

Universidad de **Cádiz**

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

**Anteproyecto de un buque costero  
de 6.000 T.P.M.**

**Alvaro RUIZ BESTEIRO**



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**  
Titulación: **I. T. NAVAL**  
Fecha: **Octubre 2008**



# ÍNDICE:

<b>INTRODUCCIÓN AL BUQUE COSTERO .....</b>	<b>2</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>	<b>4</b>
<b>EL PROYECTO CONCEPTUAL .....</b>	<b>6</b>
DATOS TÉCNICOS-ECONOMICOS Y REQUERIMIENTOS .....	7
FACTORES LIMITATIVOS DE LA EXPLOTACIÓN DEL BUQUE.....	8
<b>EL PROYECTO PRELIMINAR .....</b>	<b>9</b>
DIMENSIONES PRINCIPALES Y COEFICIENTES.....	10
DEFINICIÓN DE LAS FORMAS .....	17
CÁLCULO DE LA POTENCIA PROPULSORA .....	22
CÁLCULO DE VOLÚMENES .....	25
CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA Y C.D.G .....	28
CÁLCULO DEL PESO MUERTO.....	34
CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD INICIAL .....	37
MANIOBRABILIDAD .....	41

**EL PROYECTO BÁSICO.....49**

DISEÑO DE LAS FORMAS .....	50
CÁLCULO DE VOLÚMENES Y COMPARTIMENTOS.....	55
CURVAS HIDROSTÁTICAS .....	73
ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS .....	79
ESCANTILLONADO DE LA CUADERNA MAESTRA .....	82
SITUACIONES DE CARGA / ESFUERZO LONGITUDINAL.....	95
FRANCOBORDO.....	108
DISPOSICIÓN GENERAL .....	111
ARQUEO .....	120
PRESUPUESTO .....	122

**ANEXO.....130**

MEMORIA PERSONAL .....	131
BIBLIOGRAFÍA .....	132
WEB'S Y SOFTWARE.....	133

## INTRODUCCIÓN AL BUQUE COSTERO:

Llamamos buque costero al buque de transporte de carga entre diferentes puertos realizando una navegación de cabotaje. En términos navales el cabotaje se refiere a la navegación entre distintos puertos sin llegar a perder de vista la costa; etimológicamente significa navegar de cabo en cabo y proviene del término “*cabotage*”, que a su vez proviene de “*caboter*” o practicar el cabotaje.

También existe la teoría de que el nombre a la navegación de costa se acuña gracias a los hermanos Sebastián Caboto. Uno de ellos exploró la costa oriental de América del Norte durante el siglo XIX, aplicando este sistema de navegación.

Otros autores opinan que la navegación de cabotaje se refiere a la navegación realizada entre cabos (o de cabo a cabo), ya que esta es la enfilación que toma el patrón como siguiente punto a sortear, en la línea de costa, durante la navegación hacia un destino remoto.

Las características del buque costero son semejantes a la del buque de carga general aunque suelen ser de menor tamaño y de menor peso muerto (peso de la carga), debido a su navegación por rutas de no mucha trayectoria y a veces a su navegación por aguas de no mucho calado provocando esto una limitación en el calado del buque, y a su vez, una disminución de sus dimensiones principales.

Aunque hoy día los buques de tráfico costero son de mayor porte, están altamente automatizados para reducir el número de sus tripulantes, y hacen uso intensivo de la hidráulica en el accionamiento de los cierres de escotillas de carga para reducir el número de operaciones a ejecutar por la tripulación. Adicionalmente, los de menor porte incorporan restricciones en el calado y en la altura quilla-perilla con el fin de tener acceso a la mayoría de los puertos interiores europeos y poder competir con las barcas fluviales.

La Disposición General de un costero para carga general se orienta a conseguir la mayor simplificación posible. Suelen tener una sola cubierta y una/dos bodegas de carga. En ocasiones si se desea aumentar la segregación de la carga, se disponen de mamparos transversales portátiles. El número de paneles de los cierres de escotilla se acompasa a la longitud de las mismas, aunque para reducir el número de aquellos es frecuente forzar su longitud, de manera que, en posición estibada, su altura suele sobrepasar la del puente de gobierno. De esta manera, se reduce el espacio horizontal de estibe, permitiendo alargar el hueco/s de escotilla/s.

La superestructura, situada a popa, ha ido empequeñeciéndose al reducirse las tripulaciones. Su altura total está ligada a poseer visibilidad suficiente desde el puente de gobierno cuando se transporten contenedores sobre cubierta (una o dos capas). Para este

tráfico, es práctica universal que los buques dispongan de los herrajes fijos y móviles necesarios para el trincado de aquellos.

Para aumentar la autonomía de los costeros respecto a las maniobras auxiliadas por remolcadores, es muy frecuente la incorporación de un propulsor de proa y de un timón de alto poder de sustentación.

Persiguiendo la obtención de la mayor capacidad posible de las bodegas, las instalaciones propulsoras se disponen a base de un motor diesel de 4 T. engranado a un eje. Las RPM del motor propulsor son del orden de 600/750, y la relación de reducción esta condicionada por el tamaño del propulsor que, a su vez, viene obligado por el calado disponible, normalmente con alguna restricción.

La velocidad en servicio es mas modesta que en los buques oceánicos, con el fin de atemperar su numero de Froude o velocidad relativa,  $V/L$  a una propulsión económica. La velocidad oscila entre los 10 nudos en los barcos de 70 m. A los 15,5 nudos en un buque portacontenedores de 100 m.

Finalmente anotar que el costero es un tipo de buque de todo uso, polivalente, en el que es importante reducir sus costes operacionales dado que su actividad se desarrolla en un medio altamente competitivo.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO:

Para la realización del proyecto dividiremos el trabajo en tres etapas:

-Proyecto conceptual.

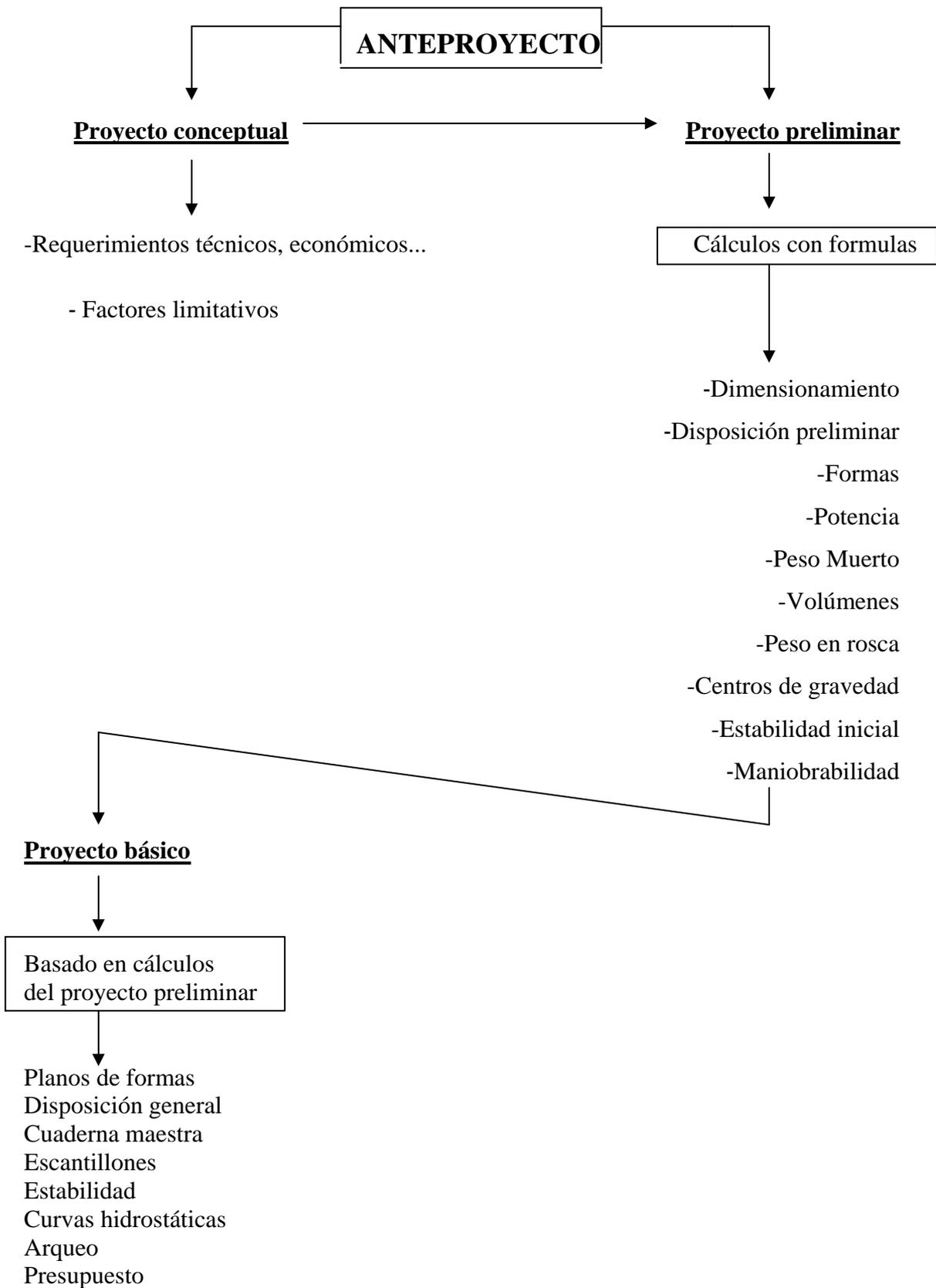
-Proyecto preliminar.

-Proyecto básico.

-En el **proyecto conceptual** definiremos los datos técnicos y económicos, así como los factores limitativos en la explotación del buque.

-En el **proyecto preliminar** y en función de requerimientos definidos en el proyecto conceptual, calcularemos por medio de formulas conocidas y programas de ordenador las dimensiones principales del buque, parámetros que definan las formas, potencia, motor principal, volúmenes, peso en rosca y centros de gravedad, estabilidad inicial y maniobrabilidad.

-En el **proyecto básico** se ajustaran los parámetros calculados en el proyecto preliminar para cumplir los requisitos exigidos. En esta etapa se debe confeccionar una especificación resumida. Se realizan los planos de disposición general, formas, cuaderna maestra, escantillones, estabilidad, curvas hidrostáticas, arqueo y presupuesto.



# EL PROYECTO

# CONCEPTUAL

◆ DATOS TÉCNICOS-ECONOMICOS Y REQUERIMIENTOS.

◆ FACTORES LIMITATIVOS EN LA EXPLOTACIÓN DEL BUQUE

## **DATOS TÉCNICOS-ECONOMICOS Y REQUERIMIENTOS:**

- Tipo de buque: Buque costero de 6000 TPM aproximadamente.
- Número de buques a construir: Uno.
- Estimación de vida útil: 25 años, esta estimación se efectúa en base sobre todo a la fatiga que va a estar sometida el buque durante su servicio.
- La velocidad de servicio oscilara alrededor de 15 nudos aproximadamente.
- Tendrá como tipo de instalación propulsora un motor diesel directo de suficiente potencia para alcanzar la velocidad de servicio a plena carga.
- El buque transportara carga a granel o alternativamente contenedores.
- Su ruta habitual será entre cualquier puerto español del Sur en el Atlántico a cualquier puerto español en el Mediterráneo que sean los principales de cada provincia costera, incluyendo los de las isla Baleares. Además tendrá que remontar el río Guadalquivir para arribar a Sevilla.
- Su autonomía será de alrededor de 2600 millas.
- Constara de una tripulación de 12 personas alojadas en camarotes individuales. Aquí va una relación típica de tripulación a bordo de los costeros:

### Oficiales

- Capitán
- Primer oficial puente
- Segundo oficial puente
- Primer oficial maquinas
- Segundo oficial maquinas
- Alumno de puente
- Alumno de maquinas

### Subalternos

- Mecánico
- Cocinero/camarero
- Marinero 1
- Marinero 2
- Mozo

- Tendrá empujadores transversales en proa para facilitar las maniobras de atraque o de entrada y salida de puertos.

-El buque dispondrá de superestructura y cámara de máquinas a popa, castillo en proa y una única bodega de carga con una sola escotilla.

-El buque tendrá popa de espejo y bulbo en proa así como hélice y timón semicompensados.

## **FACTORES LIMITATIVOS EN LA EXPLOTACIÓN DEL BUQUE:**

-La bodega y escotilla se dimensionarán teniendo en cuenta su modulación en base a contenedores de 20'x 8'x 8.5' y de 40'x 8'x 8.5'.

-La velocidad y eficacia de carga y descarga del buque está limitada a las grúas de puerto ya que el buque no dispone de grúas a bordo, por lo tanto el número de puertos pasa a ser un factor limitativo de la explotación del buque.

-Al transportar el buque cargas modulares tanto la manga como la eslora del buque han de estar proyectadas en relación a los contenedores que el buque va a transportar.

-El calado a máxima carga tiene que estar proyectado de forma que sea compatible con todos los distintos calados que se va encontrar el buque a lo largo de su vida útil. En el caso del río Guadalquivir el calado máximo es de 8 metros en bajamar.

# EL PROYECTO

# PRELIMINAR

◆ DIMENSIONES PRINCIPALES Y COEFICIENTES

◆ DEFINICION DE LAS FORMAS

◆ CALCULO DE POTENCIA PROPULSORA

◆ VOLUMENES

◆ PESO EN ROSCA Y CENTRO DE GRAVEDAD

◆ PESO MUERTO

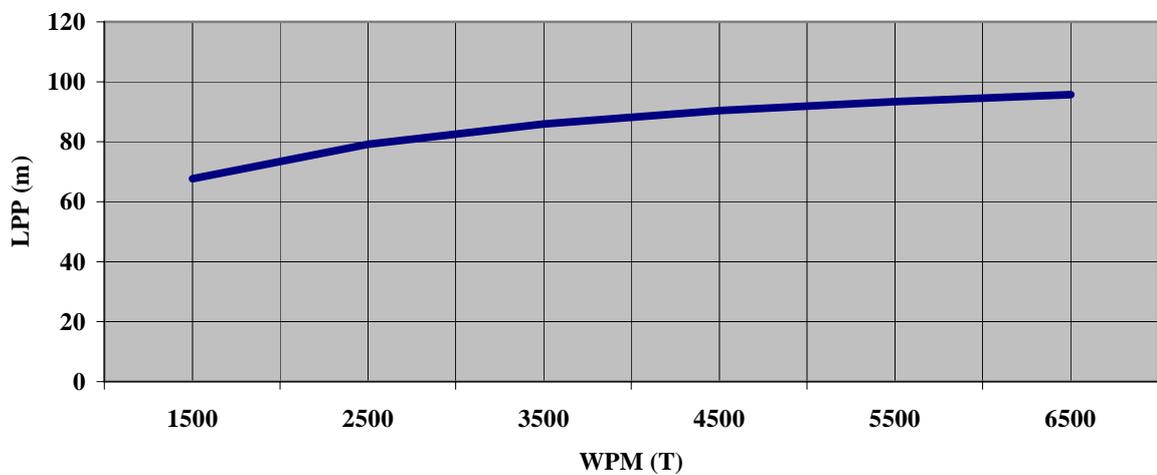
◆ ESTABILIDAD INICIAL

◆ MANIOBRABILIDAD

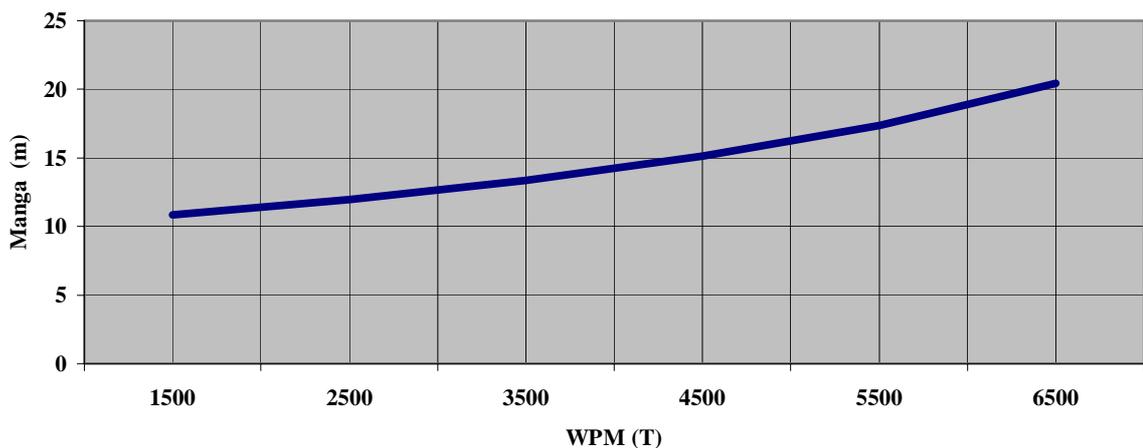
## DIMENSIONES PRINCIPALES Y COEFICIENTES:

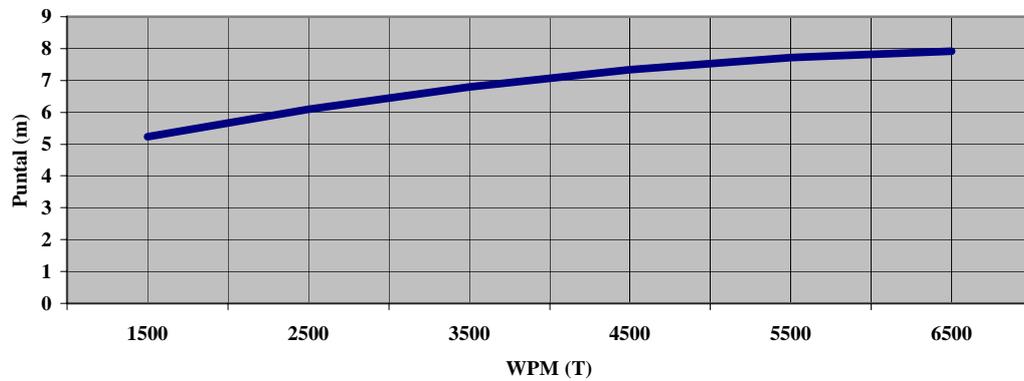
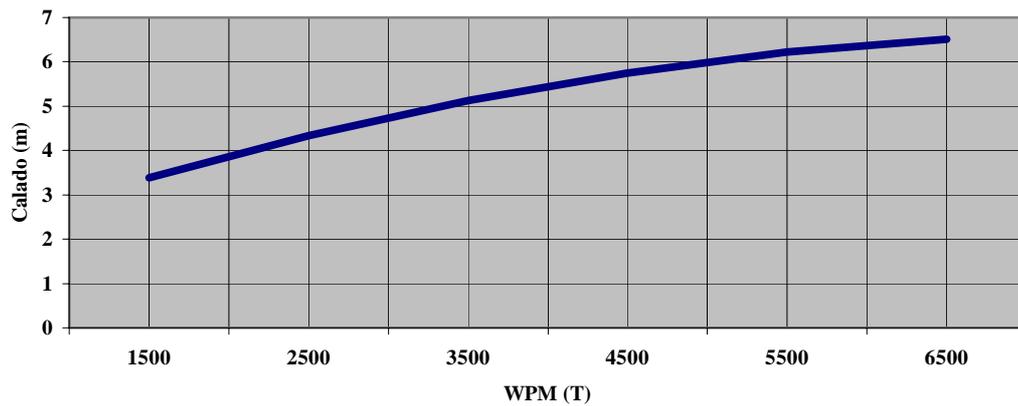
-Las dimensiones principales del buque se deducen por el método de regresión. Los siguientes gráficos representan las dimensiones principales en función del peso muerto (WPM) en toneladas y también se indican sus ecuaciones correspondientes. Estas graficas son obtenidas de una muestra de costeros de carga general actuales de peso muerto entre 1000 y 6500 Toneladas.

