamiento.



Una vez modificada la carena a los datos de nuestro proyecto, obtenemos los siguientes datos hidrodinámicos.

- Calado 3,5m
- desplazamiento 535 t
- eslora en la flotación 32,91m
- manga en la flotación 9m
- superficie mojada 385,73m<sup>2</sup>

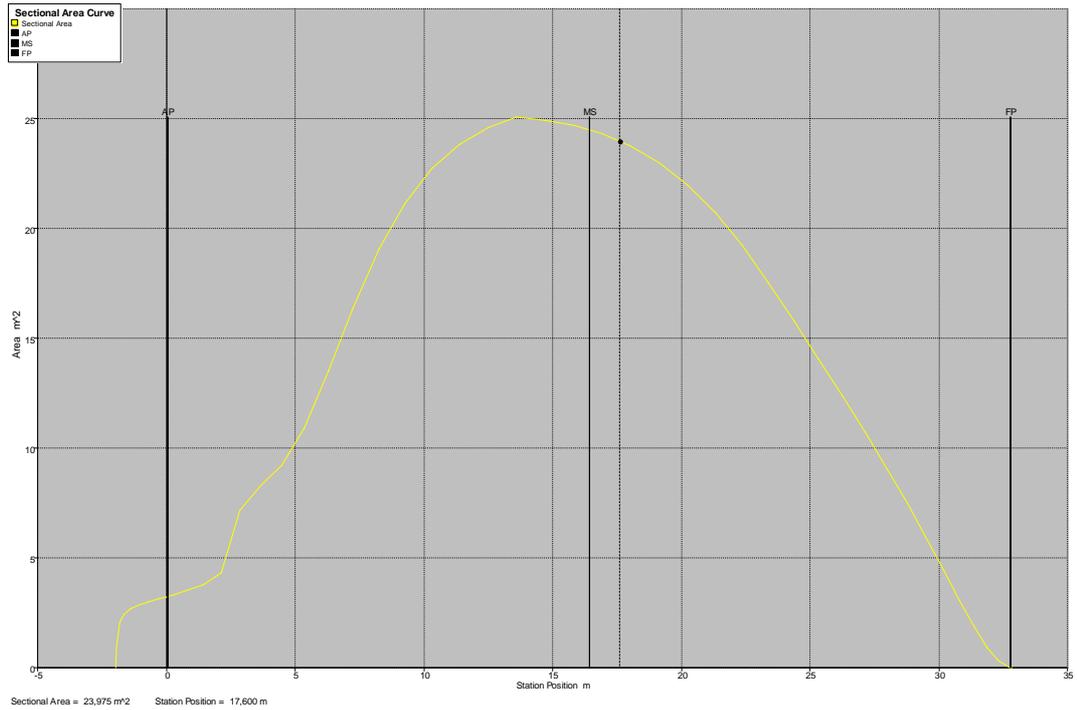


---

- área lateral	259m <sup>2</sup>
- coeficiente prismático	0,60
- coeficiente de bloque	0,46
- coeficiente de la maestra	0,81
- coeficiente de la flotación	0,80
- LCB	14,86m
- LCF	12,89m
- KB	2,25m
- BMt	2,90m
- BMI	37,72m
- ton/cm	2,65 t/cm



Comprobamos que se adaptan de un modo bastante aproximado a los datos obtenidos en el dimensionamiento. Una vez conseguido este objetivo, pasaremos a la obtención del plano de formas de nuestra carena y curva de área.





## **3.2 Calculo de volúmenes y compartimentos.**

Para realizar el calculo de los pesos y volúmenes de los principales tanques que contiene el buque, hemos utilizado el programa “MAXSURF”, en su modulo “HIDROMAX”.

El procedimiento utilizado ha sido el siguiente:

En primer lugar hemos importado a “HIDROMAX” las formas del buque obtenidas en “MAXSURF”.

A continuación hemos introducido la posición de cada tanque, corrigiendo mediante “HIDROMAX” la figura de los mismos con respecto al casco.

Finalmente se han realizados los cálculos para obtener el volumen, el peso, las coordenadas del centro de gravedad y el momento debido a las superficies libres de cada uno de los tanques y en varias situaciones de carga de los mismos.



La siguiente tabla nos muestra la denominación, situación y volumen de cada tanque.

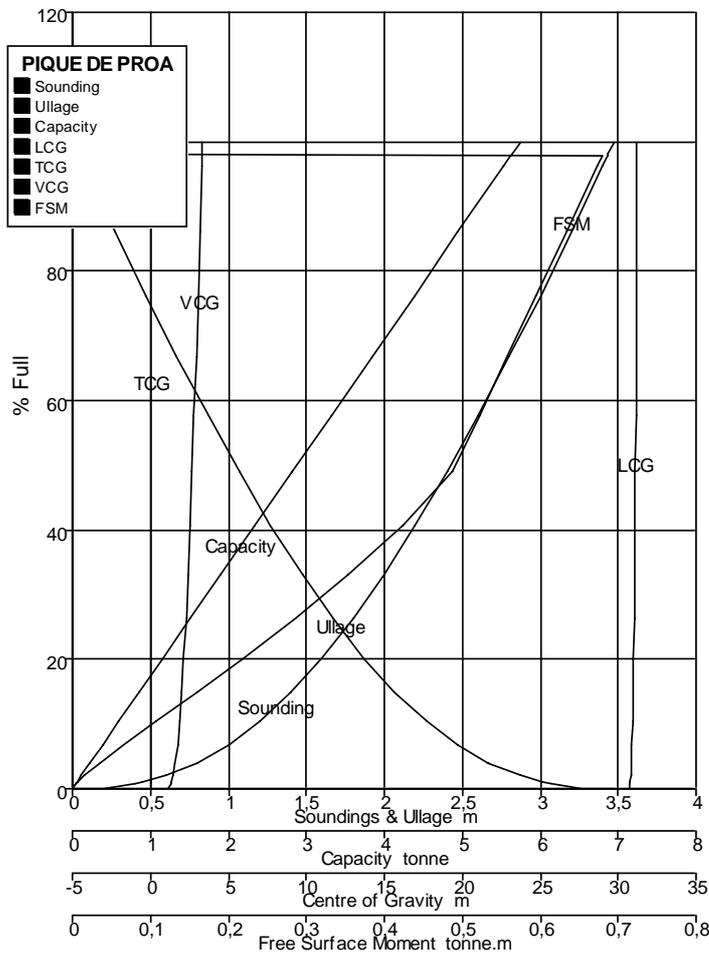
DENOMINACIÓN	peso epecif.	contenido	COORDENADAS DE LA SITUACIÓN					
			X inicial	X final	Y inicial	Y final	Z inicial	Z final
PIQUE DE PROA	1,025	Sea Water	30,5m	35,0m	-5,0m	5,0m	4,5m	0,0m
DF 10 BR	0,84	Diesel	24,0m	28,0m	0,0m	4,5m	1,8m	0,0m
DF 10 ER	0,84	Diesel	24,0m	28,0m	-4,5m	0,0m	1,8m	0,0m
DF 20 BR	0,84	Diesel	20,0m	24,0m	2,0m	4,5m	1,8m	0,0m
DF 20 BR-C	0,84	Diesel	20,0m	24,0m	0,0m	2,0m	1,8m	0,0m
DF 20 ER	0,84	Diesel	20,0m	24,0m	-4,5m	-2,0m	1,8m	0,0m
DF 20 ER-C	0,84	Diesel	20,0m	24,0m	-2,0m	0,0m	1,8m	0,0m
DF 30 BR	0,84	Diesel	16,0m	20,0m	2,0m	4,5m	1,0m	0,0m
DF 30 BR-C	0,84	Diesel	16,0m	20,0m	0,0m	2,0m	1,0m	0,0m
DF 30 ER	0,84	Diesel	16,0m	20,0m	-4,5m	-2,0m	1,0m	0,0m
DF 30 ER-C	0,84	Diesel	16,0m	20,0m	-2,0m	0,0m	1,0m	0,0m
DF 40 BR	0,84	Diesel	12,0m	16,0m	2,0m	4,5m	1,0m	0,0m
DF 40 BR-C	0,84	Diesel	12,0m	16,0m	0,0m	2,0m	1,0m	0,0m
DF 40 ER	0,84	Diesel	12,0m	16,0m	-4,5m	-2,0m	1,0m	0,0m
DF 40 ER-C	0,84	Diesel	12,0m	16,0m	-2,0m	0,0m	1,0m	0,0m
DF 50 BR	0,913	Slops	8,0m	12,0m	1,5m	4,5m	1,0m	0,0m
DF 50 BR-C	0,913	Slops	8,0m	12,0m	0,0m	1,5m	1,0m	0,0m
DF 50 ER	0,913	Slops	8,0m	12,0m	-4,5m	-1,5m	1,0m	0,0m
DF 50 ER-C	0,913	Slops	8,0m	12,0m	-1,5m	0,0m	1,0m	0,0m
EMULSIONANTE BR	1	Emulsionante	18,0m	20,0m	3,0m	4,5m	4,5m	1,0m
ESPUMOGENO BR	1	Espumógeno	17,0m	18,0m	3,0m	4,5m	4,5m	1,0m
EMULSIONANTE ER	1	Emulsionante	18,0m	20,0m	-4,5m	-3,0m	4,5m	1,0m
ESPUMOGENO ER	1	Espumógeno	17,0m	18,0m	-4,5m	-3,0m	4,5m	1,0m
PIQUE POPA	1,025	Sea Water	-2,0m	-1,0m	-5,0m	0m	4,5m	0,0m
PIQUE POPA ER	1,025	Sea Water	-2,0m	-1,0m	0m	5,0m	4,5m	0,0m
MAQ. LAT BR	0,84	Diesel	12,0m	16,0m	3,0m	4,5m	4,5m	1,0m
MAQ. LAT ER	0,84	Diesel	12,0m	16,0m	-4,5m	-3,0m	4,5m	1,0m
POPA 10 BR	1	Fresh Water	7,0m	12,0m	3,0m	4,5m	3,5m	1,0m
POPA 10 ER	1	Fresh Water	7,0m	12,0m	-4,5m	-3,0m	3,5m	1,0m
POPA 20 BR	0,92	Lube Oil	4,0m	7,0m	3,0m	4,5m	3,5m	1,0m
POPA 20 ER	0,92	Lube Oil	4,0m	7,0m	-4,5m	-3,0m	3,5m	1,0m

La situación de los tanques esta representada en el plano de disposición general.

Las siguientes tablas y gráficas, nos muestran las características tanto de capacidad, coordenadas de su c.d.g. como su momento de inercia por superficies libres en cada una de sus situaciones. estos datos han sido obtenidos mediante el software "HIDROMAX".



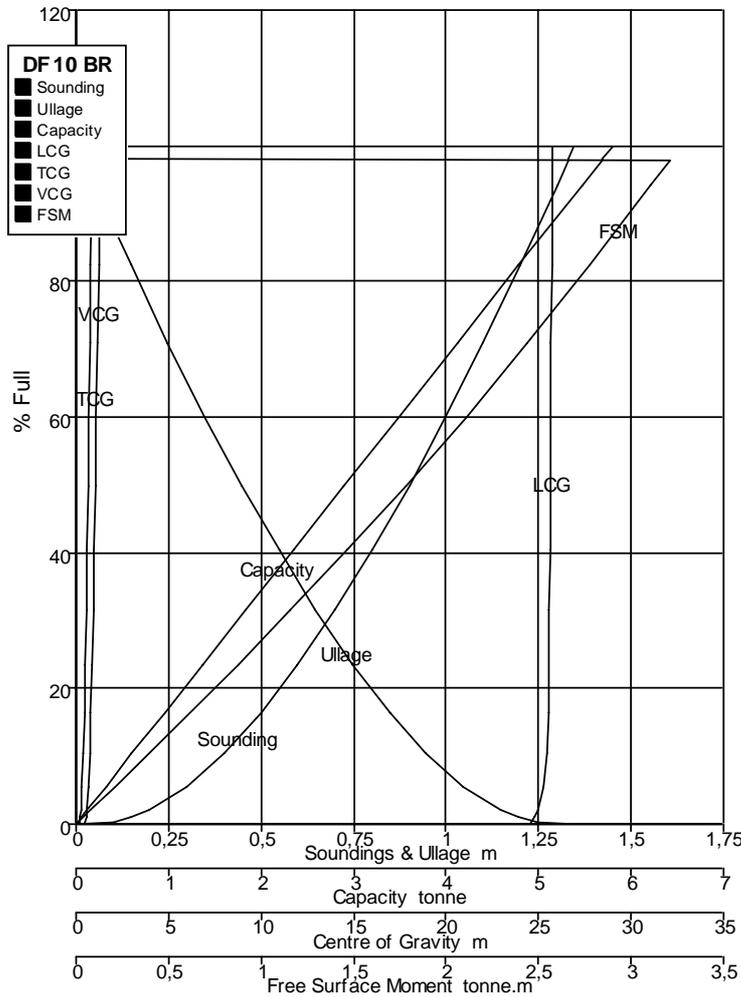
## PIQUE DE PROA



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
3,470	0,000	100,0	5,605	5,745	31,210	0,000	3,346	0,000
3,432	0,038	98,0	5,493	5,630	31,208	0,000	3,323	0,000
3,430	0,040	97,9	5,487	5,624	31,207	0,000	3,322	0,679
3,400	0,070	96,3	5,399	5,534	31,205	0,000	3,304	0,673
3,200	0,270	86,1	4,828	4,948	31,190	0,000	3,182	0,633
3,000	0,470	76,3	4,277	4,384	31,173	0,000	3,060	0,595
2,800	0,670	66,8	3,746	3,840	31,156	0,000	2,937	0,558
2,600	0,870	57,7	3,237	3,318	31,136	0,000	2,812	0,522
2,400	1,070	49,0	2,748	2,817	31,115	0,000	2,684	0,487
2,200	1,270	40,8	2,285	2,342	31,091	0,000	2,553	0,425
2,000	1,470	33,1	1,858	1,904	31,064	0,000	2,420	0,355
1,800	1,670	26,2	1,470	1,507	31,035	0,000	2,285	0,285
1,600	1,870	20,1	1,127	1,155	31,003	0,000	2,150	0,219
1,400	2,070	14,8	0,831	0,852	30,971	0,000	2,013	0,160
1,200	2,270	10,3	0,579	0,594	30,932	0,000	1,875	0,108
1,000	2,470	6,7	0,376	0,386	30,890	0,000	1,735	0,067
0,800	2,670	4,0	0,222	0,227	30,851	0,000	1,596	0,036
0,600	2,870	2,0	0,110	0,112	30,795	0,000	1,454	0,016
0,453	3,018	1,0	0,056	0,057	30,759	0,000	1,350	0,007
0,400	3,070	0,7	0,042	0,043	30,752	0,000	1,315	0,005
0,200	3,270	0,1	0,007	0,007	30,683	0,000	1,175	0,001
0,000	3,470	0,0	0,000	0,000	30,683	0,000	1,175	0,000



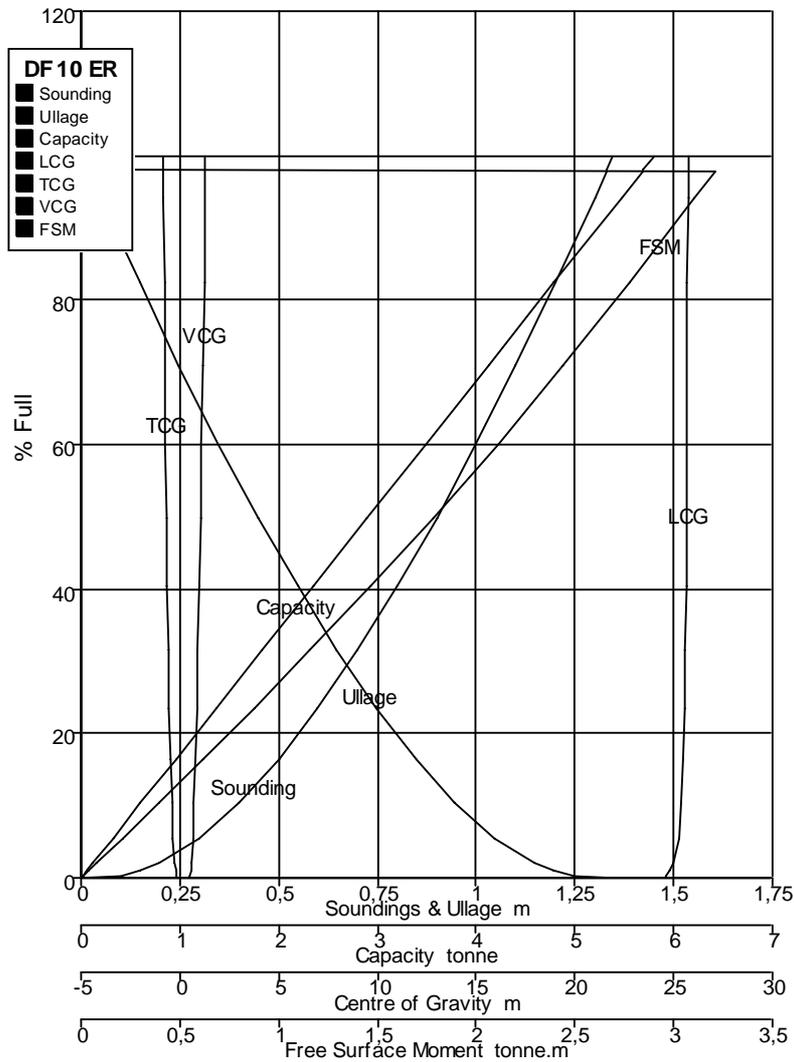
## DF 10 BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,347	0,000	100,0	6,921	5,814	25,715	0,842	1,315	0,000
1,331	0,016	98,0	6,782	5,697	25,714	0,836	1,305	0,000
1,330	0,017	97,9	6,775	5,691	25,714	0,836	1,305	3,207
1,300	0,047	94,2	6,520	5,477	25,711	0,826	1,286	3,107
1,200	0,147	82,3	5,696	4,785	25,699	0,791	1,226	2,775
1,100	0,247	70,9	4,908	4,123	25,686	0,754	1,166	2,441
1,000	0,347	60,1	4,158	3,493	25,670	0,715	1,105	2,109
0,900	0,447	49,9	3,451	2,899	25,651	0,672	1,044	1,782
0,800	0,547	40,3	2,790	2,344	25,628	0,626	0,982	1,464
0,700	0,647	31,5	2,180	1,831	25,598	0,576	0,920	1,160
0,600	0,747	23,5	1,627	1,366	25,559	0,522	0,858	0,876
0,500	0,847	16,4	1,137	0,955	25,503	0,462	0,794	0,618
0,400	0,947	10,4	0,718	0,603	25,418	0,397	0,730	0,393
0,300	1,047	5,5	0,382	0,321	25,274	0,325	0,665	0,211
0,200	1,147	2,1	0,145	0,122	25,001	0,246	0,597	0,079
0,149	1,198	1,0	0,069	0,058	24,804	0,201	0,561	0,035
0,100	1,247	0,3	0,024	0,020	24,581	0,150	0,526	0,010
0,000	1,347	0,0	0,000	0,000	24,581	0,150	0,526	0,000



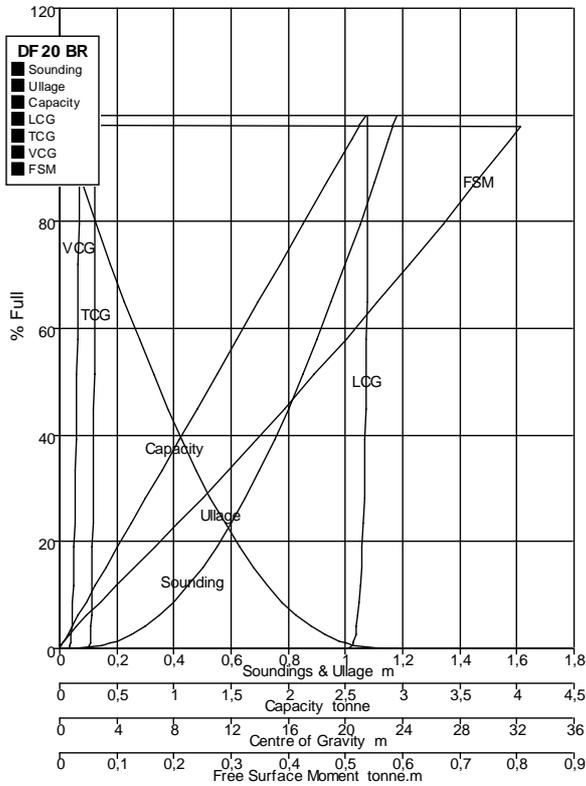
## DF 10 ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,347	0,000	100,0	6,921	5,814	25,715	-0,842	1,315	0,000
1,331	0,016	98,0	6,782	5,697	25,714	-0,836	1,305	0,000
1,330	0,017	97,9	6,775	5,691	25,714	-0,836	1,305	3,207
1,300	0,047	94,2	6,520	5,477	25,711	-0,826	1,286	3,107
1,200	0,147	82,3	5,696	4,785	25,699	-0,791	1,226	2,775
1,100	0,247	70,9	4,908	4,123	25,686	-0,754	1,166	2,441
1,000	0,347	60,1	4,158	3,493	25,670	-0,715	1,105	2,109
0,900	0,447	49,9	3,451	2,899	25,651	-0,672	1,044	1,782
0,800	0,547	40,3	2,790	2,344	25,628	-0,626	0,982	1,464
0,700	0,647	31,5	2,180	1,831	25,598	-0,576	0,920	1,160
0,600	0,747	23,5	1,627	1,366	25,559	-0,522	0,858	0,876
0,500	0,847	16,4	1,137	0,955	25,503	-0,462	0,794	0,618
0,400	0,947	10,4	0,718	0,603	25,418	-0,397	0,730	0,393
0,300	1,047	5,5	0,382	0,321	25,274	-0,325	0,665	0,211
0,200	1,147	2,1	0,145	0,122	25,001	-0,246	0,597	0,079
0,149	1,198	1,0	0,069	0,058	24,804	-0,201	0,561	0,035
0,100	1,247	0,3	0,024	0,020	24,581	-0,150	0,526	0,010
0,000	1,347	0,0	0,000	0,000	24,581	-0,150	0,526	0,000



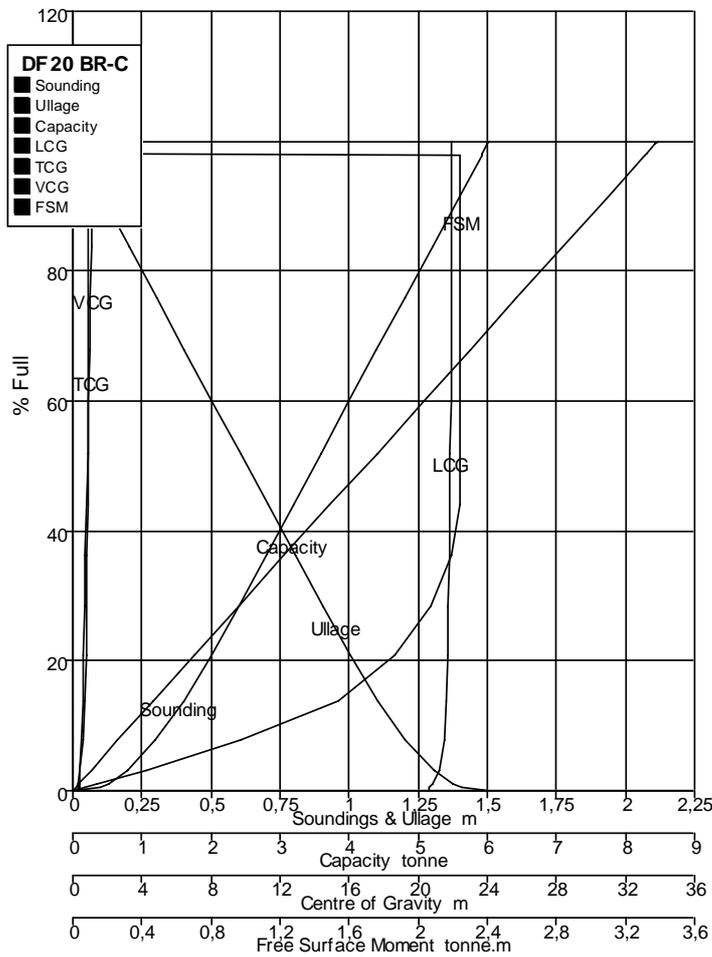
## DF 20 BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,178	0,000	100,0	3,187	2,677	21,581	2,523	1,423	0,000
1,166	0,012	98,0	3,123	2,624	21,577	2,520	1,416	0,000
1,165	0,013	97,9	3,120	2,621	21,577	2,520	1,415	0,806
1,150	0,028	95,4	3,041	2,554	21,572	2,515	1,406	0,789
1,100	0,078	87,4	2,785	2,339	21,557	2,501	1,374	0,729
1,050	0,128	79,6	2,536	2,131	21,539	2,486	1,343	0,671
1,000	0,178	72,1	2,297	1,929	21,520	2,470	1,311	0,613
0,950	0,228	64,8	2,066	1,736	21,499	2,454	1,279	0,556
0,900	0,278	57,9	1,845	1,550	21,475	2,438	1,247	0,501
0,850	0,328	51,3	1,634	1,373	21,449	2,421	1,215	0,446
0,800	0,378	45,0	1,433	1,204	21,418	2,403	1,182	0,394
0,750	0,428	39,0	1,244	1,045	21,384	2,385	1,149	0,343
0,700	0,478	33,4	1,065	0,895	21,345	2,367	1,116	0,296
0,650	0,528	28,2	0,899	0,755	21,301	2,348	1,083	0,250
0,600	0,578	23,4	0,746	0,627	21,249	2,328	1,049	0,207
0,550	0,628	19,0	0,607	0,510	21,191	2,308	1,015	0,167
0,500	0,678	15,1	0,481	0,404	21,125	2,287	0,980	0,131
0,450	0,728	11,7	0,371	0,312	21,053	2,266	0,946	0,098
0,400	0,778	8,7	0,277	0,233	20,976	2,243	0,911	0,070
0,350	0,828	6,2	0,197	0,166	20,894	2,219	0,876	0,047
0,300	0,878	4,2	0,133	0,111	20,803	2,193	0,840	0,030
0,250	0,928	2,6	0,082	0,069	20,706	2,166	0,805	0,017
0,200	0,978	1,4	0,045	0,038	20,599	2,137	0,769	0,008
0,176	1,002	1,0	0,032	0,027	20,541	2,123	0,751	0,005
0,150	1,028	0,6	0,021	0,017	20,476	2,107	0,732	0,003
0,100	1,078	0,2	0,007	0,006	20,340	2,075	0,696	0,001
0,050	1,128	0,0	0,001	0,001	20,196	2,039	0,659	0,000
0,000	1,178	0,0	0,000	0,000	20,196	2,039	0,659	0,000



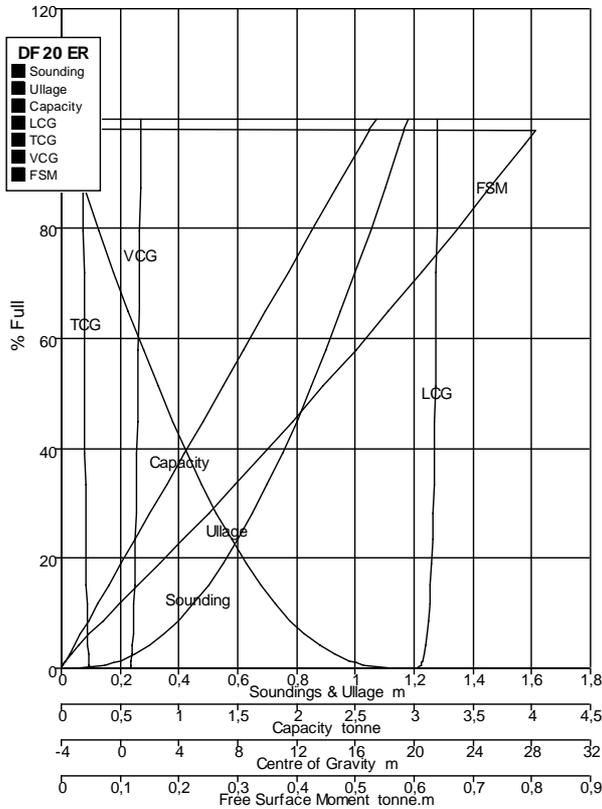
## DF 20 BR-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,505	0,000	100,0	10,081	8,468	21,926	0,942	1,160	0,000
1,500	0,005	99,6	10,040	8,434	21,925	0,942	1,158	0,000
1,480	0,025	98,0	9,879	8,298	21,924	0,941	1,148	0,000
1,479	0,026	97,9	9,869	8,290	21,924	0,941	1,147	2,240
1,400	0,105	91,7	9,240	7,762	21,919	0,937	1,107	2,240
1,300	0,205	83,7	8,440	7,090	21,911	0,931	1,056	2,240
1,200	0,305	75,8	7,640	6,418	21,902	0,924	1,005	2,240
1,100	0,405	67,9	6,840	5,746	21,891	0,915	0,953	2,240
1,000	0,505	59,9	6,040	5,074	21,876	0,903	0,901	2,240
0,900	0,605	52,0	5,240	4,402	21,857	0,889	0,849	2,240
0,800	0,705	44,0	4,440	3,730	21,831	0,869	0,796	2,239
0,700	0,805	36,1	3,642	3,060	21,796	0,841	0,741	2,193
0,600	0,905	28,3	2,857	2,400	21,748	0,801	0,685	2,075
0,500	1,005	20,8	2,099	1,763	21,685	0,746	0,627	1,867
0,400	1,105	13,8	1,392	1,170	21,603	0,667	0,567	1,534
0,300	1,205	7,7	0,778	0,654	21,478	0,559	0,504	0,977
0,200	1,305	3,1	0,311	0,261	21,210	0,432	0,438	0,426
0,128	1,377	1,0	0,100	0,084	20,832	0,330	0,388	0,137
0,100	1,405	0,5	0,053	0,044	20,667	0,282	0,368	0,070
0,000	1,505	0,0	0,000	0,000	20,667	0,282	0,368	0,000



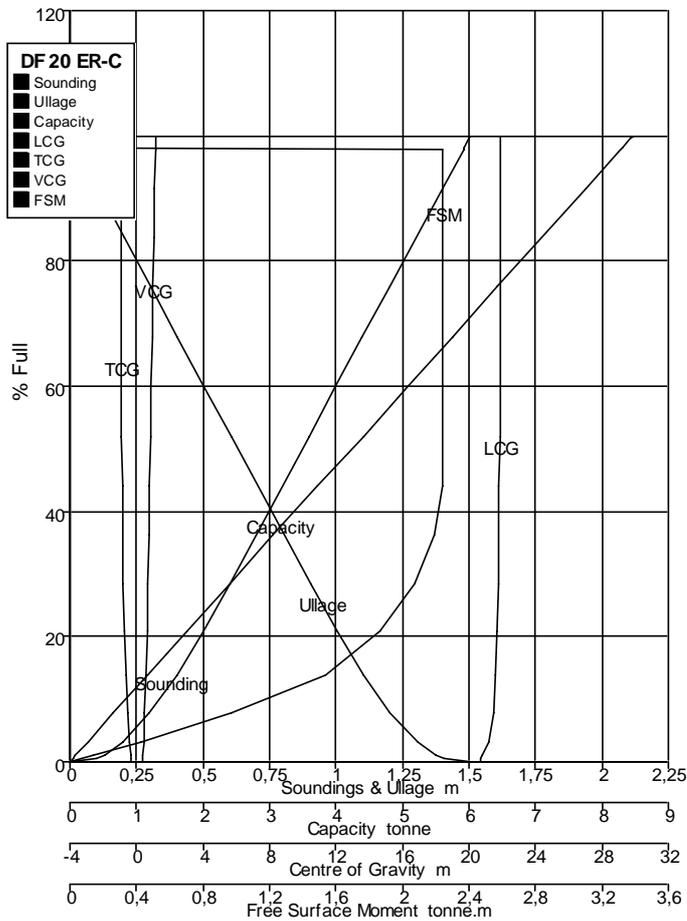
## DF 20 ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,178	0,000	100,0	3,187	2,677	21,581	-2,523	1,423	0,000
1,166	0,012	98,0	3,123	2,624	21,577	-2,520	1,416	0,000
1,165	0,013	97,9	3,120	2,621	21,577	-2,520	1,415	0,806
1,150	0,028	95,4	3,041	2,554	21,572	-2,515	1,406	0,789
1,100	0,078	87,4	2,785	2,339	21,557	-2,501	1,374	0,729
1,050	0,128	79,6	2,536	2,131	21,539	-2,486	1,343	0,671
1,000	0,178	72,1	2,297	1,929	21,520	-2,470	1,311	0,613
0,950	0,228	64,8	2,066	1,736	21,499	-2,454	1,279	0,556
0,900	0,278	57,9	1,845	1,550	21,475	-2,438	1,247	0,501
0,850	0,328	51,3	1,634	1,373	21,449	-2,421	1,215	0,446
0,800	0,378	45,0	1,433	1,204	21,418	-2,403	1,182	0,394
0,750	0,428	39,0	1,244	1,045	21,384	-2,385	1,149	0,343
0,700	0,478	33,4	1,065	0,895	21,345	-2,367	1,116	0,296
0,650	0,528	28,2	0,899	0,755	21,301	-2,348	1,083	0,250
0,600	0,578	23,4	0,746	0,627	21,249	-2,328	1,049	0,207
0,550	0,628	19,0	0,607	0,510	21,191	-2,308	1,015	0,167
0,500	0,678	15,1	0,481	0,404	21,125	-2,287	0,980	0,131
0,450	0,728	11,7	0,371	0,312	21,053	-2,266	0,946	0,098
0,400	0,778	8,7	0,277	0,233	20,976	-2,243	0,911	0,070
0,350	0,828	6,2	0,197	0,166	20,894	-2,219	0,876	0,047
0,300	0,878	4,2	0,133	0,111	20,803	-2,193	0,840	0,030
0,250	0,928	2,6	0,082	0,069	20,706	-2,166	0,805	0,017
0,200	0,978	1,4	0,045	0,038	20,599	-2,137	0,769	0,008
0,176	1,002	1,0	0,032	0,027	20,541	-2,123	0,751	0,005
0,150	1,028	0,6	0,021	0,017	20,476	-2,107	0,732	0,003
0,100	1,078	0,2	0,007	0,006	20,340	-2,075	0,696	0,001
0,050	1,128	0,0	0,001	0,001	20,196	-2,039	0,659	0,000
0,000	1,178	0,0	0,000	0,000	20,196	-2,039	0,659	0,000



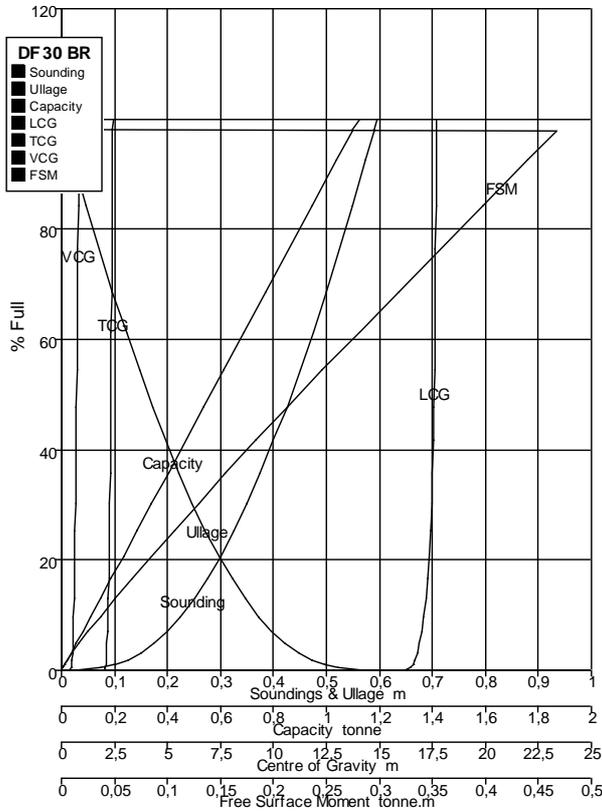
## DF 20 ER-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,505	0,000	100,0	10,081	8,468	21,926	-0,942	1,160	0,000
1,500	0,005	99,6	10,040	8,434	21,925	-0,942	1,158	0,000
1,480	0,025	98,0	9,879	8,298	21,924	-0,941	1,148	0,000
1,479	0,026	97,9	9,869	8,290	21,924	-0,941	1,147	2,240
1,400	0,105	91,7	9,240	7,762	21,919	-0,937	1,107	2,240
1,300	0,205	83,7	8,440	7,090	21,911	-0,931	1,056	2,240
1,200	0,305	75,8	7,640	6,418	21,902	-0,924	1,005	2,240
1,100	0,405	67,9	6,840	5,746	21,891	-0,915	0,953	2,240
1,000	0,505	59,9	6,040	5,074	21,876	-0,903	0,901	2,240
0,900	0,605	52,0	5,240	4,402	21,857	-0,889	0,849	2,240
0,800	0,705	44,0	4,440	3,730	21,831	-0,869	0,796	2,239
0,700	0,805	36,1	3,642	3,060	21,796	-0,841	0,741	2,193
0,600	0,905	28,3	2,857	2,400	21,748	-0,801	0,685	2,075
0,500	1,005	20,8	2,099	1,763	21,685	-0,746	0,627	1,867
0,400	1,105	13,8	1,392	1,170	21,603	-0,667	0,567	1,534
0,300	1,205	7,7	0,778	0,654	21,478	-0,559	0,504	0,977
0,200	1,305	3,1	0,311	0,261	21,210	-0,432	0,438	0,426
0,128	1,377	1,0	0,100	0,084	20,832	-0,330	0,388	0,137
0,100	1,405	0,5	0,053	0,044	20,667	-0,282	0,368	0,070
0,000	1,505	0,0	0,000	0,000	20,667	-0,282	0,368	0,000



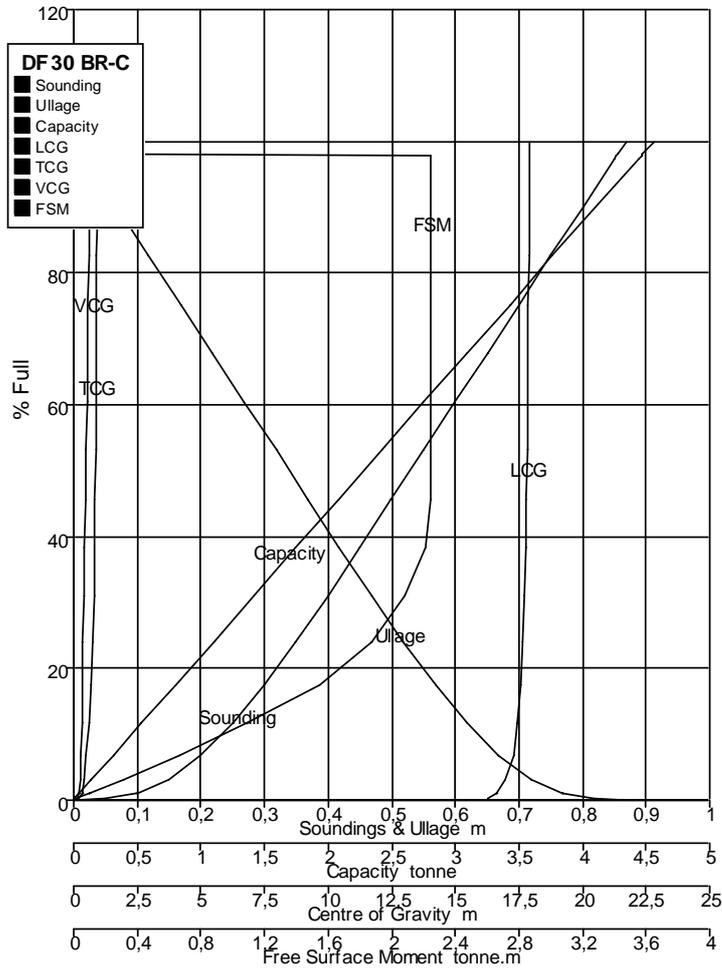
## DF 30 BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,597	0,000	100,0	1,337	1,123	17,700	2,427	0,816	0,000
0,591	0,006	98,0	1,310	1,101	17,697	2,424	0,813	0,000
0,591	0,006	97,9	1,309	1,100	17,697	2,424	0,812	0,468
0,575	0,022	92,5	1,237	1,039	17,688	2,415	0,802	0,440
0,550	0,047	84,3	1,127	0,947	17,673	2,400	0,786	0,398
0,525	0,072	76,3	1,021	0,857	17,656	2,386	0,770	0,357
0,500	0,097	68,7	0,918	0,772	17,636	2,370	0,754	0,318
0,475	0,122	61,4	0,821	0,690	17,615	2,355	0,738	0,281
0,450	0,147	54,4	0,728	0,612	17,591	2,339	0,722	0,246
0,425	0,172	47,8	0,640	0,537	17,564	2,323	0,705	0,214
0,400	0,197	41,6	0,557	0,468	17,533	2,306	0,689	0,183
0,375	0,222	35,8	0,479	0,402	17,497	2,290	0,672	0,155
0,350	0,247	30,3	0,406	0,341	17,455	2,273	0,655	0,129
0,325	0,272	25,3	0,339	0,284	17,406	2,255	0,638	0,106
0,300	0,297	20,7	0,277	0,233	17,348	2,238	0,621	0,085
0,275	0,322	16,6	0,222	0,186	17,280	2,221	0,604	0,067
0,250	0,347	12,9	0,173	0,145	17,200	2,203	0,586	0,051
0,225	0,372	9,8	0,130	0,110	17,107	2,186	0,568	0,037
0,200	0,397	7,1	0,095	0,080	17,008	2,168	0,550	0,025
0,175	0,422	4,9	0,066	0,055	16,905	2,150	0,532	0,016
0,150	0,447	3,2	0,043	0,036	16,797	2,131	0,514	0,009
0,125	0,472	1,9	0,026	0,022	16,686	2,111	0,495	0,005
0,100	0,497	1,0	0,014	0,012	16,572	2,090	0,477	0,002
0,099	0,498	1,0	0,013	0,011	16,565	2,089	0,476	0,002
0,075	0,522	0,5	0,006	0,005	16,449	2,070	0,459	0,001
0,050	0,547	0,1	0,002	0,002	16,317	2,048	0,440	0,000
0,025	0,572	0,0	0,000	0,000	16,182	2,024	0,422	0,000
0,000	0,597	0,0	0,000	0,000	16,182	2,024	0,422	0,000



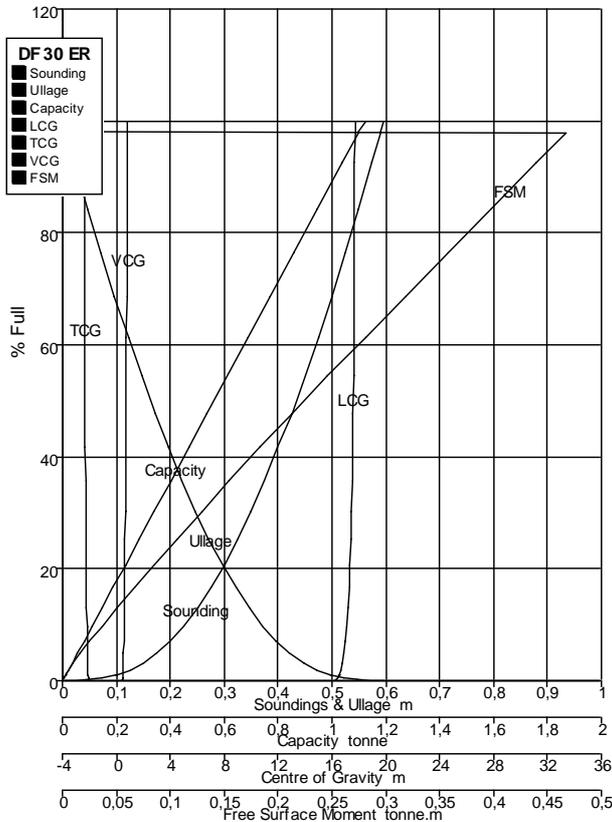
## DF 30 BR-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,868	0,000	100,0	5,426	4,558	17,911	0,932	0,654	0,000
0,855	0,014	98,0	5,318	4,467	17,909	0,930	0,647	0,000
0,854	0,014	97,9	5,312	4,462	17,909	0,930	0,646	2,240
0,850	0,018	97,3	5,281	4,436	17,908	0,930	0,644	2,240
0,800	0,068	90,0	4,881	4,100	17,901	0,924	0,619	2,240
0,750	0,118	82,6	4,481	3,764	17,892	0,917	0,593	2,240
0,700	0,168	75,2	4,081	3,428	17,881	0,909	0,567	2,240
0,650	0,218	67,8	3,681	3,092	17,868	0,899	0,541	2,240
0,600	0,268	60,5	3,281	2,756	17,852	0,887	0,515	2,240
0,550	0,318	53,1	2,881	2,420	17,832	0,871	0,488	2,240
0,500	0,368	45,7	2,481	2,084	17,805	0,850	0,461	2,240
0,450	0,418	38,4	2,082	1,749	17,768	0,822	0,433	2,208
0,400	0,468	31,1	1,688	1,418	17,719	0,783	0,404	2,085
0,350	0,518	24,1	1,307	1,098	17,657	0,733	0,375	1,874
0,300	0,568	17,5	0,950	0,798	17,577	0,668	0,344	1,550
0,250	0,618	11,6	0,632	0,531	17,461	0,591	0,311	1,093
0,200	0,668	6,7	0,366	0,308	17,268	0,509	0,278	0,670
0,150	0,718	3,1	0,170	0,143	16,957	0,425	0,242	0,321
0,100	0,768	1,0	0,056	0,047	16,624	0,328	0,205	0,097
0,099	0,769	1,0	0,054	0,046	16,619	0,326	0,205	0,094
0,050	0,818	0,1	0,008	0,007	16,312	0,200	0,169	0,011
0,000	0,868	0,0	0,000	0,000	16,312	0,200	0,169	0,000



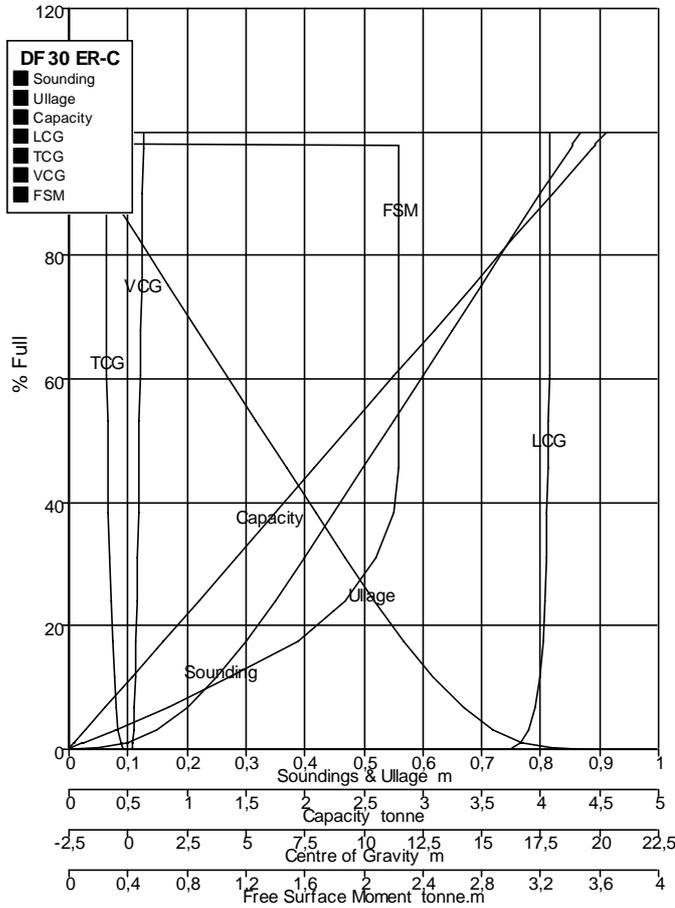
## DF 30 ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,597	0,000	100,0	1,337	1,123	17,700	-2,427	0,816	0,000
0,591	0,006	98,0	1,310	1,101	17,697	-2,424	0,813	0,000
0,591	0,006	97,9	1,309	1,100	17,697	-2,424	0,812	0,468
0,575	0,022	92,5	1,237	1,039	17,688	-2,415	0,802	0,440
0,550	0,047	84,3	1,127	0,947	17,673	-2,400	0,786	0,398
0,525	0,072	76,3	1,021	0,857	17,656	-2,386	0,770	0,357
0,500	0,097	68,7	0,918	0,772	17,636	-2,370	0,754	0,318
0,475	0,122	61,4	0,821	0,690	17,615	-2,355	0,738	0,281
0,450	0,147	54,4	0,728	0,612	17,591	-2,339	0,722	0,246
0,425	0,172	47,8	0,640	0,537	17,564	-2,323	0,705	0,214
0,400	0,197	41,6	0,557	0,468	17,533	-2,306	0,689	0,183
0,375	0,222	35,8	0,479	0,402	17,497	-2,290	0,672	0,155
0,350	0,247	30,3	0,406	0,341	17,455	-2,273	0,655	0,129
0,325	0,272	25,3	0,339	0,284	17,406	-2,255	0,638	0,106
0,300	0,297	20,7	0,277	0,233	17,348	-2,238	0,621	0,085
0,275	0,322	16,6	0,222	0,186	17,280	-2,221	0,604	0,067
0,250	0,347	12,9	0,173	0,145	17,200	-2,203	0,586	0,051
0,225	0,372	9,8	0,130	0,110	17,107	-2,186	0,568	0,037
0,200	0,397	7,1	0,095	0,080	17,008	-2,168	0,550	0,025
0,175	0,422	4,9	0,066	0,055	16,905	-2,150	0,532	0,016
0,150	0,447	3,2	0,043	0,036	16,797	-2,131	0,514	0,009
0,125	0,472	1,9	0,026	0,022	16,686	-2,111	0,495	0,005
0,100	0,497	1,0	0,014	0,012	16,572	-2,090	0,477	0,002
0,099	0,498	1,0	0,013	0,011	16,565	-2,089	0,476	0,002
0,075	0,522	0,5	0,006	0,005	16,449	-2,070	0,459	0,001
0,050	0,547	0,1	0,002	0,002	16,317	-2,048	0,440	0,000
0,025	0,572	0,0	0,000	0,000	16,182	-2,024	0,422	0,000
0,000	0,597	0,0	0,000	0,000	16,182	-2,024	0,422	0,000



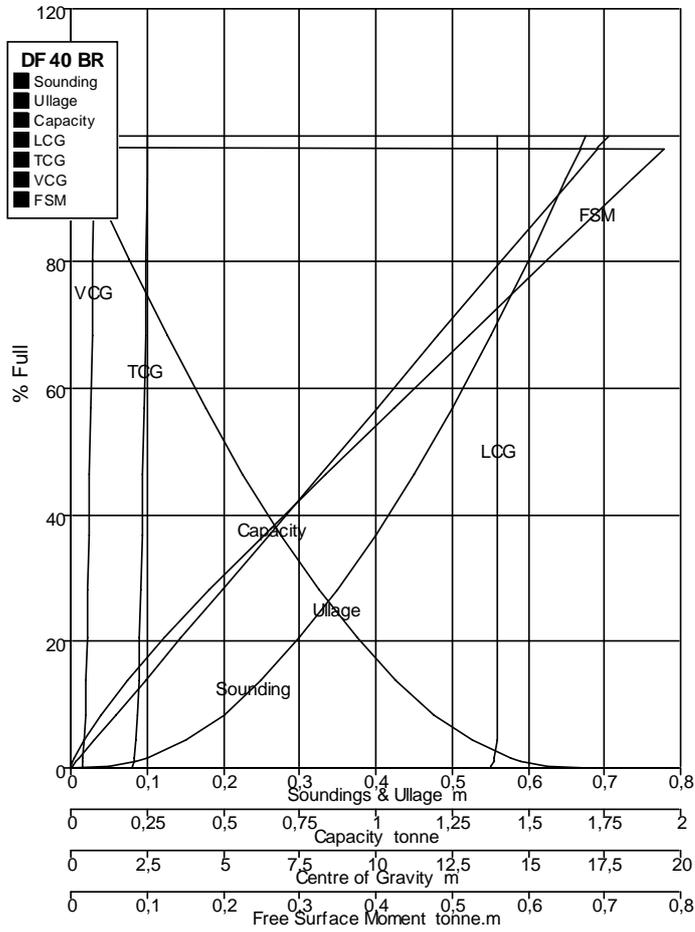
## DF 30 ER-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,868	0,000	100,0	5,426	4,558	17,911	-0,932	0,654	0,000
0,855	0,014	98,0	5,318	4,467	17,909	-0,930	0,647	0,000
0,854	0,014	97,9	5,312	4,462	17,909	-0,930	0,646	2,240
0,850	0,018	97,3	5,281	4,436	17,908	-0,930	0,644	2,240
0,800	0,068	90,0	4,881	4,100	17,901	-0,924	0,619	2,240
0,750	0,118	82,6	4,481	3,764	17,892	-0,917	0,593	2,240
0,700	0,168	75,2	4,081	3,428	17,881	-0,909	0,567	2,240
0,650	0,218	67,8	3,681	3,092	17,868	-0,899	0,541	2,240
0,600	0,268	60,5	3,281	2,756	17,852	-0,887	0,515	2,240
0,550	0,318	53,1	2,881	2,420	17,832	-0,871	0,488	2,240
0,500	0,368	45,7	2,481	2,084	17,805	-0,850	0,461	2,240
0,450	0,418	38,4	2,082	1,749	17,768	-0,822	0,433	2,208
0,400	0,468	31,1	1,688	1,418	17,719	-0,783	0,404	2,085
0,350	0,518	24,1	1,307	1,098	17,657	-0,733	0,375	1,874
0,300	0,568	17,5	0,950	0,798	17,577	-0,668	0,344	1,550
0,250	0,618	11,6	0,632	0,531	17,461	-0,591	0,311	1,093
0,200	0,668	6,7	0,366	0,308	17,268	-0,509	0,278	0,670
0,150	0,718	3,1	0,170	0,143	16,957	-0,425	0,242	0,321
0,100	0,768	1,0	0,056	0,047	16,624	-0,328	0,205	0,097
0,099	0,769	1,0	0,054	0,046	16,619	-0,326	0,205	0,094
0,050	0,818	0,1	0,008	0,007	16,312	-0,200	0,169	0,011
0,000	0,868	0,0	0,000	0,000	16,312	-0,200	0,169	0,000



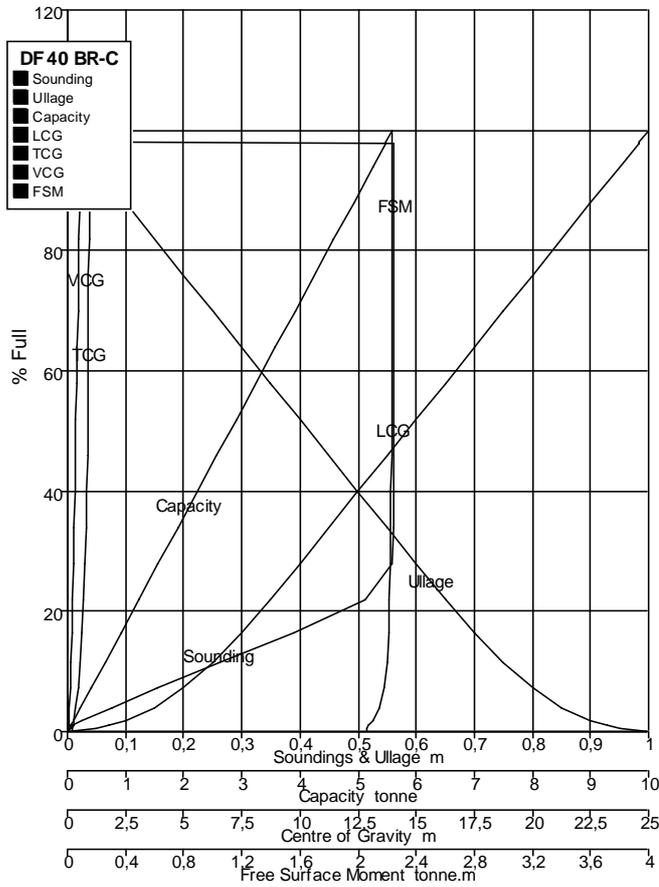
## DF 40 BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,676	0,000	100,0	2,101	1,765	14,007	2,509	0,769	0,000
0,669	0,007	98,0	2,059	1,729	14,007	2,505	0,765	0,000
0,668	0,008	97,9	2,057	1,728	14,007	2,505	0,764	0,778
0,650	0,026	93,1	1,955	1,642	14,007	2,495	0,753	0,736
0,600	0,076	80,3	1,687	1,417	14,007	2,467	0,722	0,625
0,550	0,126	68,2	1,433	1,204	14,007	2,438	0,690	0,522
0,500	0,176	56,9	1,196	1,005	14,007	2,406	0,659	0,423
0,450	0,226	46,4	0,976	0,820	14,007	2,374	0,627	0,334
0,400	0,276	36,8	0,774	0,650	14,006	2,339	0,595	0,253
0,350	0,326	28,2	0,592	0,497	14,004	2,303	0,563	0,182
0,300	0,376	20,5	0,430	0,362	14,001	2,264	0,531	0,123
0,250	0,426	13,9	0,292	0,245	13,996	2,223	0,498	0,075
0,200	0,476	8,5	0,178	0,149	13,986	2,180	0,465	0,040
0,150	0,526	4,3	0,090	0,076	13,963	2,135	0,432	0,017
0,100	0,576	1,5	0,032	0,027	13,902	2,091	0,397	0,005
0,085	0,591	1,0	0,021	0,018	13,863	2,078	0,386	0,003
0,050	0,626	0,2	0,005	0,004	13,755	2,048	0,360	0,000
0,000	0,676	0,0	0,000	0,000	13,755	2,048	0,360	0,000



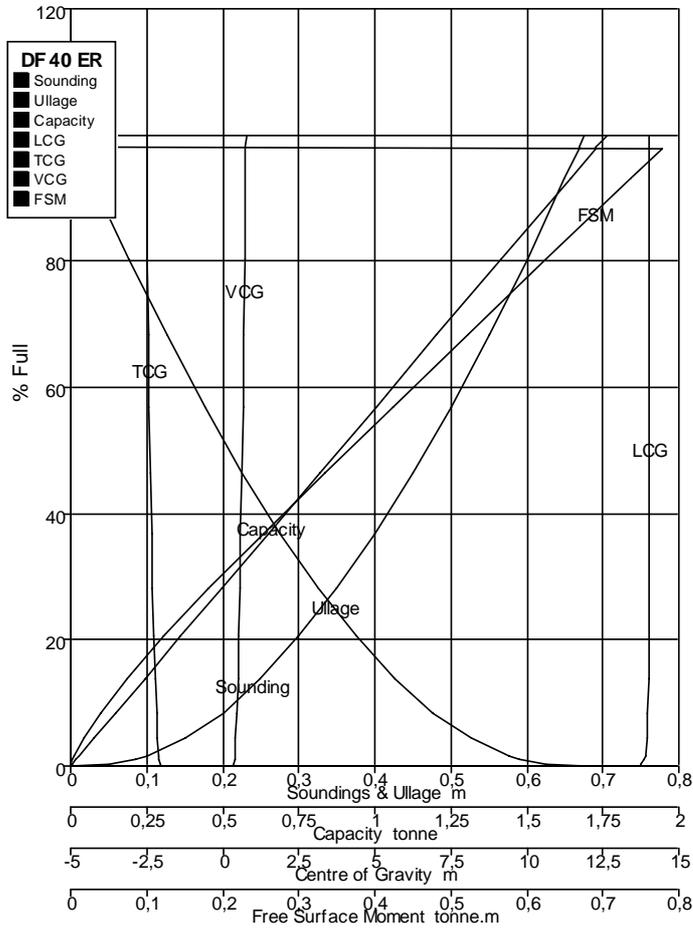
## DF 40 BR-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,000	0,000	100,0	6,662	5,596	13,969	0,936	0,578	0,000
0,983	0,017	98,0	6,529	5,484	13,968	0,934	0,569	0,000
0,983	0,017	97,9	6,522	5,478	13,968	0,934	0,569	2,240
0,950	0,050	94,0	6,262	5,260	13,967	0,932	0,552	2,240
0,900	0,100	88,0	5,862	4,924	13,964	0,927	0,527	2,240
0,850	0,150	82,0	5,462	4,588	13,962	0,922	0,501	2,240
0,800	0,200	76,0	5,062	4,252	13,959	0,915	0,476	2,240
0,750	0,250	70,0	4,662	3,916	13,955	0,908	0,450	2,240
0,700	0,300	64,0	4,262	3,580	13,951	0,900	0,424	2,240
0,650	0,350	58,0	3,862	3,244	13,946	0,889	0,398	2,240
0,600	0,400	52,0	3,462	2,908	13,940	0,876	0,372	2,240
0,550	0,450	46,0	3,062	2,572	13,932	0,860	0,346	2,240
0,500	0,500	40,0	2,662	2,236	13,922	0,839	0,319	2,240
0,450	0,550	34,0	2,262	1,900	13,908	0,811	0,291	2,240
0,400	0,600	27,9	1,862	1,564	13,888	0,770	0,262	2,233
0,350	0,650	22,0	1,467	1,232	13,858	0,711	0,232	2,047
0,300	0,700	16,4	1,095	0,920	13,814	0,637	0,200	1,559
0,250	0,750	11,5	0,766	0,643	13,746	0,553	0,167	1,050
0,200	0,800	7,3	0,485	0,408	13,633	0,462	0,133	0,623
0,150	0,850	4,0	0,264	0,222	13,431	0,367	0,097	0,304
0,100	0,900	1,8	0,117	0,098	13,145	0,278	0,060	0,094
0,071	0,929	1,0	0,066	0,056	12,973	0,243	0,040	0,034
0,050	0,950	0,6	0,041	0,035	12,855	0,238	0,027	0,018
0,000	1,000	0,0	0,000	0,000	12,855	0,238	0,027	0,000



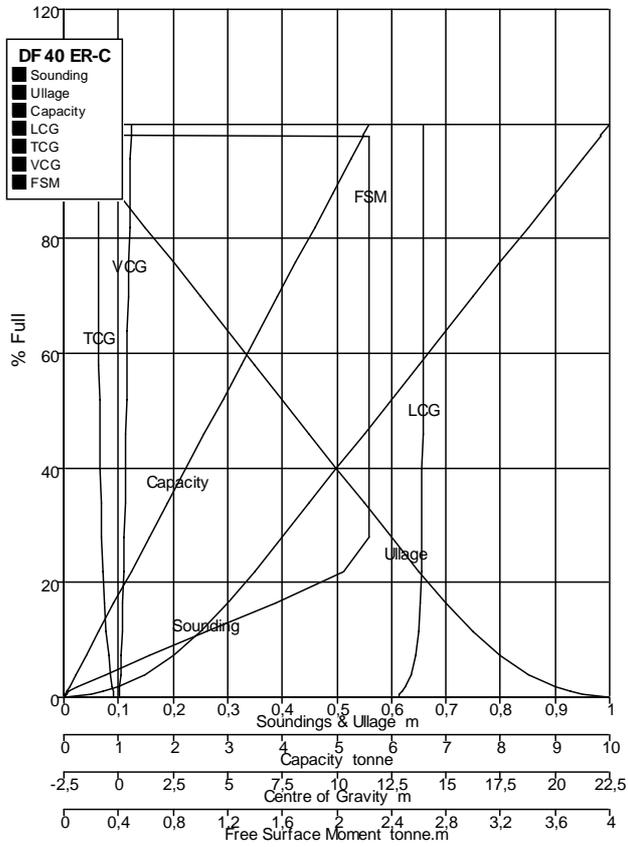
## DF 40 ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,676	0,000	100,0	2,101	1,765	14,007	-2,509	0,769	0,000
0,669	0,007	98,0	2,059	1,729	14,007	-2,505	0,765	0,000
0,668	0,008	97,9	2,057	1,728	14,007	-2,505	0,764	0,778
0,650	0,026	93,1	1,955	1,642	14,007	-2,495	0,753	0,736
0,600	0,076	80,3	1,687	1,417	14,007	-2,467	0,722	0,625
0,550	0,126	68,2	1,433	1,204	14,007	-2,438	0,690	0,522
0,500	0,176	56,9	1,196	1,005	14,007	-2,406	0,659	0,423
0,450	0,226	46,4	0,976	0,820	14,007	-2,374	0,627	0,334
0,400	0,276	36,8	0,774	0,650	14,006	-2,339	0,595	0,253
0,350	0,326	28,2	0,592	0,497	14,004	-2,303	0,563	0,182
0,300	0,376	20,5	0,430	0,362	14,001	-2,264	0,531	0,123
0,250	0,426	13,9	0,292	0,245	13,996	-2,223	0,498	0,075
0,200	0,476	8,5	0,178	0,149	13,986	-2,180	0,465	0,040
0,150	0,526	4,3	0,090	0,076	13,963	-2,135	0,432	0,017
0,100	0,576	1,5	0,032	0,027	13,902	-2,091	0,397	0,005
0,085	0,591	1,0	0,021	0,018	13,863	-2,078	0,386	0,003
0,050	0,626	0,2	0,005	0,004	13,755	-2,048	0,360	0,000
0,000	0,676	0,0	0,000	0,000	13,755	-2,048	0,360	0,000



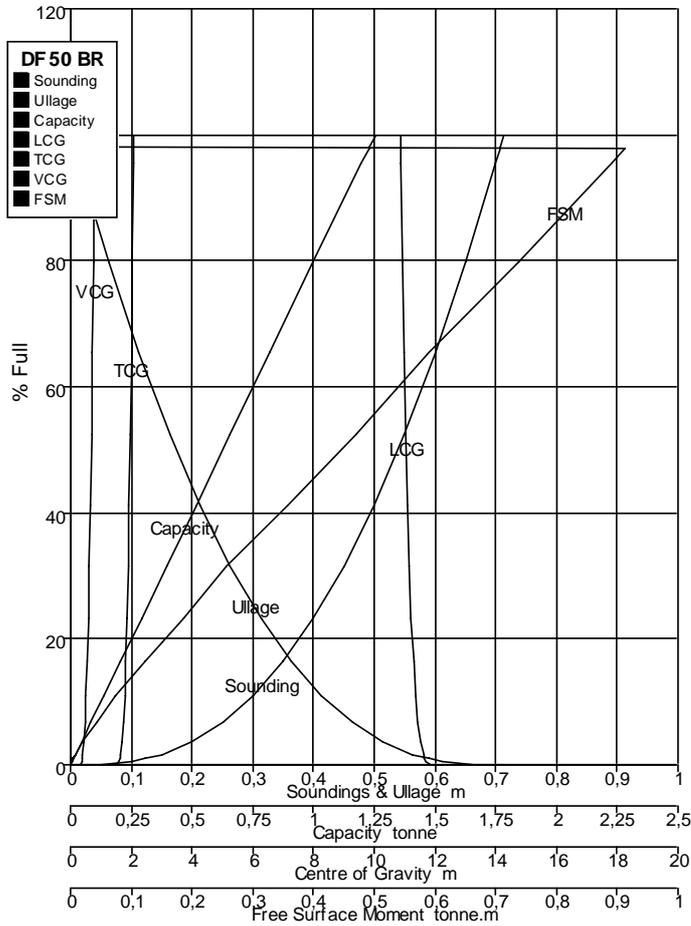
## DF 40 ER-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,000	0,000	100,0	6,662	5,596	13,969	-0,936	0,578	0,000
0,983	0,017	98,0	6,529	5,484	13,968	-0,934	0,569	0,000
0,983	0,017	97,9	6,522	5,478	13,968	-0,934	0,569	2,240
0,950	0,050	94,0	6,262	5,260	13,967	-0,932	0,552	2,240
0,900	0,100	88,0	5,862	4,924	13,964	-0,927	0,527	2,240
0,850	0,150	82,0	5,462	4,588	13,962	-0,922	0,501	2,240
0,800	0,200	76,0	5,062	4,252	13,959	-0,915	0,476	2,240
0,750	0,250	70,0	4,662	3,916	13,955	-0,908	0,450	2,240
0,700	0,300	64,0	4,262	3,580	13,951	-0,900	0,424	2,240
0,650	0,350	58,0	3,862	3,244	13,946	-0,889	0,398	2,240
0,600	0,400	52,0	3,462	2,908	13,940	-0,876	0,372	2,240
0,550	0,450	46,0	3,062	2,572	13,932	-0,860	0,346	2,240
0,500	0,500	40,0	2,662	2,236	13,922	-0,839	0,319	2,240
0,450	0,550	34,0	2,262	1,900	13,908	-0,811	0,291	2,240
0,400	0,600	27,9	1,862	1,564	13,888	-0,770	0,262	2,233
0,350	0,650	22,0	1,467	1,232	13,858	-0,711	0,232	2,047
0,300	0,700	16,4	1,095	0,920	13,814	-0,637	0,200	1,559
0,250	0,750	11,5	0,766	0,643	13,746	-0,553	0,167	1,050
0,200	0,800	7,3	0,485	0,408	13,633	-0,462	0,133	0,623
0,150	0,850	4,0	0,264	0,222	13,431	-0,367	0,097	0,304
0,100	0,900	1,8	0,117	0,098	13,145	-0,278	0,060	0,094
0,071	0,929	1,0	0,066	0,056	12,973	-0,243	0,040	0,034
0,050	0,950	0,6	0,041	0,035	12,855	-0,238	0,027	0,018
0,000	1,000	0,0	0,000	0,000	12,855	-0,238	0,027	0,000



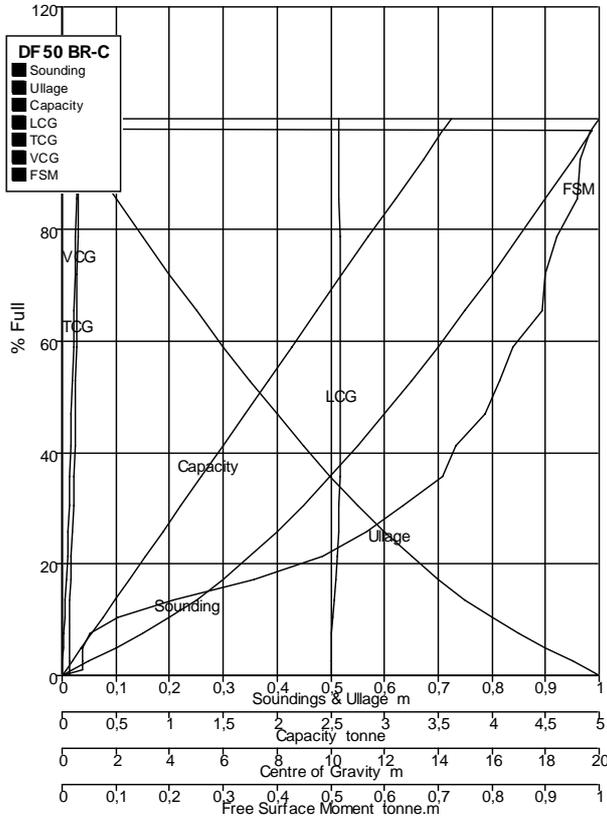
## DF 50 BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,713	0,000	100,0	1,374	1,254	10,851	2,070	0,797	0,000
0,707	0,006	98,0	1,346	1,229	10,856	2,066	0,793	0,000
0,707	0,006	97,9	1,345	1,228	10,857	2,066	0,793	0,912
0,700	0,013	95,6	1,313	1,199	10,863	2,061	0,788	0,890
0,650	0,063	79,7	1,095	1,000	10,914	2,030	0,753	0,737
0,600	0,113	65,4	0,898	0,820	10,967	1,998	0,718	0,589
0,550	0,163	52,5	0,722	0,659	11,025	1,965	0,683	0,470
0,500	0,213	41,2	0,566	0,517	11,088	1,931	0,648	0,358
0,450	0,263	31,5	0,433	0,396	11,149	1,896	0,613	0,256
0,400	0,313	23,3	0,320	0,292	11,215	1,859	0,577	0,185
0,350	0,363	16,4	0,225	0,206	11,289	1,821	0,541	0,122
0,300	0,413	11,0	0,151	0,137	11,358	1,781	0,506	0,074
0,250	0,463	6,7	0,092	0,084	11,442	1,740	0,470	0,042
0,200	0,513	3,7	0,051	0,046	11,524	1,696	0,434	0,019
0,150	0,563	1,7	0,023	0,021	11,620	1,652	0,397	0,007
0,124	0,589	1,0	0,014	0,013	11,663	1,626	0,379	0,004
0,100	0,613	0,5	0,007	0,007	11,710	1,602	0,361	0,002
0,050	0,663	0,1	0,001	0,001	11,835	1,553	0,324	0,000
0,000	0,713	0,0	0,000	0,000	11,835	1,553	0,324	0,000



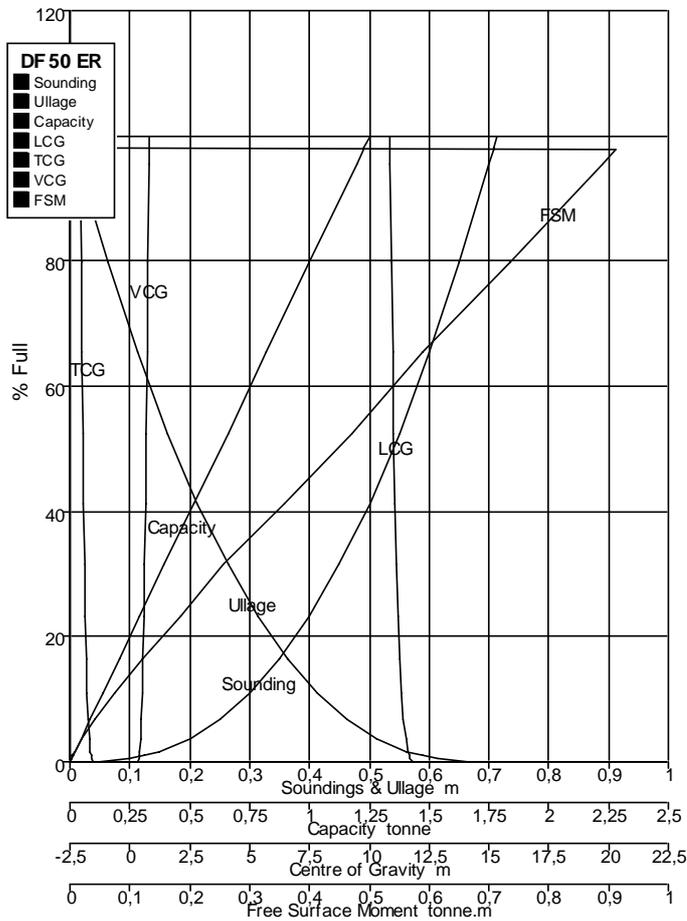
## DF 50 BR-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,000	0,000	100,0	3,967	3,622	10,282	0,607	0,593	0,000
0,986	0,014	98,0	3,888	3,549	10,286	0,604	0,585	0,000
0,986	0,014	97,9	3,884	3,546	10,287	0,604	0,584	0,983
0,950	0,050	92,7	3,679	3,359	10,298	0,597	0,563	0,965
0,900	0,100	85,6	3,397	3,101	10,313	0,586	0,533	0,959
0,850	0,150	78,7	3,121	2,850	10,328	0,574	0,503	0,921
0,800	0,200	71,9	2,854	2,606	10,340	0,561	0,473	0,898
0,750	0,250	65,4	2,593	2,367	10,350	0,547	0,442	0,895
0,700	0,300	59,0	2,341	2,137	10,357	0,531	0,412	0,840
0,650	0,350	52,9	2,097	1,915	10,361	0,513	0,381	0,815
0,600	0,400	46,9	1,861	1,699	10,362	0,493	0,350	0,787
0,550	0,450	41,2	1,636	1,494	10,355	0,472	0,319	0,734
0,500	0,500	35,8	1,420	1,297	10,343	0,446	0,288	0,708
0,450	0,550	30,6	1,215	1,109	10,321	0,418	0,256	0,635
0,400	0,600	25,8	1,024	0,935	10,288	0,386	0,225	0,566
0,350	0,650	21,3	0,845	0,771	10,241	0,351	0,193	0,484
0,300	0,700	17,2	0,683	0,623	10,181	0,315	0,161	0,357
0,250	0,750	13,6	0,539	0,492	10,115	0,284	0,131	0,206
0,200	0,800	10,4	0,413	0,378	10,055	0,263	0,102	0,104
0,150	0,850	7,6	0,302	0,276	10,012	0,252	0,075	0,051
0,100	0,900	5,0	0,200	0,183	10,000	0,250	0,050	0,038
0,050	0,950	2,5	0,100	0,091	10,000	0,250	0,025	0,038
0,020	0,980	1,0	0,040	0,036	10,000	0,250	0,010	0,038
0,000	1,000	0,0	0,000	0,000	10,000	0,250	0,010	0,000