**Eslora entre perpendiculares**



**Manga**



**Puntal a cubierta superior****Calado de francobordo**

Según estas graficas obtenemos la ecuación que representan los valores obtenidos en las mismas y aplicándoles el peso muerto requerido obtenemos los siguientes valores para nuestro buque:

$$L_{pp} = 109-94209 / WPM + 4.83 \times 10^7 / WPM^2 = \mathbf{94.64 \text{ m}}$$

$$B = 1/(0.105-8.63 \times 10^{-6} WPM) = \mathbf{18.79 \text{ m}}$$

$$D = 3.61 + 0.0012 WPM - 8.25 \times 10^{-8} WPM^2 = \mathbf{7.84 \text{ m}}$$

$$T = 1.65 + 0.00128 WPM - 8.18 \times 10^{-8} WPM^2 = \mathbf{6.38 \text{ m}}$$

Sin embargo, estas dimensiones han tenido que ser retocadas en esta etapa para ajustarse debidamente a las características del proyecto. Las modificaciones han sido las siguientes:

-La eslora se ha incrementado hasta los **101,500 m** con el fin de disminuir el número de Froude ya que el buque debe alcanzar los 15 nudos en servicio.

-Un incremento de la eslora puede suponer una disminución de la manga ya que esto favorece también a que las formas sean más finas, necesitando menos potencia para adquirir la velocidad necesaria. La manga pasa a ser de **18.200 m**. Longitud suficiente para albergar seis hileras de contenedores sobre la tapa de escotilla, dejando un paso razonable alrededor de la misma.

-Como dicho anteriormente, las formas deben ser finas para no instalar excesiva potencia, de forma que se reduce el coeficiente de bloque y el coeficiente en la flotación y así se aumenta el calado, después de varias iteraciones, hasta **6.500 m**.

-Lo mismo sucede con el puntal, para poder cumplir con el francobordo llegando hasta **8.200 m**.

-Es muy probable que en las posteriores etapas del anteproyecto, estas dimensiones sufran pequeñas variaciones para ajustarse a las características exigidas.

### **RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES PRINCIPALES:**

<u>Relación</u>	<u>Valor</u>	<u>Valores normales</u>
-L/B	5.58	5.30-6.30
-B/D	2.22	1.90-2.22
-B/T	2.80	2.30-2.80
-L/D	12.37	11.00-12.50
-T/D	0.79	0.73-0.81
-FN	0.24	0.19-0.21

-Todos los valores de las relaciones entre las dimensiones principales están dentro de los límites normales excepto el n° de Froude debido a la elevada velocidad de servicio requerida.

## CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE CARENA:

### Dimensiones principales a utilizar:

LPP = 101.500 m.

B = 18.200 m.

T = 6.500 m.

D = 8.200 m.

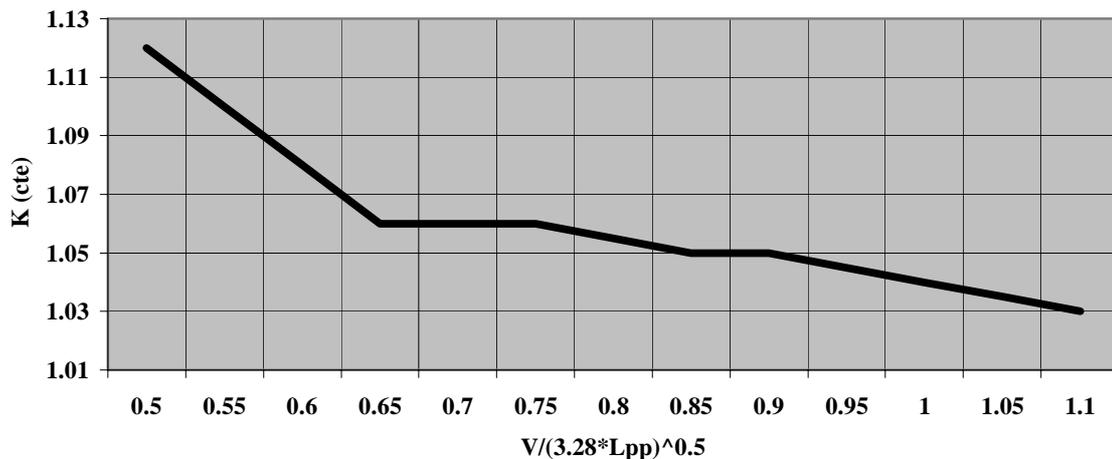
V = 15 nudos.

FN =  $(V*0.5144)/(9.81*LPP)^{0.5} = 0.244$

### Coefficiente de bloque:

#### -Formula de Alexander:

#### Formula de Alexander



$$CB_1 = K - 0.5(V/(3.28*Lpp)^{0.5}) \rightarrow CB_1 = 0.649$$

Siendo K=1.06

#### -Formula de Townsin:

$$CB_2 = 0.7 + 0.125 * \arctg(25(0.23 - FN)) \rightarrow CB_2 = 0.658$$

#### -Formula de Katsoulis:

$$CB_3 = 0.8217 * f * Lpp^{0.42} * B^{-0.3072} * T^{0.1721} * V^{-0.6135} \rightarrow CB_3 = 0.609$$

Siendo f=0.99

-No se tiene en cuenta los correspondientes a las formulas de Schneekluth, ya que provocan una desviación de los demás en exceso. Por lo tanto el CB Medio será:

$$\text{CB Medio} = (\text{CB}_1 + \text{CB}_2 + \text{CB}_3) / 3 = \mathbf{0.639}$$

### Coefficiente en la sección Media:

-Formula de Kerlen:

$$\text{CM}_1 = 1.006 - 0.0056 * \text{CB}^{-3.56} \rightarrow \text{CM}_1 = 0.978$$

-Formula de HSVA:

$$\text{CM}_2 = 1 / (1 + (1 - \text{CB})^{3.5}) \rightarrow \text{CM}_2 = 0.973$$

-Por lo tanto el coeficiente en la sección Media será:

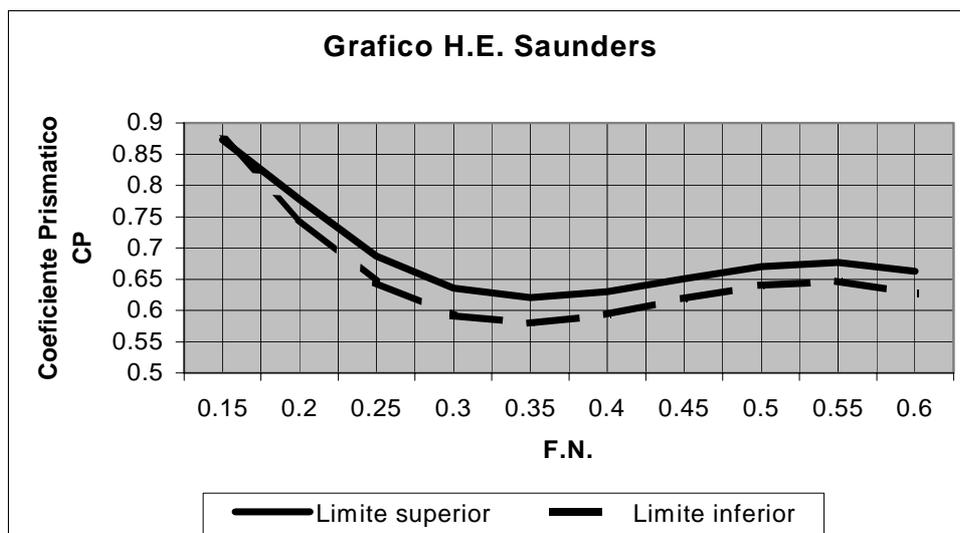
$$\text{CM Medio} = (\text{CM}_1 + \text{CM}_2) / 2 = \mathbf{0.976}$$

### Coefficiente prismático longitudinal:

-Formula Directa:

$$\text{CP}_1 = \text{CB} / \text{CM} \rightarrow \text{CP}_1 = 0.655$$

-Metodo H.E. Saunders:



Según el gráfico de H.E. Saunders:

$$CP_{Max} = -34.60 + 53.90 FN - 20.30 FN^2 - 22.00 LN (FN) - 3.86 (LN (FN))^2$$

$$CP_{Max} = 0.696$$

$$CP_{Min} = -36.60 + 57.51 FN - 22.20 FN^2 - 23.00 LN (FN) - 3.97 (LN (FN))^2$$

$$CP_{Min} = 0.654$$

-Formula de L. Troost:

$$CP_2 = 1.23 - 2.12 FN \rightarrow CP_2 = 0.683$$

-Por lo tanto el coeficiente en la sección Media será:

$$CP_{Medio} = (CP_{Max} + CP_{Min} + CP_2) / 3 = \mathbf{0.678}$$

### Coeficiente de la flotación:

-Formula de Schneekluth:

Al ser secciones normales:

$$CWP_1 = 1 + 2CB/3 \rightarrow CWP_1 = 0.759$$

-Formula de J Torroja:

G = 0.5 debido a que consideramos 50% de la sección en "U" y 50% en "V".

$$CWP_2 = A + B CB \rightarrow CWP_2 = 0.758$$

Donde:

$$A = 0.248 + 0.049 G \rightarrow A = 0.2725$$

$$B = 0.778 - 0.035 G \rightarrow B = 0.7605$$

$$CWP_{Medio} = (CWP_1 + CWP_2) / 2 = \mathbf{0.759}$$

**Posición long. del centro de carena respecto a cuaderna maestra:**

-Formula de Troost:

$$XB_1 = 17.5 * CP \rightarrow XB_1 = -0.635 \% Lpp$$

-Según Van Lammers:

$$XB \text{ Max} = 1.3\% Lpp$$

$$XB \text{ Min} = -0.800\% Lpp$$

-Según SNAME:

$$XB_2 = -1.5\% Lpp$$

-Según MARIN:

$$XB_3 = -1.0\% Lpp$$

$$XB \text{ Medio} = (XB_1 + XB \text{ Max} + XB \text{ Min} + XB_2 + XB_3) / 5 = -0.527\% Lpp$$

Por lo tanto la situación del centro de carena en sentido longitudinal sea de 0.535 m. a popa de la cuaderna maestra.

**Longitud cuerpo cilíndrico:**

$$LP = -0.658 + 1607 CB - 914 CB^2 \rightarrow Lp = -4.332 \% Lpp$$

-Al ser un valor negativo, nos indica que el buque no tiene cuerpo cilíndrico.

**Semiángulo de entrada en la flotación:**

$$ENTA = 125.67 (CB/Lpp) - 162.25 CP^2 + 234.32 CP^3 + 0.1551 XB^3 \rightarrow ENTA = 20.955^\circ$$

## DEFINICIÓN DE LAS FORMAS:

### EXTREMO DE POPA:

#### -ZONA DE POPA:

Esta zona es de máxima importancia ya que en ella se dispone el propulsor y el timón, y su diseño afecta conjuntamente a la propulsión y a la maniobrabilidad del buque.

Las formas de popa deben proyectarse de manera que se consiga un flujo estable de entrada de agua a la hélice, que logre una correcta distribución de la estela en el disco de la misma.

El primer condicionante de las formas de esta zona es dar cavidad a la hélice del mayor tamaño compatible con unos huelgos adecuados además de proporcionar la correcta inmersión de la hélice en todas las situaciones de carga.

Además han de evitarse los problemas de cavitación, y de vibraciones en el casco o en l alineas de ejes.

Se empleara la popa de estampa, ya que reducirá la resistencia al avance y es constructivamente más sencilla y barata.

#### -BULBO DE POPA:

- No se incluye bulbo de popa.
- Al ser un buque de bajo coeficiente de bloque, aunque rápido, no se considera ventajoso.

## **EXTREMO DE PROA:**

### **-ZONA DE PROA:**

En el análisis de la proa debe prestarse atención, en primer lugar, al ángulo de entrada, ENTA, en la línea de agua de al flotación al calado de proyecto, que depende del coeficiente prismático, CP, (o del de bloque, CB, si suponemos fijado el de la maestra, CM) y de la relación  $L_{pp}/B$ .

También se estudia el abanico de la parte alta, que mide el gradiente de las líneas de aguas mas altas, a fin de prevenir por un lado, el incremento de resistencia de olas rompientes, y por otro, embarques de agua en la zona de maniobra de proa, molinetes, stoppores, etc...

La decisión sobre la utilización o no del bulbo de proa, y en casi afirmativo, la selección del mas idóneo se hace básicamente por consideraciones de mejoras propulsivas en las distintas situaciones de carga; aunque no debe olvidarse otros aspectos, tales como: la posible mejora del comportamiento en la mar, reducción de pantocazos, potencia requerida con olas, el incremento de coste estructural, etc...

Se considera oportuna la colocación del bulbo de proa por las siguientes ventajas, en cuanto a propulsión se refiere:

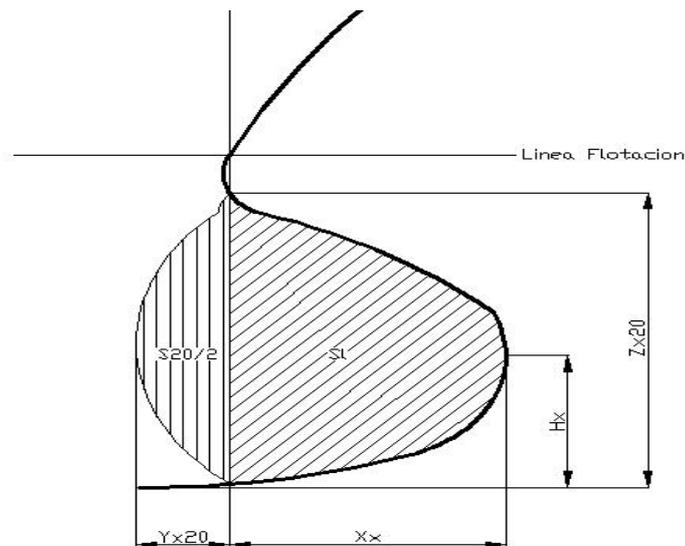
- Reduce la resistencia de formación de olas, al disminuir el tren de olas generado por el buque.
- Reduce la resistencia por olas rompientes, al conseguir menos olas y mas amortiguadas.
- Reduce la resistencia residual de carácter viscoso al disminuir los torbellinos de proa.

### **-BULBO DE PROA. TIPO DE BULBO:**

El tipo de bulbo de proa seleccionado será de tipo ovalado por su idoneidad tanto de formas finas como llenas de carga, además de tener buenas propiedades antipantocazos.

### **-PARAMETROS PRINCIPALES DE LA FORMA DEL BULBO:**

Los parámetros principales de la forma del bulbo son:



- Altura del punto de máxima protuberancia,  $H_x$ , es la altura sobre la línea base del punto más a proa del bulbo. Se suele adimensionalizar dividiendo por el calado  $H_x/T$ .
- Abscisa del punto de máxima protuberancia,  $X_x$ , se suele definir referido a la perpendicular de proa. Se adimensionaliza con la eslora  $X_x/L_{pp}$ .
- Manga del bulbo,  $Y_{x20}$ , es la manga máxima del bulbo en la sección transversal de la perpendicular de proa, sección 20. Se adimensionaliza con la manga del buque,  $Y_{x20}/B$ .
- Altura máxima del bulbo en la sección 20,  $Z_{x20}$ .
- Área transversal del bulbo en la perpendicular de proa,  $S_{20}$ . Se adimensionaliza dividiendo por el área hasta el calado de proyecto de la sección maestra  $S_{10}$ .  $S_{20}/S_{10}$ .
- Área lateral del bulbo,  $S_l$ , es el área del bulbo en el plano de crujía a proa de la perpendicular de proa. Su expresión adimensional es  $S_l/S_{10}$ .
- Coeficiente de afinamiento de la sección del bulbo,  $S_{20}$ , que es igual a  $S_{20}/(Y_{x20} \cdot Z_{x20})$ .
- Coeficiente  $\tau$  de Taylor utilizado para buques rápidos que se define por la expresión:

$$\tau = (L_{pp} \cdot \text{Tg}(\cos)) / 2 \cdot (S_{10} - S_{20})$$

Donde  $\cos$  es el ángulo que forma la tangente a la curva estándar de áreas seccionales en la perpendicular de proa con la horizontal:

$\text{Tg}(\cos)$  se toma siempre positiva.