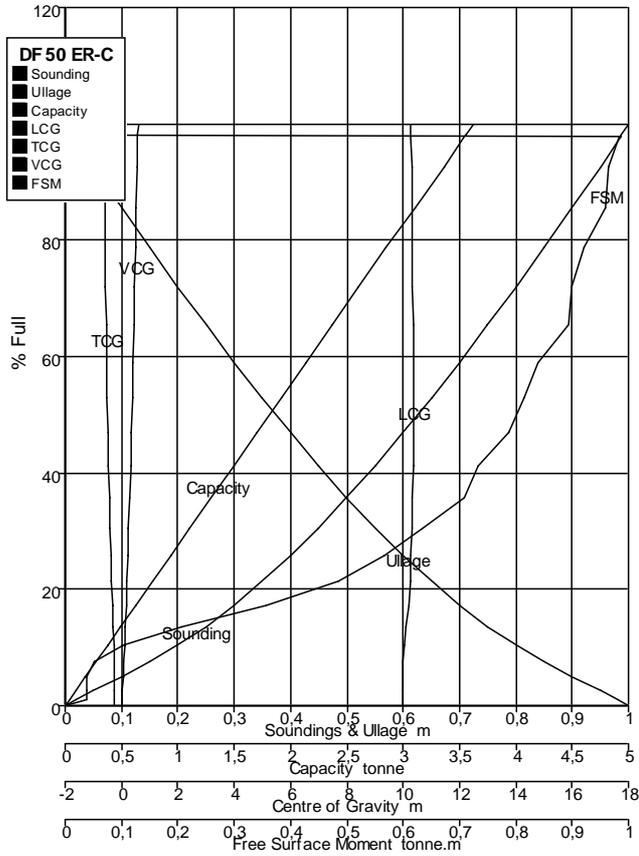
## DF 50 ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0,713	0,000	100,0	1,374	1,254	10,851	-2,070	0,797	0,000
0,707	0,006	98,0	1,346	1,229	10,856	-2,066	0,793	0,000
0,707	0,006	97,9	1,345	1,228	10,857	-2,066	0,793	0,912
0,700	0,013	95,6	1,313	1,199	10,863	-2,061	0,788	0,890
0,650	0,063	79,7	1,095	1,000	10,914	-2,030	0,753	0,737
0,600	0,113	65,4	0,898	0,820	10,967	-1,998	0,718	0,589
0,550	0,163	52,5	0,722	0,659	11,025	-1,965	0,683	0,470
0,500	0,213	41,2	0,566	0,517	11,088	-1,931	0,648	0,358
0,450	0,263	31,5	0,433	0,396	11,149	-1,896	0,613	0,256
0,400	0,313	23,3	0,320	0,292	11,215	-1,859	0,577	0,185
0,350	0,363	16,4	0,225	0,206	11,289	-1,821	0,541	0,122
0,300	0,413	11,0	0,151	0,137	11,358	-1,781	0,506	0,074
0,250	0,463	6,7	0,092	0,084	11,442	-1,740	0,470	0,042
0,200	0,513	3,7	0,051	0,046	11,524	-1,696	0,434	0,019
0,150	0,563	1,7	0,023	0,021	11,620	-1,652	0,397	0,007
0,124	0,589	1,0	0,014	0,013	11,663	-1,626	0,379	0,004
0,100	0,613	0,5	0,007	0,007	11,710	-1,602	0,361	0,002
0,050	0,663	0,1	0,001	0,001	11,835	-1,553	0,324	0,000
0,000	0,713	0,0	0,000	0,000	11,835	-1,553	0,324	0,000



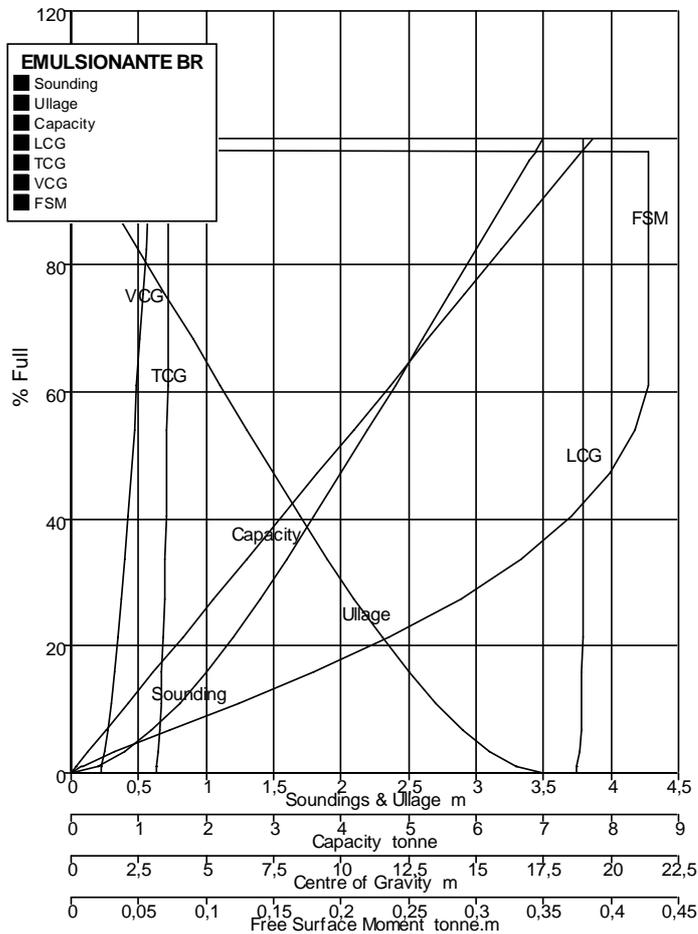
## DF 50 ER-C



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,000	0,000	100,0	3,967	3,622	10,282	-0,607	0,593	0,000
0,986	0,014	98,0	3,888	3,549	10,286	-0,604	0,585	0,000
0,986	0,014	97,9	3,884	3,546	10,287	-0,604	0,584	0,983
0,950	0,050	92,7	3,679	3,359	10,298	-0,597	0,563	0,965
0,900	0,100	85,6	3,397	3,101	10,313	-0,586	0,533	0,959
0,850	0,150	78,7	3,121	2,850	10,328	-0,574	0,503	0,921
0,800	0,200	71,9	2,854	2,606	10,340	-0,561	0,473	0,898
0,750	0,250	65,4	2,593	2,367	10,350	-0,547	0,442	0,895
0,700	0,300	59,0	2,341	2,137	10,357	-0,531	0,412	0,840
0,650	0,350	52,9	2,097	1,915	10,361	-0,513	0,381	0,815
0,600	0,400	46,9	1,861	1,699	10,362	-0,493	0,350	0,787
0,550	0,450	41,2	1,636	1,494	10,355	-0,472	0,319	0,734
0,500	0,500	35,8	1,420	1,297	10,343	-0,446	0,288	0,708
0,450	0,550	30,6	1,215	1,109	10,321	-0,418	0,256	0,635
0,400	0,600	25,8	1,024	0,935	10,288	-0,386	0,225	0,566
0,350	0,650	21,3	0,845	0,771	10,241	-0,351	0,193	0,484
0,300	0,700	17,2	0,683	0,623	10,181	-0,315	0,161	0,357
0,250	0,750	13,6	0,539	0,492	10,115	-0,284	0,131	0,206
0,200	0,800	10,4	0,413	0,378	10,055	-0,263	0,102	0,104
0,150	0,850	7,6	0,302	0,276	10,012	-0,252	0,075	0,051
0,100	0,900	5,0	0,200	0,183	10,000	-0,250	0,050	0,038
0,050	0,950	2,5	0,100	0,091	10,000	-0,250	0,025	0,038
0,020	0,980	1,0	0,040	0,036	10,000	-0,250	0,010	0,038
0,000	1,000	0,0	0,000	0,000	10,000	-0,250	0,010	0,000



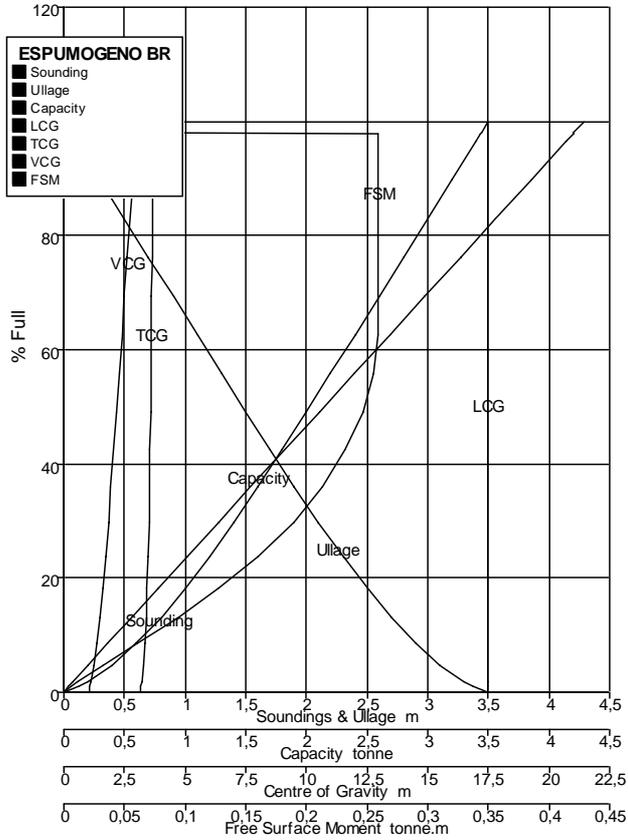
## EMULSIONANTE BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
3,500	0,000	100,0	7,731	7,731	18,969	3,611	3,030	0,000
3,443	0,057	98,0	7,577	7,577	18,968	3,609	3,001	0,000
3,441	0,059	97,9	7,569	7,569	18,968	3,609	2,999	0,427
3,400	0,100	96,5	7,458	7,458	18,968	3,608	2,978	0,427
3,200	0,300	89,4	6,912	6,912	18,967	3,602	2,874	0,427
3,000	0,500	82,3	6,366	6,366	18,966	3,595	2,768	0,427
2,800	0,700	75,3	5,820	5,820	18,965	3,587	2,662	0,427
2,600	0,900	68,2	5,274	5,274	18,964	3,577	2,555	0,427
2,400	1,100	61,2	4,728	4,728	18,962	3,564	2,446	0,427
2,200	1,300	54,1	4,184	4,184	18,960	3,549	2,334	0,418
2,000	1,500	47,2	3,646	3,646	18,957	3,531	2,221	0,399
1,800	1,700	40,3	3,119	3,119	18,954	3,509	2,107	0,371
1,600	1,900	33,7	2,607	2,607	18,950	3,483	1,990	0,334
1,400	2,100	27,4	2,117	2,117	18,944	3,452	1,872	0,288
1,200	2,300	21,4	1,654	1,654	18,938	3,417	1,752	0,236
1,000	2,500	15,9	1,227	1,227	18,928	3,375	1,630	0,180
0,800	2,700	10,9	0,844	0,844	18,914	3,326	1,506	0,124
0,600	2,900	6,7	0,516	0,516	18,892	3,270	1,381	0,073
0,400	3,100	3,3	0,254	0,254	18,850	3,204	1,254	0,032
0,202	3,298	1,0	0,077	0,077	18,749	3,131	1,125	0,008
0,200	3,300	1,0	0,076	0,076	18,748	3,130	1,124	0,008
0,000	3,500	0,0	0,000	0,000	18,748	3,130	1,124	0,000



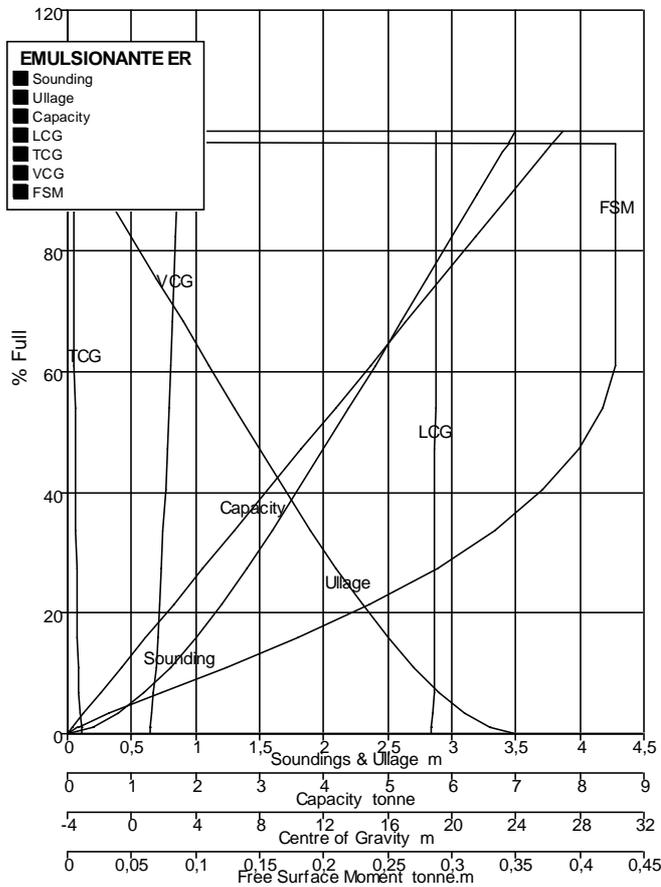
# ESPUMOGENO BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
3,500	0,000	100,0	4,289	4,289	17,496	3,655	2,978	0,000
3,441	0,059	98,0	4,203	4,203	17,496	3,654	2,948	0,000
3,438	0,062	97,9	4,199	4,199	17,496	3,654	2,946	0,259
3,400	0,100	96,6	4,143	4,143	17,496	3,653	2,926	0,259
3,200	0,300	89,8	3,852	3,852	17,496	3,647	2,822	0,259
3,000	0,500	83,0	3,560	3,560	17,496	3,640	2,718	0,259
2,800	0,700	76,2	3,268	3,268	17,496	3,632	2,612	0,259
2,600	0,900	69,4	2,977	2,977	17,496	3,623	2,506	0,259
2,400	1,100	62,6	2,685	2,685	17,495	3,611	2,398	0,259
2,200	1,300	55,8	2,394	2,394	17,495	3,597	2,288	0,255
2,000	1,500	49,1	2,105	2,105	17,495	3,580	2,176	0,246
1,800	1,700	42,4	1,821	1,821	17,494	3,559	2,063	0,232
1,600	1,900	36,0	1,543	1,543	17,494	3,535	1,949	0,213
1,400	2,100	29,7	1,275	1,275	17,493	3,506	1,832	0,189
1,200	2,300	23,7	1,019	1,019	17,492	3,473	1,715	0,160
1,000	2,500	18,2	0,779	0,779	17,491	3,433	1,596	0,128
0,800	2,700	13,0	0,559	0,559	17,490	3,387	1,475	0,094
0,600	2,900	8,5	0,364	0,364	17,487	3,334	1,354	0,061
0,400	3,100	4,7	0,201	0,201	17,484	3,272	1,232	0,032
0,200	3,300	1,8	0,076	0,076	17,478	3,200	1,112	0,011
0,128	3,372	1,0	0,043	0,043	17,474	3,172	1,070	0,006
0,000	3,500	0,0	0,000	0,000	17,474	3,172	1,070	0,000



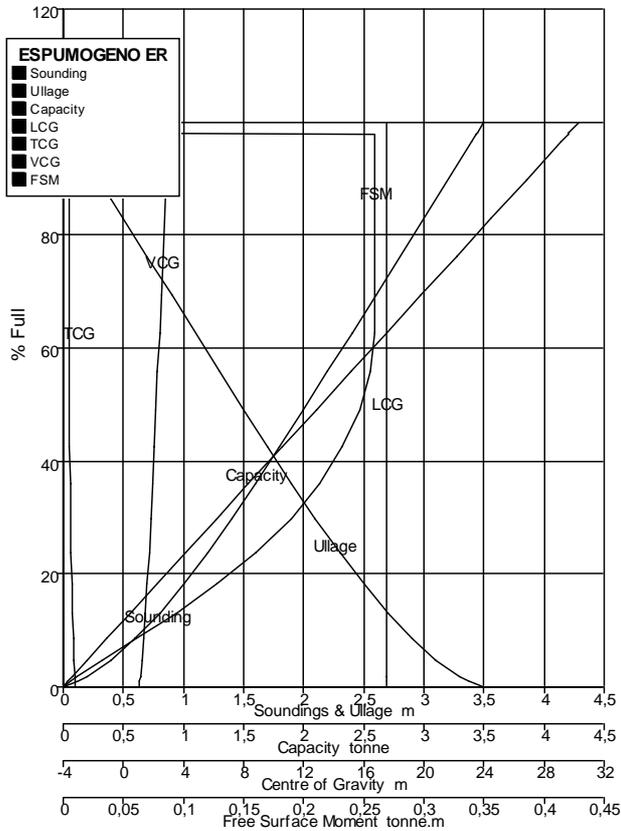
## EMULSIONANTE ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
3,500	0,000	100,0	7,731	7,731	18,969	-3,611	3,030	0,000
3,443	0,057	98,0	7,577	7,577	18,968	-3,609	3,001	0,000
3,441	0,059	97,9	7,569	7,569	18,968	-3,609	2,999	0,427
3,400	0,100	96,5	7,458	7,458	18,968	-3,608	2,978	0,427
3,200	0,300	89,4	6,912	6,912	18,967	-3,602	2,874	0,427
3,000	0,500	82,3	6,366	6,366	18,966	-3,595	2,768	0,427
2,800	0,700	75,3	5,820	5,820	18,965	-3,587	2,662	0,427
2,600	0,900	68,2	5,274	5,274	18,964	-3,577	2,555	0,427
2,400	1,100	61,2	4,728	4,728	18,962	-3,564	2,446	0,427
2,200	1,300	54,1	4,184	4,184	18,960	-3,549	2,334	0,418
2,000	1,500	47,2	3,646	3,646	18,957	-3,531	2,221	0,399
1,800	1,700	40,3	3,119	3,119	18,954	-3,509	2,107	0,371
1,600	1,900	33,7	2,607	2,607	18,950	-3,483	1,990	0,334
1,400	2,100	27,4	2,117	2,117	18,944	-3,452	1,872	0,288
1,200	2,300	21,4	1,654	1,654	18,938	-3,417	1,752	0,236
1,000	2,500	15,9	1,227	1,227	18,928	-3,375	1,630	0,180
0,800	2,700	10,9	0,844	0,844	18,914	-3,326	1,506	0,124
0,600	2,900	6,7	0,516	0,516	18,892	-3,270	1,381	0,073
0,400	3,100	3,3	0,254	0,254	18,850	-3,204	1,254	0,032
0,202	3,298	1,0	0,077	0,077	18,749	-3,131	1,125	0,008
0,200	3,300	1,0	0,076	0,076	18,748	-3,130	1,124	0,008
0,000	3,500	0,0	0,000	0,000	18,748	-3,130	1,124	0,000



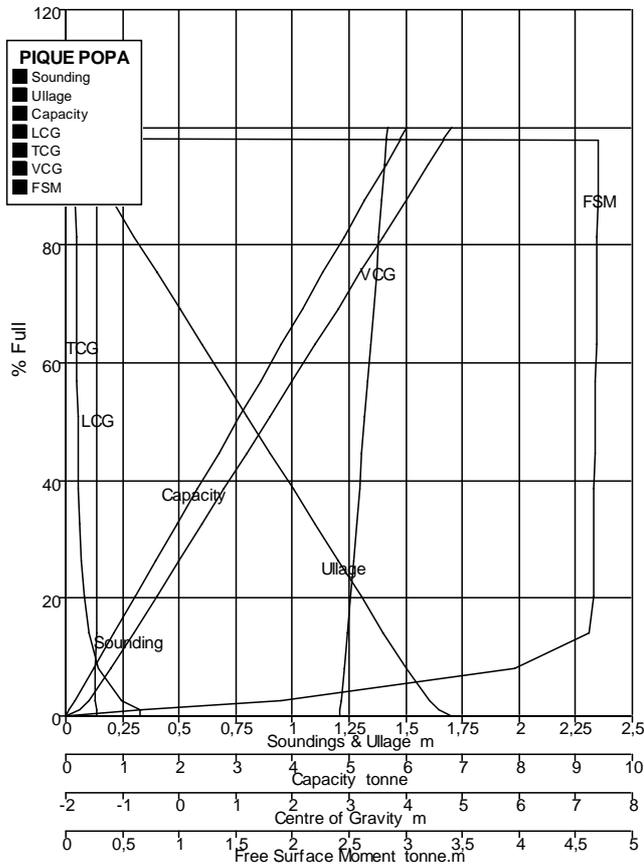
## ESPUMOGENO ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
3,500	0,000	100,0	4,289	4,289	17,496	-3,655	2,978	0,000
3,441	0,059	98,0	4,203	4,203	17,496	-3,654	2,948	0,000
3,438	0,062	97,9	4,199	4,199	17,496	-3,654	2,946	0,259
3,400	0,100	96,6	4,143	4,143	17,496	-3,653	2,926	0,259
3,200	0,300	89,8	3,852	3,852	17,496	-3,647	2,822	0,259
3,000	0,500	83,0	3,560	3,560	17,496	-3,640	2,718	0,259
2,800	0,700	76,2	3,268	3,268	17,496	-3,632	2,612	0,259
2,600	0,900	69,4	2,977	2,977	17,496	-3,623	2,506	0,259
2,400	1,100	62,6	2,685	2,685	17,495	-3,611	2,398	0,259
2,200	1,300	55,8	2,394	2,394	17,495	-3,597	2,288	0,255
2,000	1,500	49,1	2,105	2,105	17,495	-3,580	2,176	0,246
1,800	1,700	42,4	1,821	1,821	17,494	-3,559	2,063	0,232
1,600	1,900	36,0	1,543	1,543	17,494	-3,535	1,949	0,213
1,400	2,100	29,7	1,275	1,275	17,493	-3,506	1,832	0,189
1,200	2,300	23,7	1,019	1,019	17,492	-3,473	1,715	0,160
1,000	2,500	18,2	0,779	0,779	17,491	-3,433	1,596	0,128
0,800	2,700	13,0	0,559	0,559	17,490	-3,387	1,475	0,094
0,600	2,900	8,5	0,364	0,364	17,487	-3,334	1,354	0,061
0,400	3,100	4,7	0,201	0,201	17,484	-3,272	1,232	0,032
0,200	3,300	1,8	0,076	0,076	17,478	-3,200	1,112	0,011
0,128	3,372	1,0	0,043	0,043	17,474	-3,172	1,070	0,006
0,000	3,500	0,0	0,000	0,000	17,474	-3,172	1,070	0,000



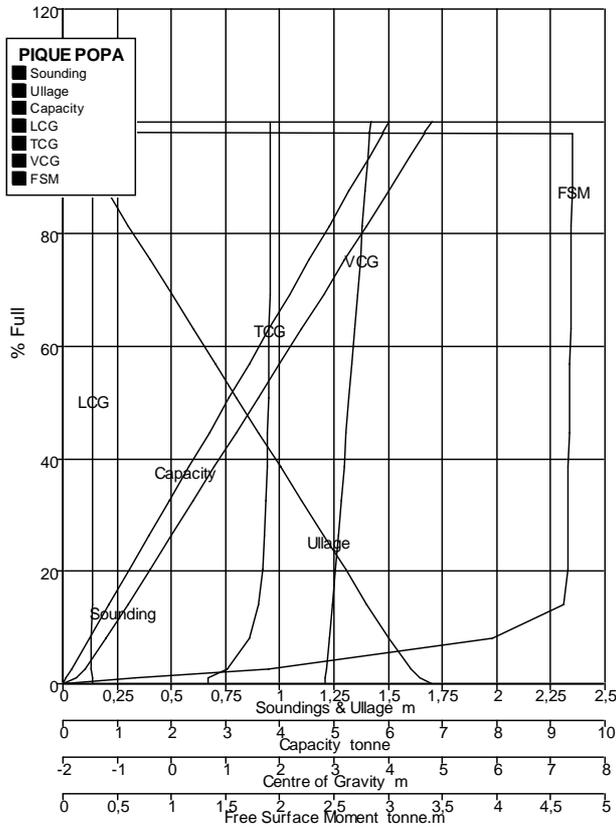
## PIQUE POPA BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,702	0,000	100,0	5,877	6,024	-1,453	-1,831	3,683	0,000
1,700	0,002	99,9	5,869	6,016	-1,453	-1,831	3,682	0,000
1,670	0,033	98,0	5,759	5,903	-1,453	-1,831	3,666	0,000
1,668	0,034	97,9	5,753	5,897	-1,453	-1,831	3,666	4,701
1,600	0,102	93,7	5,508	5,646	-1,453	-1,829	3,632	4,698
1,500	0,202	87,6	5,148	5,277	-1,453	-1,826	3,581	4,694
1,400	0,302	81,5	4,788	4,907	-1,453	-1,822	3,531	4,691
1,300	0,402	75,3	4,428	4,538	-1,453	-1,818	3,481	4,687
1,200	0,502	69,2	4,067	4,169	-1,453	-1,814	3,431	4,683
1,100	0,602	63,1	3,707	3,800	-1,454	-1,808	3,381	4,680
1,000	0,702	57,0	3,348	3,431	-1,454	-1,802	3,330	4,676
0,900	0,802	50,8	2,988	3,062	-1,454	-1,794	3,280	4,672
0,800	0,902	44,7	2,628	2,694	-1,455	-1,783	3,230	4,669
0,700	1,002	38,6	2,268	2,325	-1,456	-1,770	3,180	4,665
0,600	1,102	32,5	1,909	1,957	-1,456	-1,752	3,129	4,662
0,500	1,202	26,4	1,550	1,588	-1,458	-1,725	3,078	4,658
0,400	1,302	20,3	1,190	1,220	-1,460	-1,683	3,027	4,655
0,300	1,402	14,1	0,831	0,852	-1,464	-1,603	2,975	4,616
0,200	1,502	8,1	0,478	0,489	-1,470	-1,435	2,921	3,963
0,100	1,602	2,7	0,159	0,163	-1,472	-1,027	2,863	1,901
0,058	1,644	1,0	0,059	0,060	-1,465	-0,684	2,837	0,675
0,000	1,702	0,0	0,000	0,000	-1,465	-0,684	2,837	0,000



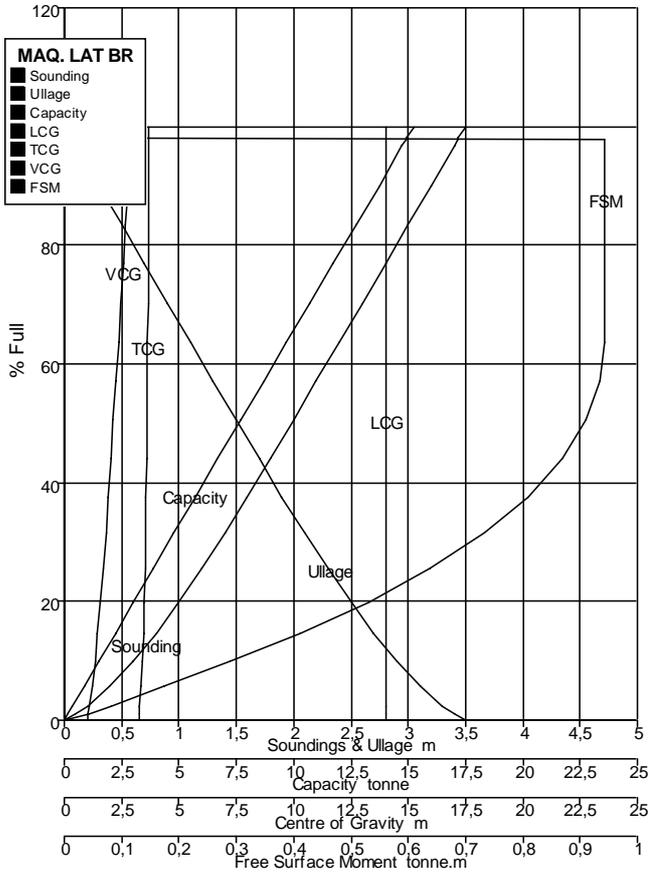
## PIQUE POPA ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,702	0,000	100,0	5,877	6,024	-1,453	1,831	3,683	0,000
1,700	0,002	99,9	5,869	6,016	-1,453	1,831	3,682	0,000
1,670	0,033	98,0	5,759	5,903	-1,453	1,831	3,666	0,000
1,668	0,034	97,9	5,753	5,897	-1,453	1,831	3,666	4,701
1,600	0,102	93,7	5,508	5,646	-1,453	1,829	3,632	4,698
1,500	0,202	87,6	5,148	5,277	-1,453	1,826	3,581	4,694
1,400	0,302	81,5	4,788	4,907	-1,453	1,822	3,531	4,691
1,300	0,402	75,3	4,428	4,538	-1,453	1,818	3,481	4,687
1,200	0,502	69,2	4,067	4,169	-1,453	1,814	3,431	4,683
1,100	0,602	63,1	3,707	3,800	-1,454	1,808	3,381	4,680
1,000	0,702	57,0	3,348	3,431	-1,454	1,802	3,330	4,676
0,900	0,802	50,8	2,988	3,062	-1,454	1,794	3,280	4,672
0,800	0,902	44,7	2,628	2,694	-1,455	1,783	3,230	4,669
0,700	1,002	38,6	2,268	2,325	-1,456	1,770	3,180	4,665
0,600	1,102	32,5	1,909	1,957	-1,456	1,752	3,129	4,662
0,500	1,202	26,4	1,550	1,588	-1,458	1,725	3,078	4,658
0,400	1,302	20,3	1,190	1,220	-1,460	1,683	3,027	4,655
0,300	1,402	14,1	0,831	0,852	-1,464	1,603	2,975	4,616
0,200	1,502	8,1	0,478	0,489	-1,470	1,435	2,921	3,963
0,100	1,602	2,7	0,159	0,163	-1,472	1,027	2,863	1,901
0,058	1,644	1,0	0,059	0,060	-1,465	0,684	2,837	0,675
0,000	1,702	0,0	0,000	0,000	-1,465	0,684	2,837	0,000



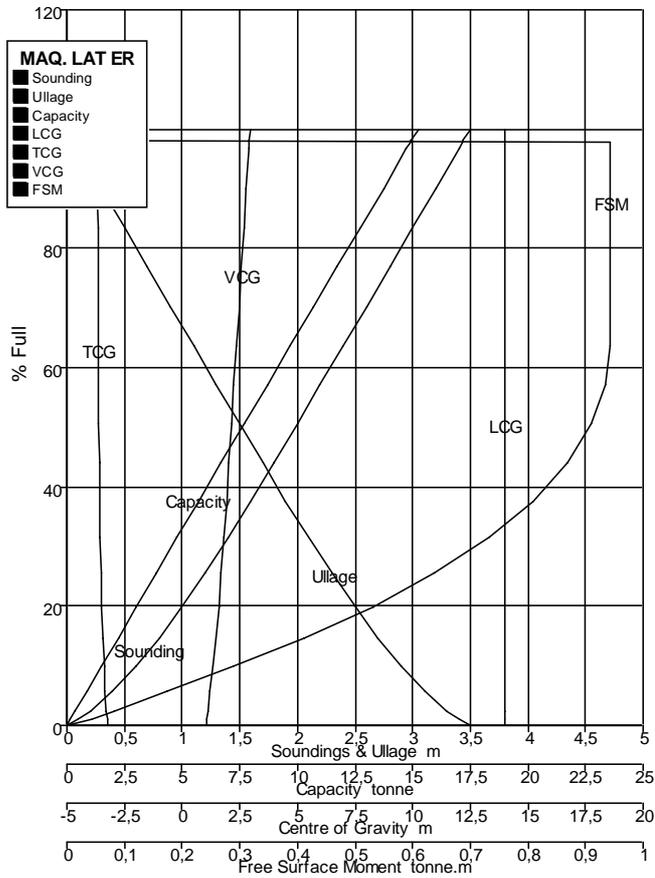
## MAQ. LAT BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
3,500	0,000	100,0	18,140	15,238	13,999	3,679	2,940	0,000
3,439	0,061	98,0	17,777	14,933	13,999	3,678	2,909	0,000
3,436	0,064	97,9	17,759	14,918	13,999	3,678	2,907	0,942
3,400	0,100	96,7	17,540	14,734	13,999	3,677	2,888	0,942
3,200	0,300	90,1	16,342	13,727	13,999	3,672	2,785	0,942
3,000	0,500	83,5	15,143	12,720	13,999	3,666	2,681	0,942
2,800	0,700	76,9	13,944	11,713	13,999	3,658	2,576	0,942
2,600	0,900	70,3	12,745	10,706	13,999	3,650	2,470	0,942
2,400	1,100	63,6	11,546	9,699	13,999	3,639	2,363	0,942
2,200	1,300	57,0	10,348	8,693	13,999	3,627	2,255	0,934
2,000	1,500	50,5	9,158	7,692	13,999	3,612	2,145	0,910
1,800	1,700	44,0	7,981	6,704	13,999	3,593	2,033	0,869
1,600	1,900	37,6	6,826	5,734	14,000	3,572	1,920	0,811
1,400	2,100	31,4	5,704	4,791	14,000	3,546	1,806	0,734
1,200	2,300	25,5	4,625	3,885	14,000	3,516	1,691	0,639
1,000	2,500	19,9	3,602	3,026	14,001	3,481	1,575	0,530
0,800	2,700	14,6	2,651	2,227	14,002	3,440	1,457	0,411
0,600	2,900	9,9	1,790	1,504	14,004	3,393	1,340	0,289
0,400	3,100	5,7	1,042	0,875	14,007	3,338	1,222	0,175
0,200	3,300	2,4	0,433	0,364	14,011	3,276	1,108	0,081
0,095	3,405	1,0	0,180	0,152	14,014	3,241	1,049	0,044
0,000	3,500	0,0	0,000	0,000	14,014	3,241	1,049	0,000



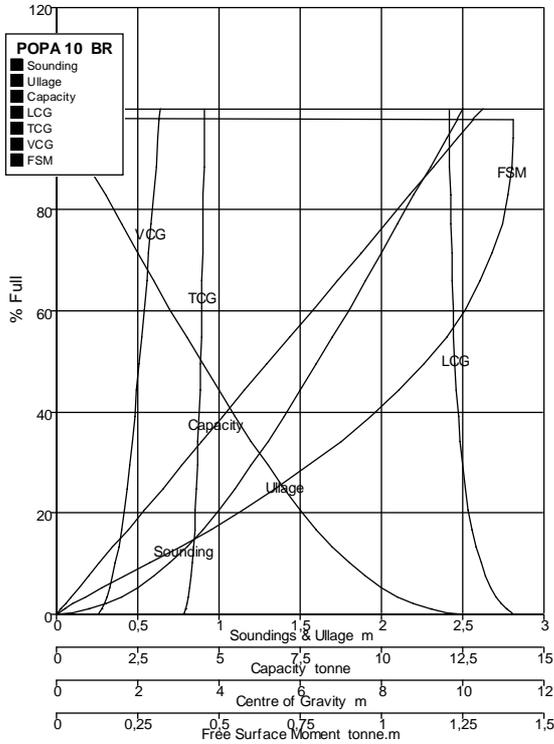
## MAQ. LAT ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
3,500	0,000	100,0	18,140	15,238	13,999	-3,679	2,940	0,000
3,439	0,061	98,0	17,777	14,933	13,999	-3,678	2,909	0,000
3,436	0,064	97,9	17,759	14,918	13,999	-3,678	2,907	0,942
3,400	0,100	96,7	17,540	14,734	13,999	-3,677	2,888	0,942
3,200	0,300	90,1	16,342	13,727	13,999	-3,672	2,785	0,942
3,000	0,500	83,5	15,143	12,720	13,999	-3,666	2,681	0,942
2,800	0,700	76,9	13,944	11,713	13,999	-3,658	2,576	0,942
2,600	0,900	70,3	12,745	10,706	13,999	-3,650	2,470	0,942
2,400	1,100	63,6	11,546	9,699	13,999	-3,639	2,363	0,942
2,200	1,300	57,0	10,348	8,693	13,999	-3,627	2,255	0,934
2,000	1,500	50,5	9,158	7,692	13,999	-3,612	2,145	0,910
1,800	1,700	44,0	7,981	6,704	13,999	-3,593	2,033	0,869
1,600	1,900	37,6	6,826	5,734	14,000	-3,572	1,920	0,811
1,400	2,100	31,4	5,704	4,791	14,000	-3,546	1,806	0,734
1,200	2,300	25,5	4,625	3,885	14,000	-3,516	1,691	0,639
1,000	2,500	19,9	3,602	3,026	14,001	-3,481	1,575	0,530
0,800	2,700	14,6	2,651	2,227	14,002	-3,440	1,457	0,411
0,600	2,900	9,9	1,790	1,504	14,004	-3,393	1,340	0,289
0,400	3,100	5,7	1,042	0,875	14,007	-3,338	1,222	0,175
0,200	3,300	2,4	0,433	0,364	14,011	-3,276	1,108	0,081
0,095	3,405	1,0	0,180	0,152	14,014	-3,241	1,049	0,044
0,000	3,500	0,0	0,000	0,000	14,014	-3,241	1,049	0,000



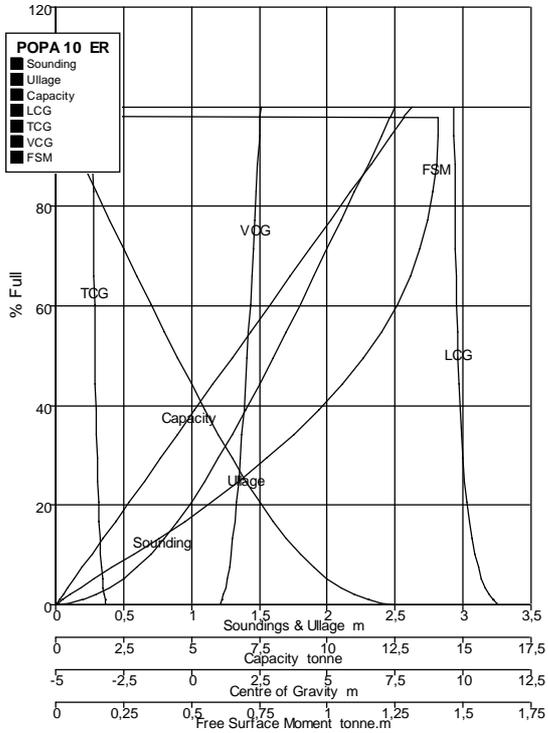
## POPA 10 BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
2,500	0,000	100,0	13,103	13,103	9,660	3,642	2,553	0,000
2,500	0,000	100,0	13,103	13,103	9,660	3,642	2,553	0,000
2,465	0,035	98,0	12,841	12,841	9,663	3,640	2,534	0,000
2,463	0,037	97,9	12,827	12,827	9,663	3,640	2,533	1,406
2,400	0,100	94,3	12,353	12,353	9,669	3,636	2,499	1,406
2,300	0,200	88,6	11,603	11,603	9,680	3,628	2,444	1,401
2,200	0,300	82,8	10,855	10,855	9,693	3,620	2,388	1,390
2,100	0,400	77,2	10,109	10,109	9,707	3,611	2,332	1,371
2,000	0,500	71,5	9,368	9,368	9,723	3,601	2,275	1,342
1,900	0,600	65,9	8,633	8,633	9,741	3,589	2,218	1,305
1,800	0,700	60,3	7,906	7,906	9,762	3,577	2,160	1,257
1,700	0,800	54,9	7,189	7,189	9,787	3,563	2,101	1,200
1,600	0,900	49,5	6,485	6,485	9,815	3,547	2,041	1,133
1,500	1,000	44,2	5,796	5,796	9,848	3,530	1,980	1,055
1,400	1,100	39,1	5,126	5,126	9,888	3,512	1,919	0,969
1,300	1,200	34,2	4,477	4,477	9,934	3,492	1,857	0,875
1,200	1,300	29,4	3,855	3,855	9,990	3,470	1,793	0,776
1,100	1,400	24,9	3,263	3,263	10,056	3,447	1,728	0,674
1,000	1,500	20,7	2,708	2,708	10,135	3,423	1,662	0,574
0,900	1,600	16,8	2,195	2,195	10,229	3,398	1,595	0,476
0,800	1,700	13,2	1,733	1,733	10,335	3,372	1,526	0,379
0,700	1,800	10,1	1,328	1,328	10,445	3,344	1,458	0,288
0,600	1,900	7,5	0,980	0,980	10,560	3,315	1,389	0,210
0,500	2,000	5,3	0,690	0,690	10,679	3,285	1,321	0,141
0,400	2,100	3,5	0,453	0,453	10,809	3,253	1,252	0,091
0,300	2,200	2,1	0,271	0,271	10,937	3,219	1,185	0,051
0,200	2,300	1,0	0,137	0,137	11,080	3,185	1,119	0,024
0,194	2,306	1,0	0,131	0,131	11,088	3,183	1,114	0,023
0,100	2,400	0,4	0,049	0,049	11,226	3,151	1,056	0,009
0,000	2,500	0,0	0,000	0,000	11,226	3,151	1,056	0,000



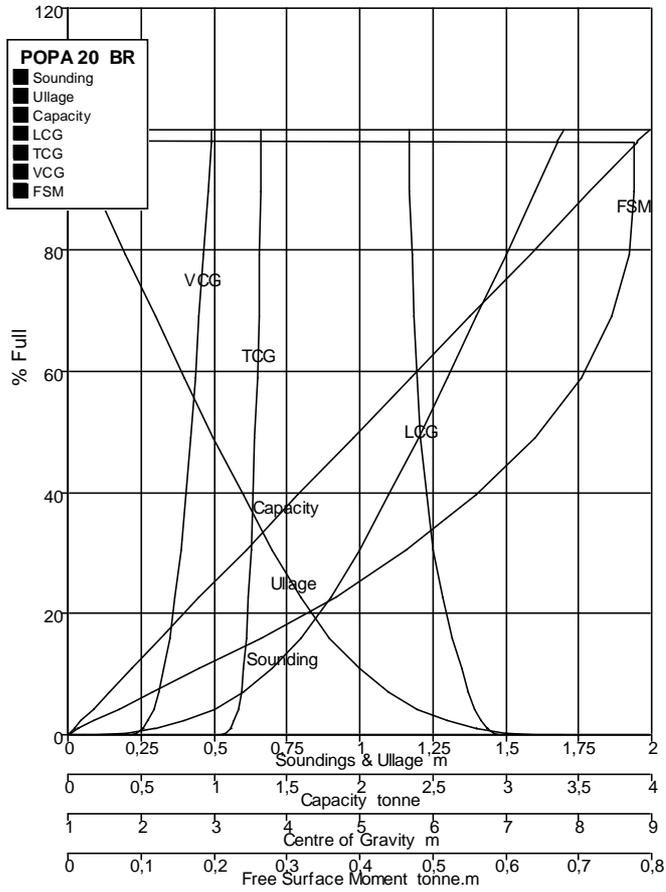
## POPA 10 ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
2,500	0,000	100,0	13,103	13,103	9,660	-3,642	2,553	0,000
2,500	0,000	100,0	13,103	13,103	9,660	-3,642	2,553	0,000
2,465	0,035	98,0	12,841	12,841	9,663	-3,640	2,534	0,000
2,463	0,037	97,9	12,827	12,827	9,663	-3,640	2,533	1,406
2,400	0,100	94,3	12,353	12,353	9,669	-3,636	2,499	1,406
2,300	0,200	88,6	11,603	11,603	9,680	-3,628	2,444	1,401
2,200	0,300	82,8	10,855	10,855	9,693	-3,620	2,388	1,390
2,100	0,400	77,2	10,109	10,109	9,707	-3,611	2,332	1,371
2,000	0,500	71,5	9,368	9,368	9,723	-3,601	2,275	1,342
1,900	0,600	65,9	8,633	8,633	9,741	-3,589	2,218	1,305
1,800	0,700	60,3	7,906	7,906	9,762	-3,577	2,160	1,257
1,700	0,800	54,9	7,189	7,189	9,787	-3,563	2,101	1,200
1,600	0,900	49,5	6,485	6,485	9,815	-3,547	2,041	1,133
1,500	1,000	44,2	5,796	5,796	9,848	-3,530	1,980	1,055
1,400	1,100	39,1	5,126	5,126	9,888	-3,512	1,919	0,969
1,300	1,200	34,2	4,477	4,477	9,934	-3,492	1,857	0,875
1,200	1,300	29,4	3,855	3,855	9,990	-3,470	1,793	0,776
1,100	1,400	24,9	3,263	3,263	10,056	-3,447	1,728	0,674
1,000	1,500	20,7	2,708	2,708	10,135	-3,423	1,662	0,574
0,900	1,600	16,8	2,195	2,195	10,229	-3,398	1,595	0,476
0,800	1,700	13,2	1,733	1,733	10,335	-3,372	1,526	0,379
0,700	1,800	10,1	1,328	1,328	10,445	-3,344	1,458	0,288
0,600	1,900	7,5	0,980	0,980	10,560	-3,315	1,389	0,210
0,500	2,000	5,3	0,690	0,690	10,679	-3,285	1,321	0,141
0,400	2,100	3,5	0,453	0,453	10,809	-3,253	1,252	0,091
0,300	2,200	2,1	0,271	0,271	10,937	-3,219	1,185	0,051
0,200	2,300	1,0	0,137	0,137	11,080	-3,185	1,119	0,024
0,194	2,306	1,0	0,131	0,131	11,088	-3,183	1,114	0,023
0,100	2,400	0,4	0,049	0,049	11,226	-3,151	1,056	0,009
0,000	2,500	0,0	0,000	0,000	11,226	-3,151	1,056	0,000



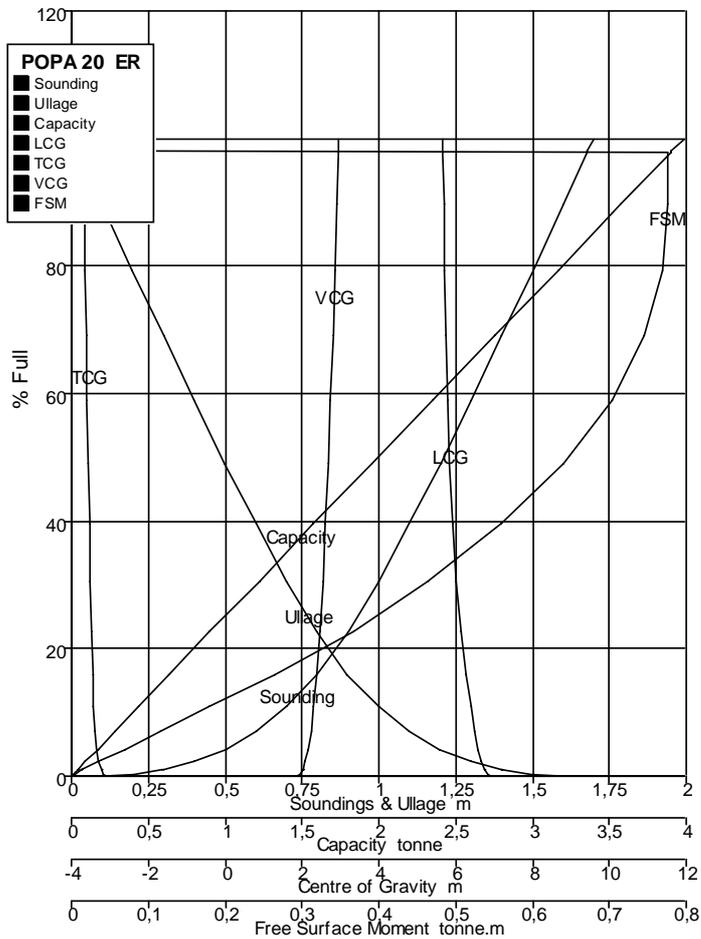
## POPA 20 BR



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,698	0,000	100,0	4,333	3,986	5,668	3,655	2,971	0,000
1,679	0,019	98,0	4,246	3,906	5,671	3,653	2,961	0,000
1,678	0,020	97,9	4,242	3,902	5,671	3,653	2,960	0,776
1,600	0,098	89,8	3,890	3,578	5,687	3,644	2,917	0,776
1,500	0,198	79,4	3,440	3,165	5,711	3,631	2,860	0,768
1,400	0,298	69,1	2,994	2,754	5,742	3,614	2,802	0,745
1,300	0,398	58,9	2,554	2,350	5,782	3,593	2,741	0,703
1,200	0,498	49,0	2,125	1,955	5,836	3,568	2,679	0,641
1,100	0,598	39,5	1,713	1,576	5,907	3,540	2,613	0,559
1,000	0,698	30,6	1,327	1,221	6,006	3,508	2,543	0,464
0,900	0,798	22,6	0,979	0,901	6,137	3,476	2,469	0,367
0,800	0,898	16,0	0,691	0,636	6,279	3,446	2,392	0,266
0,700	0,998	10,9	0,472	0,435	6,394	3,413	2,317	0,178
0,600	1,098	7,1	0,307	0,282	6,494	3,374	2,243	0,116
0,500	1,198	4,3	0,185	0,170	6,584	3,331	2,170	0,070
0,400	1,298	2,3	0,100	0,092	6,665	3,281	2,097	0,034
0,300	1,398	1,0	0,044	0,041	6,750	3,227	2,023	0,013
0,297	1,401	1,0	0,043	0,040	6,751	3,225	2,021	0,013
0,200	1,498	0,3	0,014	0,013	6,833	3,165	1,948	0,004
0,100	1,598	0,0	0,002	0,002	6,909	3,092	1,874	0,000
0,000	1,698	0,0	0,000	0,000	6,909	3,092	1,874	0,000



## POPA 20 ER



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1,698	0,000	100,0	4,333	3,986	5,668	-3,655	2,971	0,000
1,679	0,019	98,0	4,246	3,906	5,671	-3,653	2,961	0,000
1,678	0,020	97,9	4,242	3,902	5,671	-3,653	2,960	0,776
1,600	0,098	89,8	3,890	3,578	5,687	-3,644	2,917	0,776
1,500	0,198	79,4	3,440	3,165	5,711	-3,631	2,860	0,768
1,400	0,298	69,1	2,994	2,754	5,742	-3,614	2,802	0,745
1,300	0,398	58,9	2,554	2,350	5,782	-3,593	2,741	0,703
1,200	0,498	49,0	2,125	1,955	5,836	-3,568	2,679	0,641
1,100	0,598	39,5	1,713	1,576	5,907	-3,540	2,613	0,559
1,000	0,698	30,6	1,327	1,221	6,006	-3,508	2,543	0,464
0,900	0,798	22,6	0,979	0,901	6,137	-3,476	2,469	0,367
0,800	0,898	16,0	0,691	0,636	6,279	-3,446	2,392	0,266
0,700	0,998	10,9	0,472	0,435	6,394	-3,413	2,317	0,178
0,600	1,098	7,1	0,307	0,282	6,494	-3,374	2,243	0,116
0,500	1,198	4,3	0,185	0,170	6,584	-3,331	2,170	0,070
0,400	1,298	2,3	0,100	0,092	6,665	-3,281	2,097	0,034
0,300	1,398	1,0	0,044	0,041	6,750	-3,227	2,023	0,013
0,297	1,401	1,0	0,043	0,040	6,751	-3,225	2,021	0,013
0,200	1,498	0,3	0,014	0,013	6,833	-3,165	1,948	0,004
0,100	1,598	0,0	0,002	0,002	6,909	-3,092	1,874	0,000



---

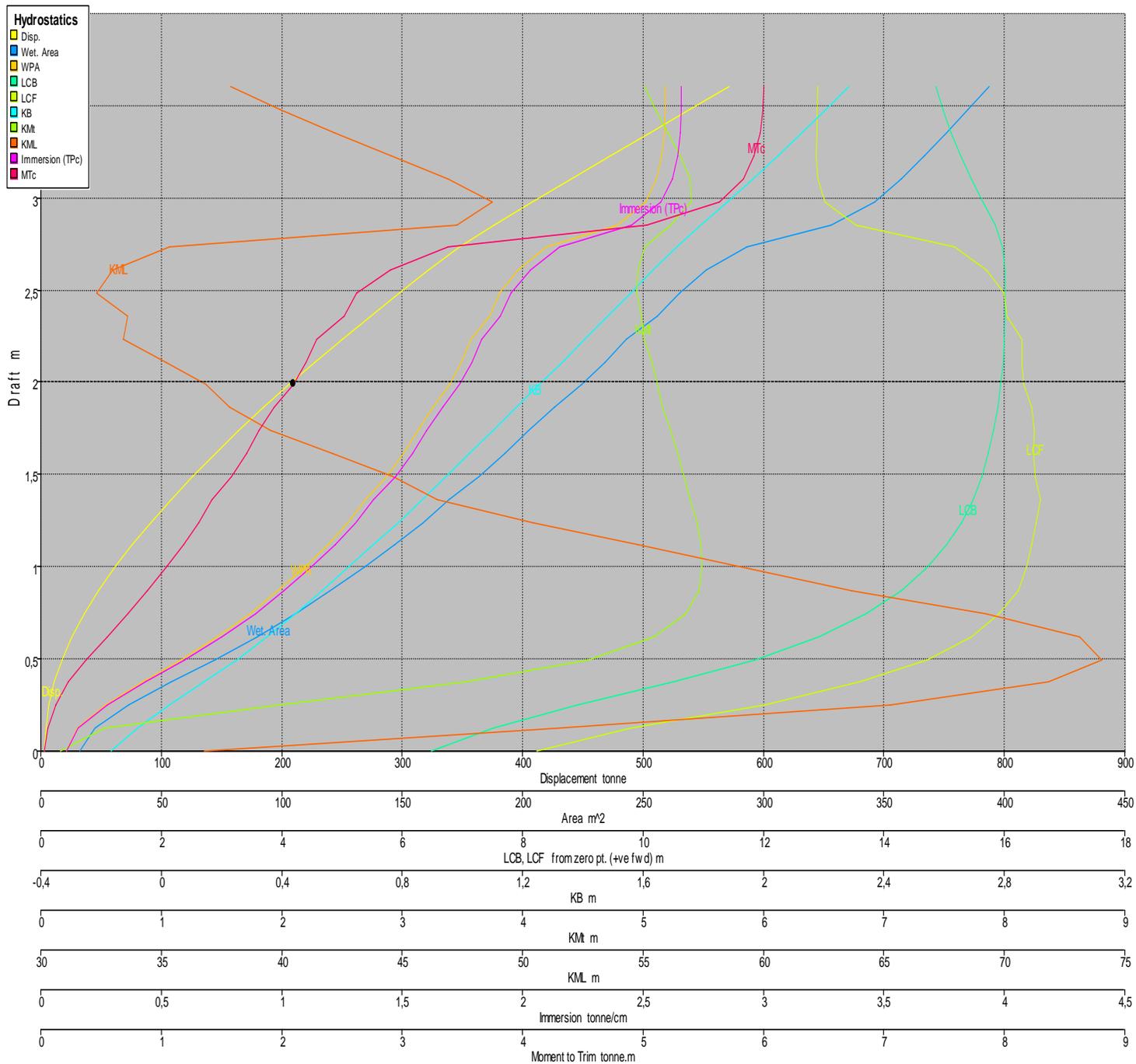
0,000	1,698	0,0	0,000	0,000	6,909	-3,092	1,874	0,000
-------	-------	-----	-------	-------	-------	--------	-------	-------

### **3.3 Curvas hidrostáticas**

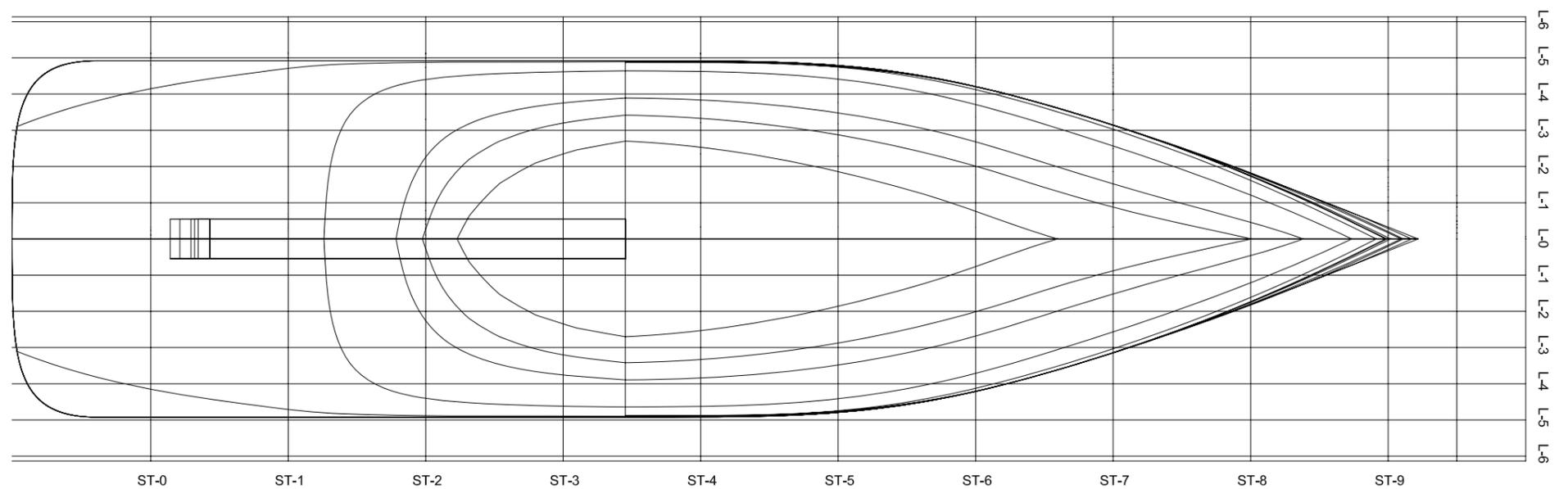
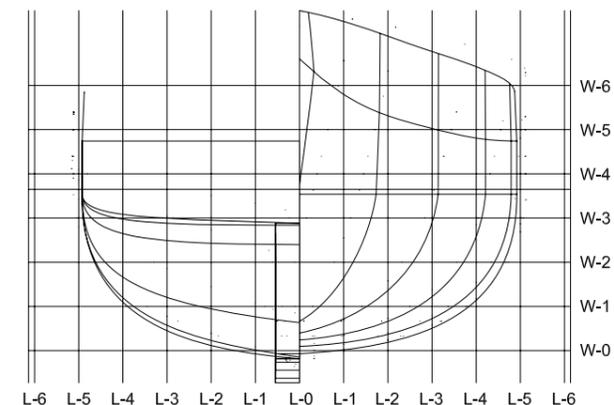
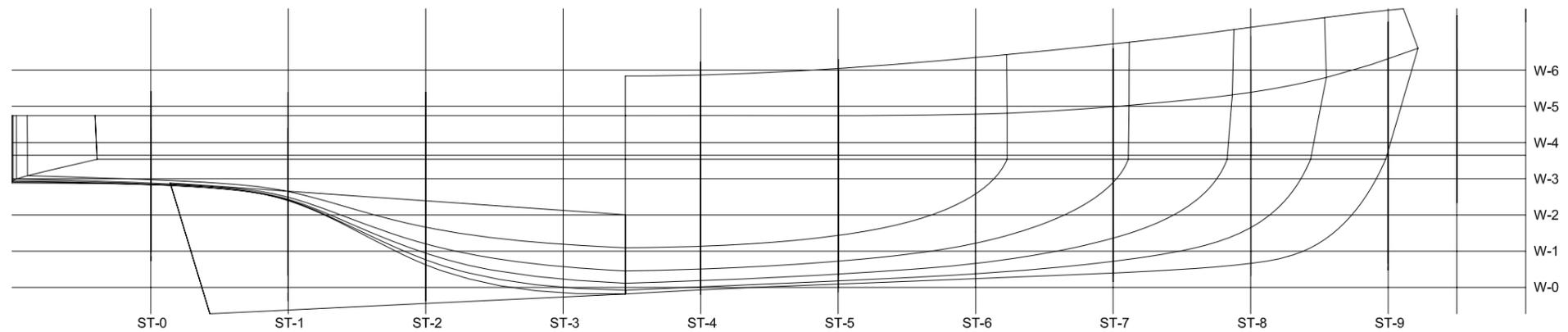
Las curvas hidrostáticas han sido obtenidas con el programa de arquitectura naval "MAXSURF", en su módulo "HIDROMAX". Para obtener el siguiente resultado se ha dividido el calado en 30 partes iguales, comenzando en 3,6m (0,1m por encima del calado de proyecto) y terminando en 0m.

A continuación se muestra la gráfica en la que se representan dichas curvas.





Draft = 2,000 m    Disp. = 208,294 tonne



### CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	35,55m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	32,84m
MANGA DE TRAZADO	9,90m
PUNTAL DE TRAZADO	4,50m
CALADO DE PROYECTO	3,50m
DISTANCIA ENTRE CUADERNAS	0,50m
DISTANCIA ENTRE CNAS.DE TRAZADO	3,47m
DISTANCIA ENTRE LONGS.DE TRAZADO	0,91m
DISTANCIA ENTRE LINEAS DE AGUA	0,91m

### PLANO DE FORMAS

ANTEPROYECTO  
REMOLCADOR DE ALTURA

ESCALA	1/150	DIBUJADO	MANUEL PORRÚA LARA
JULIO 2009		REVISADO	DIEGO BLANCO CÁCERES



## **4 ESTABILIDAD**





<b>4 ESTABILIDAD</b>	<b>1</b>
4.1 Consideraciones generales.	5
4.2 Situaciones de carga.	6
4.2.1 Salida de puerto,	6
4.2.2 Llegada a puerto.	6
4.2.3 Cuando se prevén la necesidad de navegar en zonas de formación de hielos.	6
4.3 Criterios de estabilidad	7
4.4 Momentos escorantes.	9
4.5 Momento de arrastre (M1)	11
4.5.1 Definición.	11
4.5.2 Explicación de los coeficientes	13
4.6 Momento de Tiro (M2) .	18
4.6.1 Definición.	18
4.6.2 Explicación de los coeficientes	20
4.7 Momento de empuje transversal, por el efecto de los monitores contra incendios.	21
4.7.1 Definición.	21
4.8 Efecto de los líquidos en los tanques (superficies libres).	22
4.9 Calculo. Salida 100% consumos.	25
4.10 Calculo. Salida 10% consumos.	28
4.11 Calculo. Momentos escorantes debido al arrastre del remolcador.	30
Calculo. Momento de Tiro .	34
4.12 Calculo. Momento de empuje transversal, por el efecto de los monitores contra incendios.	37





## **4.1 Consideraciones generales.**

La presente Circular se aplicará a los remolcadores de nueva construcción así como a los que efectúen obras de reforma a fin de mejorar sus características de propulsión y de remolque, y entrará en vigor a partir del día 1 de Septiembre de 1.979.



## **4.2 Situaciones de carga.**

En principio, se deben estudiar las principales condiciones de carga previstas por el Armador para la explotación del buque, en todo caso, como mínimo se estudiarán las siguientes:

### **4.2.1 Salida de puerto,**

Totalmente cargado con carga homogénea distribuida por todos los espacios de carga y con el total de combustible y provisiones.

### **4.2.2 Llegada a puerto.**

En las mismas condiciones que en el apartado anterior, pero con un 10% de combustible y provisiones.

### **4.2.3 Cuando se prevén la necesidad de navegar en zonas de formación de hielos.**

Se estudiará la situación de carga más desfavorable en el supuesto de acumulación de hielos. Se consideraría como situación de carga desfavorable, de las indicadas en este apartado, la que presente un valor menor de la estabilidad dinámica a 30°.



### **4.3 Criterios de estabilidad**

Las curvas de estabilidad de las situaciones de carga indicadas en el apartado anterior deberán cumplir los siguientes criterios:

- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de valores GZ) no será inferior a 0,055 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de  $30^\circ$ .
- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de valores GZ) no será inferior a 0,090 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de  $40^\circ$  o hasta el ángulo de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si este es menor de  $40^\circ$ .
- , El área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de  $30^\circ$  y de  $40^\circ$ , o entre los ángulos de  $30^\circ$  y el de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si éste es menor de  $40^\circ$ , no será inferior a 0,03 metros-radianes.
- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 metros para un ángulo de inclinación igual o superior a  $30^\circ$ .
- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora que no será inferior a  $25^\circ$ .
- La altura metacéntrica inicial no será inferior a



0,35 metros.



## **4.4 Momentos escorantes.**

Los agentes externos (mar y viento), las líneas de remolque e incluso efectos propios como la metida del timón, son capaces de generar un momento escorante que escorará el buque hasta un determinado ángulo.

Los distintos reglamentos que se relacionan al final de esta lección dictarán las medidas necesarias para que el buque los pueda soportar sin peligro. Estas medidas son de todo género, van desde los aspectos constructivos y de diseño hasta el dictado de protocolos de actuación, por ejemplo; la instalación de ganchos de remolque giratorios; el cierre de tambuchos y puertas estancas, etc.

Nos centraremos en dos momentos escorantes relacionados con los trabajos de remolque, que son:

- -El momento escorante debido al arrastre del remolcador por parte del remolcado (Momento de arrastre).
- -El momento escorante debido al tiro del remolcador (Momento de tiro).



También hay otros, como:

- -El generado por el empuje transversal debido a los monitores contra incendios (téngase en cuenta la formidable fuerza de impulsión de estos monitores y la gran altura a la que están dispuestos)



## 4.5 Momento de arrastre (M1)

### 4.5.1 Definición.

Como consecuencia de la inercia del buque remolcado o por efecto de agentes externos (viento, etc....), puede producirse un cambio de sentido en la aplicación de la fuerza en la línea de remolque, con lo que el remolcador pasa a ser el remolcado.

Existen varios elementos de maniobra que intentan reducir los efectos transversales de este momento, por ejemplo, obligando por medio de pines, retenidas o contras a que la línea de remolque trabaje desde un lugar distante del centro del remolcador, que sería el lugar más peligroso. Con este sistema se consigue que el efecto se reduzca a que el remolcador cambie de rumbo, poniéndose en línea con el calabrote que le une al remolcado y que ahora tira de él.

El valor del momento es el siguiente:

$$M1 = (1/19,6) \times C1 \times C2 \times \gamma \times V^2 \times Apx(hx \cos\theta + C3 \times Cm - rx \sin\theta)$$

Siendo:

C1 = Coeficiente de tracción lateral (ver gráfica 1)

C2 = Corrección de C1 por el ángulo de escora. (ver gráfica 2)

C3 = Distancia del centro de presión del área Ap a la flotación, expresada como fracción del calado medio real. (ver gráfica 3)



$\gamma$  = Peso específico del agua (Tns/m<sup>3</sup>).

V = Velocidad lateral del buque remolcador

(2,57 m/seg 5 nudos).

$A_p$  = Área de la proyección sobre el plano diametral de la parte sumergida del remolcador, en metros cuadrados.

h = Altura del gancho de remolque sobre la flotación, en metros.

$\theta$  = Escora.

r = radio del gancho de remolque.

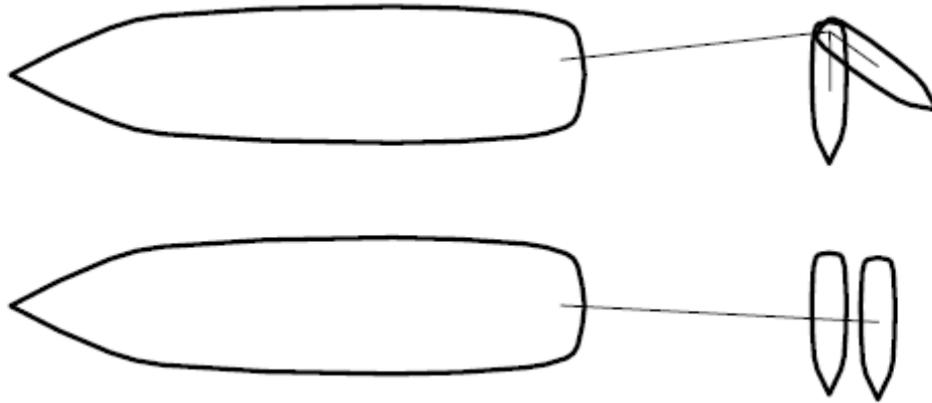
$C_m$  = Calado medio (completo) en la maestra.



#### 4.5.2 Explicación de los coeficientes

C1: Existe una gran diferencia en el momento que se transmite al remolcador según la posición del gancho o afirmado de la línea de remolque. La peor posición corresponde a la mitad de la eslora en la flotación, pues esto imprimirá

Un movimiento totalmente transversal. La mejor corresponderá a un afirmado en la misma cabeza, con lo que el movimiento transversal se minimizará.



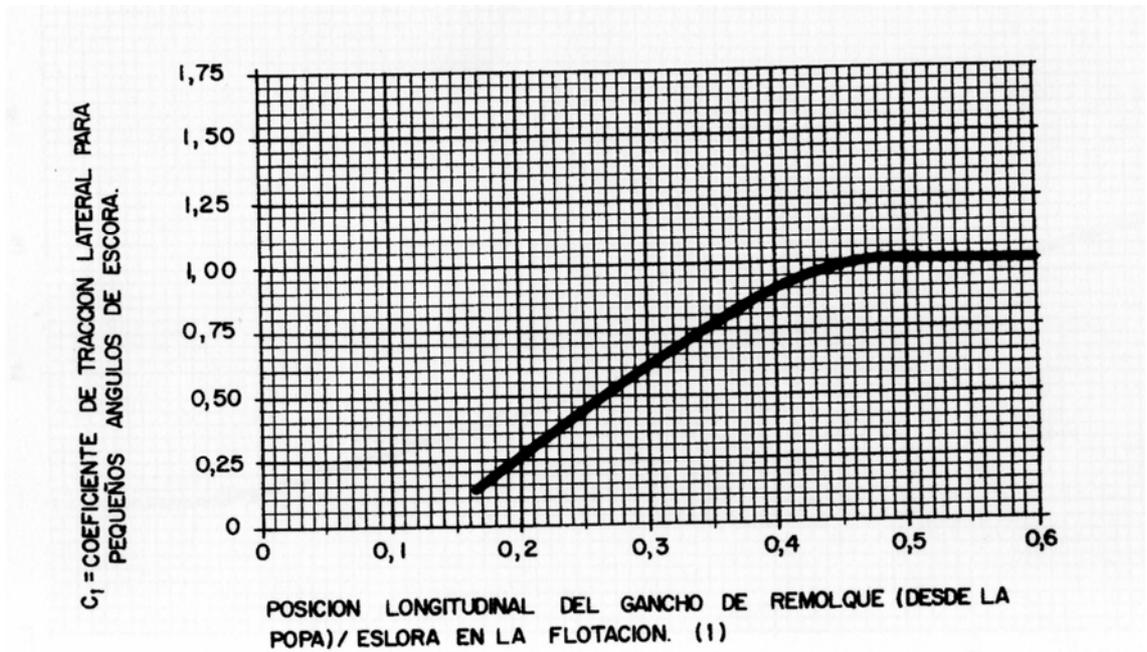
C2: El coeficiente C1 se determina para pequeños ángulos de escora, pero en la medida que el barco escora más ampliamente, se hace necesario corregir el efecto de tracción lateral. Para posiciones del gancho más centradas que 0,20 veces la eslora de flotación (siendo 0,50 e. en centro de eslora) se comprueba que se mantiene la escora en el arrastre aumentando la componente transversal en la medida que aumenta la escora.



C3: Dentro del paréntesis de la fórmula se busca el obtener la distancia vertical real entre el centro de  $A_p$  y el gancho de remolque. El cálculo se hace en tres etapas; la primera es del gancho a la flotación ( $h \cdot \cos\theta$ ), la segunda entre la flotación y el centro del área  $A_p$ , que se calcula como una porción del calado del remolcador y la tercera es la reducción en el brazo debida a la actuación del gancho de remolque. Hasta que se escora al ángulo de inmersión de la cubierta en el agua se toma la mitad del calado ( $C3 = 0,50$ ) y en adelante aumenta hasta el valor ( $C3 = 0,84$ ) que se puede entender como un aumento de la profundidad a la que está el área debido a la escora .



Gráfico 1.- Coeficiente de tracción lateral para estimaciones de las fuerza externas sobre el remolcador.





## Gráfico 2.- Relación del coeficiente de tracción lateral—ángulo escora normalizado

(I) Si el buque tiene una superestructura en la sección *media* se consideraría el borde de la cubierta como si tal superestructura no existiera.

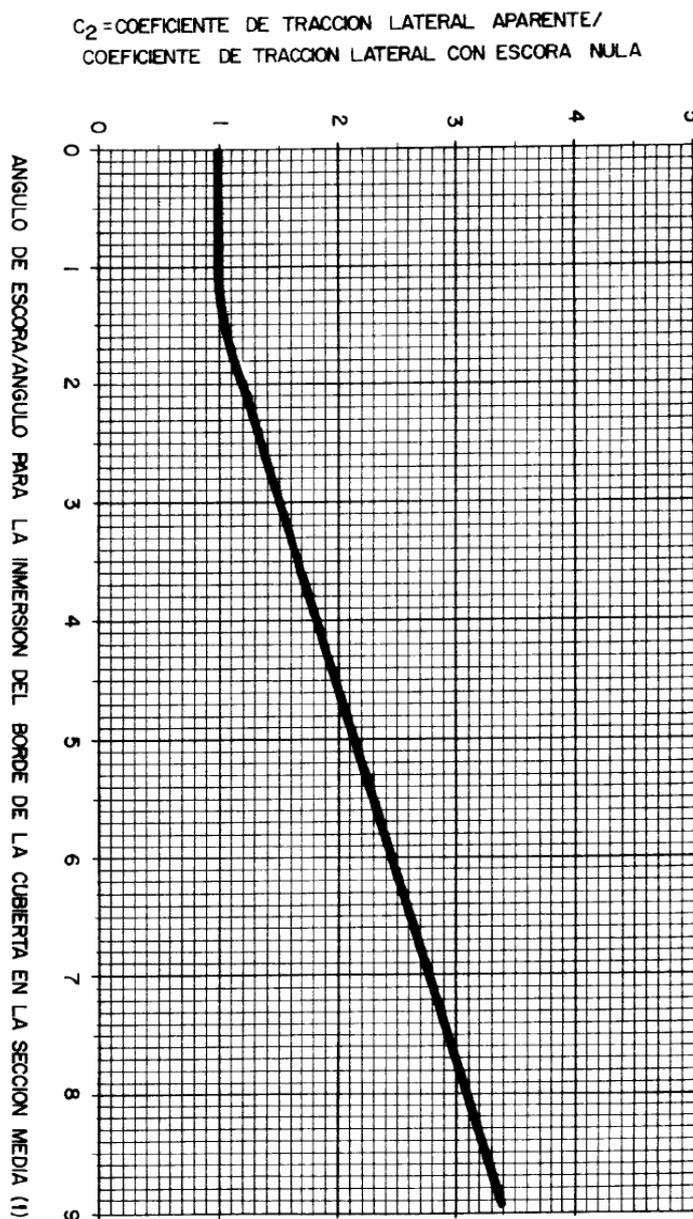
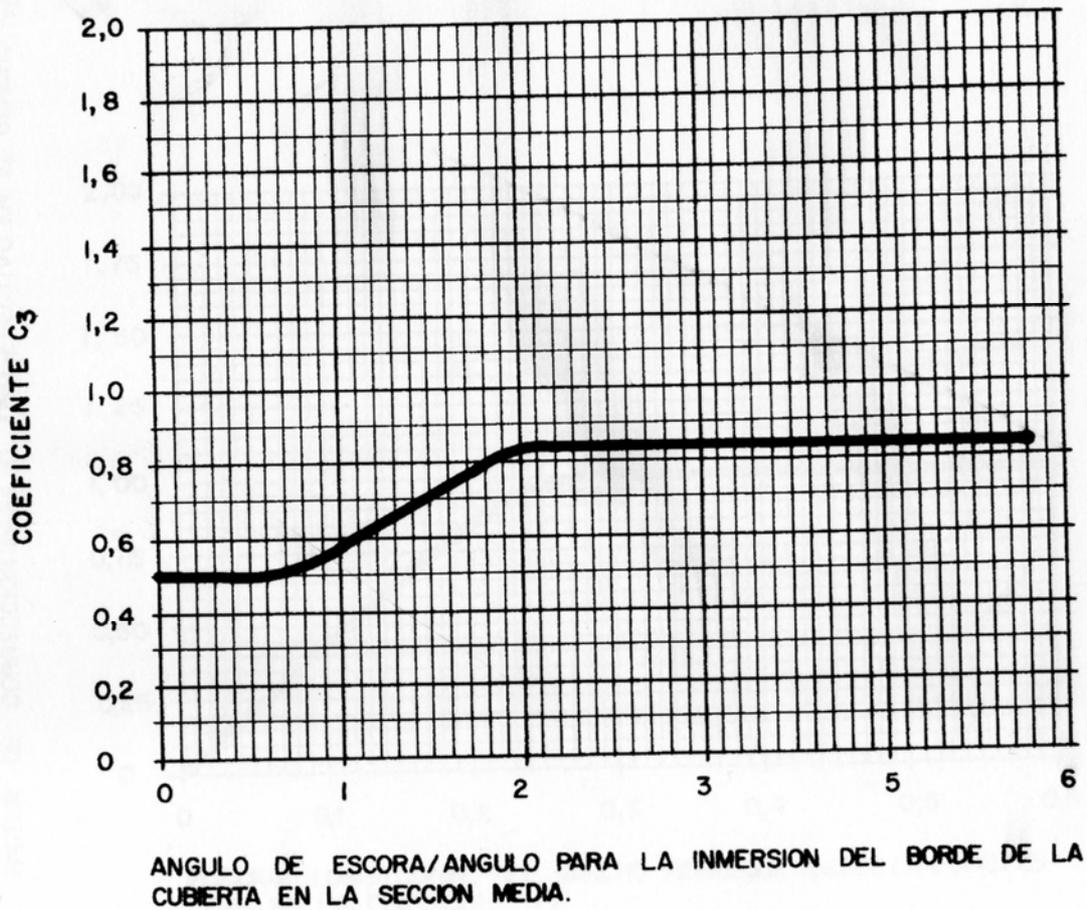




Gráfico 3.- Distancia a la flotación del centro del área  $A_p$  tomada como fracción del calado/ángulo de escora normalizado.