### -CAMPO DE APLICACIÓN DEL BULBO DE PROA:

Como idea previa, y siempre a expensas de los resultados de los ensayos hidrodinámicos, algunos autores indican que:

-Tiene bulbo el 95% de los buques que están simultáneamente dentro de los dos rangos siguientes:

$$0.65 < CB < 0.815$$

$$5.5 < L/B < 7.0$$

-También en buques finos con CB alrededor de 0.6 el bulbo de proa puede reducir hasta en un 10% la resistencia de remolque para  $n^{\circ}$  de Froude de 0.24 – 0.31.

-No son apropiados los bulbos de proa para buques en los que se verifique:

$$CB*B/L < 0.135$$

-No se dispone de correlaciones fiables que ligen el número de Froude, FN, y la idoneidad del bulbo.

-El buque en estudio cumple estas características ya que:

$$L/B = 5.58$$

$$CB = 0.639$$

$$CB*B/L = 0.114 < 0.135 \rightarrow \text{es apropiada la utilización del bulbo de proa.}$$

### -VALORES PRELIMINARES DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES DEL BULBO:

La no representatividad del  $n^{\circ}$  de Froude en la conveniencia de la ubicación del bulbo de proa, que se ha citado anteriormente, no significa que este número deje de ser una variable muy al tener en cuenta al seleccionar los parámetros del bulbo. Por otra parte, es conocido que los bulbos de proa disminuyen las necesidades de potencia de remolque de carenas de alto coeficiente de bloque. También en buques finos, coeficientes de bloque del orden de 0.6, el bulbo de proa puede reducir hasta un 10% la resistencia de remolque para números de Froude entre 0.24 y 0.31.

En general, los buques mercantes tienen números de Froude bajos o moderados,  $F_n < 0.36$ , para estos casos son de aplicación las recomendaciones siguientes:

-El bulbo tiene que estar cercano a la flotación, incluso puede estar aplicado de forma que emerja la línea de agua que pasa por el punto de protuberancia máxima del bulbo.

-La altura del punto de protuberancia máxima,  $H_x$ , debe establecerse contemplando todas las situaciones de calado de navegación del buque; entre ellas, el bulbo es más efectivo en las situaciones de calado más bajos y números de Froude más altos, por tanto puede ser aconsejable definir la altura  $H_x$  para la situación de lastre. Esta altura se puede estimar a partir de un buque de referencia o buque base, o bien utilizando su valor adimensional dentro del rango siguiente:

$$0.35 < H_x/T < 0.55$$

Entonces  $H_x$  debe estar comprendido entre:

$$T \cdot 0.35 < H_x < 0.55 \cdot T \rightarrow 2.275 < H_x < 3.575$$

La  $H_x$  elegida es de **3.00 m**.

La abscisa del punto de máxima protuberancia adimensionalizada,  $X = X_x/L_{pp}$ , es un parámetro menos crítico que la altura y depende de esta. Se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$X = X_x/L_{pp} = 0.2642 \cdot CB \cdot B/L_{pp} - 0.0046 \rightarrow X_x = \mathbf{3.073 \text{ m}}$$

El valor del área transversal puede deducirse según el número de Froude, para valores en el rango,  $0.22 < FN < 0.45$ .

$$S_{a20} = 40 \cdot FN - 3.5 \rightarrow S_{a20} = \mathbf{6.260 \text{ m}^2}$$

## CALCULO DE LA POTENCIA PROPULSORA:

### -ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA:

Se parte del concepto de velocidad limita,  $V_b$ , que es aquella velocidad por debajo de la cual el coeficiente de resistencia total no varía mucho y por encima de la cual, comienza a aumentar rápidamente. La velocidad límite es función del coeficiente de bloque y de la eslora según la fórmula:

$$V_B = (3.08 - 2.54 * CB) * (L_{pp})^{0.5} = \mathbf{14.68 \text{ nudos.}}$$

-La potencia absorbida por la hélice a la velocidad límite es igual a:

$$PDB = (0.0023725 * (1+x) * 0.71 * DISW^{2/3} * V_B^3) / ETAD$$

-Siendo ETAD el rendimiento cuasi-propulsivo

$$ETAD = ETAO * ETAM * ETAR$$

•ETAO = Rendimiento del propulsor en aguas libres calculado por la formula:

$$ETAO = 1.30 - 0.55 * CB - 0.00267 * N = 0.48 \text{ donde } N \text{ es el n}^\circ \text{ de rev. de la hélice.}$$

•ETAH = Rendimiento del casco calculado por las siguientes fórmulas, deducidas de un análisis de los resultados de los modelos de la serie 60 para  $CB < 0.80$ :

$$ETAH = 0.385 + 0.7 * CB + 0.11 * (B/T) = 0.11$$

•ETAR = Rendimiento rotativo-relativo:

$$ETAR = 1.01$$

$$\text{Luego } ETAD = \mathbf{0.55}$$

-El factor de correlación  $(1+x)$  se calcula por la fórmula:

$$(1+x) = 0.85 + 0.00185 * ((1000 - 3.28 * L_{pp}) / 100)^{2.5} = \mathbf{1.063}$$

-Sabido que el desplazamiento es igual a:

$$DISW = L * B * T * CB * \gamma = \mathbf{12307.636 \text{ T.}}$$

Ya estamos en condiciones de calcular PDB, siendo igual a **5490.31 HP**.

Para otra velocidad  $V=20$  distinta de la velocidad límite, la potencia se calcula por:

$$PD = PDB * (V/V_b)^{4.167 (V/V_b)} = \mathbf{31772.79 \text{ HP.}}$$

La potencia desarrollada por el motor propulsor, a la velocidad V, viene expresada por:

$$PS = PD \cdot FS / ETAM = \mathbf{5602.35 \text{ HP.}}$$

Siendo Fs el factor de servicio igual a 1 y ETAM el rendimiento mecánico igual a 0.98.

#### -ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA HÉLICE PROPULSORA:

Es conveniente hacer una estimación del diámetro de la/s hélice/s, DP, que permita, entre otras cosas, controlar su inmersión en las situaciones de navegación en lastre, y verificar los huelgos entre la misma y el casco del buque, que tienen una gran incidencia sobre los aspectos muy importantes, como las vibraciones excitadas por la hélice.

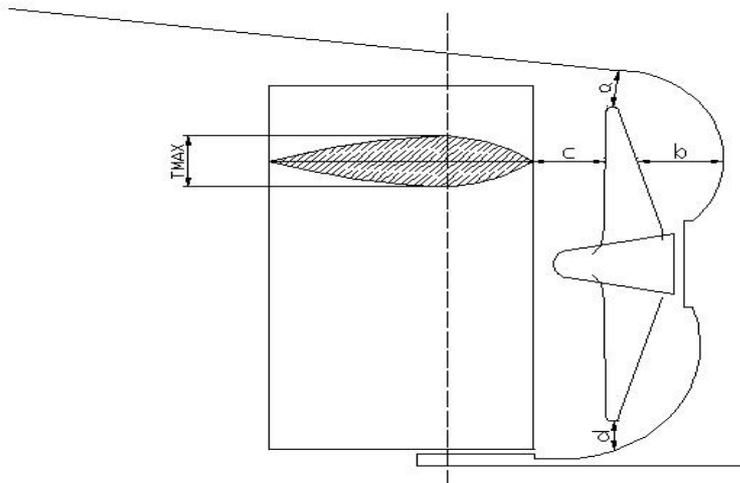
La fórmula siguiente calcula el diámetro en metros de una hélice de palas fijas, a partir únicamente de la potencia del equipo propulsor y de las R.P.M de la hélice:

$$DP = 15.75 (MCO^{0.2} / N^{0.6}) = \mathbf{4 \text{ m.}}$$

Donde: MCO = 5602.35 HP; N = 175 R.P.M.

#### -HUELGOS ENTRE HÉLICE Y CASCO:

Debido a la importancia de estos huelgos, las sociedades de clasificación incluyen en sus reglas, recomendaciones sobre los valores mínimos que deben tener, con objeto de que las vibraciones provocadas por la/s hélice/s no excedan de unos niveles razonables.



-Lloyd's register of Shipping:

Recomienda los siguientes huelgos mínimos, según la fórmula, siendo Z el número de palas (4) y TMAX el espesor máximo del timón.

Para buques de una hélice:

$$\begin{array}{ll} a : K_z * K * DP & \text{(con un mínimo de 0.10 DP)} \\ b : 1.5 a & \text{(con un mínimo de 0.15 DP)} \\ c : 0.12 DP & \text{(con un mínimo TMAX)} \\ d : 0.03 DP & \end{array}$$

Siendo:  $K_z = 1.0$  para hélices de 4 palas.

$$K = (0.1 + L_{pp}/3.050) (2.56 * CB * MCO / L_{pp}^2 + 0.3)$$

Por lo que obtenemos unos huelgos de:

$$\begin{array}{l} a = \mathbf{0.4 \text{ m.}} \\ b = \mathbf{0.6 \text{ m.}} \\ c = \mathbf{0.48 \text{ m.}} \\ d = \mathbf{0.12 \text{ m.}} \end{array}$$

**AUTONOMÍA:**

El buque tendrá una autonomía no inferior a 2600 millas para un calado de 6.5 m. y con el motor desarrollando el 90% PMC.

## CALCULO DE VOLUMENES:

### -DEFINICIÓN DE LOS COMPARTIENTOS PRINCIPALES:

-El espaciado entre cuadernas será de 580 mm. A lo largo de toda la eslora del buque.

### -PIQUE DE PROA:

Las sociedades de clasificación requieren que el mamparo de pique de proa se sitúe entre una distancia y otra máxima a la perpendicular como se indica a continuación:

Siendo:  $LBU = [((0.2642 * CB * B) / Lpp) - 0.046] * Lpp = 1.596 \text{ m.}$

$F_1 = LBU / 2 = 0.798 \text{ m.}$

$F_1' = 0.015Lpp = 1.523 \text{ m.}$

Pique de Proa Min. =  $0.05Lpp - F_1 = 4.277 \text{ m.}$

Pique de Proa Max. =  $0.08Lpp - F_1 = 6.597 \text{ m.}$

**Longitud del pique de proa elegida = 5.800 m. definido en la cuaderna #165 en adelante.**

Aunque interesa que la longitud del pique de proa sea la menor posible, para no restar espacio de carga, es normal adoptar un valor mayor que el mínimo reglamentario, para conseguir una capacidad de lastre en proa que permite alcanzar un calado adecuado en navegación en lastre y evitar un excesivo macheteo con mares agitados. Las sociedades de clasificación requieren un calado mínimo a proa en la condición de lastre de  $0.04 Lpp$ , para evitar reforzado adicional.

No hay normal que permitan preveer con exactitud la longitud necesaria del pique de proa, ya que para alcanzar un cierto calado a proa en la situación de lastre, el tamaño del pique depende también de otros factores, como afinamiento de la carena, existencia o no de un doble casco para lastres, etc.

En principio se puede considerar un valor del 20% al 40% mayor que el mínimo reglamentario, que se ajustará posteriormente. Optaremos por un incremento del 40% por ser el casco mas desfavorable.

-PIQUE DE POPA:

No existen unas longitudes mínimas o máximas requeridas por las sociedades de clasificación, por lo que la longitud del pique de popa se define por necesidades de lastres y por la disposición de la cámara de máquinas.

Un análisis de buques modernos indica que la longitud del pique de popa puede estimarse en el 5.5% de Lpp en buques pequeños (menores de 100 m.) y el 4% en buques grandes.

**Longitud del pique de popa = 4.100 m. que equivale al 4% Lpp y esta definido entre las cuadernas #0 y #7.**

-CAMARA DE MÁQUINAS:

Al tratarse de un costero rápido para su categoría se empleara la formula:

$$L_{cm} = 0.102 L_{pp}^{0.94} + 0.273 MCO^{0.375} \quad \text{donde: } MCO=5602.35 \text{ HP}$$

**Longitud de cámara de máquinas = 14.80m. definida entre las cuadernas #7 y #33.**

-DOBLE FONDO:

El doble fondo de la zona de carga debe tener una altura mínima por requerimientos de resistencia estructural, por lo que las sociedades de clasificación recomiendan una altura de doble fondo de:

$$DDF = 250 + 20 B + 50 T_e = 939 \text{ mm.}$$

Se ha escogido una altura de doble fondo de **1.2 m.** por considerarse necesaria una mayor cantidad de lastres ya que se prevee la carga en cubierta.

-VOLUMENES ESPACIOS DE CARGA:

Para el cálculo del volumen de los espacios de carga sería necesaria una corrección del puntal debido a la brusa y al arrufo.

En el caso de nuestro buque no tenemos arrufo y la corrección del puntal por la brusa no procede ya que las grandes dimensiones de la escotilla lo hacen despreciable.

La relación entre la capacidad VCAR (m<sup>3</sup>) de los espacios de carga y en numeral  $N=L_{pp} * B * D$  se puede estimar por la formula:

$$VCAR1 = 0.65N - 267 \quad \text{donde: } N = L_{pp} * B * D = 15147.86 \text{ m}^3$$

**El volumen de la zona de carga sería de 9579 m<sup>3</sup> y quedaría definida entre las cuadernas #37 y #135.**

**-VOLUMEN DOBLE FONDO:**

El volumen en m<sup>3</sup> del doble fondo se puede aproximar por la fórmula:

$$VDF = (1 - LPQS)L_{pp} * B * DDF * CB \quad (0.97CB + 0.1485)$$

Siendo LPQS la suma de las longitudes de los piques de proa y popa dividida entre la eslora entre perpendiculares.

$$LPQS = (4.1 + 5.8) / 101.5 = 0.098$$

**El volumen del doble fondo sería de 768.171 m<sup>3</sup>.**

**-VOLUMEN CAMARA DE MAQUINAS:**

El volumen en m<sup>3</sup> de la cámara de máquinas situada a popa se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$VMQ = 0.85 * L_{cm} * B * (D - DDFM) * CB$$

**El volumen de la cámara de máquinas sería de 1062.305 m<sup>3</sup>.**

**-VOLUMEN PIQUES DE PROA Y POPA:**

Conociendo previamente LPQS o la suma de las esloras de ambos piques y considerando que el arrufo es nulo:

$$VPQS = 0.37LPQS * B * D * CB \quad \text{donde } LPQS = 4.1 + 5.8 = 9.9 \text{ m.}$$

**El volumen de los piques de proa y popa sería de 276.9 m<sup>3</sup>.**

**-VOLUMEN ZONA DE CARGA:**

Para el cálculo del volumen de la zona de carga en m<sup>3</sup> restaremos al volumen total los volúmenes anteriormente calculados:

$$VZC = VCAR - VDF - VCM - VPQS$$

**El volumen de la zona de carga sería de 7471.6 m<sup>3</sup>.**

## CALCULO DEL PESO EN ROSCA Y C.D.G.:

### -CALCULO DEL PESO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO:

La estimación en la fase de proyecto del peso en rosca de un buque y las coordenadas de su centro de gravedad es una de las tareas más importantes que debe abordar el proyectista y una de las que presentan mayores dificultades.

Es muy importante una correcta evaluación del peso y centro de gravedad en rosca de la fase inicial del proyecto porque se trata de conceptos condicionantes para muchos factores que no es posible conocer en esta fase, o que exige cálculos complejos difícilmente calculables entonces.

A continuación se desglosara el peso en rosca en 3 grupos, así como los conceptos que comprende cada uno:

- Estructura del acero.
- Equipos y habilitación.
- Maquinaria propulsora y auxiliar

### -METODO DE D.G.M. WATSON Y A. W. GILFILLAN:

Este método se basa en el numeral bi-dimensional E y en un factor K dependiente del tipo de buque, para el que sus autores ofrecerán una gama de valores que se indica a continuación. Es un procedimiento muy sencillo y especialmente eficaz si se ajusta el coeficiente K. Dicho ajuste lo conseguiremos interpolando en la tabla según el valor del factor E. El peso se expresa por la siguiente ecuación:

$$WST=K * E^{1.36} (1+0.5(CB80D-0.7))$$

$$\text{Siendo } E=L_{pp}(B+D)+0.85L_{pp}(D-T)+0.85*\sum L_1 h_1+\sum L_2 h_2$$

$L_1 h_1$  : eslora y altura de las superestructuras.

$L_2 h_2$  : eslora y altura de las casetas.