## 4.6 Momento de Tiro (M2)

### 4.6.1 Definición.

Este momento se genera por la acción de los propulsores al aplicarse plena potencia.

$$M2 = C4 \times C5 \times T_x (h_x \cos \theta + C6 \times C - r \cdot \text{sen} \theta)$$

Siendo:

C4: Fracción (del tiro máximo a punto fijo) del remolcador que se puede suponer actúa transversalmente.

Siempre  $C4 = 0,70$

C5: Corrección de C4 por la posición longitudinal del gancho de remolque. (ver gráfica 4)

T: Tiro máximo a punto fijo del remolcador (en toneladas métricas).

C6: Distancia a la flotación del centro de resistencia efectivo, como fracción del calado.



Siempre  $C_6 = 0,52$

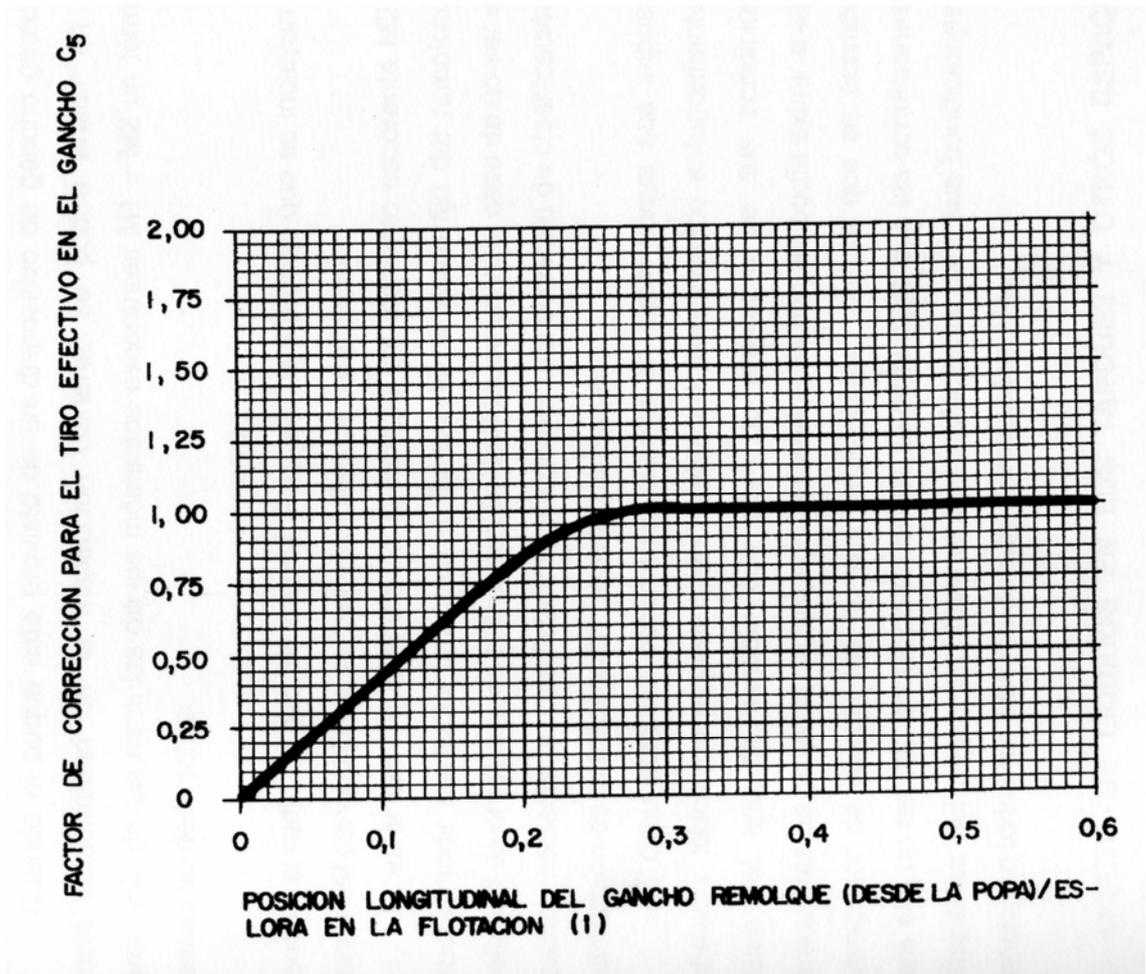
h,  $C_m$ ,  $\theta$  y r: como en M1



#### 4.6.2 Explicación de los coeficientes

C5: La transmisión transversal del tiro se verá claramente afectada por la posición longitudinal del gancho del remolque, anulándose al estar en la misma popa.

Gráfico 4.- Reducción en el momento escorante efectivo-posición longitudinal del gancho de remolque.





## **4.7 Momento de empuje transversal, por el efecto de los monitores contra incendios.**

### **4.7.1 Definición.**

Dada la enorme capacidad de las bombas de contra incendios que se instalan en los buques remolcadores y la altura a la que se disponen los monitores que expulsan el agua, se hace necesario calcular el momento escorante que generan.

Estos monitores están diseñados para lanzar el agua que manda la bomba a una distancia muy grande para asistir a un buque o instalación que lo necesite, siendo el caso más previsible el de socorrer a un buque incendiado. Piénsese que la reacción generada en los monitores puede ser del orden de toneladas.

Es necesario tener en cuenta que el efecto representado en las figuras se produce cuando la descarga del agua se realiza transversalmente, minimizándose los efectos al descargar hacia proa o hacia popa. Como curiosidad cabe decir que al aplicar estas descargas longitudinalmente, el remolcador navegará a una velocidad de aproximadamente 4 nudos y si descarga transversalmente será necesario activar la hélice de proa y el propulsor azimutal que no alimenta a la bomba de contra incendios, para compensar el movimiento transversal y no alejarse de la zona.



## **4.8 Efecto de los líquidos en los tanques (superficies libres).**

a) El valor de MSL para cada tanque es el obtenido por la fórmula:

$$\bullet \text{ Msl} = Y * v * b * K * \sqrt{\delta}$$

donde:

MSL = momento por superficie libre para una inclinación de 0 grados, en tonelámetros.

v = capacidad total del tanque en m<sup>3</sup>

b = dimensión máxima del tanque en la dirección de la manga, en metros.

y = peso específico del líquido contenido en el tanque, en toneladas por metro cúbico .

k = coeficiente adimensional que se obtiene de la siguiente tabla, en función de b/h y  $\Phi$ . (Los valores intermedios se determinan por interpolación.)



$\theta$ $b/h$	5°	10°	15°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	75°	80°	90°	$\theta$ $b/h$
<b>20</b>	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	<b>20</b>
<b>10</b>	0.07	0.11	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	<b>10</b>
<b>5</b>	0.04	0.07	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	<b>5</b>
<b>3</b>	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.04	<b>3</b>
<b>2</b>	0.01	0.03	0.04	0.06	0.09	0.11	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.06	<b>2</b>
<b>1.5</b>	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.08	<b>1.5</b>
<b>1</b>	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	<b>1</b>
<b>0.75</b>	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.15	0.16	0.16	0.17	<b>0.75</b>
<b>0.5</b>	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.09	0.16	0.18	0.21	0.25	<b>0.5</b>
<b>0.3</b>	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.05	0.11	0.19	0.27	0.42	<b>0.3</b>
<b>0.2</b>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.07	0.13	0.27	0.63	<b>0.2</b>
<b>0.1</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.06	0.14	1.25	<b>0.1</b>

Los tanques para los que el valor de MSL para 30° sea menor que el producto 0,01 x Desplazamiento en rosca, no es preciso que sean considerados en los cálculos.

Los residuos de líquidos que queden normalmente en los tanques vacíos no se tendrán en cuenta en los cálculos.

Dentro del mismo servicio (agua dulce, lastre, fuel-oil, gas-oil, etc.) y para una determinada situación de carga, se tendrán en cuenta en principio, solo aquellos tanques que en algún momento dan lugar a superficie libre hasta que el buque se encuentre en la siguiente situación de carga estudiada. De entre éstos solo se considerarán los siguientes:

- Los que presenten superficie libre en todo el intervalo, y entre los que se consumen en un orden prefijado, los que den el mayor



valor del momento por superficie libre. En el caso de que esté previsto consumir al mismo tiempo de más de un tanque (por ejemplo, cuando haya que consumir simultáneamente de tanques simétricos respecto a crujía), se considerarán a la vez todos los tanques que, de acuerdo con el orden de consumos previsto, presenten superficie libre al mismo tiempo, eligiéndose el conjunto para el que sea mayor la suma de sus respectivos momentos por superficie libre.

e) La corrección será la suma de las correcciones correspondientes a los tanques de cada servicio.

- Corrección del GM =  $\sum(i \cdot y / \Delta)$

$i$  = momento de inercia máximo de las superficies libres que puedan aparecer en el tanque, en  $m^4$

- Corrección de los valores  $GZ = (\sum MSL / \Delta)$

De forma análoga se corregirán también por aquellos espacios en que pueda aparecer superficie libre por cualquier otro motivo.



## 4.9 Calculo. Salida 100% consumos.

En primer lugar tenemos una tabla obtenida mediante “HIDROMAX”, en la que aparecen todos los tanques con el peso que le corresponde en esta situación de carga, las coordenadas de su centro de gravedad y el momento producido por las superficies libres.

En el caso que nos encontramos (100% consumos), y para que el estudio de estabilidad tenga un carácter algo más riguroso, supondremos los tanques llenos a un 97%, punto a partir del cual empiezan a aparecer momentos por superficies libres, y de este modo poder corregir el GZ obtenido.

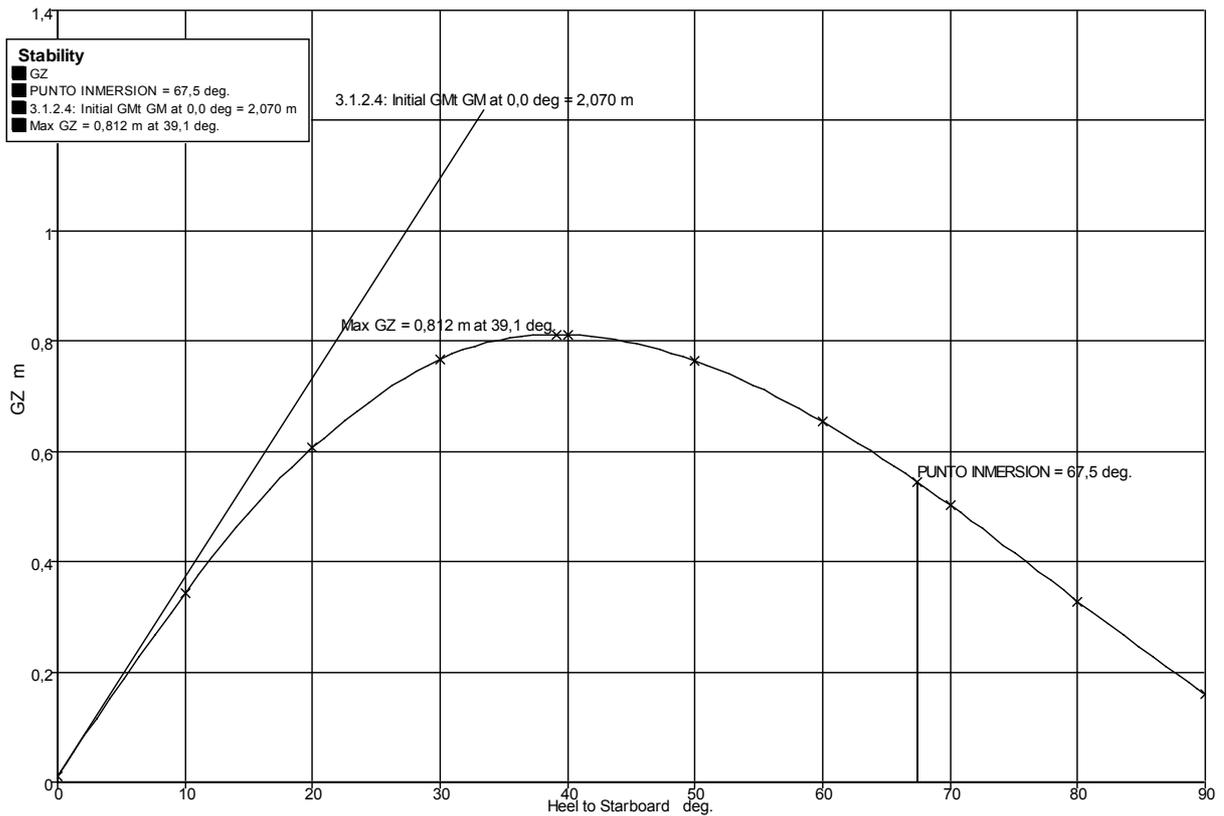
TANQUE	%PORCENTAJE	PESO	MOENTO SUP. LIBRES.
PIQUE DE PROA	97%	5,573t	0,679txm
DF 10 BR	97%	5,639t	3,207txm
DF 10 ER	97%	5,639t	3,207txm
DF 20 BR	97%	2,597t	0,806txm
DF 20 BR-C	97%	8,214t	2,240txm
DF 20 ER	97%	2,597t	0,806txm
DF 20 ER-C	97%	8,214t	2,240txm
DF 30 BR	97%	1,089t	0,468txm
DF 30 BR-C	97%	4,421t	2,240txm
DF 30 ER	97%	1,089t	0,468txm
DF 30 ER-C	97%	4,421t	2,240txm
DF 40 BR	97%	1,712t	0,778txm
DF 40 BR-C	97%	5,428t	2,240txm
DF 40 ER	97%	1,712t	0,778txm
DF 40 ER-C	97%	5,428t	2,240txm
DF 50 BR	97%	1,217t	0,912txm
DF 50 BR-C	97%	3,513t	0,983txm
DF 50 ER	97%	1,217t	0,912txm
DF 50 ER-C	97%	3,513t	0,983txm
EMULSIONANTE BR	97%	7,499t	0,427txm
ESPUMOGENO BR	97%	4,160t	0,259txm
EMULSIONANTE ER	97%	7,499t	0,427txm
ESPUMOGENO ER	97%	4,160t	0,259txm
PIQUE POPA BR	97%	5,843t	4,701txm
PIQUE POPA ER	97%	5,843t	4,701txm
MAQ. LAT BR	97%	14,780t	0,942txm
MAQ. LAT ER	97%	14,780t	0,942txm
POPA 10 BR	97%	12,710t	1,406txm



POPA 10 ER	97%	12,710t	1,406txm
POPA 20 BR	97%	3,867t	0,776txm
POPA 20 ER	97%	3,867t	0,776txm
		170,951t	45,450txm

Tras haber definidos los tanques, y su peso, mediante el software “HIDROMAX”, procederemos con la ayuda de este mismo programa, a realizar el estudio de estabilidad a grandes ángulos para el caso que nos ocupa (100% consumos). El estudio se realizara para inclinaciones de 0° a 90°, en periodos de 10 en 10 grados.

Los resultados obtenidos son:



En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos y comparados con las exigencias IMO.



---

GM INICIAL	2,07m	OK
AREA HASTA 30°	0,237mxrad	OK
AREA HASTA 40°	0,376mxrad	OK
AREA ENTRE 30° Y 40°	0,139mxrad	OK
GZ 30°	0,812m	OK
θ GZ MAX	39°	OK

Aclarar que los resultados de GZ obtenidos ya están corregidos por el efecto de las superficies libres de los tanques.



## **4.10 Calculo. Salida 10% consumos.**

En primer lugar tenemos una tabla obtenida mediante “HIDROMAX”, en la que aparecen todos los tanques con el peso que le corresponde en esta situación de carga, las coordenadas de su centro de gravedad y el momento producido por las superficies libres.

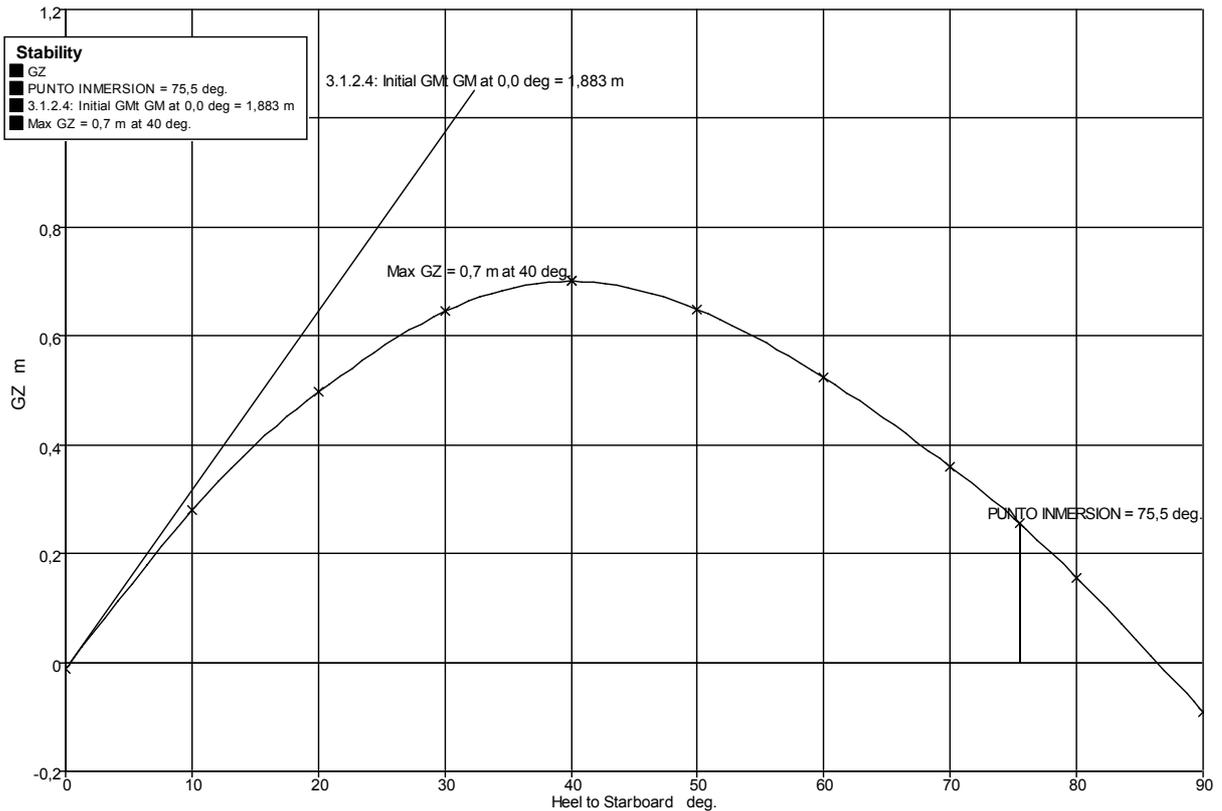
TANQUE	%PORCENTAJE	PESO	MOENTO SUP. LIBRES.
PIQUE DE PROA	10%	0,575t	0,679txm
DF 10 BR	10%	0,581t	3,207txm
DF 10 ER	10%	0,581t	3,207txm
DF 20 BR	10%	0,268t	0,806txm
DF 20 BR-C	10%	0,847t	2,240txm
DF 20 ER	10%	0,268t	0,806txm
DF 20 ER-C	10%	0,847t	2,240txm
DF 30 BR	10%	0,112t	0,468txm
DF 30 BR-C	10%	0,456t	2,240txm
DF 30 ER	10%	0,112t	0,468txm
DF 30 ER-C	10%	0,456t	2,240txm
DF 40 BR	10%	0,176t	0,778txm
DF 40 BR-C	10%	0,560t	2,240txm
DF 40 ER	10%	0,176t	0,778txm
DF 40 ER-C	10%	0,560t	2,240txm
DF 50 BR	10%	0,125t	0,912txm
DF 50 BR-C	10%	0,362t	0,983txm
DF 50 ER	10%	0,125t	0,912txm
DF 50 ER-C	10%	0,362t	0,983txm
EMULSIONANTE BR	10%	0,773t	0,427txm
ESPUMOGENO BR	10%	0,429t	0,259txm
EMULSIONANTE ER	10%	0,773t	0,427txm
ESPUMOGENO ER	10%	0,429t	0,259txm
PIQUE POPA BR	10%	0,602t	4,701txm
PIQUE POPA ER	10%	0,602t	4,701txm
MAQ. LAT BR	10%	1,524t	0,942txm
MAQ. LAT ER	10%	1,524t	0,942txm
POPA 10 BR	10%	1,310t	1,406txm
POPA 10 ER	10%	1,310t	1,406txm
POPA 20 BR	10%	0,399t	0,776txm
POPA 20 ER	10%	0,399t	0,776txm
		17,623t	45,450

Tras haber definidos los tanques, y su peso, mediante el software “HIDROMAX”, procederemos con la ayuda de este mismo programa, a realizar el estudio de estabilidad a grandes ángulos para el caso que nos



ocupa (10% consumos). El estudio se realizara para inclinaciones de 0° a 90°, en periodos de 10 en 10 grados.

Los resultados obtenidos son:



En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos y comparados con las exigencias IMO.

GM INICIAL	1,88m	OK
AREA HASTA 30°	0,193mrad	OK
AREA HASTA 40°	0,312mrad	OK
AREA ENTRE 30° Y 40°	0,119mrad	OK
GZ 30°	0,700m	OK
θ GZ MAX	40°	OK

Aclarar que los resultados de GZ obtenidos ya están corregidos por el efecto de las superficies libres de los tanques.



#### **4.11 Cálculo. Momentos escorantes debido al arrastre del remolcador.**

En un principio se hace necesario calcular los parámetros que van a ser los argumentos con los que se entrará en los escalas de los coeficientes.

Argumento de C1: Relación entre la distancia del gancho a la popa con la eslora en la flotación.

En nuestro caso para un calado medio de 3,6 metros: eslora en la flotación = 32,84m.

$$\text{arg} = (\text{dist. gancho-popa}) / L = 7,4 / 32,84 = 0,275$$

Argumento de C2 y de C3: Relación entre el ángulo que se estudia (rango de la curva de estabilidad) y el ángulo para la inmersión del borde de la cubierta en la sección media. Los argumentos serán tantos como ángulos que se estudien p.e. de 0° a 90° de 10° en 10°.

En nuestro caso para un calado medio de 3,5m, el ángulo de inmersión de la cubierta es: 13°.



Los coeficientes C2 y C3 obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Angulo escora	Ángulo/ang. Inm.	C2	C3
0°	0,000	1	0,5
10°	0,769	1	0,5
20°	1,538	1,05	0,7
30°	2,308	1,3	0,84
40°	3,077	1,5	0,84
50°	3,846	1,7	0,84
60°	4,615	2	0,84
70°	5,385	2,25	0,84
80°	6,154	2,5	0,84
90°	6,923	2,7	0,84



La distancia  $h$ , la tomaremos desde el calado medio hasta el gancho de remolque. En nuestro caso  $h=1,3\text{m}$

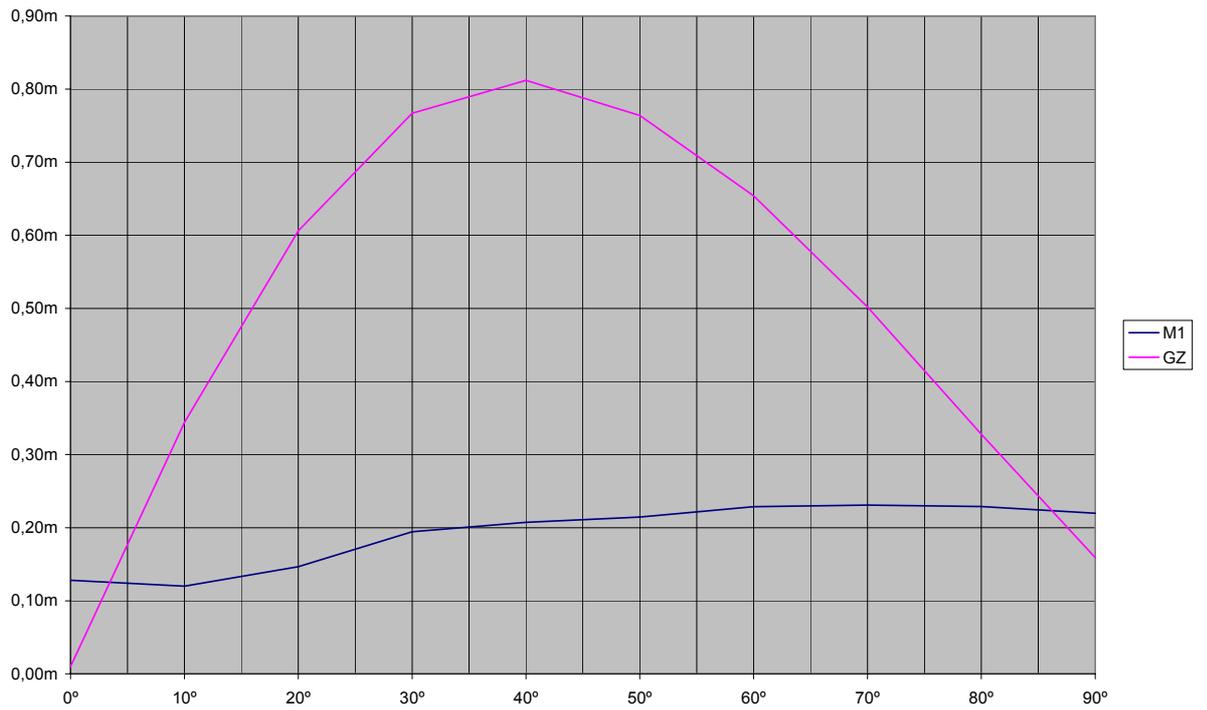
$V$  se tomará con 5 nudos, o lo que lo mismo  $2,57\text{ m/s}$ , con lo que  $v^2=6,605$ .

Siendo el peso específico del agua de mar  $1,025\text{ t/m}^3$ , estamos en disposición de calcular  $M1$ .

Una vez que se tienen los momentos escorantes correspondientes a las distintas escoras se dividirá por el desplazamiento,  $535\text{ t}$ , para obtener el brazo escorante, que es el que se representará en la gráfica donde se tiene representada a su vez la curva de estabilidad.

ESCORA	M1	BRAZO	GZ
0°	68,48Txm	0,128m	0,00m
10°	64,14Txm	0,120m	0,34m
20°	78,49Txm	0,147m	0,61m
30°	104,08Txm	0,195m	0,77m
40°	110,90Txm	0,207m	0,81m
50°	114,87Txm	0,215m	0,76m
60°	122,32Txm	0,229m	0,65m
70°	123,52Txm	0,231m	0,50m
80°	122,42Txm	0,229m	0,33m
90°	117,61Txm	0,220m	0,16m

El corte de la curva de estabilidad estática con la que se acaba de calcular y representar dará el ángulo de equilibrio estático por arrastre del remolcador que siempre deberá existir y su valor será inferior al ángulo de inundación progresiva a través de aberturas o a la zozobra del remolcador .



El corte se produce a una escora de  $7^\circ$  aprox. que es claramente inferior al ángulo de inundación progresiva que para el desplazamiento de esta condición es de  $67,5^\circ$ .



## **Calculo. Momento de Tiro .**

Este momento se genera por la acción de los propulsores al aplicarse plena potencia.

$$M2 = C4 \times C5 \times T_x (h_x \cos \theta + C6 \times C - r \cdot \text{sen} \theta)$$

En nuestro caso:

$$C4 = 0,70$$

$$C5 = 1$$

$$C6 = 0,52$$

$$T = 35 \text{ t}$$

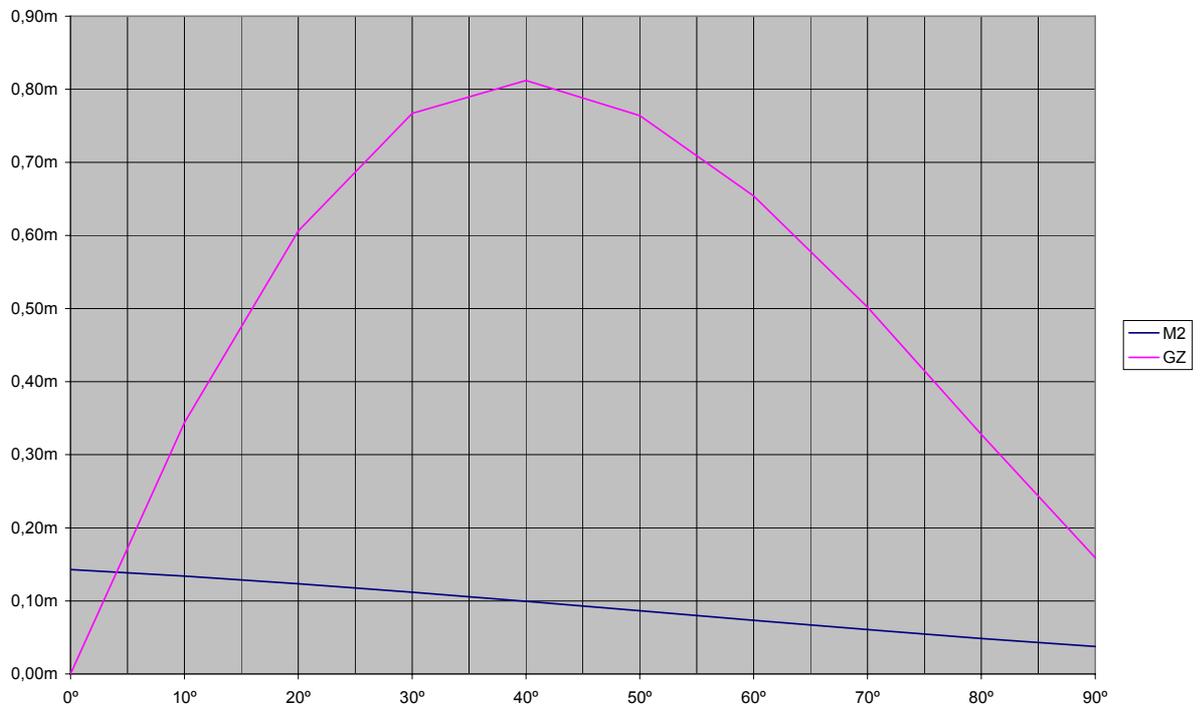
todas las demás referencias como en el caso anterior, M1.

Una vez que se tienen los momentos escorantes correspondientes a las distintas escoras se dividirá por el desplazamiento, 535 t, para obtener el brazo escorante, que es el que se representará en la gráfica donde se tiene representada a su vez la curva de estabilidad.



El corte de la curva de estabilidad estática con la que se acaba de calcular y representar dará el ángulo de equilibrio estático por arrastre del remolcador que siempre deberá existir y su valor será inferior al ángulo de inundación progresiva a través de aberturas o a la zozobra del remolcador.

ESCORA	M1	BRAZO	GZ
0°	76,44Txm	0,143m	0,00m
10°	71,70Txm	0,134m	0,34m
20°	66,14Txm	0,124m	0,61m
30°	59,92Txm	0,112m	0,77m
40°	53,24Txm	0,100m	0,81m
50°	46,30Txm	0,087m	0,76m
60°	39,30Txm	0,073m	0,65m
70°	32,46Txm	0,061m	0,50m
80°	26,00Txm	0,049m	0,33m
90°	20,09Txm	0,038m	0,16m





El corte se produce a una escora de  $8^\circ$  aprox. que es claramente inferior al ángulo de inundación progresiva que para el desplazamiento de esta condición es de  $67,5^\circ$ .

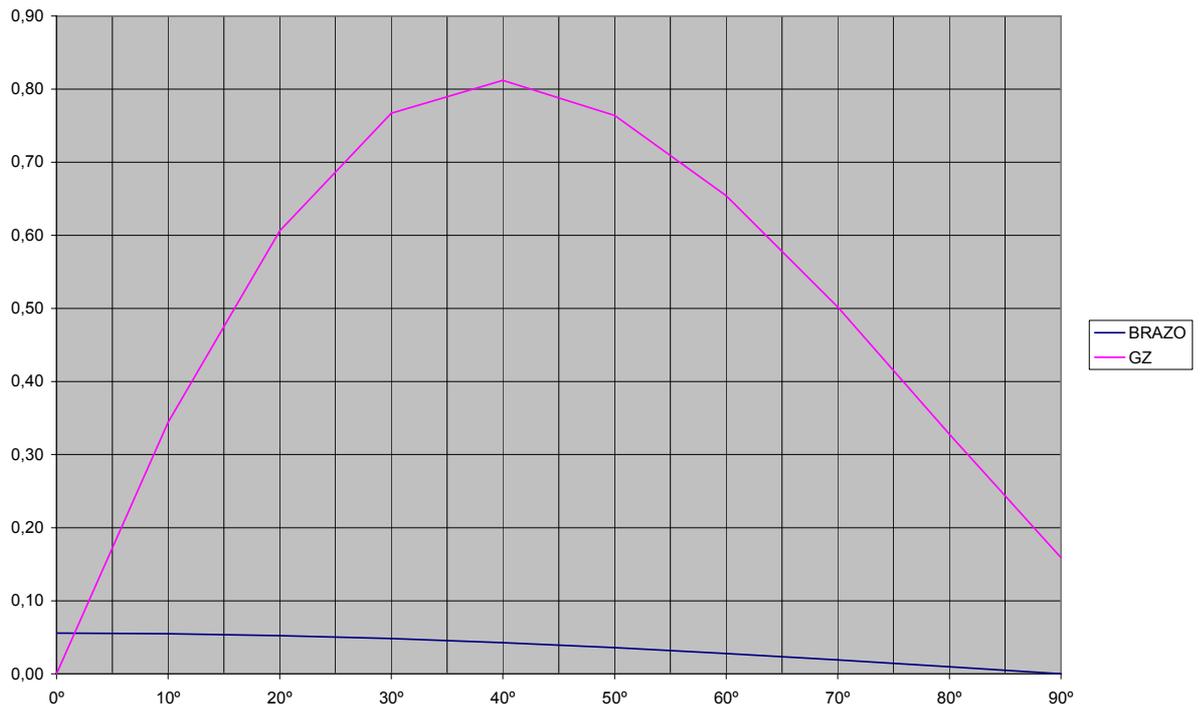


## **4.12 Cálculo. Momento de empuje transversal, por el efecto de los monitores contra incendios.**

El cálculo es sencillo, situamos nuestro monitor a su altura real, en nuestro caso 10,5m, buscamos la reacción generada por un monitor de características similares al que se instalará, 1,42t. hallamos la reacción resultante y el momento producido, lo dividimos por el desplazamiento, y obtenemos el brazo escorante, lo comparamos con nuestro GZ y comprobamos la estabilidad.

ANGULO	GZ	BRAZOx $\cos\theta$	REACCIÓN	MTO ESCORANTE	BRAZO
0°	0	10,50	2,84	29,82	0,06
10°	0,344	10,34	2,84	29,37	0,05
20°	0,606	9,87	2,84	28,02	0,05
30°	0,767	9,09	2,84	25,83	0,05
40°	0,812	8,04	2,84	22,84	0,04
50°	0,764	6,75	2,84	19,17	0,04
60°	0,654	5,25	2,84	14,91	0,03
70°	0,502	3,59	2,84	10,20	0,02
80°	0,328	1,82	2,84	5,18	0,01
90°	0,159	0,00	2,84	0,00	0,00

El corte de la curva de estabilidad estática con la que se acaba de calcular y representar dará el ángulo de equilibrio estático por arrastre del remolcador que siempre deberá existir y su valor será inferior al ángulo de inundación progresiva a través de aberturas o a la zozobra del remolcador.



El corte se produce a una escora de 2° aprox. que es claramente inferior al ángulo de inundación progresiva que para el desplazamiento de esta condición es de 67,5°.



## **5 ESCANTILLONADO**





<b>5. ESCANTILLONADO</b>	<b>1</b>
5.1 Escantillonado reglamentario	5
5.2 Material a utilizar	7
5.3 Campo de aplicación	8
5.4 Valores reglamentarios del módulo de resistencia mínimo.	9
5.5 Clara reglamentaria entre cuadernas.	10
5.6 La clara mínima reglamentaria entre cuadernas, en m, en toda la eslora del buque, se determina aplicando la fórmula:	10
5.7 Timón y mecha del timón.	11
5.7.1 Área	11
5.7.2 Fuerzas que actúan sobre el timón	11
5.7.3 Escantillonado de la mecha	12
5.8 Forro exterior y de cubierta.	13
5.9 Estructura del doble fondo	17
5.9.1 Techo del doble fondo y traca de margen.	17
5.9.2 Vagra central	20
5.9.3 Vagras laterales	21
5.9.4 Varengas	22
Longitudinales del fondo y del techo del doble fondo.	24
5.10 Estructuras de los costados	26
5.10.1 Cuadernas fuera de los piques	26
5.10.2 Cuadernas en los piques	27
5.10.3 Longitudinales de costado	27
5.11 Estructuras de cubierta	29
5.11.1 Cargas para el escantillonado de reforzado transversal de cubierta.	29
5.11.2 -Escantillonado de los baos	31
5.11.3 -Escantillonado de las esloras.	32
5.12 Mamparos.	33
5.12.1 Disposición de los mamparos estancos	33
5.12.2 Forro de chapas de los mamparos planos.	37
5.12.3 Refuerzos verticales de los mamparos planos	39
5.12.4 Cartelas de unión.	42
5.13 Guarda calor de máquinas	43
5.14 Superestructura.	44
5.14.1 Campo de aplicación	44
5.14.2 Definiciones	45
5.14.3 Cargas para el escantillonado	46
5.14.4 Escantillonado de los forros de chapa.	47
5.14.5 Forro de los mamparos laterales	48
5.14.6 Forro de las cubiertas	48
5.14.7 Escantillonado de los refuerzos.	49
5.15 Escotillas	52
5.16 Cintón de defensa y amurada.	53
5.17 Resumen de espesores.	54
5.18 Tabla de módulo resistente de la cuaderna maestra.	55





## **5.1 Escantillonado reglamentario**

Los escantillones que se deducen aplicando las fórmulas y las tablas contenidas en los capítulos de este Reglamento concernientes al casco, son aplicables, excepto cuando se indique lo contrario, a los buques que deban clasificarse con las menciones mar o cabotaje.

Los escantillones se dan para la zona central y para los extremos del buque, que se han definido en el reglamento para la construcción y clasificación de buques de acero del Bureau Veritas. Los escantillones se disminuirán gradualmente, fuera de la zona central, hasta alcanzar en los extremos los valores que se indican. Los valores de los espesores que se deducen de las fórmulas deberán redondearse al medio milímetro más cercano. Puede exigirse un aumento de los escantillones reglamentarios cuando el buque pueda estar sometido a solicitaciones anormales, especialmente como consecuencia de su elevada potencia propulsora, la naturaleza o la distribución muy desigual del cargamento, sus particularidades de explotación, de construcción o de trazado.

En principio, los escantillones reglamentarios se definen para la zona central y para los extremos del buque. La zona central del buque es la que se extiende sobre los 0,4 L centrales de la eslora L. Los extremos del buque son las zonas que se extienden 0,1 L a proa de la perpendicular de popa y la popa de la perpendicular de proa.

En nuestro caso, el cuerpo central tendrá una longitud tal que:

$$\text{Longitud cuerpo central} = 0,4 \times 32,84 \text{m} = 13,14 \text{m}.$$



En nuestro caso, iría desde la cuaderna 20 a la 46 aproximadamente. Estando situada la cuaderna maestra en la cuaderna 32+420mm (16420mm de la perpendicular de popa).

Los valores de los espesores que se deducen e las formulas deberán redondearse al medio milímetro más cercano.



## **5.2 Material a utilizar**

Dado que el peso no es un condicionante en el buque de proyecto puesto que no transporta carga, no es necesario utilizar de acero de alta resistencia. Por tanto, el material será acero dulce con un límite elástico no inferior a  $235 \text{ N/mm}^2$ .



### **5.3 Campo de aplicación**

Las prescripciones de esta sección son aplicables a aquellos buques cuyos símbolos de clasificación estén completados con la mención de servicio .

Esta mención se remplazará por la mención en el caso de buques especialmente destinados a empujar las barcasas no propulsadas objeto de la sección -5 del reglamento para la construcción y clasificación de buques de acero del Bureau Veritas.

Para las prescripciones no tratadas en esta sección, hay que referirse al capítulo 6 del reglamento para la construcción y clasificación de buques de acero del Bureau Veritas.

La mención de servicio se completará con una de las menciones de navegación:

- alta mar
  
- costero
  
- abrigadas.

Las disminuciones de escantillones que se admiten para las menciones costeras y abrigadas. En nuestro caso no son aplicables, ya que se trata de un remolcador de altura.



## 5.4 Valores reglamentarios del módulo de resistencia mínimo.

Los módulos de resistencia de la sección maestra con respecto al fondo y a la cubierta, no serán inferiores a:

$$W_m = F L^2 B (C_b + 0,7) 10^{-6}$$

Siendo:

$$F = 10,75 - \left[ \frac{300 - L}{100} \right]^{3/2} \quad \text{si } L < 300$$
$$F = 10,75 \quad \text{si } L \geq 300$$

En nuestro caso:

$$F = 10,75 - ((300 - 32,84)/100)^{3/2} = 6,38$$

Siendo el valor mínimo del modulo de resistencia, en m3:

$$W_m = 6,38 \times 32,84^2 \times 9,0 \times (0,46 + 0,7) \times 10^{-6} = 0,07183 \text{ m}^3$$

$$W_m = 71833 \text{ cm}^3$$



## **5.5 Clara reglamentaria entre cuadernas.**

## **5.6 La clara mínima reglamentaria entre cuadernas, en m, en toda la eslora del buque, se determina aplicando la fórmula:**

$$E_o = 0,51 + 0,002L$$

En nuestro caso al ser  $L=32,84\text{m}$ ,

$$E_o=0,576\text{m}.$$

La separación entre cuadernas se establece por comparación con otros buques similares. Se puede decir que en este tipo de buques el espaciado tipo está comprendido entre 450 y 550 mm. En el caso del buque de proyecto se ha optado por una separación de 500 mm a lo largo de toda la eslora. Inferior al máximo permitido por la Sociedad de Clasificación.

$$E=500\text{mm}$$

De este modo fijaremos la separación entre bulárcamas, que será de 2000mm, es decir cada cuatro claras.

La cuaderna de construcción cero se ha situado en la perpendicular de popa.



## **5.7 Timón y mecha del timón.**

### **5.7.1 Área**

El parámetro que define básicamente la configuración del timón es el área del timón, superficie proyectada sobre el plano diametral y que frecuentemente se supone proporcional al área de deriva.

$$AR/(0,01 \times Ad) = 1,6 - 1,9$$

en nuestro caso  $Ad = 259 \text{ m}^2$

$$AR = 1,75 \times 2,59 = 4,43 \text{ m}^2$$

### **5.7.2 Fuerzas que actúan sobre el timón**

El escantillonado de los elementos del timón, tal como está detallado en esta sección, se basa en las hipótesis siguientes:

La resultante de las fuerzas aplicadas perpendicularmente sobre la pala, en N, es igual a:

$$F = 118 \times A \times (V+2)^2$$

siendo en nuestro caso:

$$F = 118 \times 4,43 \times (10+2)^2 = 77,02 \text{ KN}$$



### 5.7.3 Escantillado de la mecha

El diámetro de un punto cualquiera de la mecha no será inferior a:

$$d=21,2X(Ax(V+2)^2)*(l^2+h^2)^{0,5}^{0,5}$$

$$d=21,2x(4,43x(10+2)^2)*(1,3^2)^{0,5}^{0,5}=184\text{mm}$$



## **5.8 Forro exterior y de cubierta.**

El espesor del forro del fondo y del costado, en la zona central no será inferior a:

$$e=0,10(L + 48)+ 0,01 (E -E_0)$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,10x(32,84+48)+0,01x(0,5-0,576)=8,08\text{mm}$$

El espesor de la traca de cinta, en la zona central, no será inferior al del forro del costado, ni a:

$$e=0,13x(L+30)+0,01x(E-E_0)$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,13x(32,84+30)+0,01x(0,5-0,576)=8,17\text{mm}$$

Siendo su anchura, en m, no inferior a:

$$b=0,715+0,425xL/100$$

siendo en nuestro caso,



$$b=0,715+0,425 \times 32,84/100=0,858\text{m}$$

El espesor del forro exterior en los extremos del buque no será inferior al deducido para la zona central, disminuido en 1mm.

Siendo en nuestro caso:

$$e=7,08\text{mm}$$

El espesor de las chapas de aparadura no será inferior al de las chapas del forro del fondo adyacentes aumentado en mm.

Por lo tanto:

$$e=9,08\text{mm}$$

La anchura, en m, de cada chapa de aparadura no será inferior a:

$$b=0,003 \times (L+270)$$

siendo en nuestro caso:

$$b=0,003 \times (32,84+270)=0,91\text{m}$$

El espesor del pantoque, en la zona central, no será inferior a:



$$e=5,2xExh^{0,5}+2,5$$

en nuestro caso:

$$e=5,2x0,5x2,48+2,5=8,95\text{mm}$$

El espesor no será inferior al espesor reglamentario del forro del fondo en la zona central, aumentado en 3,5 mm.

En nuestro caso:

$$e=8,08+3,5=11,58\text{mm}$$

La anchura, en m, en toda la eslora del buque, no será inferior a:

$$b=0,003x(L+270)$$

en nuestro caso:

$$b=0,003x(32,84+270)=0,91\text{mm}$$

El espesor del forro de cubierta no será inferior a:

-zona central  $e = (3,6 + 0,03 L) (E + 0,9)$

-extremos del buque  $e = 5,0 + 0,03 L$

siendo en nuestro caso:



-zona central

$$e = (3,6 + 0,03 \times 32,84) \times (0,5 + 0,9) = 6,42 \text{ mm}$$

-extremos del buque

$$e = 5,0 + 0,03 \times 32,84 = 5,99 \text{ mm}$$

El espesor de la chapa de trancañil, en la zona central, no será inferior al del forro de cubierta ni a:

$$e = 6,5 + 0,04 \times L$$

siendo en nuestro caso:

$$e = 6,5 + 0,04 \times 32,84 = 7,81 \text{ mm}$$

Además, la anchura de la chapa de trancañil, en m, no será inferior a:

$$b = 0,005 (L + 70)$$

siendo en nuestro caso:

$$b = 0,005 \times (32,84 + 70) = 0,51 \text{ m}$$



## **5.9 Estructura del doble fondo**

### **5.9.1 Techo del doble fondo y traca de margen.**

Zona central:

$$e=0,75x(L+10xT2)-0,5$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,75x(32,84+10x2,63)-0,5=5,27\text{mm}$$

Zona de máquinas:

$$e=0,75x(L+10xT2)+1,5-0,5$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,75x(32,84+10*2,63)+1,5-0,5=6,77\text{mm}$$

Zona de los extremos:

$$e=0,65x(L+10xT2)-0,5$$

siendo en nuestro caso:



$$e=0,65x(32,84+10*2,63)-0,5=4,50\text{mm}$$

en este caso se exige un espesor mínimo de 5,5mm

Chapa de margen en la zona central:

$$e=0,95x(L+10xT2)$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,95x(32,84+10*2,63)=7,30\text{mm}$$

Chapa de margen en la zona de los extremos:

$$e=0,80x(L+10xT2)$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,80x(32,84+10*2,63)=6,15\text{mm}$$

La anchura de la traca de margen viene dada por:

$$b=0,75 \times \text{altura del doble fondo.}$$



en nuestro caso:

$$b=0,75 \times 1,5= 1,12\text{m.}$$



### 5.9.2 Vagra central

En principio, la altura real  $H_d$  de la vagra central no será inferior al valor mínimo:

$$b = 0,1 \times (L)^{0,5}$$

siendo en nuestro caso:

$$b = 0,1 \times (32,84)^{0,5} = 0,57 \text{ m}$$

El espesor no será inferior a:

Zona central:

$$e = (0,95 \times (L + 10 \times T_2)^{1/2}) - 0,5 \quad \text{con mínimo de 7 mm,}$$

siendo en nuestro caso:

$$e = (0,95 \times (32,84 + 10 \times 2,63)^{1/2}) - 0,5 = 7,30 \text{ mm}$$

Extremos del buque

$$e = (0,80 \times (L + 10 \times T_2)^{1/2}) - 0,5 \quad \text{con mínimo de 6 mm,}$$



siendo en nuestro caso:

$$e=(0,80x(32,84+10x2,63)^{(1/2)})-0,5=6,15\text{mm}$$

### 5.9.3 Vagras laterales

El espesor de las vagras laterales no será inferior a:

Zona de bodegas:

$$e=(0,7x(L+10xT2)^{(1/2)}) \quad \text{con mínimo de 6 mm}$$

siendo en nuestro caso:

$$e=(0,70x(32,84+10x2,63)^{(1/2)})=5,38\text{mm}$$

por lo tanto lo tomaremos como  $e=6\text{mm}$

Zona de máquinas

$$e=(0,7x(L+10xT2)^{(1/2)})+1 \quad \text{con mínimo de 7 mm}$$

siendo en nuestro caso:

$$e=(0,70x(32,84+10x2,63)^{(1/2)})+1=6,38\text{mm}$$

por lo tanto lo tomaremos como  $e=7\text{mm}$



La altura de las varengas laterales, son iguales que las centrales, en nuestro caso 0,57m

#### **5.9.4 Varengas**

La altura del alma de las varengas en crujía, en m, no será inferior a:

$$b=0,04x(B+C)-0,11$$

siendo en nuestro caso:

$$b=0,04x(9,00+4,5)-0,11=0,43m$$

El espesor del alma de las varengas no será inferior a:

Zona central:

$$e=0,57x(B+C)+0,55$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,57x(9,00+4,5)+0,55=8,25mm$$



Zona de los extremos:

$$e=0,47x(B+C)+0,75$$

siendo en nuestro caso:

$$e=0,47x(9,00+4,5)+0,75=7,10\text{mm}$$

En cámara de máquinas tomaremos el espesor de la zona central aumentado en 1mm, por lo tanto:

$$e=9,25\text{mm}$$

La sección del ala superior de la varenga, en  $\text{cm}^2$ , no será inferior a:

$$S=0,62xT^2+5,56$$

Siendo en nuestro caso:

$$S=0,62x3,5^2+5,56=13,16\text{cm}^2$$

En el caso de estar situada bajo máquinas, chumacera de empuje o polines auxiliares, este valor será el doble que el anterior:

$$S=26,31\text{cm}^2$$



## **Longitudinales del fondo y del techo del doble fondo.**

El módulo de resistencia de los longitudinales del fondo y del techo del doble fondo no será inferior a:

$$w=(1020xExhxl^2)/\sigma$$

Siendo  $l$  la luz de los longitudinales, en m, igual a la clara entre cuadernas.

Para los buques cuya eslora sea inferior a 90 m, los valores de  $\sigma$  y de  $h$  a tomar en consideración son:

Longitudinales del fondo:

$$\sigma = 8,6$$

$$h = T$$

por lo tanto:

$$w=(1020x0,5x3,5x0,5^2)/8,6=51,89\text{cm}^3$$



Longitudinales del techo del doble fondo:

$$\sigma = 10,85$$

$$h = 0,65 \text{ (C1-Hd) sin ser inferior a T}$$

por lo tanto:

$$w = (1020 \times 0,5 \times 3,5 \times 0,5^2) / 10,85 = 41,13 \text{ cm}^3$$



## 5.10 Estructuras de los costados

### 5.10.1 Cuadernas fuera de los piques

Los módulos de resistencia de las cuadernas situadas fuera de los piques no será inferior a:

$$w = 0,6 \frac{E}{E_0} \left[ \left( \frac{l}{3,25} \right)^2 + k C + 1 \right]^{8/3}$$

Siendo:

$k = 0,92$  para la mención alta mar

$l$  es, en m, la luz de las cuadernas, definida como la distancia entre la intersección de la cubierta con el costado y la intersección del forro exterior con el canto superior de la varenga o con la prolongación de este canto.

siendo en nuestro caso:

$$w = 0,6 \times (0,5/0,576) \times ((3,5/3,25)^2 + 0,92 \times 4,5 + 1)^{8/3}$$

$$w = 95,49 \text{ cm}^3$$



### 5.10.2 Cuadernas en los piques

El módulo de resistencia de las cuadernas situadas en los piques no será inferior a:

$$w = 0,6 \frac{E}{E_0} (k C + 1)^{8/3}$$

teniendo:

$k = 0,92$  para la mención alta mar

siendo en nuestro caso:

$$w = 0,6 \times (0,5 / 0,576) \times (0,92 \times 4,5 + 1)^{8/3} = 41,01 \text{ cm}^3$$

### 5.10.3 Longitudinales de costado

Cuando el costado lleve refuerzos longitudinales, el módulo de resistencia de estos últimos no será inferior a:

$$W = (1020 \times E \times l^2 \times h) / \sigma$$

Para los buques cuya eslora sea inferior a 90 m se tomarán para  $\sigma$  los valores siguientes:

$$\text{- cuando } d/C < 0,5 \quad \sigma = 84 + 111 \times d/C$$



- cuando  $d/C > 0,5$        $\sigma = 208 - 111xd/C$

En todos los casos, h se tomará igual a d, sin ser superior a 0,73 C.

En nuestro caso:

$$d/D = 0,5/4,5 = 0,11$$

$$\sigma = 84 + 111 \times 0,11 = 96,3$$

$$w = (1020 \times 0,5 \times 2,5^2 \times 3,81) / 96,3 = 126,10 \text{ cm}^3$$



## **5.11 Estructuras de cubierta**

### **5.11.1 Cargas para el escantillonado de reforzado transversal de cubierta.**

El escantillonado de los diferentes elementos de la estructura que soporta las cubiertas, se calcula utilizando fórmulas en las que interviene un coeficiente  $h$  que representa una altura de carga o un coeficiente  $k$  para las cubiertas resistentes de los buques construidos con sistema longitudinal o mixto.

Los valores de  $h$  a considerar, en m, se calculan en función de la naturaleza y de la situación de la cubierta considerada y de la carga  $p$  sobre la cubierta.

Los valores de  $k$  a considerar se calculan en función de la eslora del buque y de la carga  $p$  sobre la cubierta resistente.

Los valores de  $h$  a considerar como base se deducen de la tabla siguiente para las cubiertas a la intemperie cuya carga de cubertada no sea superior a  $0,42 h$  y para las cubiertas sobre las que existan alojamientos.



Cubiertas a la intemperie	
1 - Cubierta de los buques con una cubierta	$h = 1,25 h_0$
2 - Cubierta superior de los buques con varias cubiertas .....	$h = h$
Cubierta shelter en 0,125 L a proa ...	
Cubierta del castillo .....	
3 - Cubierta shelter, excepto en 0,125 L a proa .....	$h = 0,85 h_0$
Superestructuras largas ... ..	
4 - Superestructuras cortas .....	
Casetas situadas sobre la cubierta superior .....	$h = 0,60 h_0$
5 - Primera cubierta de las casetas situadas sobre las cubiertas mencionadas en 3 y 4	
6 - Otras cubiertas de casetas .....	$h = 0,45$
Cubiertas sobre las que existan alojamientos	
7 - Situadas bajo la cubierta superior .....	$h = 1,20$
8 - Cubierta superior .....	$h = 0,80 h_0$
9 - Cubiertas situadas sobre la cubierta superior (1) .....	$h = 0,80 h'$

Para la cubierta inferior de un entrepuente que contenga mercancías el valor de h a considerar como base es igual a la altura del entrepuente medida entre el forro de las cubiertas.

Los valores de k a considerar como base se deducen de la tabla siguiente para la cubierta resistente cuya carga de cubertada no sea superior a 0,9 t/m<sup>2</sup>.

L	50	60	70	80	90	100	110	120
k	13,5	14,4	15,2	15,9	16,5	17,1	17,6	18,1
L	130	140	150	160	170	180	190	200
k	18,6	19,1	19,6	20,0	20,4	20,8	21,2	21,5



Comenzaremos calculando  $h_0$

$$h_0 = 0,7 + (L \times T / (60 \times C))$$

siendo en nuestro caso:

$$h_0 = 0,7 + (32,84 \times 3,5 / (60 \times 4,5)) = 1,13$$

mirando en la tabla anterior, el valor de  $h$  para buques con una sola cubierta:

$$h = 1,25 \times h_0$$

por lo que,

$$h = 1,25 \times 1,13 = 1,41$$

El valor de  $k$ , lo obtenemos interpolando los datos de la tabla anterior, que para un eslora de 32,84m, es de 12,3.

### 5.11.2 -Escantillado de los baos

El módulo de resistencia de los baos de las diferentes cubiertas no será inferior a:

$$w = 4,2 \times h \times E \times l^2$$

siendo  $l$  la distancia entre esloras, en nuestro caso 3m.



obtenemos:

$$w=4,2 \times 1,41 \times 0,5 \times 3^2 = 26,59 \text{ cm}^3$$

### 5.11.3 -Escantillado de las esloras.

El módulo de resistencia de las cuerdas, constituidas por un alma soldada a cubierta y un ala, no será inferior a:

$$w=4,75 \times l_p^2 \times N_p$$

siendo  $l_p=2\text{m}$  y  $N_p=3$

por lo que:

$$w=4,75 \times 2^2 \times 3 = 57 \text{ cm}^3$$

La sección, en  $\text{cm}^2$ , de los elementos longitudinales de cubierta situados a un mismo costado del plano de crujía no será inferior a:

$$S = 0,4 B (L + 4)$$

siendo en nuestro caso:

$$S=0,4 \times 9,00 \times (32,84+4) = 132,62 \text{ cm}^2$$



## **5.12 Mamparos.**

### **5.12.1 Disposición de los mamparos estancos**

Deben instalarse los mamparos transversales estancos siguientes:

- Un mamparo de colisión.
- Un mamparo en el prensa-estopas del eje porta hélice, a una distancia conveniente del codaste proel,
- Un mamparo en cada extremo de la cámara de máquinas.

Para un buque con una eslora menor a 87m el número total de mamparos estancos será de 4.

Los mamparos transversales, en lo que sea posible, estarán dispuestos de tal forma que delimiten compartimientos estancos de dimensiones sensiblemente iguales o que disminuyan ligeramente hacia los extremos del buque.

El mamparo de colisión debe estar situado a una distancia  $d_c$ , en m, a popa de la perpendicular de proa, tal que:

$$0,05xL < d_c < 0,05xL + 2,7$$



Siendo en nuestro caso:

$$0,05 \times 32,84 < dc < 0,05 \times 32,84 + 2,7$$

$$1,64 \text{m} < dc < 4,34 \text{m}$$

La Administración podrá aceptar que el mamparo de colisión esté situado a una distancia, a popa de la perpendicular de proa, mayor que la definida anteriormente, si un cálculo de inundación del pique de proa demuestra que se conserva la flotabilidad.

El mamparo de colisión debe elevarse, en todos los casos, hasta la cubierta de franco bordo. En los buques que tengan un castillo largo, la Administración se reserva el derecho de exigir una prolongación estanca la intemperie hasta la cubierta del castillo; esta prolongación podrá estar decalada con relación al resto del mamparo, siempre que la parte de la cubierta que forme bayoneta sea también estanca a la intemperie.

Los demás mamparos, a excepción del prensa, deben elevarse hasta la cubierta de compartimentado, definida como sigue:

- En los buques que deban recibir una marca de compartimentado: la cubierta a partir de la que se determine la línea de margen,



- En los demás buques: la cubierta de franco bordo.

Cuando el mamparo del prensa no sea el mismo tiempo mamparo de popa de la cámara de máquinas, podrá limitarse en una plataforma, o en una cubierta estanca situada por encima de la flotación de carga.

En caso contrario debe elevarse hasta la cubierta de compartimentado, pero, en este caso, está permitido que en el mamparo se instale una puerta estanca, provista de bisagras, maniobrable "in situ" desde las dos caras del mamparo. Sin embargo, si se demuestra que, en caso de inundación de la cámara de máquinas y de los locales que comunican con ella, la cubierta de compartimentado no se sumerge, podrá admitirse una derogación a esta regla.

No se admite la presencia de ninguna puerta ni agujero de hombre en el mamparo de colisión, por debajo de la cubierta de compartimentado. Fuera de este caso, las puertas situadas en los mamparos estancos deben estar provistas de sistemas de cierre estanco, que pueden ser, sea permanentes, sea .maniobrables desde la proximidad de la puerta desde las dos caras del mamparo y desde un punto situado:

- Por encima de la cubierta de compartimentado, en el caso de un buque que posea una marca especial, o
- Por encima de la flotación en carga, en los demás casos.



Sin embargo, no se exige el mando a distancia ni en las partes del buque destinados a la tripulación ni en los locales situados en el entrepuente inmediatamente inferior a la cubierta de franco bordo. Las puertas pueden ser maniobradas "in situ" desde las dos caras del mamparo y pueden ser del tipo con bisagras.

Todas las disposiciones relativas a la instalación y a la maniobra de los cierres estancos deben ser aprobados por la Administración.



### 5.12.2 Forro de chapas de los mamparos planos.

El espesor de las chapas de los mamparos planos no será inferior a:

- Mamparo de colisión; el mayor de los valores siguientes:

$$e = (E + 0,10) \times (8,0 + 0,57d)$$

$$e = (E + 0,10) \times (6,5 + 0,46d + 0,46h)$$

En nuestro caso:

$$e = (0,5 + 0,10) \times (8,0 + 0,57 \times 3,5) = 6,00 \text{ mm}$$

$$e = (0,5 + 0,10) \times (6,5 + 0,46 \times 3,5 + 0,46 \times 1) = 5,14 \text{ mm}$$

por lo tanto  $e = 6,00 \text{ mm}$



- Otros mamparos:

$$e = (E + 0,25) \times (5,5 + 0,41 d) \text{ con un mínimo de } 5,5 \text{ mm}$$

siendo:

$$e = (0,5 + 0,25) \times (5,5 + 0,41 \times 3,5) = 5,20 \text{ mm}$$

El espesor del forro de chapa de los mamparos estancos no será nunca inferior a 5 mm.



### 5.12.3 Refuerzos verticales de los mamparos planos

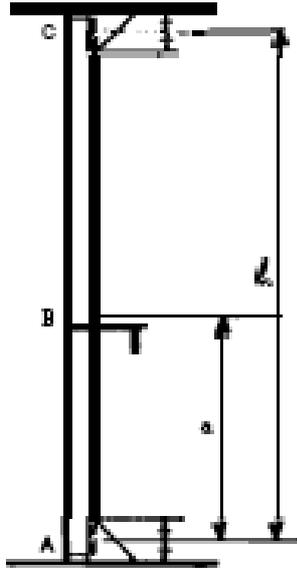
Con excepción de los refuerzos de los mamparos de colisión que delimiten un compartimiento de lastrado, que se escantillonarán mas adelante, el módulo de resistencia de los refuerzos no será inferior a:

$$w = k E I^2 ( I Q + h Q' ) + 9$$

siendo:

k = un coeficiente definido como sigue:

- k = 25/32 en el caso de un mamparo de colisión que delimite un pique seco, y
- k = 5/8 en los demás casos.



l: luz total del refuerzo, en m, deduciendo la semialtura, de las cartelas de cabeza y de pie. Cuando uno de los extremos del refuerzo no esté provisto de cartela, l deberá medirse a partir del extremo del mamparo,

h: altura de carga, en m, igual a la distancia entre el extremo superior de la luz t y la cubierta hasta la que deba extenderse el mamparo considerado,

a: distancia, en m, entre la viga horizontal y el extremo inferior de la luz l.

Los valores de Q y Q' se deducen de la Tabla en función de la relación  $\alpha/l$ . Para la expresión  $(lxQ + hxQ')$  deberá adoptarse el mayor de los valores hallados en A, B, C o M.



Cuando no exista viga horizontal hay que tomar  $\alpha/l = 1$ .

$\frac{a}{l}$	Extremos empotrados						Extremo superior empotrado				Extremo inferior empotrado				Extremos apoyados			
	Q			Q'			Q		Q'		Q		Q'		Q		Q'	
	A	B	C	A	B	C	B	C	B	C	A	B	A	B	B	M	B	M
0,350		0,78	0,68		1,76	2,64	0,88	0,63	1,79	2,62		1,02		2,70	1,08		2,65	
0,375		0,74	0,58		1,65	2,43	0,87	0,52	1,73	2,39		0,94		2,49	1,08		2,47	
0,400		0,70	0,49		1,56	2,22	0,87	0,40	1,69	2,16		0,87		2,30	1,00		2,33	
0,425	0,87	0,68	0,40	0,76	1,48	2,01	0,90	0,29	1,67	1,92		0,81		2,13	0,98		2,22	
0,450	1,00	0,67	0,31	0,97	1,43	1,81	0,93		1,68		0,95	0,77	0,69	1,99	0,98		2,15	
0,475	1,12	0,68	0,22	1,18	1,40	1,60	0,99		1,72		1,09	0,75	0,94	1,88	1,00		2,10	
0,500	1,25			1,39			1,05		1,79		1,23	0,73	1,19	1,79	1,04		2,08	
0,525	1,37			1,60			1,13		1,88		1,37	0,74	1,44	1,72	1,09	1,23	2,10	1,37
0,550	1,50			1,81			1,22		1,99		1,50		1,68		1,16	1,33	2,15	1,56
0,575	1,62			2,01			1,32		2,13		1,63		1,92		1,24	1,44	2,22	1,76
0,600	1,73			2,22			1,43		2,30		1,75		2,16		1,34	1,54	2,33	1,95
0,625	1,85			2,43			1,55		2,49		1,88		2,39		1,44	1,64	2,47	2,14
1	3,33			5,56				3,89		8,33	4,44		8,33		4,17	4,27	8,33	8,00

Por lo tanto en nuestro caso:

$$\alpha=2m$$

$$l=3,5m$$

$$Q=1,63$$

$$Q'=2,22$$

Por lo que:

Mamparo de colisión:

$$w=25/32 \times 0,5 \times 3,5^2 \times (3,5 \times 1,63 + 3,5 \times 2,22) + 9 = 73,48 \text{ cm}^3$$

Los demás casos de mamparo:

$$w=5/8 \times 0,5 \times 3,5^2 \times (3,5 \times 1,63 + 3,5 \times 2,22) + 9 = 60,58 \text{ cm}^3$$



#### **5.12.4 Cartelas de unión.**

La altura de la cartela inferior será  $0,10x\alpha$ , por lo tanto 200mm. Siendo la cartela superior igual a  $0,08x(l-\alpha)$ , por lo tanto 120mm.

La anchura de las cartelas deberá ser tal que quede asegurada la rigidez de la unión. En principio, esta anchura no debe ser inferior a la altura de la cartela.



### **5.13 Guarda calor de máquinas**

El guardacalor deberá ser de construcción robusta. Los refuerzos de sus mamparos no deberán estar a una distancia mayor de 0,76 m y, si es posible, deberá instalarse una bulárcama, combinada con un bao al aire, situado a semialtura de la abertura de la cubierta.

La altura del guardacalor no ser inferior a 0,90 m, aunque se podrán admitir derogaciones de acuerdo con la reglamentación nacional aplicable.

En principio, los mamparos longitudinales del guardacalor se prolongarán por una cuerda, a la que deberán unirse los baos.



## **5.14 Superestructura.**

### **5.14.1 Campo de aplicación**

Las prescripciones de esta sección determinan el escantillonado de las chapas y de los refuerzos constitutivos de los mamparos laterales, de los mamparos de los extremos y de los techos de las superestructuras y de las casetas.

Estas prescripciones cumplen todo lo exigido en las Reglas 3, 11 y 18 del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966, en lo que concierne a la solidez de las superestructuras cerradas.

Los constructores deben prestar la debida atención a las prescripciones que impone el Convenio citado, concernientes a las puertas y aberturas situadas en los mamparos de las superestructuras y de las casetas.

Podrán autorizarse disminuciones de escantillonado para:

- las casetas que no protejan aberturas practicadas en las cubiertas de franco bordo y de superestructuras,
  
- las casetas situadas por encima del tercer entrepuente alto



### 5.14.2 Definiciones

Se dice que una toldilla es corta cuando su mamparo extremo de proa está situado a menos de 0,25 L de la perpendicular de popa. En caso contrario se dice que es larga. Se dice que un castillo es corto cuando su mamparo extremo de popa está situado a menos de 0,25 L de la perpendicular de proa. En caso contrario se dice que es largo. Se dice que una ciudadela es corta o larga según que su longitud sea inferior o por lo menos igual a 0,15 L.

Una caseta es una construcción provista de cubierta situada por encima de la cubierta de franco bordo, que no sea una superestructura.

El primer entrepuente está constituido por las superestructuras y las casetas situadas inmediatamente encima de la cubierta de franco bordo. El segundo entrepuente comprende las casetas situadas inmediatamente encima del primer entrepuente y así sucesivamente.

Cuando el franco bordo sea muy grande, al aplicar las fórmulas para el escantillado, el primer entrepuente podrá ser considerado como un entrepuente superior. Lo mismo es aplicable a los demás entrepuentes.

El grado de protección del mamparo extremo de proa de una superestructura o de una caseta queda sujeto al criterio de la Administración.



### 5.14.3 Cargas para el escantillado

Los valores de h a utilizar no deberán ser inferiores a:

- para los mamparos extremos de proa no protegidos del primer entrepuente:

$$h = 2,5 + L/100$$

- para los demás

$$h = 125 + L/200$$

En estas fórmulas, el valor de L no deberá tomarse inferior a 50 ni superior a 250.

En nuestro caso tomaremos  $L=50$ , por lo que:

- para los mamparos extremos de proa no protegidos del primer entrepuente:

$$h=2,5+0,5=3$$

- para los demás

$$h=1,25+0,25=1,5$$



#### 5.14.4 Escantillonado de los forros de chapa.

El espesor de las chapas de los mamparos extremos de la superestructura no será inferior a:

$$e = 3\sqrt{Exh}$$

en nuestro caso:

$$e = 3\sqrt{0,5 \times 3} = 2,60 \text{ mm}$$

ni a:

$$e = 5 + L/100 \quad \text{con un máximo de 8 mm,}$$

en nuestro caso:

$$e = 5 + 32,84/100 = 5,32 \text{ mm}$$

por lo tanto tomaremos un  $e = 5,32 \text{ mm}$



### 5.14.5 Forro de los mamparos laterales

El espesor del forro de los costados de las superestructuras no deberá ser inferior a **5 mm**, ni a:

$$e=10x(E-Eo)+0,7x(L+10T2)^{0,5}$$

en nuestro caso:

$$e=10x(0,5-0,576)+0,7x(32,84+10x2,63)^{0,5}=4,62\text{mm}$$

Por lo que tomaremos  $e=5\text{mm}$

### 5.14.6 Forro de las cubiertas

El espesor del forro de la cubierta de la superestructura

no será inferior a:

$$e = 5 + 0,025 L + 5 (E - Eo)$$

En esta fórmula, el valor de L no deberá tomarse inferior a 40.

en nuestro caso:

$$e=5+0,025*40+5x(0,5-0,576)=5,62\text{mm}$$



### 5.14.7 Escantillona de los refuerzos.

- *Mamparos extremos de la superestructura.*

El módulo de resistencia de los refuerzos de los mamparos extremos de las superestructuras y de las casetas no será inferior a:

$$w = 3,5 h E I_2$$

en nuestro caso:

$$w = 3,5 \times 3 \times 0,5 \times 2,7^2 = 38,27 \text{ cm}^3$$

En el caso de superestructuras y de casetas situadas inmediatamente sobre la cubierta de franco bordo, los extremos de los refuerzos deberán ir soldados a las cubiertas.

El valor calculado podrá disminuirse un 15 % cuando se coloquen una o dos cartelas.

El valor calculado se multiplicará por los coeficientes que se dan en la tabla siguiente para los diferentes casos posibles.

Parte alta \ Parte baja	Soldada	Cartela	En bisel
Soldada	1	0,85	1/15
Cartela	0,85	0,85	1
En bisel	1,15	1	1/15



- *Mamparos laterales*

El módulo. de resistencia de las cuadernas de superestructuras de los buques de eslora inferior a 50 m no será inferior a:

$$w = 0,8 k E I B^{3/2}$$

En esta fórmula, el valor de B no se tomará inferior a 6 ni superior a 9.

Los valores de k a considerar son:

- castillo  $k = 0,85$

- demás superestructuras  $k = 0,70$

Siendo en nuestro caso:

$$w = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 2,7 \cdot 9^{3/2} = 20,41 \text{ cm}^3$$



- *Cubiertas de las superestructuras y casetas*

El módulo de resistencia de los longitudinales de la cubierta de las superestructura no será inferior a:

$$w=4,2x(h+a)xExl^2$$

siendo a un coeficiente deducido de las fórmulas siguientes:

- para  $L < 60$        $a = 0$

- para  $L > 60$        $a = 0,167 \text{ d m}$

Siendo en nuestro caso:

$$W=4,2x3x0,5x2,7^2=45,93\text{cm}^3$$



## **5.15 Escotillas**

La altura de las brazolas no será inferior a 305 mm. Las tapas deberán poder trincarse sólidamente.

Para los remolcadores de alta mar, los dispositivos de cierre deberán presentar la misma eficacia que los exigidos en los buques ordinarios para escotillas con altura reglamentaria de brazola de 0,61 m.



## **5.16 Cintón de defensa y amurada.**

Se debe colocar un fuerte cintón de defensa al nivel de la cubierta.

Las amuradas, deben inclinarse hacia el interior para evitar deformaciones en las atracadas.



## 5.17 Resumen de espesores.

Tabla resumen de espesores de tracas.

DENOMINACIÓN	ESPEJOR TEÓRICO	ESPEJOR REAL	ANCHURA
Quilla horizontal	11,58mm	11,5mm	0,91m
Aparadura	9,08mm	9,0mm	0,91m
Forro	8,08mm	8,0mm	
Pantoque	8,95mm	9,0mm	
Costado	8,08mm	8,0mm	
Cinta	8,17mm	8,0mm	0,86m
Trancanil	7,81mm	8,0mm	0,51m
Cubierta	6,42mm	6,5mm	
T. Margen	7,30mm	7,5mm	
Tapa D.F.	5,27mm	5,5mm	



## 5.18 Tabla de módulo resistente de la cuaderna maestra.

En la siguiente tabla aparece el modulo resistente de la cuaderna maestra obtenida tras haber calculado el momento de inercia de todos los elementos que la componen.