CB80D se puede estimar por la fórmula:

$$CB80D=CB+ (1-CB) (0.80D-T)/3T=0.034$$

-Si no se conocen todavía la disposición de superestructuras y casetas, se puede estimar un valor medio, normal de sus componentes en E, por la fórmula:

$$\sum L_1 h_1+\sum L_2 h_2=1.45L_{pp}-11=166.175$$

De esta forma:  $E=L_{pp}(B+D)+0.85L_{pp}(D-T)+0.85*\Sigma L_1 h_1+\Sigma L_2 h_2=2967.517$

$$K=0.0305$$

$$WST = 1074 \text{ T.}$$

#### -METODO DE SV. AA. HARVALD Y J. JUNCHER:

A continuación usamos otro método general y sencillo para estimar el peso de la estructura de diversos tipos de buques en función de sus características principales:

$$WST=C_s(L_{pp}*B*D+Sup) \quad ; \quad \text{Siendo:}$$

$$C_s=C_{50}+0.064 \exp(-0.50u-0.10w^{2.45})=0.0853$$

$$u-\log_{10}(DISW/100) = 1.896 \quad \exp(a) = e^a$$

$$DISW = CB*L_{pp}*B*T*1.025 = 7865 \text{ T}$$

$$C_{50}=0.0700$$

$$Sup = 0.8B (1.45L_{pp}-11) = 1982.708$$

$$WST = 1461.3 \text{ T.}$$

#### -METODO DE SCHNEEKLUTH PARA BUQUES DE CARGA GENERAL:

Este método aplicable a buques de carga general y frigoríficos, calcula el peso del acero del casco, sin superestructuras ni casetas que han de evaluarse separadamente. El peso se calcula por la siguiente fórmula:

- Nº de cubiertas: NKDS = 1
- Nº de mamparos estancos = 4
- Coef. De la sección maestra: CM = 0.976
- Volumen bajo cubierta: VTC = CBD\*L<sub>pp</sub>\*B-DA = 10179.362 m<sup>3</sup>. Donde:  
 $CBD=CB+0.35((D-T)/T)-(1-CB) = 0.672$
- Puntal corregido por arrufo = D+ARM = 8.2+0 = 8.2 m.
- Volumen debido a la brusa = No procede ya que las grandes dimensiones de la escotilla la hacen despreciable.
- Relación L<sub>pp</sub>/D=12.378>9
- C<sub>1</sub>=0.103[1+17(L<sub>pp</sub>-110)\*10<sup>-6</sup>] = 0.103
- α = 1+0.033(12-(L<sub>pp</sub>/D)) = 0.987
- β = 1+0.06(NDKS-(D/4)) = 0.994
- γ = 1+0.05(1.85-(B/D)) = 0.982
- η = 1+0.2((T/D)-0.85) = 0.989
- λ = 0.92+(1-CBD)<sup>2</sup> = 1.028

$$-\mu = 1+0.75CBD \text{ (CM-0.98)} = 0.998$$

$$-WST = VTC + C_1 + \alpha + \beta + \gamma + \eta + \lambda + \mu = 1024.927 \text{ T.}$$

-Corrección por bulbo:

$$C_{bulbo} = 0.007 WST = 7.174 \text{ T.}$$

$$WST = \mathbf{1032.101 \text{ T.}}$$

#### -FORMULAS DE J.L. GARCÍA GARCÉS:

A continuación se exponen las siguientes fórmulas para el cálculo aproximado del peso y el centro de gravedad del buque:

$$WST = 0.02934 - L_{pp}^{1.5} * B * D^{0.5} = \mathbf{1563.9 \text{ T.}}$$

$$KG = 0.54747 * D + 1.1725 = \mathbf{5.662 \text{ m. desde L.B.}}$$

$$LG = 0.44653 * L_{pp} + 0.614 = \mathbf{45.937 \text{ m. desde P.pp.}}$$

#### -CALCULO DEL PESO DEL EQUIPO Y HABILITACIÓN:

En la fase inicial del proyecto no se conocen muchos detalles del buque para poder realizar un cálculo detallado del peso del equipo. Por otra parte, la menor importancia relativa de este peso, respecto al peso del acero, permite aceptar cálculos sencillos basados en las dimensiones y tipos de buques, siendo siempre conveniente la aplicación de un coeficiente de experiencia deducido de un buque modelo.

De esta forma deducimos el peso de la habilitación con la fórmula:

$$WOA = K_c * L_{pp} * B \text{ atizando un estándar de habilitación alto: } K_c = 0.45$$

$$WOA = \mathbf{831 \text{ T.}}$$

#### -CALCULO DEL PESO DE LA MAQUINARIA PROPULSORA Y AUXILIAR:

Las mismas ideas indicadas sobre el peso del equipo y habilitación se aplican al peso de la maquinaria, por lo que se indica a continuación una fórmula sencilla para estimar este peso en función de la potencia, revolución y tipo del motor propulsor y las dimensiones principales del buque.

El peso de este grupo, en instalaciones diesel, se divide en 4 partes:

- 1.- El motor propulsor y reductor (si existe).
- 2.- Resto de maquinaria propulsora.
- 3.- Otros elementos en cámara de máquinas.
- 4.- Línea de ejes fuera de cámara de máquinas.

**Peso 1:**

Al no conocer que motor se instara, se puede estimar por las siguientes fórmulas deducidas de un análisis de motores actuales:

-Motor de 4 tiempos en línea, más reductor:

$$WME = 2.5 + 9.5(MCO/N)^{0.91}$$

Las características del motor a utilizar son:

$$\begin{aligned} MCO &= 5602 \text{ BHP} \\ N &= 750 \text{ r.p.m.} \\ WME &= \mathbf{61,7 \text{ T.}} \end{aligned}$$

**Peso 2:**

El resto del peso de la maquinaria propulsora se puede estimar por la formula siguiente:

$$WRP = K_m * MCO^{0.7} \quad \text{donde } K_m = 0.56$$

$$WRP = \mathbf{235.25 \text{ T.}}$$

**Peso 3:**

El peso de estos elementos en cámara de máquinas se puede estimar:

$$WQR = 0.03 * WMQ = \mathbf{31.9 \text{ T.}}$$

**Peso 4:**

El peso de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas es:

$$WQE = K_{ne} * Le_{je} (5 + 0.0164L_{pp}) = \mathbf{13 \text{ T.}}$$

Siendo:

Le<sub>je</sub>: longitud en m. de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas. (2m.)

K<sub>ne</sub>: 1 en buques de 1 línea de ejes

**-CALCULO DEL PESO EN ROSCA DEL BUQUE:**

Utilizando el método de Schneekluth combinado con el cálculo del peso de la maquinaria, habilitación y equipo (considerado como el más completo) se obtiene:

$$WR = WST+WOA+WME+WRP+WQR+WQE$$

$$WR = 2205.21 \text{ T.}$$

**-CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL BUQUE EN ROSCA:**

Para determinar con exactitud la posición del centro de gravedad es necesario realizar un cálculo detallado de pesos y momentos de los distintos grupos en que se subdivide el peso en rosca, lo que es solo posible en una fase avanzada del proyecto.

En esta fase inicial el centro de gravedad se estima por fórmulas sencillas:

**-CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ESTRUCTURA DE ACERO:**

$$KGWST'=[48+0.15(0.85-CBD)*(Lpp^2/D^2)]*(DA/D)=52.09\%D$$

Corrección por bulbo: -0.4 %D

Corrección por relación  $Lpp/B < 0.65$ . Al ser una relación 5.5 aprox. se hará una corrección de 0.8% D.

$$KGWST= (KGWST'-0.4+0.8)*D$$

$$KGWST = 4.304 \text{ m.}$$

**-CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO Y HABILITACIÓN:**

$$KGWOA= D +1.25 \text{ si } Lpp < 125\text{m.}$$

$$KGWOA = 9.45 \text{ m.}$$

**-CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA:**

$$KGWQ = 0.17T+0.36D$$

$$KGWQ = 4.057 \text{ m.}$$

-CALCULO DEL PESO EN ROSCA Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL BUQUE:

Estructura de acero: WST = 1032.101 T.

KGWST = 4.304 m.

Equipo y habilitación: WOA = 831 T.

KGWOA = 9.45 m.

Maquinaria propulsora y auxiliar: WQ = 342.12 T.

KGWQ = 4.057 m.

WR = WST+WOA+WQ = 2205.221 T. con margen de 3% = **2272 T.**

KGWR = [(WST\*KGWST)+(WOA\*KGWOA)\*(WQ\*KGWQ)]/[WST+WOA+WQ]

KGWR = 6.059 m. con margen del 5% = **6.362 m.**

-METODO COMBINADO PARA EL CÁLCULO DE PESO Y C.D.G.:

$$WR = 0.03329L_{pp}^{1.5} * B * D^{0.5} + 0.60004MCO^{0.70016} + 9 * (MCO/N)^{0.85003}$$

WR = **2076.599 T.**

KGWR = 1.02815 \* D<sup>0.87945</sup> = **6.542 m.**

LGWR = 0.42962 L<sub>pp</sub> = **43.606 m.**

## CALCULO DEL PESO MUERTO:

Este buque se proyecta como buque de cabotaje entre puertos españoles del Sur del Atlántico y todos los del Mediterráneo incluyendo las Baleares. Supondremos un viaje tipo para el cálculo de la autonomía y como consecuencia los consumos necesarios.

El viaje sería Barcelona-Lisboa-Barcelona con recaladas en los puertos intermedios de Palma de Mallorca, Cartagena y Sevilla tanto a la ida como a la vuelta.

La distancia de esa ruta, de acuerdo con las tablas de distancia entre puertos de la subsecretaría de la marina mercante es de 970 millas. Al considerar el viaje de ida y vuelta sería una distancia total de 1940 millas a la que le sumaremos un 15% de margen.

AUTONOMÍA:  $1940 * 1.15 = 2230$  millas.

Otros datos para el cálculo del consumo son:

VELOCIDAD DEL BUQUE = **15 nudos.**

POTENCIA DEL MOTOR = **5600 HP.**

### Duración del viaje:

Días de navegación:  $Dn: 2230 / 15 = 6.5$  días

Días de estancia en puerto:  $Dp: 1.5 * 7 = 10.5$  días (Suponemos una media de día y medio en cada puerto)

Duración del viaje:  $Dn + Dp = 10.5 + 6.5 = 17$  días.

### Tripulación y efectos:

Tripulación: 12 personas.

Peso por tripulante: 125 Kg.

Peso tripulación:  $12 * 125 = 1500$  Kg. = **1.5 T.**

Al ser un peso móvil no se puede suponer un KG fijo pero lo colocaremos en la zona de superestructuras para suponer la situación más desfavorable a modo de cálculos de estabilidad inicial. KG = **13.5 m.**

**Víveres:**

Víveres por hombre/día= 5 Kg.

Supondremos víveres solo para los días de navegación ya que durante la estancia en puerto se puede abastecer.  $\text{Peso víveres} = 5 * 6.5 * 12 * 1.10 = 429 \text{ Kg.} = \mathbf{0.429 \text{ T.}}$

El KG de los víveres se colocara en la gambuza situada en la planta baja de la superestructura, junto a la cocina. Supondremos un KG de **9.5 m.**

**Agua dulce:**

Consumo de agua de 140 litros/persona/día.

Supondremos solo para los días de navegación ya que en puerto se puede abastecer.  $\text{Peso agua dulce} = 140 * 6.5 * 12 * 1.10 = 12012 \text{ Kg.} = \mathbf{12 \text{ T.}}$

Los tanques de agua dulce se suponen a los costados de la cámara de máquinas, simétricamente respecto a línea de crujía y a una altura cercana a la cubierta principal. Supondremos un KG de **7 m.**

**Combustible:**

Al considerarse un motor diesel semirápido tomamos como cifra de consumo 170 gr/BHP/Hora.

$\text{Consumo motor principal} = 170 * 5600 * 149 * 1.10 = \mathbf{156 \text{ T.}}$

Los tanques de combustible están situados en el doble fondo de la zona de bodegas y cámara de maquinas por lo que suponemos un KG de **0.9 m.**

**Aceite:**

Se supone el 3% del peso de combustible.

$\text{Peso del aceite: } 156 * 0.03 * 1.10 = \mathbf{5.148 \text{ T.}}$

El tanque de aceite se sitúa a proa de la cámara de maquinas y se supone un KG de **0.9 m.**

⊗ **Todos los consumos están incrementados en un 10% debido a que al finalizar el viaje el buque debe tener unos consumos mínimos del 10%.**

**Lastre:**

El lastre será el necesario para que las condiciones de trimado y estabilidad sean las mejores posibles en cada situación de carga.

**Carga:**

El buque se proyecta para llevar carga general en una única bodega de una densidad media de 0.540 así como contenedores de 20/40 pies en la bodega y tapa de escotilla.

## CALCULO DE LA ESTABILIDAD INICIAL:

La estabilidad inicial del buque en una situación de carga se define por el valor de la altura metacéntrica GM.

$$GM = KM - KG$$

Los valores de KM y KG son los correspondientes a esa situación de carga definida por su calado y distribución de pesos. Para el cálculo de la estabilidad inicial (GM) en esta fase de proyecto son necesarios los siguientes datos:

$$L_{pp} = 101.500 \text{ m.}$$

$$B = 18.200 \text{ m.}$$

$$T = 6.500 \text{ m.}$$

$$D = 8.200 \text{ m.}$$

$$CB = 0.639$$

$$CM = 0.976$$

$$CWP = 0.759$$

### Curvas KNT:

-Estimación de los valores de KMt a distintos calados:

Según la serie Formdata:

$$Ts = 4.5 , 5.0 , 5.5 , 6.0 , 6.5 , 7.0 , 7.5$$

$$\text{Coef1} = 0.772 CB^{0.0803} (TS/T)^{0.023} - 0.6914$$

$$\text{Coef2} = 2.415 CB^{0.1434} (TS/T)^{0.025} - 1.9200$$

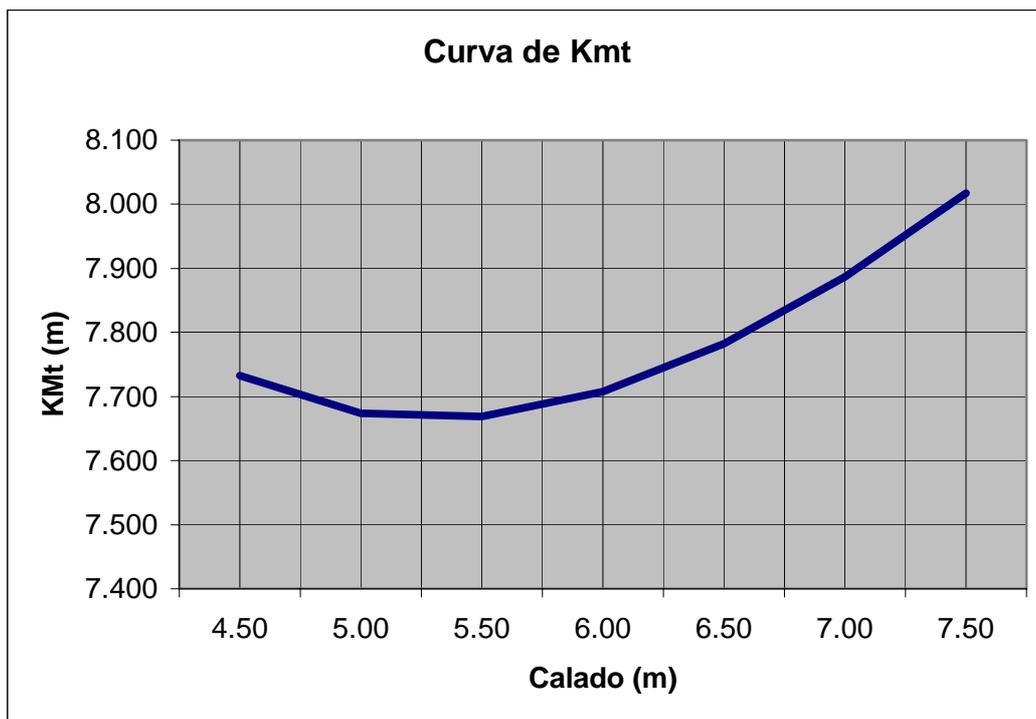
$$BM = \text{Coef1} * B^2 / (CB * TS)$$

$$KB = \text{Coef2} * TS / CB$$

$$KM = KB + BM$$

<b>Calado</b>	<b>Coef1</b>	<b>Coef2</b>	<b>BM</b>	<b>KB</b>	<b>KM</b>
<b>4.50</b>	0.0473	0.3243	5.449	2.284	7.733
<b>5.00</b>	0.0491	0.3302	5.090	2.584	7.674
<b>5.50</b>	0.0507	0.3356	4.770	2.889	7.659
<b>6.00</b>	0.0522	0.3405	4.510	3.197	7.707
<b>6.50</b>	0.0536	0.3450	4.275	3.509	7.784
<b>7.00</b>	0.0549	0.3492	4.066	3.825	7.891
<b>7.50</b>	0.0561	0.3531	3.877	4.144	8.021

El siguiente gráfico muestra la curva de KM transversal deducida a partir de la tabla anterior. Por medio de esta tabla podemos calcular aproximadamente el KM transversal conociendo el calado con el que nos encontramos.



Para el estudio de la estabilidad el buque intacto lo haremos con la situaciones a plena carga y 100% de consumos. Debido a que el buque puede transportar carga o contenedores es necesario hacer dos estudios para ambos casos.

**■ Condición de plena carga general a la salida de puerto al 100% de consumos:**

Concepto	Peso (t)	KG (m)	M. Vertical (t x m)
Tripulación y efectos	1.5	13.5	20.25
Víveres	0.429	9.5	4.08
Agua dulce	12	7	84
Combustible	156	0.9	146.4
Aceite	5.148	0.9	4.6332
Lastre	0	0	0
Carga	5825	5.5	32037.5
<b>Peso muerto</b>	<b>6000</b>	<b>5.381</b>	<b>32291</b>
<b>Peso rosca</b>	<b>2272</b>	<b>6.362</b>	<b>14454.5</b>
<b>DESPLAZAMIENTO</b>	<b>8272</b>	<b>5.651</b>	<b>46745.5</b>

Con la curva KMt calculada anteriormente se obtiene:

Calado de la condición: **6.5 m.**      KMt: **7.784 m.**      C.S.L.: **0.127 m. (0.7% B)**

KGc:  $5.651 + 0.127$ : **5.778m.**

GMTc:  $7.784 - 5.778$ : **2.006 m.**

**■ Condición de carga de contenedores a la salida de puerto al 100% de consumos:**

Concepto	Peso (t)	KG (m)	M. Vertical (t x m)
Tripulación y efectos	1.5	13.5	20.25
Víveres	0.429	9.5	4.08
Agua dulce	12	7	84
Combustible	156	0.9	146.4
Aceite	5.148	0.9	4.6332
Lastre	800	0.800	640
Conten. bodeg. (2x70)	1960	4.5	8820
Conten. cub. (3x70)	2940	11.3	33222
<b>Peso muerto</b>	<b>5875</b>	<b>7.308</b>	<b>42921</b>
<b>Peso rosca</b>	<b>2272</b>	<b>6.362</b>	<b>14454.5</b>
<b>DESPLAZAMIENTO</b>	<b>8147</b>	<b>7.044</b>	<b>5737.5</b>

Calado aproximado de la condición:

$$\text{CWP: } 0.759 \rightarrow \text{Tcm: } \text{CWP} \cdot \text{Lpp} \cdot \text{B} \cdot 0.01 \cdot 1.025 = \mathbf{14.372 \text{ T/cm}}$$

$$\text{T': } 6.5 - [(8272 - 8147) / (\text{Tcm} \cdot 100)] \rightarrow \text{T'} = \mathbf{6.414 \text{ m.}}$$

Con la curva KMt calculada anteriormente obtenemos:

$$\text{KMt: } \mathbf{7.767 \text{ m.}} \quad ; \quad \text{C.S.L.} = \mathbf{0.130 \text{ m.}}$$

$$\text{KGc.: } 7.044 + 0.130 = \mathbf{7.174 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{\text{GMtc: } 0.593 \text{ m.}}$$

### Estabilidad a grandes ángulos:

Existen diferentes fórmulas para la estimación de la estabilidad a grandes ángulos que no requieren disponer de un plano de formas. Estas fórmulas únicamente nos dan un valor aproximado.

Por ello en este apartado no tiene relevante importancia estos cálculos ya que dentro del proyecto básico se dedicara todo un apartado a la estabilidad del buque basándonos en programas informáticos adecuados para ello.

## MANIOBRABILIDAD:

### -TIPO DE TIMÓN Y CODASTE:

Dado que la ruta de los buques costeros entran y salen de puerto con mucha frecuencia, se deben proyectar estos buques desde el punto de vista del gobierno con una cierta autonomía respecto a las maniobras auxiliadas por remolcadores. Por ello este buque tendrá un timón con una alta relación Área del timón/Área de deriva y un empujador transversal en proa.

El timón será de tipo apoyado y sección longitudinal con perfil NACA y el codaste será de tipo cerrado y de una forma que tengamos una distribución del campo de estela lo más uniforme posible.

Los parámetros que definen básicamente la configuración del timón son:

-Área del timón, AR: Superficie proyectada sobre el plano diametral, frecuentemente se supone proporcional al área de deriva, es decir al producto  $L_{pp} \cdot T$ . También se utilizan otros procedimientos más precisos.

-Configuración del timón: Requiere definir la altura del timón,  $H_t$ , la longitud,  $L_t$ , y el perfil utilizado, tipo, ancho máximo,  $B_t$ , que es función de la longitud del timón en esa sección. En la designación del tipo de timón los dos últimos números representan la relación  $B_t/L_t$  en tanto por ciento.

-Compensación: Área del timón a proa del eje de giro, que se suele definir como tanto por ciento del área total, suele venir entre 20-25% de AR, el Norske Veritas lo limita superiormente al 25%.

### -PROYECTO DEL TIMÓN:

-Área proyectada de la pala: El área de la pala varía entre el 1,5 y el 2,5 % del producto  $L_{pp} \cdot T$ , siendo T el calado de proyecto. Al aumentar el área disminuya el radio de giro, pero para áreas mayores del 2,5% esta disminución es insignificante.

$$\text{-Para costeros: } 2,3\% L_{pp} \cdot T \rightarrow AR = 0.023 \cdot L_{pp} \cdot T$$

$$AR = 15.17 \text{ m}^2$$

-Relación de aspecto: Es el cociente entre la altura y la longitud media del timón, suele ser cercana a 1,5. La altura del timón debe elegirse de modo que, en lo posible, la pala esté situada en el chorro de la hélice teniéndose en cuenta los huelgos recomendados entre la hélice y el timón.

Relación de aspecto = **1.35**

-Compensación: El área de la pala a proa de su eje de giro debe ser aprox. el 20% del área total y la longitud de la parte compensada no debe exceder del 25% de la longitud total del timón.

Compensación = **1.35**

DIMENSIONES ELEGIDAS PARA EL TIMÓN:

Área = **15.17 m<sup>2</sup>**  
 Relación de aspecto = **1.35**  
 Longitud = **3.370 m.**  
 Altura = **4.500 m.**  
 XL = **0.763 m.**  
 XA = **2.607 m.**

-Mecha del timón: Según las reglas de Lloyd's Register off Shipping, el diámetro de la recta de un timón rectangular no será menor que el calculado por la fórmula:

$$DM = 83,3 KR[(V + 3)^2 (AR^2 \times XP^2 + KN^2)^{1/2}]^{1/3} \text{ (mm)}$$

Esta fórmula se debe aplicar considerando el buque marcha avante y marcha atrás, y tomando el mayor de los dos valores resultantes.

Siendo:

KR: coeficiente del timón con los valores siguientes:

Marcha avante, timón detrás del propulsor	KR = 0,248
Marcha avante, timón no detrás del propulsor	KR = 0,235
Marcha atrás	KR = 0,185
Buque no propulsado	KR = 0,226

V: máxima velocidad avante, en nudos, del buque en servicio, calado en carga, o bien velocidad marcha atrás, que no se tomará menor que la mitad de marcha avante.

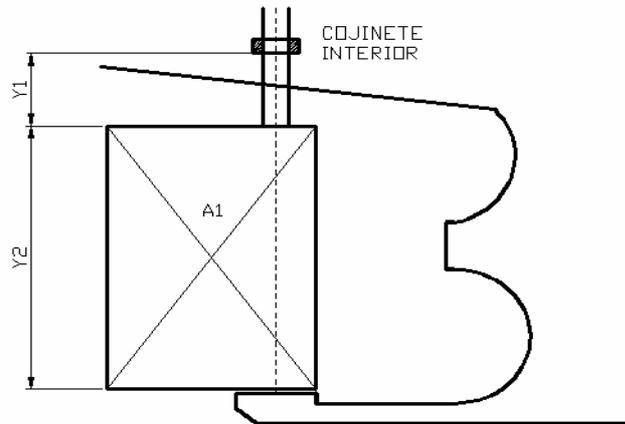
XP: distancia entre el eje del timón al centro de presión, según la fórmula:

$$XP \text{ (avante)} = 0,33 L_t - XP = \mathbf{0,3491 \text{ m.}}$$

$$XP \text{ (atrás)} = XA - 0,25L_t = \mathbf{1.7645 \text{ m.}}$$

Donde XL y XA son las distancias del eje del timón a los bordes de proa y popa de éste.

KN: coeficiente según la disposición de los pinzotes del timón:



Para codastes cerrados:

$$KN = A1 (0.67*Y1+0.17*Y2) - A2 (Y1-0.5*Y3)$$

$$KN= 17.70$$

Finalmente:

$$DM (avante) = 375 \text{ mm}$$

$$DM (atrás) = 336 \text{ mm}$$

$$DM=375 \text{ mm (el mayor)}$$

### -INDICES DE MANIOBRABILIDAD:

Según la reglamentación de IMO, Resolución A.751 (18) aprobada en noviembre de 1993 – para buques mayores de 100 m. de eslora y para cualquier buque quimiquero o de transporte de gas, construidos a partir de 1994 – la maniobrabilidad de un buque se considerará satisfactoria si cumple las siguientes condiciones:

■ **Capacidad de evolución.** El avance no excederá de cuatro esloras y media (4,5 x Lpp) y el diámetro táctico no excederá de cinco esloras (5 x Lpp) en la curva de evolución.

■ **Capacidad inicial de evolución.** Con la aplicación de un ángulo de 10 ° al timón a babor o estribor, el buque cambiará el rumbo en 10° sin recorrer más de dos esloras y medias (2,5 Lpp).

**■ Aptitud para corregir la guiñada y capacidad para mantener el rumbo.**

En la maniobra de zig-zag en 10°/10° el valor del primer ángulo de rebasamiento no excederá de:

-10°, si la relación  $L_{pp}/V$  es menor de 10 seg. Con la eslora en metros y la velocidad en m/s, respectivamente.

-20°, si la relación  $L_{pp}/V$  es mayor de 30 seg.

-[5 + 0,5 x ( $L_{pp}/V$ )] grados, si  $L_{pp}/V$  esta entre 10 y 30 seg.

En la maniobra de zig-zag en 10°/10° el valor del segundo ángulo de rebasamiento no excederá de los valores anteriores en más de 15°.

En la maniobra de zig-zag en 20°/20° el valor del primer ángulo de rebasamiento no excederá de 25°

**■ Capacidad de parada.** El recorrido del buque en la prueba de parada – con toda atrás - no excederá de quince veces la eslora (15 x  $L_{pp}$ ). No obstante, la administración podrá modificar este valor cuando sea inaplicable en los buques de gran porte.

Las cualidades de maniobrabilidad del buque se suelen medir por las tres características siguientes:

**- Facilidad de evolución**

Esta cualidad está relacionada con el área que necesita el buque para realizar un cambio de rumbo importante, por ejemplo 180°.

Las magnitudes o parámetros que mejor la definen son el diámetro táctico de giro y el diámetro de evolución o diámetro táctico.

**-Facilidad de gobierno**

Esta cualidad engloba otras varias, la estabilidad dinámica, la rapidez de respuesta o la estabilidad de ruta. Sin duda, esta última es la más importante y mide la mayor o menor actividad sobre la longitud de la travesía, pues disminuye la resistencia al avance y por ende el consumo de combustible.

Las maniobras que evalúan esta característica son la maniobra en zig-zag y la maniobra en espiral.

**-Facilidad de cambio de rumbo**

Esta cualidad goza de las dos cualidades antes reseñadas. Mide la habilidad del buque para cambiar la trayectoria en el menor espacio posible, o sea la facilidad de evolución; y con la mayor rapidez posible, o sea la facilidad de gobierno.

Las magnitudes o parámetros que mejor la definen son el avance y el número "P" de Norrbín, cuando el buque ha recorrido una longitud igual a su eslora después del accionamiento del timón. También es obligado citar los índices de Nomoto, que se utilizan para resolver las ecuaciones del movimiento, sobre todo en las maniobras de zig-zag y, a pesar de las simplificaciones introducidas, están admitidas universalmente.

La predicción de las características de maniobrabilidad de los buques reviste grandes dificultades, tanto desde el punto de vista teórico como experimental.

El problema es debido, por un lado, a la inexistencia de un planteamiento teórico matemáticamente resoluble y, por otro, a las dificultades para la experimentación por los defectos de escala.

A causa de las dificultades antedichas el problema teórico se ha abordado por dos caminos.

- calculo de los parámetros de maniobrabilidad
- simulación matemática de las maniobras

**-ESTIMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD. CRITERIOS DE IMO:****■Diámetro de giro (turning diameter):**

$$DG = L_{pp}[4.19-203(CB/DEL R) + 47.4(Trimado/L_{pp}) - 13(B/L_{pp}) + (194/DEL R) + 3.82(AR/L_{pp} * T) + 7.79(AB/L_{pp} T)]$$

Donde:

DEL R: Grados del timón a una banda = 35°

TRI: Trimado = 0

AR: Área lateral proyectada del timón = 15.17 m<sup>2</sup>.

AB: Área lateral del bulbo de proa perpendicular a crujía = 6.260 m<sup>2</sup>.

$$DG = 391.87 \text{ m}$$

$$DG/L_{pp} = 3.86$$

■ Diámetro táctico o de evolución:

$$DT = L_{pp} [0.91(DG/L_{pp}) + 0.234(V/L_{pp}^{1/2}) + 0.675]$$

$$DT = \mathbf{460.36 \text{ m}} \quad DT/L_{pp} = \mathbf{4.535} < \mathbf{5} \rightarrow \mathbf{CUMPLE IMO}$$

■ Avance:

$$ADVC = L_{pp} (1.33 + 0.519 DT/L_{pp})$$

$$ADVC = \mathbf{373.89 \text{ m}} \quad ADVC/L_{pp} = \mathbf{3.684} < \mathbf{4.5} \rightarrow \mathbf{CUMPLE IMO}$$

■ Caída o transferencia:

$$TRANS = L_{pp} [0.497(DT/L_{pp}) - 0.065]$$

$$TRANS = \mathbf{222.173 \text{ m}} \quad TRANS/L_{pp} = \mathbf{2.189}$$

■ Facilidad para mantener el rumbo (course keeping ability):

-Cargueros, primer ángulo de rebasamiento en la maniobra en Z de 10°/10°

$$DELO/DELR = 10 * 2.33 (0.14 + CB B/L_{pp})$$

$$DELO_{10} = \mathbf{5.932^\circ}$$

Siendo DELR = 10°.

Considerando un margen del 20 %, obtenemos **DELO = 7.12°**

Angulo de rebasamiento no excedera de:

$$5 + 0.5 L_{pp}/V 0.5144 = \mathbf{11.577^\circ} > \mathbf{7.12^\circ} \rightarrow \mathbf{CUMPLE IMO}$$

-Cargueros, primer ángulo de rebasamiento en la maniobra en Z de 20°/20°

$$DELO_{20} = 20 14.29 [(CB B /L_{pp}) - 0.047]$$

$$DELO_{20} = \mathbf{19.314^\circ}$$

Considerando margen del 20%, obtenemos **DELO = 23.2° < 25° CUMPLE IMO**

■ Facilidad de parada (stopping ability):

$$\text{DISW} = \text{CB Lpp B T } 1.025 \rightarrow \text{DISW} = \mathbf{7684.580 \text{ T}}$$

La distancia recorrida RH se representa adimensionalmente como  $\text{RH}/\text{DISW}^{1/3}$ , en función de un parámetro de potencia, PP.

$$\text{PP} = 0,305 \text{ V}^3 \times \text{DISW} / (\text{PBA} \times \text{DP}) = \mathbf{1008.56}$$

$$\text{PBA} = \text{MCO} \times 0.35 = \mathbf{1960.8}$$

Con todo esto, ya podemos calcular el valor de RH:

$$\text{RH} = 0,305 \exp(0,773 - 5 \times 10^{-5} \text{ PP} + 0,617 \text{ Ln}(\text{PP})) \times \text{DISW}^{1/3}$$

$$\text{RH} = \mathbf{884.39 \text{ m}} \quad \text{RH}/\text{Lpp} = 8.713 < 15 \text{ CUMPLE IMO}$$

**-EMPUJADORES TRANSVERSALES:**

Hasta ahora se ha considerado que la maniobra de gobierno era obtenida exclusivamente con timones convencionales, aunque las exigencias de la reglamentación IMO se refieren a la maniobra en general y se permite utilizar todos los recursos permanentes del buque.

Debido al gran número de maniobras que por las características de costero efectuara este buque es recomendable la instalación de un empujador transversal en proa.

En buques con muchas maniobras de atraque, o de entrada y salida de puerto, se disponen empujadores transversales, normalmente en proa y a veces en proa y popa, que generan un empuje normal al plano diametral, aspirando agua de una banda y arrojándola en la contraria; para ello se dispone una hélice dentro de un conducto prácticamente cilíndrico que atraviesa el casco. Su cálculo se basa en determinar el empuje lateral a realizar por  $\text{m}^2$ , Fl, que es función del tipo de buque y de su eslora, y multiplicarlo por el área de deriva,  $\text{Lpp} \times \text{T}$ .

**-CÁLCULO DE EMPUJADORES TRANSVERSALES:**

■ Empuje necesario:

El empuje que debe proporcionar el empujador depende del tipo de buque, del área lateral proyectada de la obra viva y de la obra muerta, incluyendo en esta última los contenedores, si existieran.

Mediante una fórmula que relaciona el empuje necesario F en KN por m<sup>2</sup> de obra viva en función de su eslora en metros y de la velocidad de giro que se pretende alcanzar, en grados por segundo.

La fórmula es:  $VPSI = (188/Lpp)*F^{1/2}$  donde F para costeros es 0.08 a una velocidad de giro de 0.5 grados por segundo.

$$VPSI = (188/101.5)*0.08^{1/2} = \mathbf{0.523 \text{ grados/segundo}}$$

■Potencia necesaria:

Los empujadores de hélice en un túnel transversal tienen un valor medio de 11Kg/HP de la relación entre empuje y potencia del motor de accionamiento.

Para el cálculo del empuje lo hacemos por medio de la fórmula:

$$\text{Empuje} = F*Lpp*T \quad \text{donde } F= 0.08 \text{ para costeros}$$

$$\text{Empuje} = \mathbf{52.78 \text{ KN (5584 Kg)}}$$

Con el valor normal de 11 Kg/HP, resulta una potencia de motor necesaria de **508 HP**.

# EL PROYECTO

# BÁSICO

◆ DISEÑO DE LAS FORMAS

◆ CÁLCULO DE VOLÚMENES Y COMPARTIMENTOS

◆ CURVAS HIDROSTÁTICAS

◆ ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS

◆ ESCANTILLONADO DE LA CUADERNA MAESTRA

◆ SITUACIONES DE CARGA / ESFUERZO LONGITUDINAL

◆ FRANCOBORDO

◆ DISPOSICION GENERAL

◆ ARQUEO

◆ PRESUPUESTO PRELIMINAR

## 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 la forma 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.

Una vez obtenidas las formas es necesario el estudio del modelo en un canal de experiencias hidrodinámico para obtener y comprobar que las formas cumplan perfectamente con un comportamiento hidrodinámico correcto.

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 tanta experiencia y tantas horas de trabajo) y que, al ser plantillas de buques que han sido construidos y ensayados, no requerirán un posterior ensayo en canal de experiencias y podemos trabajar con una cierta garantía desde el punto de vista hidrodinámico. El método a seguir es el siguiente:

- Elección de la plantilla que se adapta al buque que queremos diseñar. En nuestro caso se trata de un buque tipo carguero con bulbo en proa y popa de espejo.

- Una vez elegido el buque, mediante transformación paramétrica, lo adaptaremos 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 proyecto obtenidos en el proyecto preliminar mediante los puntos de control que generan la superficie.

En esta última fase de modificación debemos poner especial atención para no modificar las formas del cuerpo de proa y popa ya que sería necesario un posterior estudio en canal al ser zonas muy complejas y que no intervienen con importancia en los coeficientes adimensionales de la carena. Se modifica la carena poniendo especial atención a los datos hidrostáticos como calado, desplazamiento, coeficiente de bloque, coeficiente prismático coeficiente en la maestra, etc. Hasta adaptar lo máximo posible nuestro buque-proyecto a los datos calculados en proyecto preliminar.