ELEMENTO	Und.	ALTO(cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	AxY (cm <sup>3</sup> )	AxY <sup>2</sup>	Mip cm <sup>4</sup>
QUILLA	1	1,15cm	45,50cm	52,33cm <sup>2</sup>	-0,58cm	-30,09cm <sup>3</sup>	17,30cm <sup>4</sup>	5,766651042
APARADURA	1	0,90cm	91,00cm	81,90cm <sup>2</sup>	-0,35cm	-28,67cm <sup>3</sup>	10,03cm <sup>4</sup>	5,52825
FONDO	1	0,80cm	314,00cm	251,20cm <sup>2</sup>	-0,40cm	-100,48cm <sup>3</sup>	40,19cm <sup>4</sup>	13,39733333
COSTADO	1	364,00cm	0,80cm	291,20cm <sup>2</sup>	182,00cm	52998,40cm <sup>3</sup>	9645708,80cm <sup>4</sup>	3215236,267
CINTA	1	86,00cm	0,80cm	68,80cm <sup>2</sup>	407,00cm	28001,60cm <sup>3</sup>	11396651,20cm <sup>4</sup>	42403,73333
TRANCANIL	1	0,80cm	51,00cm	40,80cm <sup>2</sup>	450,40cm	18376,32cm <sup>3</sup>	8276694,53cm <sup>4</sup>	2,176
CUBIERTA	1	0,65cm	399,00cm	259,35cm <sup>2</sup>	450,33cm	116791,79cm <sup>3</sup>	52594262,27cm <sup>4</sup>	9,13128125
MARGEN	1	0,75cm	110,00cm	82,50cm <sup>2</sup>	100,38cm	8280,94cm <sup>3</sup>	831199,10cm <sup>4</sup>	3,8671875
TAPA D.F.	1	0,55cm	340,00cm	187,00cm <sup>2</sup>	100,28cm	18751,43cm <sup>3</sup>	1880299,14cm <sup>4</sup>	4,713958333
LONG. CTA.	8,5	16,00cm	0,70cm	131,75cm <sup>2</sup>	448,50cm	59089,88cm <sup>3</sup>	26501808,94cm <sup>4</sup>	2810,666667
LONG. D.FONDO	5,5	10,00cm	0,80cm	63,31cm <sup>2</sup>	99,40cm	6293,01cm <sup>3</sup>	625525,59cm <sup>4</sup>	527,5833333
LONG.FONDO	5	12,00cm	0,70cm	63,00cm <sup>2</sup>	0,80cm	50,40cm <sup>3</sup>	40,32cm <sup>4</sup>	756
LONG. COST.	6	0,80cm	16,00cm	102,60cm <sup>2</sup>	350,00cm	35910,00cm <sup>3</sup>	12568500,00cm <sup>4</sup>	5,472
1/2 VAGRA C ALMA	0,5	57,00cm	0,38cm	10,69cm <sup>2</sup>	2,85cm	30,46cm <sup>3</sup>	86,81cm <sup>4</sup>	2893,640625
1/2 VAGRA C ALA	1	1,40cm	5,00cm	7,00cm <sup>2</sup>	57,70cm	403,90cm <sup>3</sup>	23305,03cm <sup>4</sup>	1,143333333
VAGRA LAT ALMA	1	57,00cm	0,60cm	34,20cm <sup>2</sup>	2,85cm	97,47cm <sup>3</sup>	277,79cm <sup>4</sup>	9259,65
VAGRA LAT ALA	1	1,40cm	10,00cm	14,00cm <sup>2</sup>	57,70cm	807,80cm <sup>3</sup>	46610,06cm <sup>4</sup>	2,286666667
				1741,62cm <sup>2</sup>		345724,16cm <sup>3</sup>	124391037,10cm <sup>4</sup>	3273941,023

Con los datos de la tabla obtenemos los siguientes resultados para la posición del eje neutro y la inercia:

$$\text{Eje neutro} = Y_n = 1,985\text{m}$$

$$M. \text{ estático} = 691448,32\text{cm}^3$$

$$M \text{ inercia} = 255329956,25\text{cm}^4$$

A continuación calcularemos el módulo resistente en el fondo y en



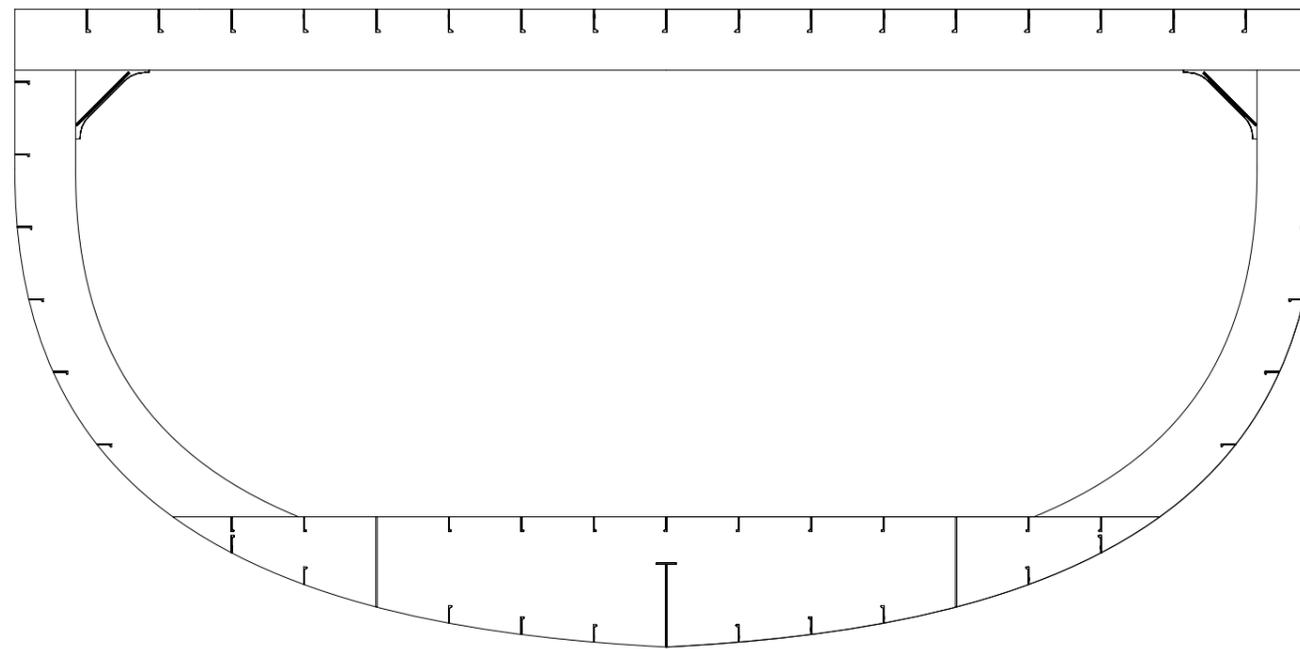
cubierta.

Módulo fondo. 1286252,02cm<sup>3</sup>

Módulo cubierta= 1015256,48cm<sup>3</sup>

El modulo mínimo reglamentario necesario según VB es de 71833cm<sup>3</sup>, por tanto, cumplimos los requisitos mínimos de la sociedad de clasificación.

CTA. A 4500mm DE LB.



D.F. A 1000mm DE LB.

### CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	35,55m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	32,84m
MANGA DE TRAZADO	9,90m
PUNTAL DE TRAZADO	4,50m
CALADO DE PROYECTO	3,50m
DISTANCIA ENTRE CUADERNAS	0,50m

TRACAS	ESPESOR
QUILLA HORIZONTAL	11,5mm
APARADURA	9mm
FONDO	8mm
PANTOQUE	9mm
COSTADO	8mm
CINTA	8mm
TRANCANIL	8mm
CUBIERTA	6,5mm
MARGEN	7,5mm
TAPA D.FONDO	5,5mm

PERFILES	P. BULBO
LONG. CUBIERTA	160x7
LONG. D.FONDO	100x8
LONG. FONDO	120x7
LONG. COSTADO	160x8

PLANO DE LA CUADERNA MAESTRA		
ANTEPROYECTO		
REMOLCADOR DE ALTURA		
ESCALA	1/50	DIBUJADO MANUEL PORRÚA LARA
JULIO 2009		REVISADO DIEGO BLANCO CÁCERES



## **6 CALCULO DE POTENCIA**





---

<b>6</b>	<b><i>CALCULO DE POTENCIA</i></b>	<b>1</b>
6.1	Calculo de potencia mediante "HULLSPEED".	5





## 6.1 Calculo de potencia mediante “HULLSPEED”.

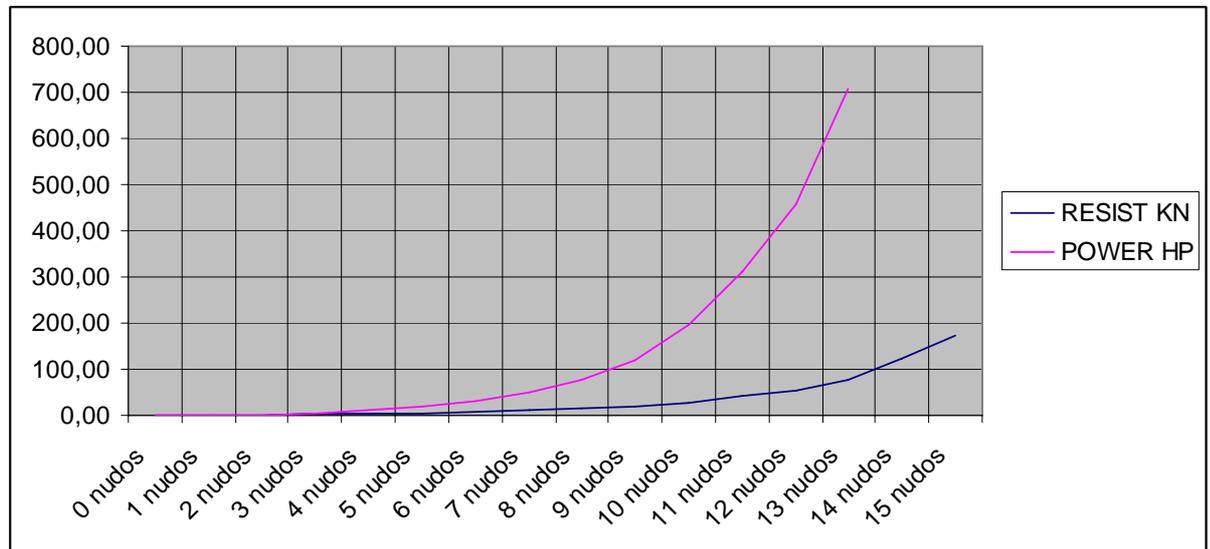
Una vez realizada la estimación de potencia por formulas de regresión, procederemos a calcular la potencia mediante el modulo “HULLSPEED” del software “MAXSURF”, en el usaremos el método de “Van Oortmeersen”, que es indicado para el caso de remolcadores.

La siguiente tabla muestra los resultados, tanto de resistencia al avance de nuestro remolcador, como la potencia necesaria para ello, en una serie de velocidades.

VELOCIDAD	RESIST KN	POWER KW	POWER HP
0 nudos	0,00KN	0,00KW	0,00 HP
1 nudos	0,27KN	0,14KW	0,19 HP
2 nudos	1,00KN	1,03KW	1,40 HP
3 nudos	2,12KN	3,28KW	4,46 HP
4 nudos	3,61KN	7,43KW	10,10 HP
5 nudos	5,43KN	13,98KW	18,99 HP
6 nudos	7,60KN	23,45KW	31,86 HP
7 nudos	10,24KN	36,88KW	50,11 HP
8 nudos	13,79KN	56,75KW	77,11 HP
9 nudos	19,02KN	88,05KW	119,63 HP
10 nudos	28,10KN	144,56KW	196,41 HP
11 nudos	40,76KN	230,67KW	313,41 HP
12 nudos	54,72KN	337,80KW	458,97 HP
13 nudos	77,86KN	520,72KW	707,50 HP
14 nudos	124,01KN	893,15KW	1213,52 HP
15 nudos	172,19KN	1328,75KW	1805,37 HP



La gráfica siguiente muestra de un modo más sencillo los resultados obtenidos.



La potencia requerida para el remolcador será la suma de la potencia necesaria para mover el remolque y el propio remolcador; de una manera aproximada se puede suponer que la potencia que necesita el remolcador para alcanzar una determinada velocidad es del 9 al 10% de la potencia total necesaria para efectuar el remolque; luego conociendo la potencia necesaria para mover el remolque se puede calcular aproximadamente la potencia que necesitará el remolcador para efectuar un determinado remolque.

Por lo que en nuestro caso para una velocidad de 10 nudos, la potencia requerida será igual a 2160 BHP.

La velocidad especificada debemos darla al 90% de la MCR del motor, para tener en cuenta las sobrecargas del mismo durante la vida



útil del buque. Por tanto la potencia del motor deberá ser:

$$\text{Potencia} = 2160 / 0,9 = 2400 \text{ BHP}$$



## **7 EQUIPOS Y SERVICIOS**





<b>7 EQUIPOS Y SERVICIOS</b>	<b>1</b>
<b>7.1 Numeral</b>	<b>5</b>
<b>7.2 Servicios de fondeo y amarre</b>	<b>7</b>
7.2.1 Anclas y cadenas:	7
7.2.2 Caja de cadena:	7
7.2.3 Molinetes de anclas y chigres de amarre:	8
7.2.4 Otros elementos del equipo de fondeo y amarre:	8
<b>7.3 Equipos contra incendios.</b>	<b>10</b>
7.3.1 Sistema contra incendios.	10
7.3.2 Bocas contra incendios	13
7.3.3 Extintores:	14
7.3.4 Detectores contra incendios:	15
<b>7.4 Equipos de salvamento.</b>	<b>16</b>
7.4.1 Bote salvavidas:	16
7.4.2 Balsa de salvamento:	16
7.4.3 Aros salvavidas:	16
7.4.4 Chalecos salvavidas:	16
7.4.5 Aparato lanzacabos:	17
7.4.6 Señales de socorro	17
7.4.7 Bandera y código de señales:	17
7.4.8 Radiotelefonos bidireccionales:	17
7.4.9 Responder de radar:	17
7.4.10 Tabla de señales salvamento:	18
7.4.11 Trajes de supervivencia:	18
7.4.12 Botiquín:	18
7.4.13 Radiobaliza:	18
<b>7.5 Grúas</b>	<b>19</b>
<b>7.6 Servicios sanitarios</b>	<b>19</b>
<b>Alumbrado</b>	<b>20</b>
7.6.1 Luces de navegación	20
7.6.2 Luces sin gobierno:	21
7.6.3 Luces de remolque:	21
7.6.4 Las luces de costado	22
7.6.5 Luces de alcance:	22
7.6.6 Luz de fondeo y varada:	23
7.6.7 Señales sonoras:	24
7.6.8 Luces supletorias:	25
7.6.9 Proyector de señales:	25
7.6.10 Alumbrado exterior	26
7.6.11 Alumbrado interior	28
<b>Equipo de remolque y maniobra de asistencia de buques</b>	<b>35</b>
7.6.12 Maquinilla de remolque en cascada:	35
7.6.13 Chigre molinete:	35
7.6.14 Gancho de remolque:	36
7.6.15 Maquinilla de la sisga:	37
7.6.16 Cabrestante vertical:	37
7.6.17 Maquinilla para recuperar estacha corta:	37
7.6.18 Guías de popa:	38
7.6.19 Arco de remolque:	38
7.6.20 Rodillo de popa:	38
7.6.21 Cintón:	38
<b>7.7 Equipo antipolución:</b>	<b>40</b>
7.7.1 Sistema recuperador:	40



---

7.7.2	Barrera de contención del petróleo:	40
7.7.3	Sistema de recogida de vertidos:	42



## 7.1 Numeral

El numeral de equipo se calculo aplicando:

$$NA = k (LBC)^{2/3}$$

Siendo:

$k = 1,2$  para las menciones remolcador o impulsor, servicio costero; remolcador o impulsor, aguas abrigadas,

$k = 1,3$  para la mención remolcador o impulsor, alta mar.

$$\text{Por lo tanto el } NA=1,3 \times (32,84 \times 9,00 \times 4,5)^{2/3} = 157$$

Una vez calculado el numeral, entraremos en la siguiente tabla, la cual nos indica los servicios necesarios acorde al numeral obtenido anteriormente.



NA superior	Ancias principales articuladas		Ancia de espía	Cadenas con conrete (acero dulce)		Cables de acero galvanizado o estachas de fibra textil				
	Número	Masa unitaria	Masa (Incluido el cepo)	Diámetro nominal	Longitud total	Cable para el ancla de espía		Amarras		
						Longitud	Carga de rotura	Longitud de cada amarra	Número	Carga de rotura
		kg	kg	mm	m	m	kN	m		kN
35	2	100	45	12.5	100	80	39	80	2	55
43	2	120	50	14	100	80	44	80	2	57
50	2	140	55	14	110	90	49	90	2	59
57	2	160	60	16	110	90	54	90	2	61
64	2	180	65	16	110	90	58	90	2	63
70	2	200	75	16	137,5	90	62	90	2	65
76	2	220	80	19	137,5	90	65	110	2	65,5
83	2	240	85	19	137,5	90	67	110	2	66
90	2	260	90	19	137,5	90	70	110	2	66,5
96	2	280	100	19	165	90	76	110	2	67
105	2	300	110	19	192,5	90	80	110	2	67,3
117	2	350	120	20,5	192,5	90	85	110	2	68,5
130	2	400	130	20,5	192,5	90	93	110	2	71,5
141	2	450	150	22	220	110	103	110	2	73,5
158	2	500	170	22	220	110	110	110	2	75,5
170	2	550	180	24	247,5	110	115	110	2	77
192	2	600	200	26	275	110	120	110	2	78
208	2	650	220	26	275	110	127	110	2	82
225	2	700	230	28	275	135	131	135	2	84
242	2	750	250	28	302,5	135	138	135	2	86
258	2	800	270	30	302,5	135	145	135	2	88
275	2	850	280	30	330	135	150	135	2	90
292	2	900	300	30	330	135	157	135	2	91
308	2	950	320	32	357,5	135	163	135	2	93
325	2	1 000	330	32	357,5	135	166	135	2	94
342	2	1 050	350	34	357,5	135	173	135	2	96
358	2	1 100	380	34	385	135	180	135	2	98
383	2	1 200	400	36	385	160	190	160	2	101
416	2	1 300	430	36	385	160	200	160	2	104
450	2	1 400	460	38	385	160	210	160	2	107
483	2	1 500	500	40	385	160	223	160	2	112
516	2	1 600	530	40	385	160	233	160	3	117



## **7.2 Servicios de fondeo y amarre**

### **7.2.1 Anclas y cadenas:**

El numeral del equipo es 157; por lo que entrando en la tabla en la que se encuadra nuestro remolcador, y mirando el NA anterior al nuestro, que en este caso es 141, obtenemos; que el remolcador montará 2 anclas de 450kg cada una, siendo el ancla espía de 150kg incluido el cepo.

Las cadenas serán con concreto de acero dulce y un diámetro nominal de 22mm y 220m de longitud total.

Los cables para el ancla espía serán de acero galvanizado de 110m de longitud con una cadena de rotura de 103 KN, para las amarras 2 estacas de 110m cada una con una carga de rotura de 73,5KN.

### **7.2.2 Caja de cadena:**

Es doble, situada entre cuadernas 58 y 61, en línea de crujía, tiene una base de 1,5 m de eslora (a) por 1 m de manga (b) (cada mitad) y una altura de 2,8 metros, tiene una plancha de fuerte espesor perforada para evitar cualquier daño sobre el piso de la caja de cadenas. Dicha chapa se instalará a 0,4 m de dicho piso para la recogida de fangos, pudiendo ser achicada.



### **7.2.3 Molinetes de anclas y chigres de amarre:**

Molinetes:

Se instalará uno, hidráulico para las dos anclas. El molinete tendrá dos barbotenes, donde engranan las cadenas de ambas anclas y dos cabriones para maniobras de amarre y auxiliares.

El molinete debe tener potencia para llevar el peso del ancla y tres largos de cadena a una velocidad de 10 m/min.( 0,167 m/s).

### **7.2.4 Otros elementos del equipo de fondeo y amarre:**

- Estopores:

Se dispondrán 2 estopores para cadena de ancla de 22 mm de diámetro.

- Escobén:

Los escobenes se fabricarán a partir de una barra perforada de diámetro interior 175 mm. Con espesor suficiente para no presentar problemas con los golpes de la cadena.

- Bitas de amarre:

Se dispondrá de un bitón reforzado en proa y dos bitas dobles fijadas a las amuradas correspondientes y a cubierta. A popa de la



Superestructura se colocaran dos bitas dobles unidas a la cubierta.  
En popa se instalará una bita doble.



## **7.3 Equipos contra incendios.**

### **7.3.1 Sistema contra incendios.**

Los estándares sobre lucha contra incendios de las sociedades de clasificación establecen las clases CI 1, 2 y 3 y requieren un mínimo de capacidad de agua y alcance de los monitores, con un mínimo número de bombas y monitores instalados. Por ejemplo en tractores el único de esos estándares que se considera es la clase 1, que pide una capacidad de agua total de alimentación de lanzas de 2400 m<sup>3</sup>/hr; si además lleva sistema de creación de nube de agua alrededor del remolcador entonces las bombas deberán dar más de 2400 m<sup>3</sup>/hr; con esta capacidad un monitor de agua debe de proyectar los chorros con un alcance mínimo de 120 metros horizontalmente y 45 metros por encima del nivel del mar. En la siguiente tabla se dan dichos mínimos para Lloyd's Register.

**CLASES Y REQUISITOS BUQUES CI. LLOYD'S.**

EQUIPO	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Número de monitores	2	3	4
Capacidad monitores, c/u	12000m <sup>3</sup> /hr	1800m <sup>3</sup> /hr	1800m <sup>3</sup> /hr
Capacidad total bombas	2400m <sup>3</sup> /hr	7200m <sup>3</sup> /hr	10000m <sup>3</sup> /hr
Altura del chorro	45m	70m	70m
Alcance horizontal del chorro	120m	150m	150m
Capacidad F.O. para monitores	24h	96h	96h
Conexiones manguera a cada banda	4	8	8
Núm. equipos de bombero	4	8	8



El remolcador se encuadra dentro de la clase 1, por lo que el sistema estará compuesto por:

- 2 monitores con una capacidad de 1200m<sup>3</sup>/hr cada uno.
- La capacidad de las bombas será de 2400m<sup>3</sup>/hr, siendo la altura del chorro de 45m y su alcance horizontal de 120m.
- La capacidad F.O. de los monitores es de 24h.
- El remolcador contará con 4 conexiones de manguera a cada banda y 4 equipos de bomberos.

Para nuestro caso las bombas C.I. estarán accionadas mediante los motores diesel principales, esto supondrá un menor empacho de cámara de maquinas y una rebaja económica.

Los monitores serán monitores eléctricos, ya que son de fácil control a distancia; se mueven mediante un motor eléctrico y requiere un cableado especial



### **7.3.2 Bocas contra incendios**

Para las bocas de incendios tendremos, que el número tiene que ser tal que a cualquier punto accesible durante la navegación deben llegar al menos 2 chorros de agua provenientes de dos bocas diferentes, una de ellas con una manguera de una sola pieza. Además en Cámara de Máquinas habrá previsto dos bocas de incendio más.

Estas estarán situadas de modo que se les pueda acoplar fácilmente la manguera y sean de fácil acceso.

Tendremos una boca de incendios en proa, otra en popa, una en el techo de habitación y dos más en Cámara de Máquinas.

El barco deberá llevar, por Reglamentación, una brida internacional de toma contra incendios.

Además de las bocas de incendio en los escobenes montaremos un sistema de baldeo que funcionará cuando se leve el ancla para limpieza de la cadena de lodos y agua salada.



### **7.3.3 Extintores:**

El listado de extintores que llevará el barco será el siguiente:

1 extintor con carro de espuma de 45 kg en Cámara de Máquinas.

1 extintor de CO<sub>2</sub>, de 6 kg en el local de control.

1 extintor de CO<sub>2</sub>, de 6 kg en la cocina.

1 extintor de CO<sub>2</sub>, de 6 kg en el puente de gobierno.

1 extintor de CO<sub>2</sub>, de 6 kg en el pasillo acomodación de proa

1 extintor de CO<sub>2</sub>, de 6 kg en el pasillo de la acomodación de superestructura

1 extintor de CO<sub>2</sub>, de 6 kg en el local de los propulsores acimutales.

El buque llevará además seis recargas de respeto para extintores de CO<sub>2</sub>, y una para el extintor de espuma.



### **7.3.4 Detectores contra incendios:**

El barco llevará instalada una central contra incendios de 5 zonas:

Cámara de Máquinas: 2 detectores de humo y 1 detector de fuego en el local de control.

- Pasillo acomodación de proa: 1 detector de humo.
  
- Pasillo acomodación de superestructura: 1 detector de humo
  
- Puente de gobierno: 1 detector de humo
  
- Cocina: 1 detector de fuego.
  
- Sistemas de salvamento



## **7.4 Equipos de salvamento.**

### **7.4.1 Bote salvavidas:**

Se instalará a bordo un bote de rescate de 4 m de eslora, homologado, provisto de todo su equipo reglamentario y que podrá arriarse con todo su equipo por medio de un pescante giratorio de brazo sencillo y accionamiento manual, con elevación asistida.

### **7.4.2 Balsa de salvamento:**

Se instalaran dos balsas con capacidad de 8 personas, colocando 1 por cada banda. Cada una provista del equipo reglamentario.

### **7.4.3 Aros salvavidas:**

Llevará cuatro aros salvavidas. Dos con rabiza de 27,5 m, uno en cada costado y los otros dos con luces de encendido automático y repartidos por igual en ambas bandas.

### **7.4.4 Chalecos salvavidas:**

Levará 8 chalecos en los alojamientos y 4 en cajas metálicas en las inmediaciones de las balsas.



#### **7.4.5 Aparato lanzacabos:**

Será capaz de lanzar un cabo a una distancia de al menos 250 metros con precisión aceptable y llevará como mínimo 4 cohetes y 4 cabos.

#### **7.4.6 Señales de socorro**

Doce cohetes o proyectiles que lancen una luz roja brillante con paracaídas y dos fumígenas flotantes. Llevará un aparato lanzador orientable.

#### **7.4.7 Bandera y código de señales:**

Al ser un buque de más de 100 T.R.B., deberá ir provisto de un juego de banderas y publicaciones del Código Internacional de Señales de la O.M.I., bandera de tamaño n 3 (0,914 x 0,762)

#### **7.4.8 Radioteléfonos bidireccionales:**

Llevará dos radioteléfonos portátiles bidireccionales.

#### **7.4.9 Respondedor de radar:**

Llevará un respondedor de radar estibado en una balsa.



#### **7.4.10 Tabla de señales salvamento:**

El buque llevará un ejemplar de cada una de las Tablas A y B en el Puente, protegidas por un marco de cristal y un ejemplar de las tablas B en cada balsa de salvamento, estibadas con el resto del equipo.

#### **7.4.11 Trajes de supervivencia:**

Consistirá en 8 trajes de inmersión sin aislamiento.

#### **7.4.12 Botiquín:**

El barco estará dotado de un botiquín homologado nº 2 y una guía médica.

#### **7.4.13 Radiobaliza:**

El buque llevará un radiobaliza homologada por SOLAS.



## **7.5 Grúas**

Montaremos una grúa con capacidad de elevación de 5 Ton x m y un alcance máximo de 10 metros.

## **7.6 Servicios sanitarios**

Para este servicio se dispondrá de agua dulce para cocina, lavabos y duchas y agua salada para descarga de inodoros.



## **Alumbrado**

### **7.6.1 Luces de navegación**

#### **Buque navegando hacia proa:**

En el palo del techo del puente, llevará una LUZ BLANCA BRILLANTE dispuesta de manera que proyecte su luz sin interrupción en un sector de horizonte de 20 cuartas de la rosa (225°), 10 cuartas a cada banda del buque. Esta luz será visible con noche oscura y atmósfera clara, por lo menos desde 5 millas, estará situada al menos a una altura de 11 metros del caso (manga).

En la cubierta Puente y en Estribor, llevará una LUZ VERDE, dispuesta de manera que se proyecte de un modo ininterrumpido en un sector del horizonte de 10 cuartas de la rosa (112°). Esta luz será visible al menos a una distancia de 2 millas.

En el costado de babor, llevará una LUZ ROJA, de las mismas características que la de estribor.

Las luces laterales verde y roja irán provistas de pantallas colocadas entre la luz y el buque en la parte de crujía, que avancen al menos 0,91 m a proa de la luz, de forma que sean visibles desde la proa hasta 22,5 grados a popa a través de su costado respectivo. Las pantallas estarán pintadas de negro mate.



### *Buque navegando hacia popa:*

En el palo del techo del puente, llevará una LUZ BLANCA BRILLANTE, mirando hacia popa, de las mismas características y posición que la luz que mira hacia proa.

En la cubierta botes en Estribor, llevará una LUZ ROJA y en babor una VERDE, de las mismas características de la de navegación hacia proa.

### **7.6.2 Luces sin gobierno:**

Cuando el buque esté sin gobierno, llevará de noche y en el palo, dos luces rojas, dispuestas verticalmente y con una separación entre ellas de dos metros, de modo que sean visibles en todas direcciones al menos a 2 millas, de día dos globos negros de 0,6 metros de diámetro separados entre ellos no más de 1,5 metros.

### **7.6.3 Luces de remolque:**

Cuando el buque este remolcando a otro exhibirá:

Dos luces de tope en línea vertical. Cuando la longitud del remolque medido desde la popa del buque hasta el extremo de



popa del remolque, sea superior a 200 m, exhibirá tres luces de tope, según una línea vertical. Sus características serán las mismas que las de tope navegando y su alcance de 2 millas.

#### **7.6.4 Las luces de costado**

Una luz de alcance hacia popa

Una luz de remolque en línea vertical y a 2 metros por encima de la luz de alcance hacia popa.

Una marca bicónica en el lugar más visible, cuando la longitud del remolque sea superior a 200 metros.

Las características de la luz de remolque serán las mismas que las de la luz de alcance pero amarilla con visibilidad de 2 millas.

#### **7.6.5 Luces de alcance:**

El buque cuando este en movimiento llevará a popa una LUZ BLANCA provista de pantallas y constituida e instalada de modo que se proyecte en forma ininterrumpida sobre un sector del horizonte de 12 cuartas de rosa ( $135^\circ$ ), o sea 6 cuartas a cada banda a partir de la popa. Esta luz será visible a una distancia



mínima de 2 millas y se colocará a la misma altura aproximadamente que las luces de costado.

Cuando navegue hacia popa, llevará a proa del puente, una LUZ BLANCA similar a la de alcance por popa.

#### **7.6.6 Luz de fondeo y varada:**

Este buque cuando esté fondeado, llevará de noche en el palo de luces una luz blanca visible en todo el horizonte desde una distancia mínima de 2 millas.

De día y cuando esté fondeado, llevará en la parte delantera y donde mejor se vea, un globo negro con un diámetro no inferior 0,6 m.

Cuando este varado, llevará de noche en el palo la luz de fondeado, además de las dos rojas descritas en Luces sin gobierno.

De día y cuando esté varado, llevará en el palo, tres globos negros de un diámetro no inferior a 0,6 m y separados entre ellos no más de 1,5 metros.



### **7.6.7 Señales sonoras:**

Aunque no sean luces se van a tratar en este apartado por la ligazón existente con las luces de navegación. El buque irá previsto de un silbato eficaz, que suene por medio de aire comprimido y situado de manera que el sonido no pueda ser interceptado por ningún obstáculo, una corneta de niebla que sea sonada por medios mecánicos, y una campana; la corneta y la campana serán suficientemente sonoras.

Con niebla, nevando, fuertes chubascos, brumas, así como cualquier otra circunstancia que disminuya la visibilidad las señales descritas en este artículo se harán del modo siguiente:

Quando este navegando: Sonido prolongado con intervalo de 2 minutos como mucho.

Quando esté fondeado: repicará la campana durante 5 segundos, cada minuto.

Quando este varado deberá repicar la campana cada 5 segundos, precedida y seguida de 3 golpes separados y distintos de la campana.

Quando este en faenas (navegando o fondeado), deberá emitir a intervalos no superiores a un minuto, tres sonidos consecutivos: 1 prolongado, seguido de dos breves



### **7.6.8 Luces supletorias:**

El buque llevará dos lámparas eléctricas alimentadas por pilas que permitirán duración de luz normal durante 6 horas y un respeto de cada lámpara de pila y bombillas.

### **7.6.9 Proyector de señales:**

Llevará un proyector de señales, eficaz, que satisfaga las condiciones de las normas de la Regla 11 del Capítulo V, el cual no deberá alimentarse exclusivamente de la fuente principal de energía eléctrica del barco.

Quedando por tanto las siguientes luces de navegación:

1 luz (doble) Tope navegación hacia proa: blanca

1 luz (doble) Tope navegación hacia popa: blanca

2 Luces de remolque: blanca

1 Luz de fondeo y varada: blanca

2 luces sin gobierno y varadas: Rojas

1 Luz maniobra restringida: Blanca

1 Luz Morse



1 Luz (doble) de Alcance navegación hacia proa: Blanca

1 Luz (doble) de Alcance navegación hacia popa: Blanca

1 Luz (doble) de remolque: amarilla

1 Luz (doble) de costado navegando hacia proa: roja

1 Luz (doble) de costado navegando hacia popa: roja

1 Luz (doble) de costado navegando hacia proa: verde

1 Luz (doble) de costado navegando hacia popa: verde

Suponiendo cada lámpara de 40 W, la potencia instalada es de 1000 W.

#### **7.6.10 Alumbrado exterior**

El alumbrado del exterior será del tipo estanco con lámparas incandescentes de 60 W y pantallas fluorescentes (60W) distribuidas como sigue:

2 Luces estancas con lámpara incandescente a proa del casetón (120 W)

2 Luces estancas con lámpara incandescente costado de babor (120 W)



1 Pantalla luz estanca sobre puerta habitación costado de babor (60 W)

2 Luces estancas con lámpara incandescente costado de estribor (120 W)

1 Pantalla luz estanca sobre puerta habitación costado de estribor (60 W)

2 pantallas luz estanca en popa de casetón de habitación (120W)

Se dispondrán además de 5 focos exteriores de 1000 W y uno de 500W distribuidos para alumbrados con trabajos nocturnos.

Además incorporara dos foco de búsqueda de 1000 W cada uno.

Tenemos un consumo total de alumbrado exterior de 600 W y 7500 W con foco de trabajo.



### 7.6.11 Alumbrado interior

El alumbrado general a 220 V se alimentará de uno de los dos transformadores de 380/220 con salida bifásica de 20 kVA de potencia.

Los puntos de luz interiores serán de tipo fluorescentes tanto en los alojamientos como en la cámara de máquinas, local del servo, pañoles y puente.

#### - Alumbrado Cámara de Máquinas:

4 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W sobre el local de control (cuadro eléctrico)

1 Pantalla de 2 fluorescentes de 20 W sobre la entrada desde habitación.

3 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W bajo la cabina de control.

6 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W en tanques laterales

8 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W en techo de CCMM

3 enchufes de 220 V de fuerza



1 enchufe de 24 V

Consumo total de 880 W + enchufes

- Alumbrado local del servo:

4 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

Alumbrado pañol de popa:

4 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

1 Enchufe 24 V

3 Enchufes de fuerza de 220 V

1 Enchufe trifásico de 380 V

Alumbrado pañol de proa:

3 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

2 Enchufes de fuerza de 220 V



- Alumbrado de caja de cadenas:

2 luces estancas con lámparas incandescentes. (160 W)

Alumbrado de local hélice de proa:

2 luces estancas con lámparas incandescentes. (160 W)

Alumbrado de los cuatro camarotes habitación zona de proa:

1 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

1 Piloto de luz naranja (20 W)

1 Apliques de cabecera con interruptor (60 W)

1 Enchufe de 220 V

1 conmutador



- Alumbrado de los dos camarotes habitación zona de superestructura:

1 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

1 Piloto de luz naranja (20 W)

1 Apliques de cabecera con interruptor (60 W)

1 Luz de mesa (100 W)

1 Enchufe de 220 V

1 conmutador

2 Luces estancas con lámpara incandescentes (160W)

1 Aplique de baño (1 fluorescente de 20 W)

Alumbrado en baño de proa cubierta principal:

2 Luces estancas con lámpara incandescentes (160 W)

1 Aplique de baño (1 fluorescente de 20 W)

1 Enchufe para maquinilla afeitado



- Alumbrado entre los dos pasillos de habitación:

5 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

Alumbrado en el comedor:

3 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

3 Enchufe de TV, DVD, Equipo de música

Alumbrado en la cocina:

3 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

4 Enchufe de fuerza

1 Enchufe de seguridad para freidora.



- Alumbrado en Gambuzas:

2 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

- Alumbrado en el puente:

4 Pantallas de 2 fluorescentes de 20 W

1 Foco de luz de emergencia en telefonía

2 Flexos extensibles, de 100 W cada uno

1 Pantalla marco de 60 W para bajada a habilitación

3 Enchufes de fuerza de 220 V

3 Enchufes de 24 V



- Alumbrado en entrepuente

2 focos estancos con lámpara incandescentes

Alumbrado de emergencia

- El alumbrado de emergencia será a 24V mediante un grupo de baterías. Se instalarán los siguientes puntos de luz:

1 en puente de gobierno

2 en acomodación cubierta castillo

2 en acomodación bajo cubierta

2 en cámara de máquinas

2 en local de control de cámara de máquinas

1 en local de propulsores acimutales

2 para las balsas

1 para el bote de rescate



➤ **Equipo de remolque y maniobra de asistencia de buques.**

El equipo de remolque y asistencia a buques constará básicamente de los siguientes elementos:

**7.6.12 Maquinilla de remolque en cascada:**

Compuesta por dos maquinillas de accionamiento hidráulico con funcionamiento no simultáneo.

El accionamiento hidráulico estará formado por dos motores hidráulicos acoplados a una caja reductora cuyo eje de salida acciona directamente el tambor de la maquinilla.

**7.6.13 Chigre molinete:**

Esta maquinilla como anteriormente se ha dicho tiene un doble cometido, uno es servir como molinete de fondeo y para la maniobra de escolta. Los barbotenes y cabriones para maniobras auxiliares serán embragados manualmente.

El accionamiento hidráulico estará formado, igual que en el caso de las maquinillas de remolque, por dos motores hidráulicos y una caja reductora. Las bombas estarán accionadas esta vez por un motor eléctrico.



Esta maquinilla no contará con un sistema de multiplicación de la velocidad puesto que la capacidad de estacha no es muy grande y la longitud de cadena de fondeo tampoco.