-Las modificaciones hasta llegar a nuestro buque-proyecto fueron las siguientes:

- a) Menor coeficiente de bloque.
- b) Menor coeficiente en la cuaderna maestra.
- c) Mayor coeficiente en la flotación.
- d) Abscisa del centro de carena más a popa.

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

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	8063.948	tonne
2	Volume	7867.266	m <sup>3</sup>
3	Draft to Baseline	7.5	m
4	Immersed depth	6.5	m
5	Lwl	101.5	m
6	Beam w/l	18.672	m
7	WSA	2441.157	m <sup>2</sup>
8	Max cross sect area	118.408	m <sup>2</sup>
9	Waterplane area	1438.632	m <sup>2</sup>
10	Cp	0.655	
11	Cb	0.639	
12	Cm	0.976	
13	Cwp	0.759	
14	LCB from zero pt	49.305	m
15	LCF from zero pt	46.498	m
16	KB	4.444	m
17	KG	0	m
18	BMT	4.05	m
19	BMI	109.202	m
20	GMT	8.495	m
21	GMI	113.646	m
22	KMT	8.495	m
23	KMI	113.646	m
24	Immersion (TPC)	14.746	tonne/cm
25	MTc	90.587	tonne.m
26	RM at 1 deg = GMT.Dis	1195.482	tonne.m
27	Precision	Medium	50 stations

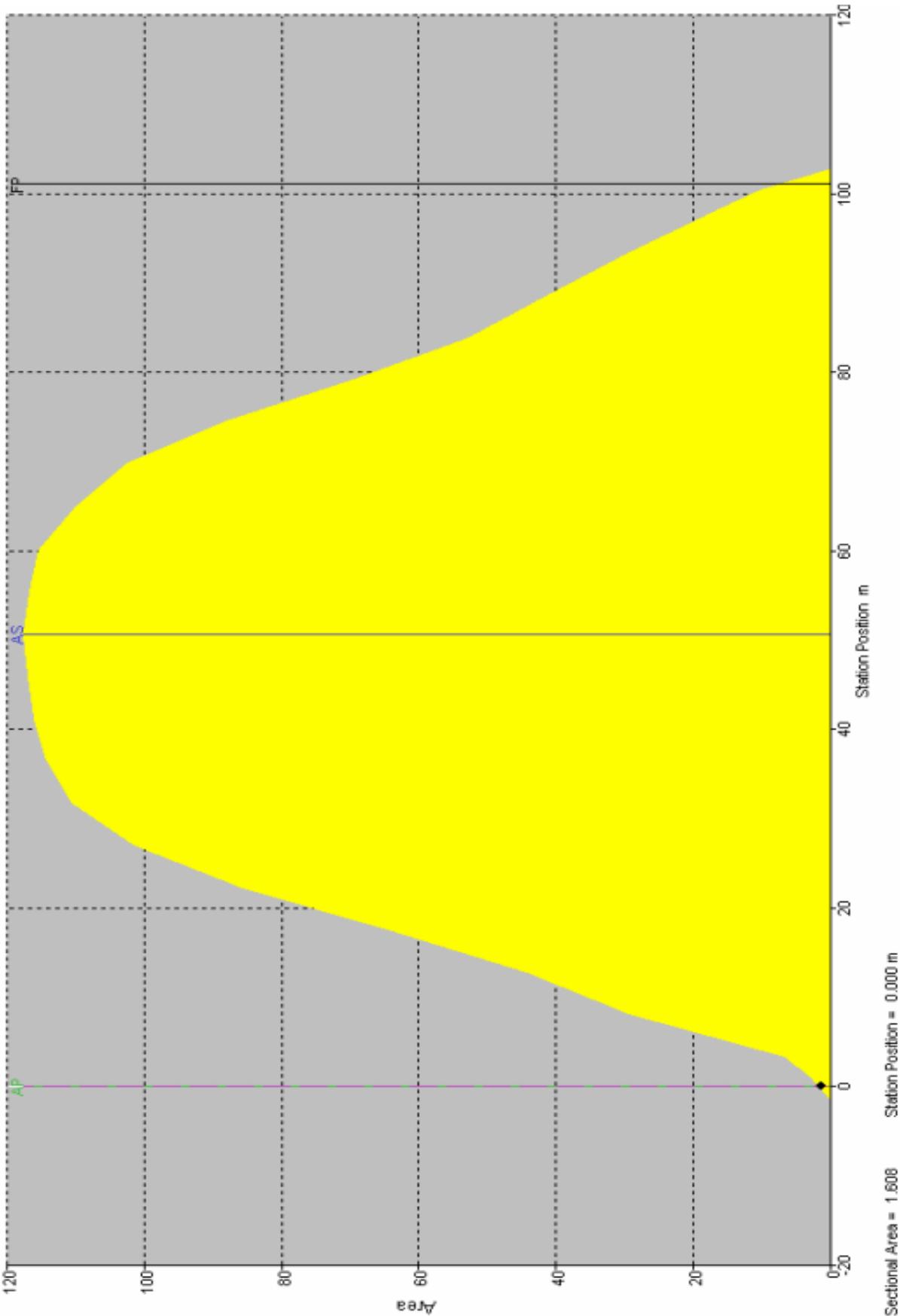
  

Density	<input type="text" value="1.025 tonne/m&lt;sup&gt;3&lt;/sup&gt;"/>	<input type="button" value="Recalculate"/>
VCG	<input type="text" value="0 m"/>	<input type="button" value="Close"/>

Como vemos se adapta perfectamente los calculados en la anterior fase de proyecto (proyecto preliminar) y una vez conseguido este objetivo estamos preparados para obtener el plano de formas y curva de áreas de nuestro buque.

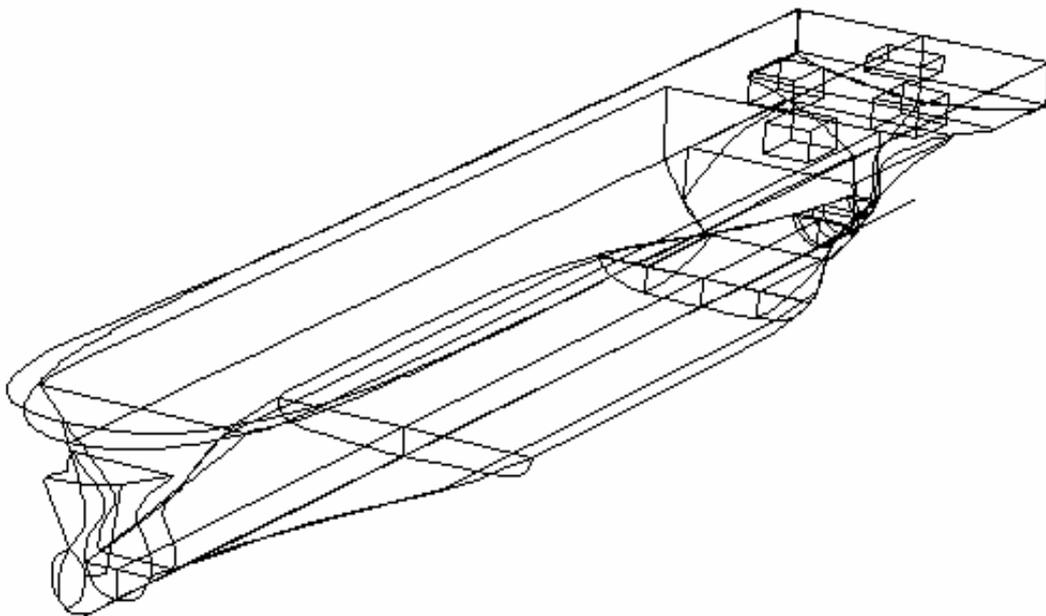
A continuación se muestra el plano de formas y curva de áreas de nuestro buque.



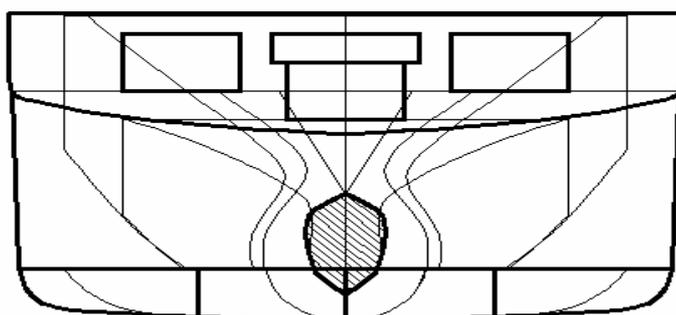
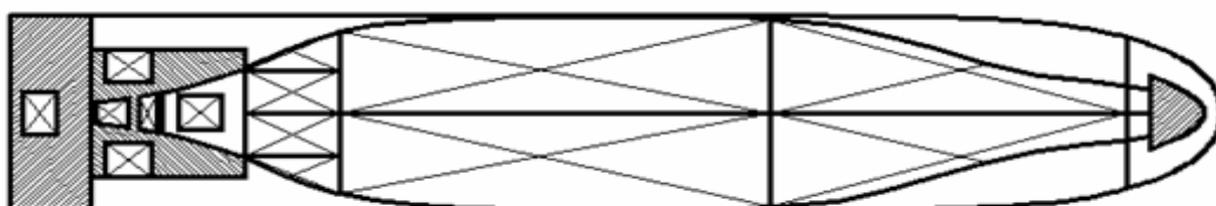
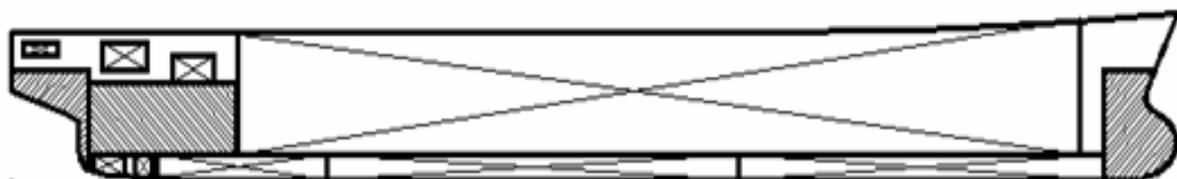


## CÁLCULO DE VOLÚMENES Y COMPARTIMENTOS:

Para realizar el cálculo de los pesos y volúmenes de los principales tanques que contiene el buque hemos utilizado el programa **MAXSURF** en su módulo **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 los datos de cada tanque para situarlos en el buque, y finalmente se han realizado 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 según la altura del fluido obtenido en él. El siguiente dibujo muestra una vista general del buque con la disposición de los principales tanques:



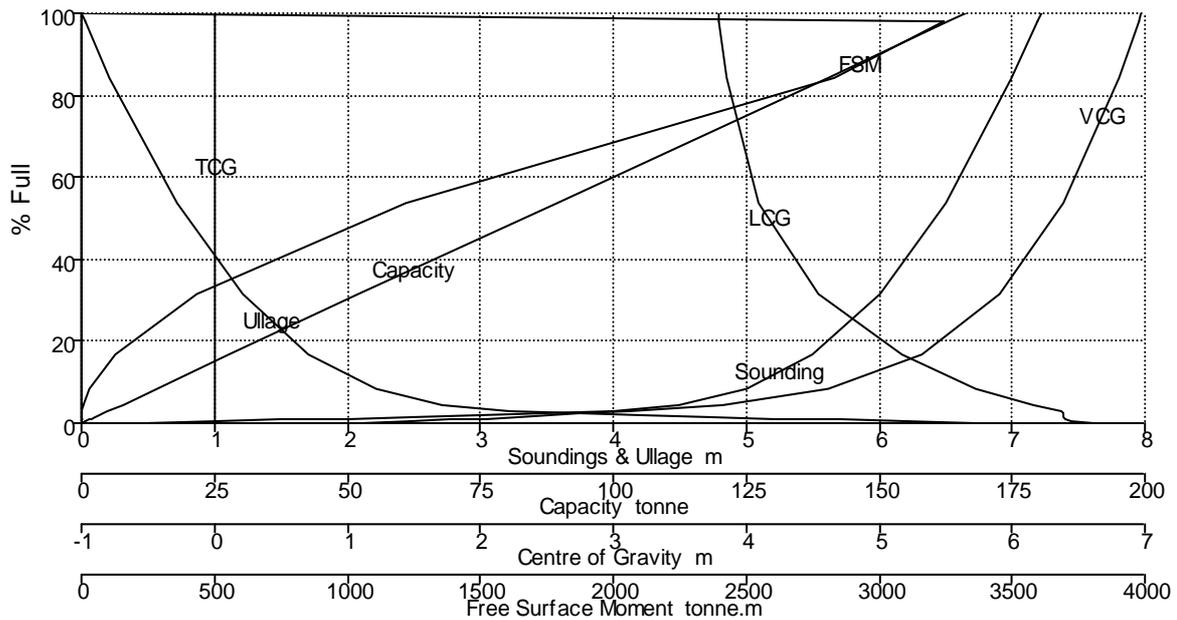
A continuación se muestran las tres vistas del buque con el compartimentado de tanques y posteriormente los datos específicos calculados de cada tanque mediante tablas y gráficos de curvas.



## TANK CALIBRATIONS – “PROYECTO”

### Tank Calibrations - Pique popa

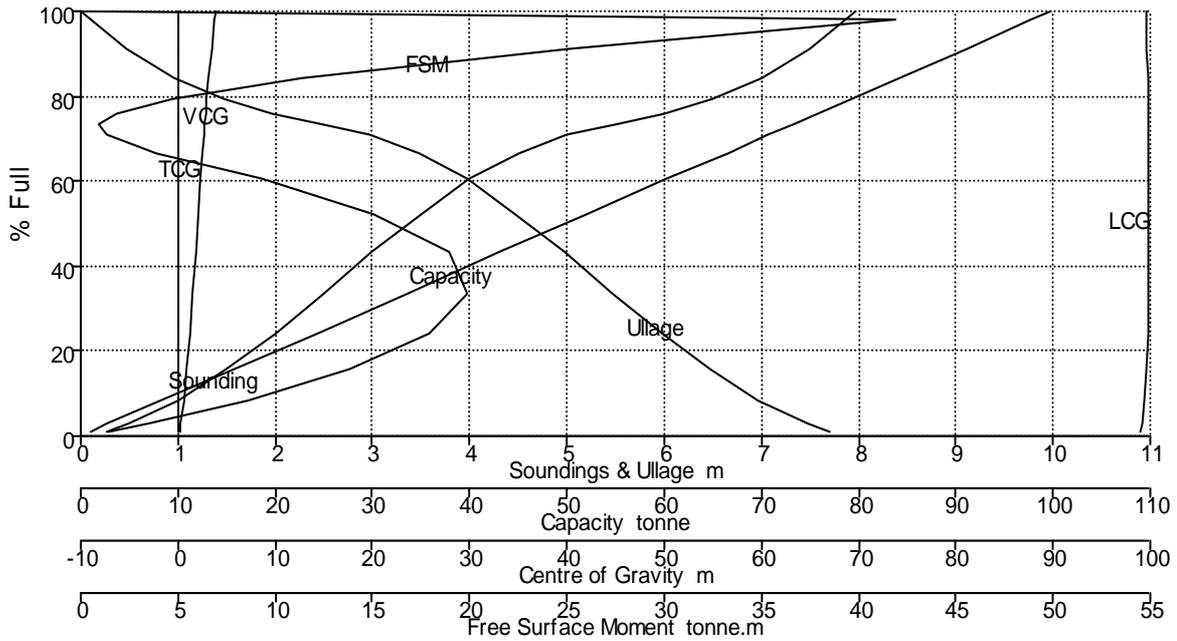
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
7.214	0	100	162.109	166.194	3.788	0	6.973	0
7.187	0.027	98	158.851	162.854	3.794	0	6.953	3241.779
7	0.214	84.5	136.907	140.357	3.849	0	6.804	2829.849
6.5	0.714	53.9	87.334	89.535	4.097	0	6.382	1217.689
6	1.214	31.3	50.712	51.99	4.546	0	5.9	435.301
5.5	1.714	16.6	26.894	27.571	5.171	0	5.316	124.537
5	2.214	8.6	13.947	14.299	5.73	0	4.623	33.237
4.5	2.714	4.7	7.551	7.741	6.163	0	3.823	7.441
4	3.214	3	4.854	4.976	6.366	0	3.127	1.408
3.5	3.714	2.4	3.858	3.955	6.392	0	2.754	0.318
3	4.214	2	3.272	3.354	6.388	0	2.524	0.209
2.5	4.714	1.6	2.66	2.727	6.389	0	2.292	0.258
2	5.214	1.2	1.984	2.034	6.394	0	2.04	0.328
1.741	5.473	1	1.621	1.662	6.4	0	1.902	0.329
1.5	5.714	0.8	1.284	1.316	6.406	0	1.769	0.326
1	6.214	0.4	0.615	0.63	6.441	0	1.474	0.234
0.5	6.714	0.1	0.125	0.128	6.607	0	1.114	0.05

### Tank Calibrations - Pique proa

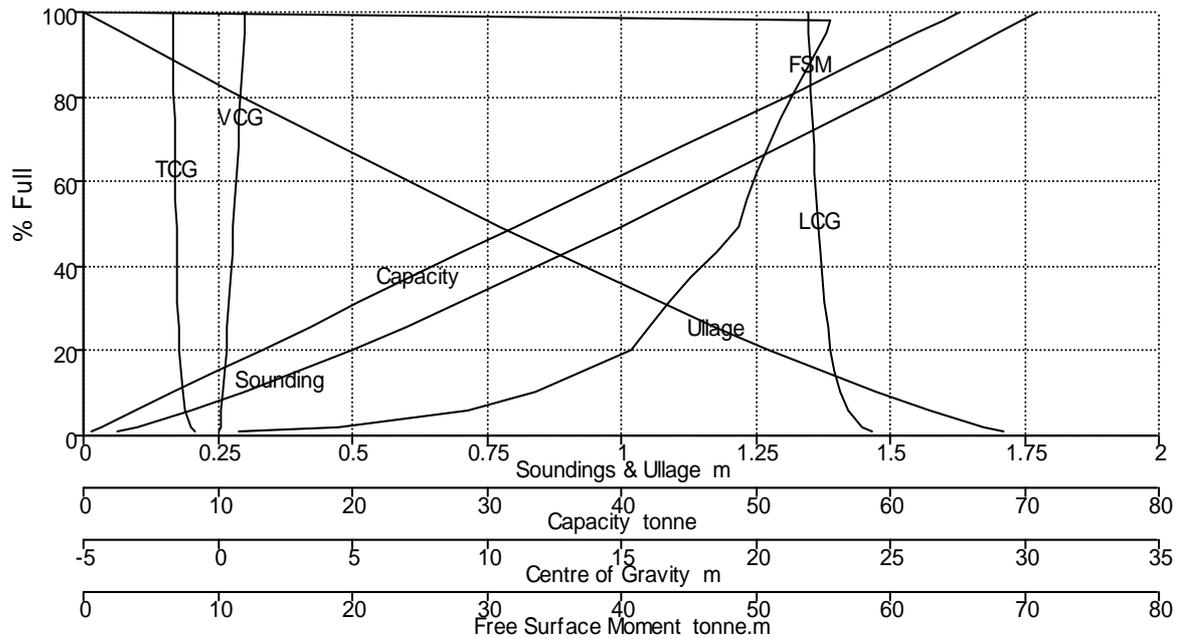
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
7.973	0	100	97.312	99.764	99.649	0	3.866	0
7.873	0.099	98	95.355	97.758	99.656	0	3.782	41.925
7.5	0.473	91.3	88.895	91.135	99.685	0	3.495	25.052
7	0.973	84.4	82.169	84.239	99.727	0	3.185	11.387
6.5	1.473	79.5	77.336	79.285	99.769	0	2.959	4.684
6	1.973	76.1	74.009	75.874	99.807	0	2.81	1.84
5.5	2.473	73.5	71.552	73.355	99.838	0	2.707	0.935
5	2.973	70.9	68.968	70.706	99.863	0	2.611	1.293
4.5	3.473	66.7	64.95	66.587	99.878	0	2.479	3.869
4	3.973	60.4	58.742	60.222	99.871	0	2.29	9.272
3.5	4.473	52.2	50.829	52.11	99.848	0	2.06	15.102
3	4.973	43.1	41.968	43.026	99.814	0	1.803	18.951
2.5	5.473	33.7	32.759	33.584	99.767	0	1.53	19.88
2	5.973	24.4	23.715	24.312	99.699	0	1.244	17.951
1.5	6.473	15.7	15.303	15.689	99.594	0	0.948	13.864
1	6.973	8.3	8.042	8.244	99.417	0	0.644	8.593
0.5	7.473	2.7	2.641	2.708	99.153	0	0.335	3.461
0.268	7.705	1	0.973	0.997	98.986	0	0.192	1.457

### Tank Calibrations - Combustible I

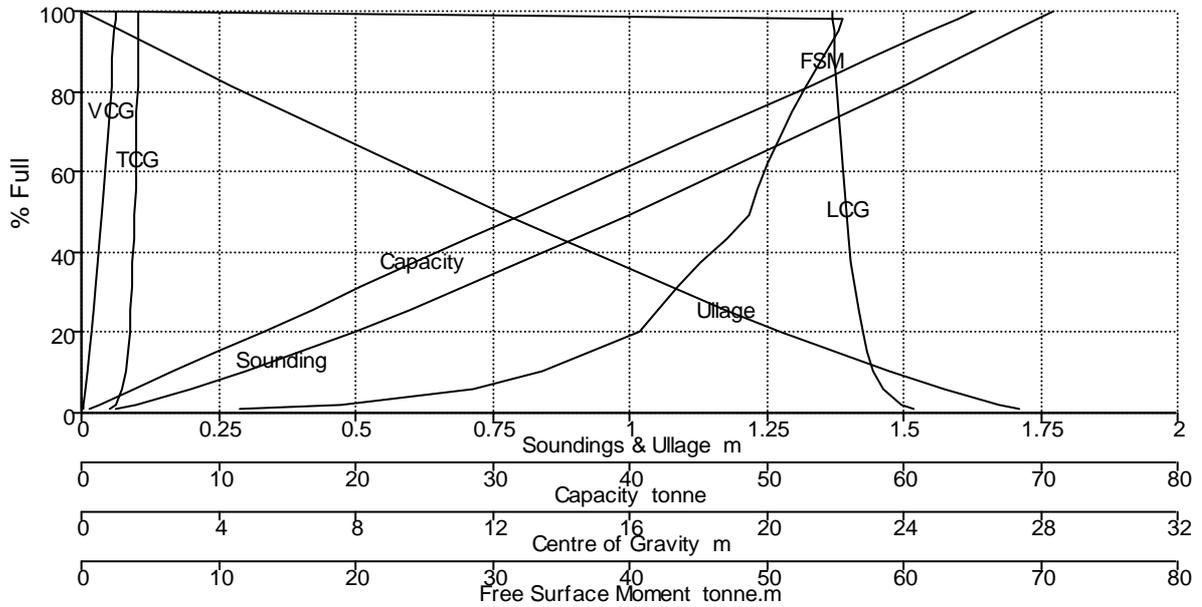
Fluid Type = Diesel      Relative Density = 0.84  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.774	0	100	77.684	65.255	21.937	-1.665	1.01	0
1.745	0.029	98	76.123	63.943	21.949	-1.662	0.994	55.486
1.7	0.074	94.9	73.725	61.929	21.968	-1.657	0.969	55.321
1.6	0.174	88.1	68.454	57.501	22.011	-1.645	0.915	54.049
1.5	0.274	81.4	63.252	53.131	22.057	-1.632	0.861	52.886
1.4	0.374	74.8	58.119	48.82	22.105	-1.619	0.806	51.834
1.3	0.474	68.3	53.058	44.569	22.156	-1.605	0.752	50.894
1.2	0.574	61.9	48.068	40.377	22.21	-1.59	0.698	50.06
1.1	0.674	55.5	43.152	36.247	22.269	-1.573	0.643	49.329
1	0.774	49.3	38.311	32.182	22.333	-1.554	0.589	48.696
0.9	0.874	43.2	33.559	28.189	22.404	-1.532	0.534	47.038
0.8	0.974	37.2	28.923	24.295	22.482	-1.509	0.479	45.169
0.7	1.074	31.4	24.411	20.505	22.571	-1.482	0.424	43.526
0.6	1.174	25.8	20.035	16.829	22.673	-1.451	0.369	42.007
0.5	1.274	20.3	15.804	13.275	22.794	-1.412	0.314	40.71
0.4	1.374	15.1	11.767	9.884	22.942	-1.362	0.258	37.199
0.3	1.474	10.3	7.988	6.71	23.137	-1.297	0.202	33.704
0.2	1.574	5.8	4.541	3.814	23.417	-1.194	0.145	28.58
0.1	1.674	2.1	1.638	1.376	23.943	-1.001	0.086	19.003
0.062	1.713	1	0.777	0.652	24.302	-0.857	0.064	11.61

### Tank Calibrations - Combustible II

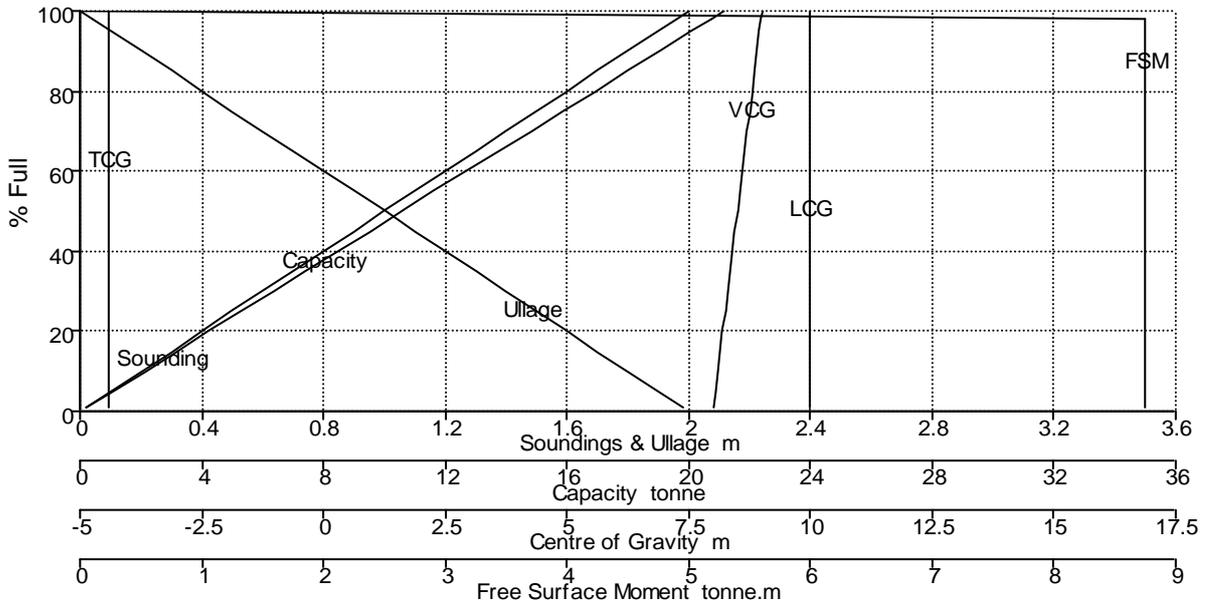
Fluid Type = Diesel      Relative Density = 0.84  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.774	0	100	77.684	65.255	21.937	1.665	1.01	0
1.745	0.029	98	76.123	63.943	21.949	1.662	0.994	55.486
1.7	0.074	94.9	73.725	61.929	21.968	1.657	0.969	55.321
1.6	0.174	88.1	68.454	57.501	22.011	1.645	0.915	54.049
1.5	0.274	81.4	63.252	53.131	22.057	1.632	0.861	52.886
1.4	0.374	74.8	58.119	48.82	22.105	1.619	0.806	51.834
1.3	0.474	68.3	53.058	44.569	22.156	1.605	0.752	50.894
1.2	0.574	61.9	48.068	40.377	22.21	1.59	0.698	50.06
1.1	0.674	55.5	43.152	36.247	22.269	1.573	0.643	49.329
1	0.774	49.3	38.311	32.182	22.333	1.554	0.589	48.696
0.9	0.874	43.2	33.559	28.189	22.404	1.532	0.534	47.038
0.8	0.974	37.2	28.923	24.295	22.482	1.509	0.479	45.169
0.7	1.074	31.4	24.411	20.505	22.571	1.482	0.424	43.526
0.6	1.174	25.8	20.035	16.829	22.673	1.451	0.369	42.007
0.5	1.274	20.3	15.804	13.275	22.794	1.412	0.314	40.71
0.4	1.374	15.1	11.767	9.884	22.942	1.362	0.258	37.199
0.3	1.474	10.3	7.988	6.71	23.137	1.297	0.202	33.704
0.2	1.574	5.8	4.541	3.814	23.417	1.194	0.145	28.58
0.1	1.674	2.1	1.638	1.376	23.943	1.001	0.086	19.003
0.062	1.713	1	0.777	0.652	24.302	0.857	0.064	11.61

### Tank Calibrations – Sedimentación I

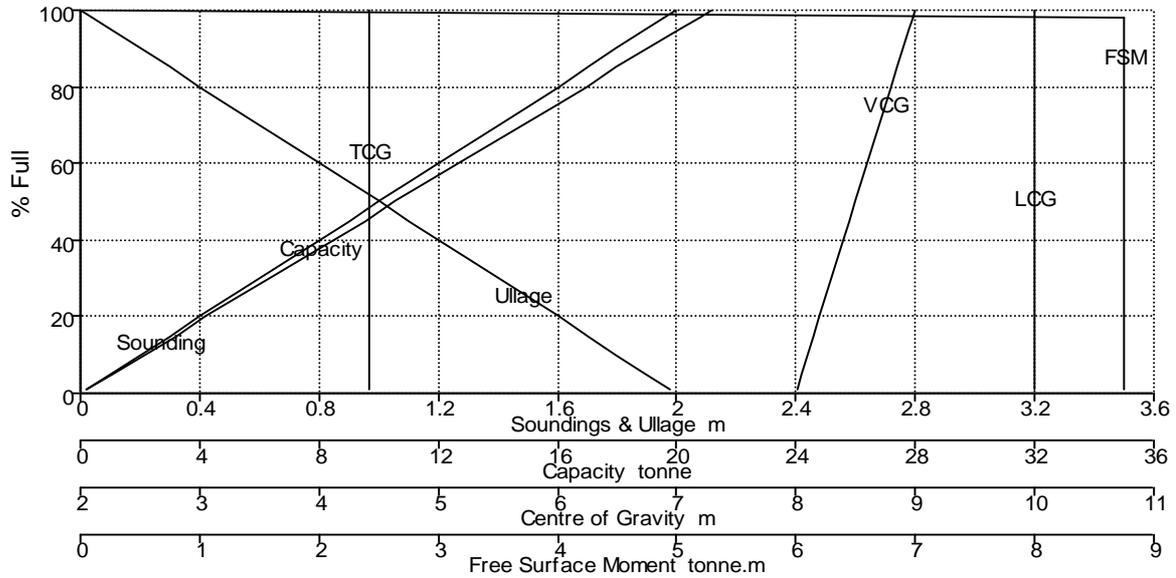
Fluid Type = Diesel      Relative Density = 0.84  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
2	0	100	25.2	21.168	10	-4.425	9	0
1.96	0.04	98	24.693	20.743	10	-4.425	8.98	8.752
1.9	0.1	95	23.94	20.11	10	-4.425	8.95	8.752
1.8	0.2	90	22.68	19.051	10	-4.425	8.9	8.752
1.7	0.3	85	21.42	17.993	10	-4.425	8.85	8.752
1.6	0.4	80	20.16	16.934	10	-4.425	8.8	8.752
1.5	0.5	75	18.9	15.876	10	-4.425	8.75	8.752
1.4	0.6	70	17.64	14.818	10	-4.425	8.7	8.752
1.3	0.7	65	16.38	13.759	10	-4.425	8.65	8.752
1.2	0.8	60	15.12	12.701	10	-4.425	8.6	8.752
1.1	0.9	55	13.86	11.642	10	-4.425	8.55	8.752
1	1	50	12.6	10.584	10	-4.425	8.5	8.752
0.9	1.1	45	11.34	9.526	10	-4.425	8.45	8.752
0.8	1.2	40	10.08	8.467	10	-4.425	8.4	8.752
0.7	1.3	35	8.82	7.409	10	-4.425	8.35	8.752
0.6	1.4	30	7.56	6.35	10	-4.425	8.3	8.752
0.5	1.5	25	6.3	5.292	10	-4.425	8.25	8.752
0.4	1.6	20	5.04	4.234	10	-4.425	8.2	8.752
0.3	1.7	15	3.78	3.175	10	-4.425	8.15	8.752
0.2	1.8	10	2.52	2.117	10	-4.425	8.1	8.752
0.1	1.9	5	1.26	1.058	10	-4.425	8.05	8.752
0.02	1.98	1	0.252	0.212	10	-4.425	8.01	8.752

### Tank Calibrations – Sedimentación II

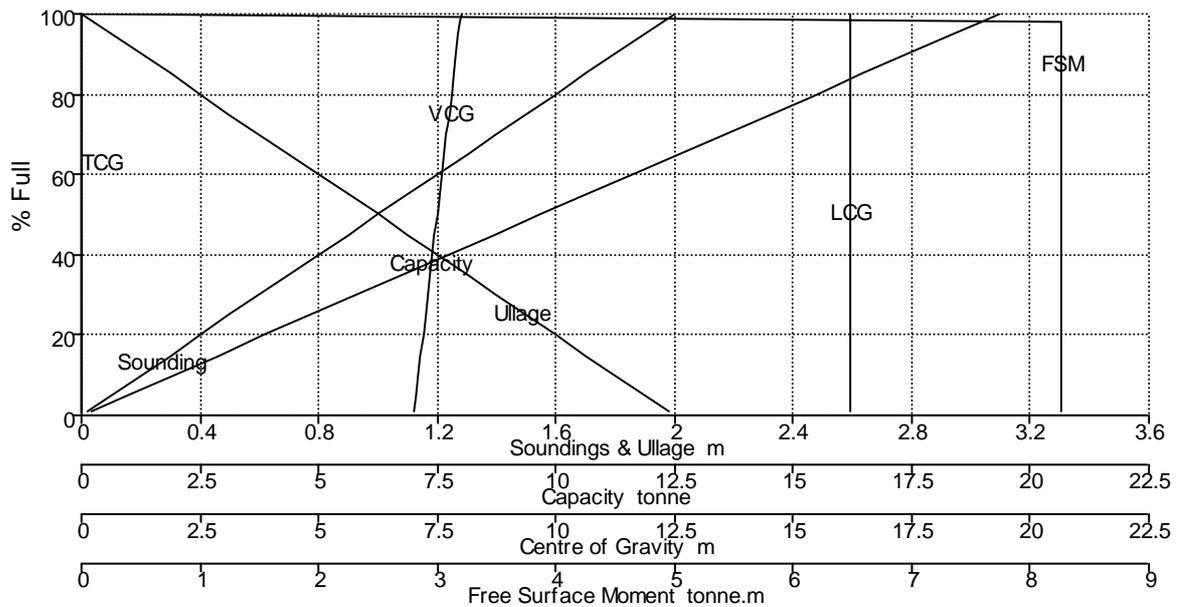
Fluid Type = Diesel      Relative Density = 0.84  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
2	0	100	25.2	21.168	10	4.425	9	0
1.96	0.04	98	24.693	20.743	10	4.425	8.98	8.752
1.9	0.1	95	23.94	20.11	10	4.425	8.95	8.752
1.8	0.2	90	22.68	19.051	10	4.425	8.9	8.752
1.7	0.3	85	21.42	17.993	10	4.425	8.85	8.752
1.6	0.4	80	20.16	16.934	10	4.425	8.8	8.752
1.5	0.5	75	18.9	15.876	10	4.425	8.75	8.752
1.4	0.6	70	17.64	14.818	10	4.425	8.7	8.752
1.3	0.7	65	16.38	13.759	10	4.425	8.65	8.752
1.2	0.8	60	15.12	12.701	10	4.425	8.6	8.752
1.1	0.9	55	13.86	11.642	10	4.425	8.55	8.752
1	1	50	12.6	10.584	10	4.425	8.5	8.752
0.9	1.1	45	11.34	9.526	10	4.425	8.45	8.752
0.8	1.2	40	10.08	8.467	10	4.425	8.4	8.752
0.7	1.3	35	8.82	7.409	10	4.425	8.35	8.752
0.6	1.4	30	7.56	6.35	10	4.425	8.3	8.752
0.5	1.5	25	6.3	5.292	10	4.425	8.25	8.752
0.4	1.6	20	5.04	4.234	10	4.425	8.2	8.752
0.3	1.7	15	3.78	3.175	10	4.425	8.15	8.752
0.2	1.8	10	2.52	2.117	10	4.425	8.1	8.752
0.1	1.9	5	1.26	1.058	10	4.425	8.05	8.752
0.02	1.98	1	0.252	0.212	10	4.425	8.01	8.752