#### **7.6.14 Gancho de remolque:**

Dicho gancho constará de los siguientes elementos:

- Gancho – rotor
- Bastidor
- Soporte giratorio
- Mecanismo de disparo neumático con botoneras colocadas en diferentes posiciones del buque
- Brazo y pista de rodadura con objeto de disminuir las escoras producidas en el remolcador cuando la línea de tiro no coincide con la línea de crujía del remolcador.
- Amortiguador de balance consistente en un cilindro hidráulico que fija el brazo en la posición deseada impidiendo que cuando el gancho está sin carga barra la cubierta, aumentando de esta forma la seguridad del personal asignado a las tareas de encapillar el remolque. El amortiguador se libera cuando comienza el buque a remolcar.



- Disparo de seguridad por escora límite que produce el disparo del gancho de remolque en caso de que el remolcador se vea sometido a una escora que ponga en peligro su estabilidad durante un determinado período de tiempo. Dicho equipo consta de un armario estanco conteniendo en su interior un inclinómetro con ampollas de mercurio que a través de un temporizador cierran el contacto eléctrico que activa la electroválvula neumática para dar paso al aire comprimido al cilindro de disparo neumático que realiza el disparo del gancho.

#### **7.6.15 Maquinilla de la sisga:**

Se trata de una maquinilla cuyo objeto es el recuperar la sisga utilizada para pasar el cable de remolque o la estacha al buque asistido.

#### **7.6.16 Cabrestante vertical:**

Se trata de una maquinilla de accionamiento hidráulico utilizada para maniobras auxiliares en cubierta de popa.

#### **7.6.17 Maquinilla para recuperar estacha corta:**

Esta maquinilla se utiliza para enrollar la estacha de 105 mm diámetro y unos 100 m de longitud que utilizan para las maniobras en puerto. Esta estacha tiene diferentes propiedades que la de remolque puesto que debe estirarse lo mínimo posible mientras que la de remolque debe ser bastante más elástica.



### **7.6.18 Guías de popa:**

Es una mesa que contiene dos rodillos que suben y bajan hidráulicamente mediante dos cilindros. Esta guía se emplea en remolques largos para que la estacha o cable de remolque no se mueva por cubierta, manteniéndolo siempre en la misma posición.

### **7.6.19 Arco de remolque:**

Por popa de la maquinilla de remolque se colocará un arco guía de remolque.

### **7.6.20 Rodillo de popa:**

Su función es salvaguardar la zona de la amurada de popa del rozamiento del cable de remolque. Este rodillo se monta sobre rodamientos. Se remata contra la amurada con dos tejas de chapa de 25 mm.

### **7.6.21 Cintón:**

A lo largo del contorno del buque se dispondrán cintones de protección formados por un perfil de caucho y adosados al casco mediante pletinas de acero soldadas a éste, a las que se atornillarán mediante pernos galvanizados.



En proa llevara defensa vertical y en popa defensa cilíndrica de 600 mm o de goma maciza y de una sola pieza En estas zonas de proa y popa el casco estará debidamente reforzado



## **7.7 Equipo antipolución:**

### **7.7.1 Sistema recuperador:**

El sistema recuperador de petróleo que vamos a montar en el remolcador, consta de las siguientes partes:

### **7.7.2 Barrera de contención del petróleo:**

Montaremos una barrera RO-BOOM 1800 de 200 m. (8x25m), que cumple con las especificaciones del proyecto. Para la estiba de la misma se dotará al buque con una maquinilla de accionamiento hidráulico cuyas dimensiones serán 2,7x2,0x1,8 m e irá dotada de un rodillo que permita largar o virar dicha barrera por encima de la amurada del buque.



Las características principales de la barrera son:

Francobordo	0,6 m
Calado	0,9 m
Lastre/Cadena	13 mm
Reforzado adicional	Estándar
Sección	200 m
Peso	12,5 Kg/m

Está fabricada en Neopreno altamente resistente y recubierta de Hypalon, con una unión vulcanizada.



### **7.7.3 Sistema de recogida de vertidos:**

Montaremos un sistema de aspiración de vertidos con las siguientes características:

Capacidad nominal	100 a 125 m <sup>3</sup> por hora
Ajuste equipo	Autoajustable
Calado	0,7 m
Peso	150 kg.
Bomba a bordo	1x DS250
Zona ideal de operaciones	Mar abierto, costa y puertos
Tipo de vertido	Pesado a ligero
Accesorios	Maquinilla de accionamiento hidráulico para estiba de la manguera



## **8 DISPOSICIÓN GENERAL.**





<b>8</b>	<b>DISPOSICIÓN GENERAL.</b>	<b>1</b>
<b>8.1</b>	<b>Disposición de cubiertas</b>	<b>5</b>
8.1.1	Cubierta principal	5
8.1.2	Cubierta de castillo	5
8.1.3	Cubierta de superestructura.	5
8.1.4	Cubierta piso de Cabina de Control:	6
8.1.5	Cubierta de techo puente	6
8.1.6	Cubierta de habilitación de Proa y Pañol de proa	6
<b>8.2</b>	<b>Zona de trabajo:</b>	<b>8</b>
<b>8.3</b>	<b>Cámara de Máquinas.</b>	<b>9</b>
<b>8.4</b>	<b>Capacidades.</b>	<b>11</b>
<b>8.5</b>	<b>Zonas de amarre y fondeo</b>	<b>13</b>
<b>8.6</b>	<b>Habilitación</b>	<b>14</b>
8.6.1	Cocina:	14
8.6.2	Salón de tripulación	16
8.6.3	Comedor:	17
8.6.4	Guardacalores	17
8.6.5	Camarote del Capitán con aseo	17
8.6.6	Camarote del Jefe de Máquinas con aseo	18
8.6.7	Un baño de la tripulación:	18
8.6.8	Camarotes.	19
8.6.9	Pañol de Proa	19
8.6.10	Compartimento de A/A	20
8.6.11	Local de control de la Sala de Máquinas	20
8.6.12	Local del servo	20
8.6.13	Pasillos	20
<b>8.7</b>	<b>Accesos:</b>	<b>22</b>
8.7.1	Escalas :	22
8.7.2	Puertas	22
8.7.3	Acceso a compartimentos	23





## **8.1 Disposición de cubiertas**

El buque dispone de las siguientes cubiertas:

### **8.1.1 Cubierta principal**

La cubierta principal es una cubierta corrida desde la popa hasta la cuaderna 28 donde pasa a ser a tener una subida de nivel de aproximadamente 1000 mm y pasa a ser una especie de cubierta castillo, hasta llegar proa. Sobre esta cubierta se encuentran los elementos que forman el equipo de remolque y la grúa.

### **8.1.2 Cubierta de castillo**

La cubierta castillo se extiende desde la cuaderna 28 hasta la proa. Ésta se confunde con la cubierta principal y en ella se encuentra la zona de Superestructura y la zona de fondeo.

### **8.1.3 Cubierta de superestructura.**

La cubierta de puente está situada por encima de la cubierta principal a 6000mm de la Línea base, extendiéndose desde la cuaderna 30 hasta la 57. Esta cubierta es en realidad la cubierta de la caseta de habitación donde se encuentran los camarotes del capitán y jefe de máquinas, cocina, gambuzas y saló-comedor. Sobre esta cubierta se sitúa el puente de gobierno. También se encuentran en ella los medios de salvamento de que dispone el buque.



#### **8.1.4 Cubierta piso de Cabina de Control:**

Esta cubierta está situada 8700mm de LB, por encima de la Cubierta Puente y es interior a la cabina de control, definiendo entre ella y la cubierta Puente un pañol de baterías. Situado entre las cuadernas 37 y 50.

#### **8.1.5 Cubierta de techo puente**

Sobre la cubierta del techo del puente se encuentra el palo de luces que porta todas las luces reglamentarias, excepto las de situación que van colocadas en los laterales de las chimeneas de babor y estribor. Fijada al palo de luces se eleva una pequeña plataforma que sirve de soporte a las antenas de radar. Por debajo de esta y apoyada sobre las chimeneas se encuentra una plataforma cuyo cometido es servir de soporte a los dos monitores contraincendios. A esta altura terminan también los tubos de exhaustación de los motores principales y auxiliares. Sobre la cubierta del techo del puente propiamente dicha se encuentran situados los siguientes elementos: Palos de sujeción de antenas de equipos de comunicación y ayuda a la navegación, proyector de búsqueda controlado desde el interior del puente, bitácora, radiobaliza y proyectores de cubierta.

#### **8.1.6 Cubierta de habilitación de Proa y Pañol de proa**

Esta cubierta está situada por debajo de la cubierta principal y se extiende desde la cuaderna 40 hacia proa hasta el mamparo de colisión de proa. A la misma se accede desde la superestructura y desde la



escotilla de proa, según a la zona de la misma a la que se acceder.

En esta cubierta están situados los siguientes elementos:

Cabina de control de Sala de Máquinas, con un acceso desde la misma.

Habilitación para 11 tripulantes, con acceso desde Superestructura, y desde la Cabina de Control de Sala de Máquinas.

Pañol de Proa, con acceso desde la cubierta principal por medio de una escotilla. Donde tenemos situado además la Unidad de Aire Acondicionado. En este local también se estiba material de lucha contra incendios y contracontaminación.



## 8.2 Zona de trabajo:

El barco de proyecto es un buque de servicio por lo que no existe una zona de carga definida aunque si se dispone de una amplia zona en popa especialmente reforzada para transportar diferentes suministros. A bordo se disponen dos pañoles dentro del casco. A popa de la cámara de máquinas se sitúa la bodega de lucha contra la contaminación marina. En esta bodega se estiban los elementos que constituyen el equipo de lucha contra la contaminación (skimmers, barreras, bolsas de recogida del crudo). Una escotilla comunica la bodega con la cubierta principal.

En la Proa del barco se sitúa el pañol de proa donde se estiba el resto del material.

En lo que se refiere a la zona de trabajo, ésta se sitúa sobre la cubierta principal, a popa del equipo de remolque. Aunque en la lucha contra incendios y cuando el buque se este utilizando de carnero, también tendremos como posible zona de trabajo la cubierta Castillo. Para el desembarque de agua en cubierta se han practicado unas falucheras en la amurada. Estas portas de desagüe tendrán una superficie total mínima por cada banda de  $S=0,07d$ , siendo  $d$  la longitud en m del pozo que forma la amurada, que viene a ser la eslora total, quedando por tanto 2,61 m<sup>2</sup> de superficie total exigida por reglamento, que repartido en 7 falucheras, nos define una superficie mínima unitaria de 0,37 m<sup>2</sup>/porta.



### **8.3 Cámara de Máquinas.**

Situación. Alturas de doble fondo y plataformas. Encaje maquina propulsora y líneas de ejes

La cámara de máquinas está emplazada en la mitad del buque, práctica habitual en este tipo de buques. Se extiende desde la cuaderna 24 hasta la cuaderna 40, estando limitada tanto a proa como a popa por un mamparo estanco al agua.

A Proa de la cámara de máquinas se sitúa una plataforma, en donde se sitúa el cuadro principal, dicha plataforma se sitúa 2700 mm por encima del techo de la tapa de tanques.

La altura en Cámara de Máquinas viene a ser unos 3500 mm (puntal menos altura DF), altura a la que debemos restar la altura de los elementos para obtener la altura libre, estimando unos elementos de unos 250 mm de altura tenemos una altura libre de 3250 mm, el motor inicialmente supuestos tienen un altura hasta la culata de 2100 mm aproximadamente, estimándose una altura sobre doble fondo de 200 mm de polín, tenemos una altura libre encima de la culata de 950 mm, suficiente para permitir trabajos de reparación de los motores que requieran la extracción de algún pistón, para lo que se montaran unos cáncamos de desmontaje a la altura de la cubierta principal.

El motor principal se sitúa de la cuaderna 28 hacía proa. El motor se conecta al propulsor mediante un eje. El eje va alojado en un túnel



que pasa el mamparo situados en cuadernas 24, perdiendo altura para llegar a engranar con el propulsor centrado en la cuaderna 3.



## 8.4 Capacidades.

Empezaremos por el agua dulce. Se tratará de compartimentar el buque de tal forma que se cumpla con la exigencia del proyecto de tener 25 m<sup>3</sup> de agua dulce de servicio.

El combustible es la mayor partida volumétrica y tratará de repartirse a lo largo del buque, de tal forma que haya combustible en la zona de proa, central y de popa del buque, para tratar de tener unos trimados lo más equilibrados posible. También se procurará tener unos tanques de servicio diario grandes que permitan márgenes de maniobra grandes sin necesidad de frecuentes trasiegos de gasoil. Esto es necesario pues en caso de remolques en altura prolongados los motores pueden estar trabajando al 100% de su potencia durante largos periodos de tiempo. Un motor tiene un consumo diario en el peor de los casos de unos 8000-8500 l/día que teniendo en cuenta como margen de servicio un 15% esta cifra se iría a unos 10000 l/día por motor lo que supone un consumo diario total de 20000 l.

El consumo de los motores auxiliares se dispondrán dos tanques de servicio diario de aproximadamente 2000 litros cada uno dispuestos en los costados de la cámara de máquinas para mejorar la transmisión de calor y no ser necesario montar grandes enfriadores de combustible. Como tanque de reboses se usarán los doble fondos en cámara de máquinas.

El buque dispondrá también de dos tanques de espumógeno para



la lucha contra incendios, que se colocarán lo más cerca posible de la zona de proa de los motores que es la zona que suele accionar la bomba contra incendios, el volumen necesario será de 8m<sup>3</sup>.

Misma consideración que los anteriores tanques tienen los tanques de emulsionante para la lucha anticontaminación, siendo en este caso el volumen fijado por la definición del proyecto en unos 15 m<sup>3</sup>.

También se tendrán en cuenta los demás tanques menores de cierta importancia como son el de aceite de motores (8m<sup>3</sup>), tanque de lodos y varios (10m<sup>3</sup>).

El siguiente cuadro, resumen en una tabla las capacidades iniciales de tanques.

DEMANDA DE VOLUMEN	
COMBUSTIBLE	105 m <sup>3</sup>
AGUA DULCE	25 m <sup>3</sup>
ESPUMOGENO	8 m <sup>3</sup>
EMULSIONANTE	15 m <sup>3</sup>
ACEITE	8 m <sup>3</sup>
VARIOS	10 m <sup>3</sup>



## 8.5 Zonas de amarre y fondeo

Para amarre del remolcador existen en cubierta principal un total de 5 bitas, 2 por banda y una en popa, estas bitas son del tipo doble y nos definen 3 zonas de amarre, una en la cuaderna 0, otra en la cna.20 y otra en la 59. Para las bitas de las bandas se le practicará un rebaje en la amurada para permitir el paso de las amarras por la misma sin ser dañadas, protegiendo los barraganetes de la zona con tubo para evitar deterioros de la amarra, para la bita de popa se dispone en cada banda de un guía cabos.

Para fondeo se dispone de una zona en la cubierta principal-castillo en proa, en la cuaderna 63 donde tenemos instalado el molinete doble, para manejo de las dos anclas.



## 8.6 Habilitación

La zona de habilitación se sitúa parte por encima de la cubierta principal. En esta cubierta se encuentran los siguientes compartimentos:

### 8.6.1 Cocina:

La cocina cuenta con una cocina eléctrica de cuatro elementos y horno, una campana extractora, un microondas, un fregadero con agua fría y caliente, muebles bajos y altos de acero inoxidable. Tendrá los mamparos forrados de mamparos tipo sándwich con acabado en acero inoxidable.

Gambuza refrigerada para productos perecederos y Gambuza seca

El área de almacén refrigerada consiste de una cámara de refrigeración como sigue:

Las cifras objetivo para espacio almacén son como sigue

- Almacén Refrigerado 2,5 m<sup>3</sup>
- Provisiones secas 4,5 m<sup>3</sup>
- Efectos sellados 0,5 m<sup>3</sup>



La distribución de espacio será como sigue:

Espacio	Temperatura	Volumen
Carne y Pescado	-18oC	1,5 m3
Vegetales y lácteos	+ 4oC	1 m3
Almacén provisiones secas	+15oC	4,5 m3

Los recubrimientos interiores y techos serán de paneles modulares prefabricados de poliuretano recubiertos con plancha de acero inoxidable en la cara visible y chapa de acero galvanizado en la parte trasera del elemento.

Las puertas tendrán apertura libre con un mínimo de 600 mm y estarán equipadas con bisagras muy robustas, pestillos y juntas de goma. Las puertas serán abiertas desde ambas caras incluso cuando están cerradas.

Se instalará un termómetro local en el exterior de la puerta principal de los almacenes de provisiones.



## 8.6.2 Salón de tripulación

La sala estar/recreo será amueblada con:

1-Perchero

1-Enfriador de agua potable

1-Sofá

1-mesa para sofá

1-armario pequeño para libros

1-Armario con TV , DVD integrado.

1-Tablón de avisos

-Lámparas, cortinas/persianas, papeleras etc. según sea necesario.



### **8.6.3 Comedor:**

Consistente en una mesa de seis plazas y dos bancos, físicamente se encuentra en el mismo local que la sala de estar.

### **8.6.4 Guardacalores**

Se instalaran dos guardacalores, entre las cnas.35 y 38. Deberán tener la protección aislante de calor adecuada.

### **8.6.5 Camarote del Capitán con aseo**

El camarote del capitán consta de:

1-Armario con cerraduras con percheros y estantes.

1-escritorio con cajones con cerradura

2-silla para el escritorio

1-Estante de libros

1-Percheros

1-cama: 2000 x 900, con dos cajones fijos.

-Lámparas, cortinas/persianas, papeleras etc. según sea



necesario.

Baño que como mínimo contendrá los siguientes accesorios:

1-Lavabo integrado de Aprox. 550 x 450 mm, con monomando y tapón con cadena. Con soporte de jabón en el lavabo y con aro de toalla

1-Sanitario de porcelana con tapa y portarrollos con soporte para rollo de repuesto

1-Cabina de aseo que estará montada en el mamparo con puertas de espejos, equipado con cerradura adecuada para uso marino, con estantes, lámpara integrada y enchufe para máquina de afeitar 110/220 V., el aparato de luz tendrá 2 bombillas separadas.

1-Hueco de ducha con grifo caliente/frío con termostato para alcachofa de ducha y posibilidad de ajustarla en altura y ángulo (interruptor de vacío), además de cortina, asidero y soporte de jabón.

#### **8.6.6 Camarote del Jefe de Máquinas con aseo**

Similar en características al del capitán. De dimensiones algo más reducidas

#### **8.6.7 Un baño de la tripulación:**

Similar al del capitán, pero con dos lavabos y dos duchas. También dispondrá de bancos y taquillas para los tripulantes.



### **8.6.8 Camarotes.**

En la cubierta a 1800 de LB, y entre las cuadernas 40 y 56 se dispondrán los 4 camarotes para la tripulación. Estos constarán de:

1-Armario doble con cerraduras con percheros y estantes.

1-Mueble con TV en la parte alta, radio, dvd, etc.

1-escritorio con cajones con cerradura

1-silla para el escritorio

1-Estante de libros

Percheros

1-Literas: 2000 x 900, con dos cajones fijos.

Lámparas, cortinas/persianas, papeleras etc. según sea necesario.

### **8.6.9 Pañol de Proa**

En la zona de proa, entre las cuadernas 56 hasta proa y sobre la cubierta a 3500mm sobre LB, se dispondrá el pañol de proa.



### **8.6.10 Compartimento de A/A**

Este se habilitará en el pañol de proa.

### **8.6.11 Local de control de la Sala de Máquinas**

El local de control de sala de máquinas está situado entre las cuadernas 36 y 40, y sobre la cubierta a 1000mm de LB. A este se tiene acceso desde la cubierta principal.

### **8.6.12 Local del servo**

El local del servo está situado a popa del mamparo de colisión de popa. Entre las Cuadernas -2 y 4, y es el compartimento que aloja la maquinaria del timón. El acceso es a través del taller de máquinas.

### **8.6.13 Pasillos**

Para los recubrimientos de cubiertas y mamparos tendremos en cuenta que el tratamiento y pintura de la superficie de acero será realizado de acuerdo a las especificaciones de pintura y sus instrucciones de composición de fabricante, el recubrimiento de la cubierta en cocina, despensas, aseos, lavandería, será ligeramente inclinado, mediante cemento armado, hacia los imbornales de cubierta para facilitar un drenaje adecuado.

Aplicaremos una capa base de pintura en todos los locales y pasillos en habilitación, el cual será cubierto de moqueta, vinilo, madera



o lozas.

El piso en la cámara de control de máquinas será de goma antideslizante.

El aislamiento de la Habitación será de lana mineral con características para aislar contra las altas y bajas temperaturas especificadas y contra el incendio y ruido.

El espesor del material de aislamiento cumplirá con los reglamentos de aislamiento contra calor, frío, incendio y ruido y será combinado con aislamiento de incendios. Los techos serán siempre de material retardante al fuego.



## **8.7      Accesos:**

Este servicio incluye todos aquellos elementos que permiten a la tripulación desplazarse por todo el buque de un compartimento a otro de la forma más directa posible y en todas condiciones meteorológicas. Se ha tratado de que en la medida de lo posible cada compartimento cuente con dos vías de escape situadas en zonas opuestas

Los elementos que se incluyen en el servicio de acceso son:

### **8.7.1      Escalas :**

El ancho de los peldaños estará comprendido entre 200 y 280 mm, con una separación entre éstos de no más de 215 mm.

El ángulo de inclinación debe ser menor de 50°.

Las escalas están construidas con material incombustible y los peldaños estarán pintados con material antideslizante. El canto de los peldaños serán romos. Además todas las escalas contarán con pasamanos.

### **8.7.2      Puertas**

Las puertas de acceso entre a los espacios de la acomodación tendrán un ancho útil de 600 mm, al igual que la que se utilizaran para dar acceso a los servicios del buque.



Las puertas de acceso a los espacios situados en la cubierta principal serán estancas al agua. También serán estancas al agua las puertas situadas en los mamparos estancos de subdivisión. Éstas serán de accionamiento hidráulico con control local y control remoto en el puente.

Por encima de la cubierta principal, las puertas serán estancas a la intemperie. Las bisagras de las puertas estarán situadas en la parte de proa de las mismas, de forma que el viento y los golpes de mar tiendan a cerrarlas.

### **8.7.3 Acceso a compartimentos**

- *Servo:*

Se accede desde el taller de máquinas a través de una puerta estanca practicable desde las dos caras, o por una escotilla enrasada que da acceso al pañol del servo.

- *Taller de máquinas:*

Se accede a través de la cámara de maquinas mediante puerta estanca practicable desde las dos caras o a través de una escotilla en la Cubierta principal.



*- Cámara de máquinas:*

El acceso se realiza de las siguientes formas:

Desde la cubierta principal, por el guardacalor, mediante dos escalas, una en la banda de babor y otra en la de estribor.

Desde el taller de máquinas a través de una puerta estanca practicable desde las dos caras.

Desde la Cabina de control de Sala de Máquinas mediante una puerta estanca practicable desde las dos caras y una escalera.

Desde habitación mediante una escala. A la que también se tendrá acceso desde el exterior.

*- Pañol de proa:*

Desde la cubierta de castillo, a través de una escotilla.

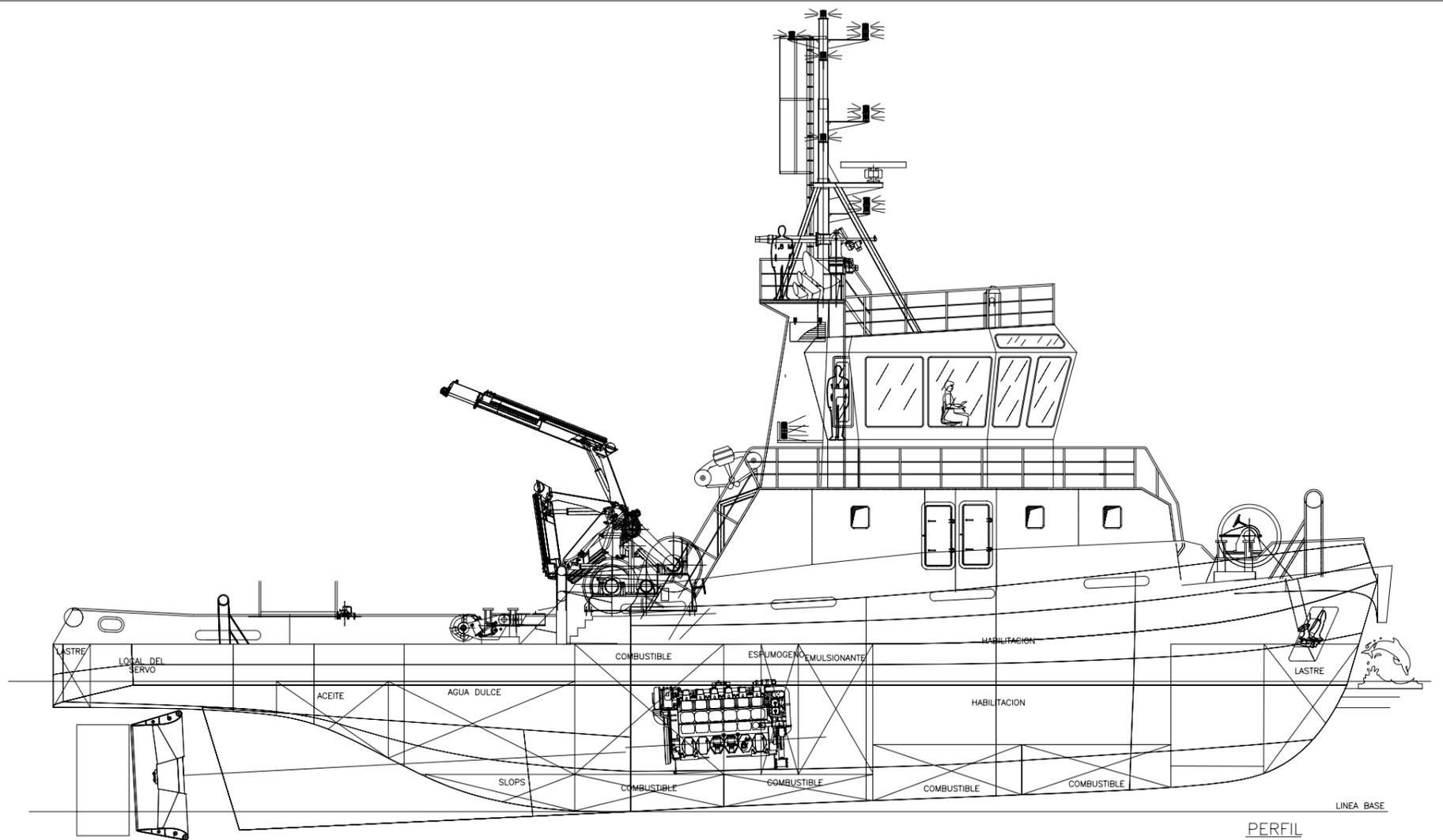
Desde la habitación bajo Cubierta Castillo mediante una puerta estanca practicable desde las dos caras.



*- Puente de Gobierno:*

Desde la zona de habilitación de cubierta principal mediante una escalera.

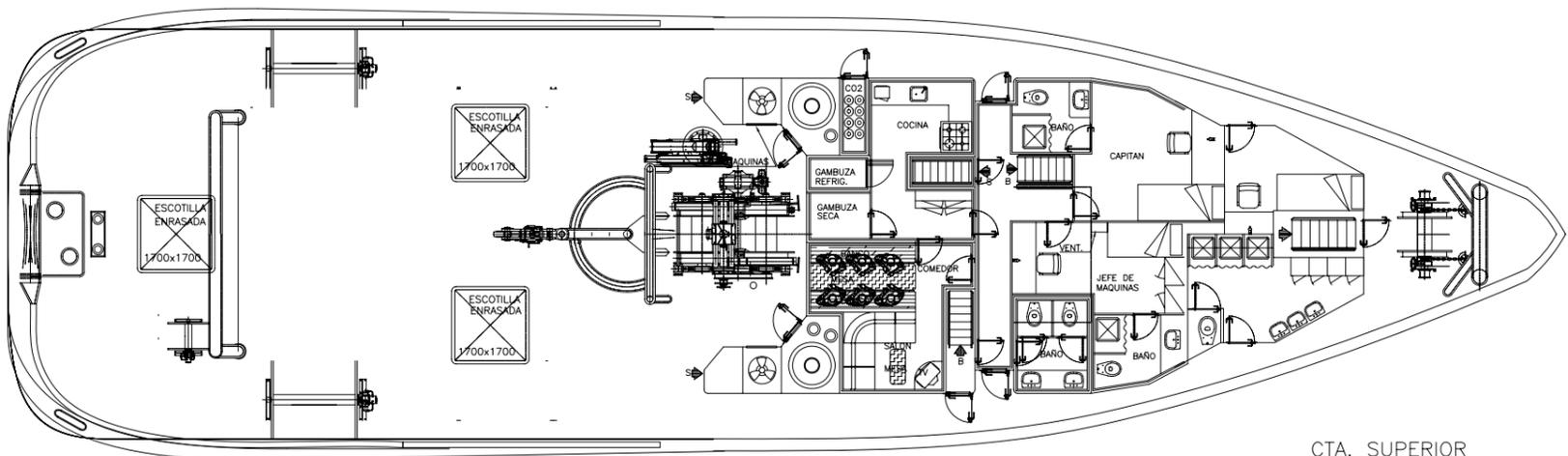
Desde la cubierta principal, por el exterior, subiendo a la cubierta de castillo por dos escalas, una en cada banda. Que dan acceso a la cubierta de bote salvavidas y desde la misma por otro par de escaleras, una por banda, hasta el puente de gobierno



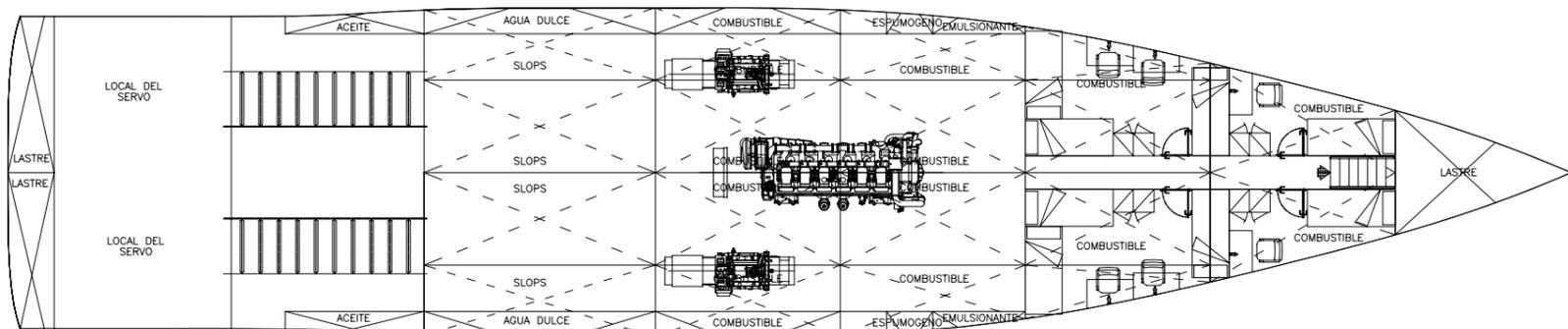
PERFIL



CUADERNAS ESPACIADAS CADA 500mm



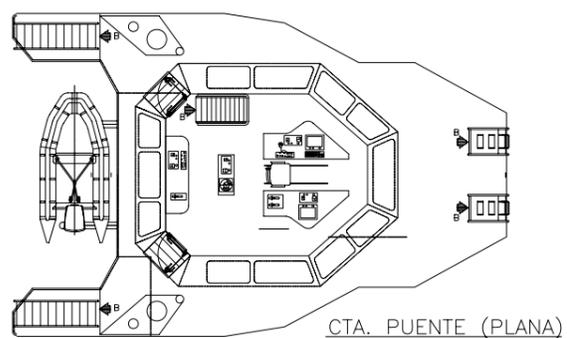
CTA. SUPERIOR



DOBLE FONDO

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	35,55m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	32,84m
MANGA DE TRAZADO	9,90m
PUNTAL DE TRAZADO	4,50m
CALADO DE PROYECTO	3,50m
DISTANCIA ENTRE CUADERNAS	0,50m



CTA. PUENTE (PLANA)

PLANO DE DISPOSICION GENERAL

ANTEPROYECTO  
REMOLCADOR DE ALTURA

ESCALA	1/150	DIBUJADO	MANUEL PORRÚA LARA
	JULIO 2009	REVISADO	DIEGO BLANCO CÁCERES



## **9.PRESUPUESTO**





---

<b>9</b>	<b>PRESUPUESTO</b>	<b>1</b>
9.1	Introducción.	5
9.2	Coste de la construcción.	6
9.3	Costes de los materiales a granel.	7
9.4	Coste de la mano de obra del montaje de los materiales a granel, CmM.	8
9.5	Coste de los equipos., CEq y su montaje CmE	9
9.6	Costes varios aplicados.	10
9.7	Coste de la adquisición para el armador.	11
9.8	Gastos del armador, GA	12





## 9.1 Introducción.

El presupuesto aproximado del buque está realizado de acuerdo con las directrices y datos dados en la publicación “El proyecto básico del buque mercante”.

Este coste habrá que ser corregido, ya que dichas formulas están referidas a 1996, por lo que habrá que sumarles el incremento del IPC, que corresponde a un 45,2%, según el instituto nacional de estadística.



## 9.2

### Coste de la construcción.

El coste de la construcción (CC) viene definido por:

$$CC=CMg+CEq+CMo+CVa$$

siendo:

CMg= coste de materiales a granel.

CEq= coste de los equipos

CMo= coste de la mano de obra

CVa= costes varios.

En la construcción de buques, el coste del mismo se divide de la siguiente forma:

70-80% suministros exterior al astillero

20-30% coste de construcción.



### 9.3 Costes de los materiales a granel.

Se consideran materiales a granel: acero del casco y superestructura, equipos metálicas del casco, tales como escalas, pisos tecles, etc...

$$CMg = cmg \times WST = ccs \times cas \times cem \times ps \times WST$$

siendo:

WST: peso del acero del buque = 186 t

cmg: coeficiente de coste del material a granes, se calcula como el producto de los siguientes coeficientes.

Ccs: coste ponderado de chapas y perfiles de distintas calidades, (1,05 y 1,10) = 1,08

cas: relación entre peso bruto y peso neto. (1,08-1,15) = 1,12

cem: incremento del equipo metálico (1,03-1,10) = 1,08

ps: precio del acero en 1996 = 740,52 €/tns

$$CMg = 1,08 \times 1,12 \times 1,08 \times 740,52 \times 186 = 179934,84\text{€}$$



#### 9.4 Coste de la mano de obra del montaje de los materiales a granel, CmM.

$$CmM = chm \times csh \times WST$$

siendo:

WST: peso del acero del buque = 186 t

chm: coste horario medio del astillero. 42/hora

csh: coeficiente de horas por toneladas. 60h/toneladas

pst: coste unitario del acero montado en cada astillero

$$CmM = 42 \times 60 \times 186 = 468720 \text{€}$$

$$\text{coste del material a granel montado} = CMg + CmM = 179934,84 + 468720 = 648654,84 \text{€}$$



## 9.5 Coste de los equipos., CEq y su montaje CmE

En el coste de los equipos se incluyen el coste de todos los servicios o sistemas asociados a dicho equipos y su coste de montaje.

$$CEq + CmE = CEc + Cep + Chf + Cer$$

siendo:

CEc: coste de los equipos de manipulación y almacenamiento de la carga.

Cep: coste de los equipos de propulsión y auxiliares.

Chf: coste de la habilitación y fonda.

Cer: coste del equipo restante.

El coste de los equipos y su montaje lo hemos obtenido de un buque similar, siendo este:

$$CEq+CmE=2975000€$$

**9.6****Costes varios aplicados.**

Son los costes para el astillero de todo aquello, que sin intervenir directamente en el proceso de construcción, tiene un coste directo. Estos costes varios aplicados,  $C_{va}$ , se pueden calcular en función del coste de construcción  $CC$ .

$$C_{va} = c_{va} \cdot CC$$

siendo  $c_{va}$  un coeficiente tal que  $0,05 < c_{va} < 0,10$

$$C_{va} = 0,08 \times 3623654,84 = 289892,38\text{€}$$

por lo que el coste total de la construcción será:

$$CC = 3913547,22\text{€}$$



## 9.7

### Coste de la adquisición para el armador.

Se verifica que el coste de adquisición para el armador, CA es:

$$CA=CC+BI$$

CC: coste de construcción

BI: beneficio industrial

el BI, lo podemos aproximar entre el 5 y el 20%, por lo que:

$$CA=3913547,22 \times 1,15=4500579,30 \text{ €}$$



## 9.8 Gastos del armador, GA

En esta partida se incluyen no solo los cargos y los respetos que el armador adquiere directamente para el buque, sino también todos los costes directos a cargo del armador, tales como: gastos de notaria, prestamos, intereses, e IVA. Se puede estimar como:

$$GA = ga \times IT$$

siendo:

$$0,20 < ga < 0,25$$

$$ga = 0,225$$

$$IT = ((1 + bi) \times CC) / (1 + bcn - ga)$$

$$IT = 4500579,30 / 0,875 = 642939,9 \text{ €}$$

Siendo el importe total 5143519,2€

Por lo que el presupuesto de adquisición de nuestro remolcador será de 5,15 millones de €



## Bibliografía.

- ✓ Reglamento de la construcción y la clasificación de buques de acero  
Bureau Veritas.
- ✓ Dimensionamiento de remolcadores.  
Manuel Arnaldos. Ing. Naval (artículo)
- ✓ Estabilidad de remolcadores  
Subsecretaria de la marina mercante. Circular nº2/79 fecha 22.05.79
- ✓ Teoría del buque y sus aplicaciones.  
Carlos Godino Gil.
- ✓ Técnicas de construcción naval  
Primitivo B. Gonzalez Lopez.
- ✓ El proyecto básico del buque mercante.  
R. Aliaño, J. Aspirez y M. Meisozo.
- ✓ Construcción naval y servicios.  
A. Bonilla.

## Apuntes de E.U.I.T.N. UCA.

- ✓ Teoría del buque.  
Prof. A. Guzman / P. Gallardo
- ✓ Equipos y servicios  
Prof. J J Escribano / R.M. de la Villa.
- ✓ Cálculo de estructuras.  
Prof. A. Barrios.

## Manuales.

- ✓ Maxsurf. User manual. Windos Version 13
- ✓ Hydromax User manual. Windos Version 13