### Tank Calibrations – Diario

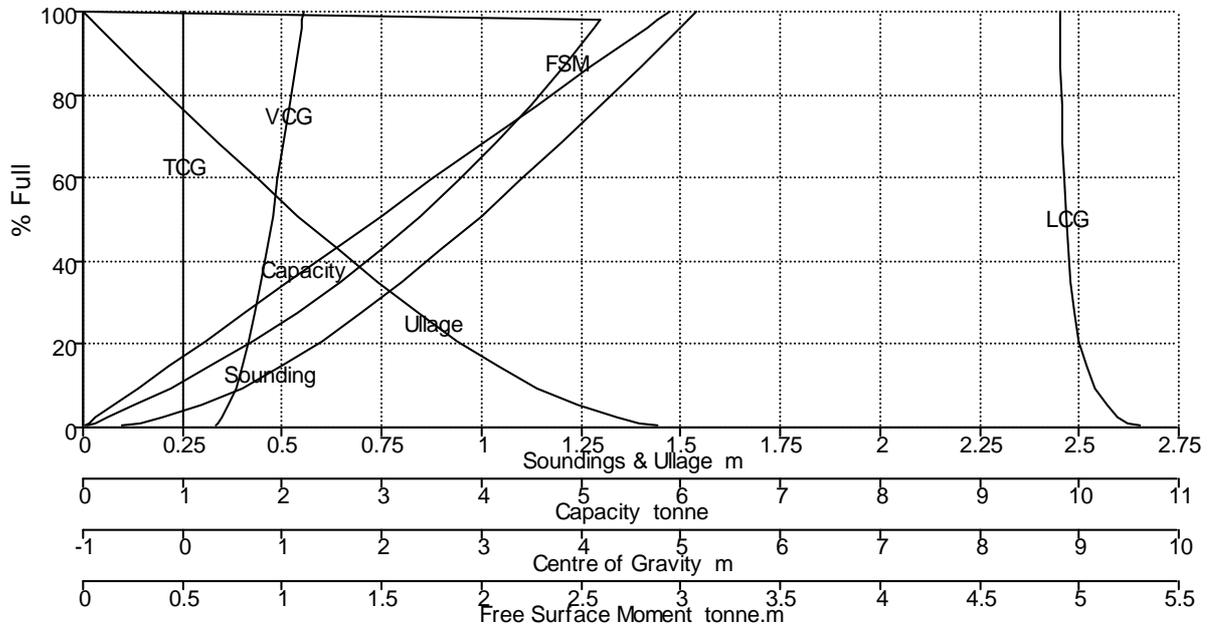
Fluid Type = Diesel      Relative Density = 0.84  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
2	0	100	23.04	19.354	16.2	0	8	0
1.96	0.04	98	22.577	18.965	16.2	0	7.98	8.258
1.9	0.1	95	21.888	18.386	16.2	0	7.95	8.258
1.8	0.2	90	20.736	17.418	16.2	0	7.9	8.258
1.7	0.3	85	19.584	16.451	16.2	0	7.85	8.258
1.6	0.4	80	18.432	15.483	16.2	0	7.8	8.258
1.5	0.5	75	17.28	14.515	16.2	0	7.75	8.258
1.4	0.6	70	16.128	13.548	16.2	0	7.7	8.258
1.3	0.7	65	14.976	12.58	16.2	0	7.65	8.258
1.2	0.8	60	13.824	11.612	16.2	0	7.6	8.258
1.1	0.9	55	12.672	10.644	16.2	0	7.55	8.258
1	1	50	11.52	9.677	16.2	0	7.5	8.258
0.9	1.1	45	10.368	8.709	16.2	0	7.45	8.258
0.8	1.2	40	9.216	7.741	16.2	0	7.4	8.258
0.7	1.3	35	8.064	6.774	16.2	0	7.35	8.258
0.6	1.4	30	6.912	5.806	16.2	0	7.3	8.258
0.5	1.5	25	5.76	4.838	16.2	0	7.25	8.258
0.4	1.6	20	4.608	3.871	16.2	0	7.2	8.258
0.3	1.7	15	3.456	2.903	16.2	0	7.15	8.258
0.2	1.8	10	2.304	1.935	16.2	0	7.1	8.258
0.1	1.9	5	1.152	0.968	16.2	0	7.05	8.258
0.02	1.98	1	0.23	0.194	16.2	0	7.01	8.258

### Tank Calibrations - Aceite

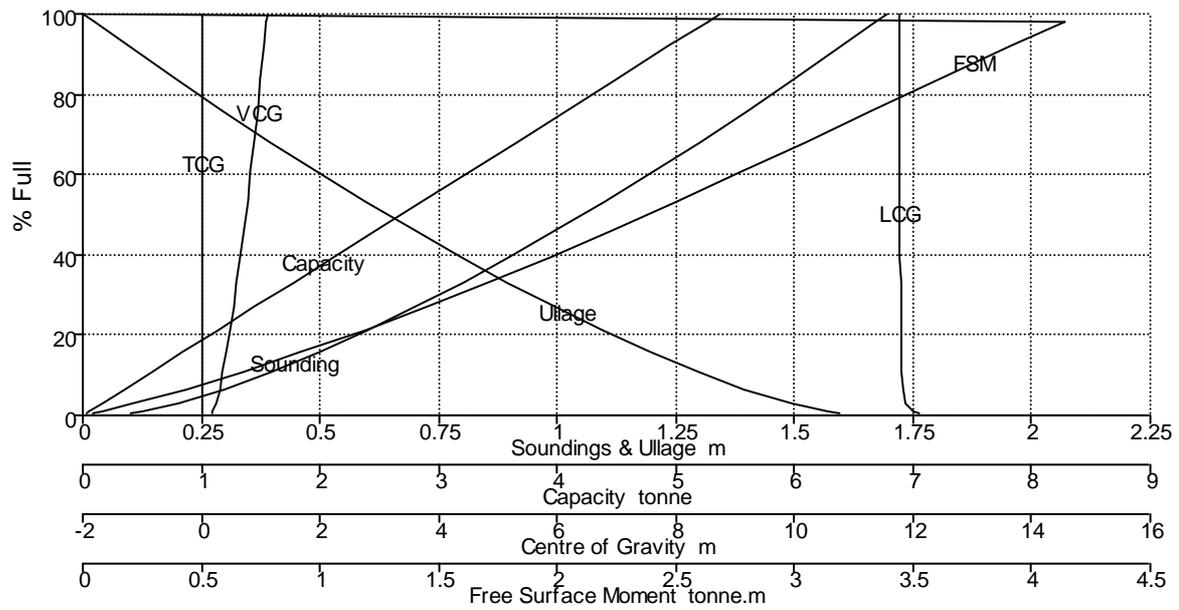
Fluid Type = Lube Oil      Relative Density = 0.92  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.541	0	100	6.398	5.886	8.803	0	1.212	0
1.52	0.021	98	6.27	5.768	8.804	0	1.2	2.601
1.5	0.041	96.1	6.148	5.656	8.805	0	1.189	2.57
1.4	0.141	86.6	5.54	5.097	8.813	0	1.132	2.409
1.3	0.241	77.3	4.945	4.55	8.822	0	1.075	2.245
1.2	0.341	68.2	4.366	4.016	8.833	0	1.017	2.073
1.1	0.441	59.4	3.803	3.498	8.846	0	0.959	1.889
1	0.541	50.9	3.259	2.998	8.863	0	0.9	1.693
0.9	0.641	42.8	2.737	2.518	8.884	0	0.841	1.495
0.8	0.741	35	2.239	2.06	8.911	0	0.781	1.291
0.7	0.841	27.7	1.77	1.628	8.947	0	0.721	1.077
0.6	0.941	20.9	1.335	1.228	8.996	0	0.659	0.852
0.5	1.041	14.7	0.941	0.866	9.068	0	0.596	0.64
0.4	1.141	9.4	0.601	0.553	9.167	0	0.531	0.445
0.3	1.241	5.2	0.334	0.307	9.272	0	0.466	0.258
0.2	1.341	2.2	0.142	0.131	9.39	0	0.402	0.122
0.143	1.398	1	0.064	0.059	9.495	0	0.364	0.064
0.1	1.441	0.4	0.024	0.022	9.6	0	0.334	0.023

### Tank Calibrations - Aceite sucio

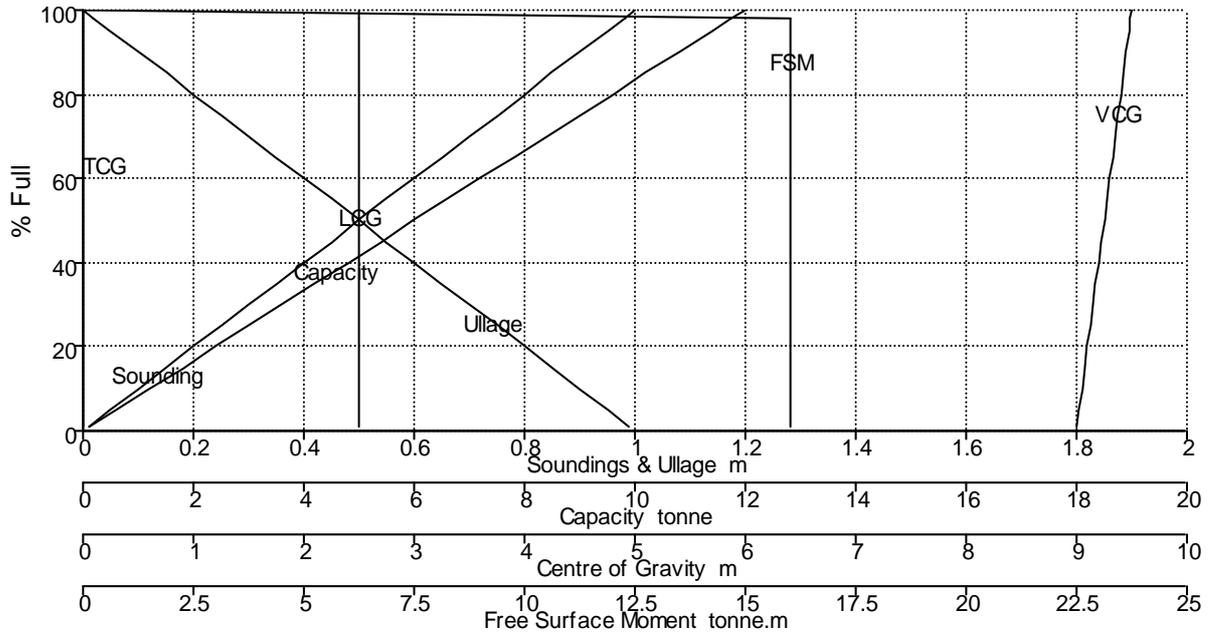
Fluid Type = Lube Oil      Relative Density = 0.92  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.696	0	100	5.843	5.376	11.775	0	1.118	0
1.672	0.024	98	5.726	5.268	11.775	0	1.104	4.14
1.6	0.096	92	5.373	4.943	11.775	0	1.063	3.914
1.5	0.196	83.8	4.894	4.503	11.776	0	1.005	3.614
1.4	0.296	75.8	4.428	4.074	11.777	0	0.947	3.328
1.3	0.396	68	3.975	3.657	11.777	0	0.889	3.047
1.2	0.496	60.5	3.536	3.253	11.778	0	0.831	2.767
1.1	0.596	53.2	3.111	2.862	11.78	0	0.773	2.5
1	0.696	46.2	2.701	2.485	11.781	0	0.715	2.243
0.9	0.796	39.5	2.306	2.122	11.783	0	0.657	1.974
0.8	0.896	33	1.929	1.775	11.786	0	0.599	1.701
0.7	0.996	26.9	1.571	1.445	11.79	0	0.541	1.453
0.6	1.096	21.1	1.233	1.134	11.795	0	0.482	1.196
0.5	1.196	15.7	0.92	0.846	11.802	0	0.424	0.919
0.4	1.296	10.9	0.635	0.585	11.814	0	0.365	0.681
0.3	1.396	6.5	0.382	0.352	11.836	0	0.305	0.439
0.2	1.496	3	0.176	0.162	11.885	0	0.245	0.207
0.125	1.571	1	0.058	0.054	12.02	0	0.196	0.08
0.1	1.596	0.5	0.032	0.029	12.103	0	0.178	0.045

### Tank Calibrations - Agua dulce

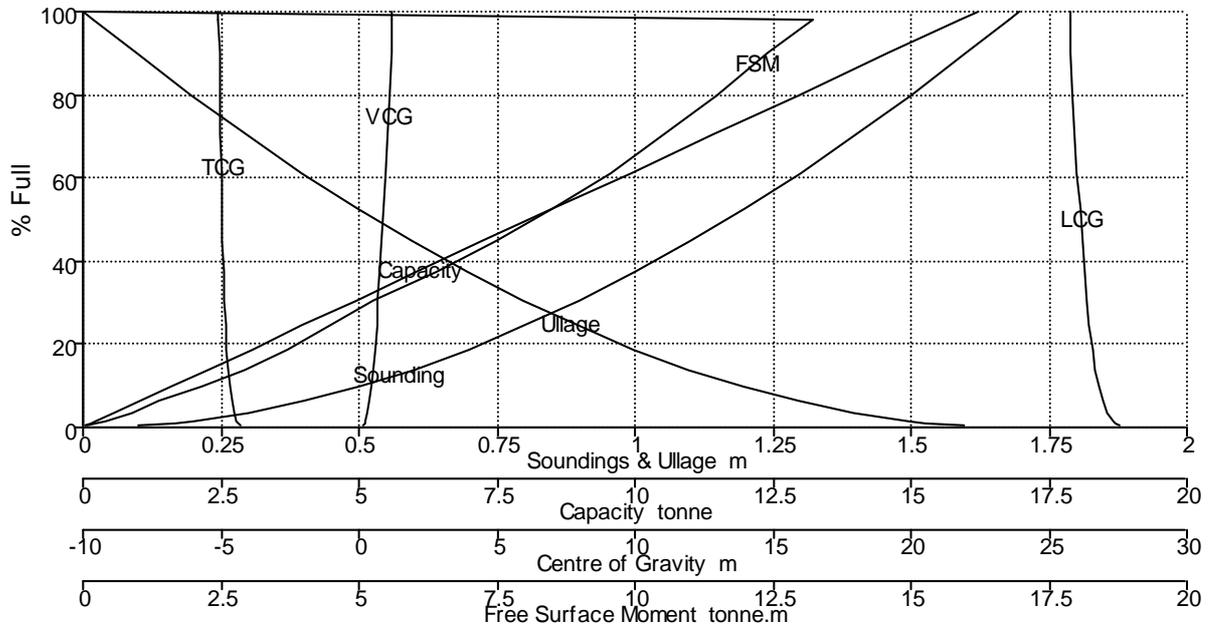
Fluid Type = Fresh Water      Relative Density = 1  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1	0	100	12	12	2.5	0	9.5	0
0.98	0.02	98	11.759	11.759	2.5	0	9.49	16
0.95	0.05	95	11.4	11.4	2.5	0	9.475	16
0.9	0.1	90	10.8	10.8	2.5	0	9.45	16
0.85	0.15	85	10.2	10.2	2.5	0	9.425	16
0.8	0.2	80	9.6	9.6	2.5	0	9.4	16
0.75	0.25	75	9	9	2.5	0	9.375	16
0.7	0.3	70	8.4	8.4	2.5	0	9.35	16
0.65	0.35	65	7.8	7.8	2.5	0	9.325	16
0.6	0.4	60	7.2	7.2	2.5	0	9.3	16
0.55	0.45	55	6.6	6.6	2.5	0	9.275	16
0.5	0.5	50	6	6	2.5	0	9.25	16
0.45	0.55	45	5.4	5.4	2.5	0	9.225	16
0.4	0.6	40	4.8	4.8	2.5	0	9.2	16
0.35	0.65	35	4.2	4.2	2.5	0	9.175	16
0.3	0.7	30	3.6	3.6	2.5	0	9.15	16
0.25	0.75	25	3	3	2.5	0	9.125	16
0.2	0.8	20	2.4	2.4	2.5	0	9.1	16
0.15	0.85	15	1.8	1.8	2.5	0	9.075	16
0.1	0.9	10	1.2	1.2	2.5	0	9.05	16
0.05	0.95	5	0.6	0.6	2.5	0	9.025	16
0.01	0.99	1	0.12	0.12	2.5	0	9.005	16

### Tank Calibrations - Lastre I Doble Fondo

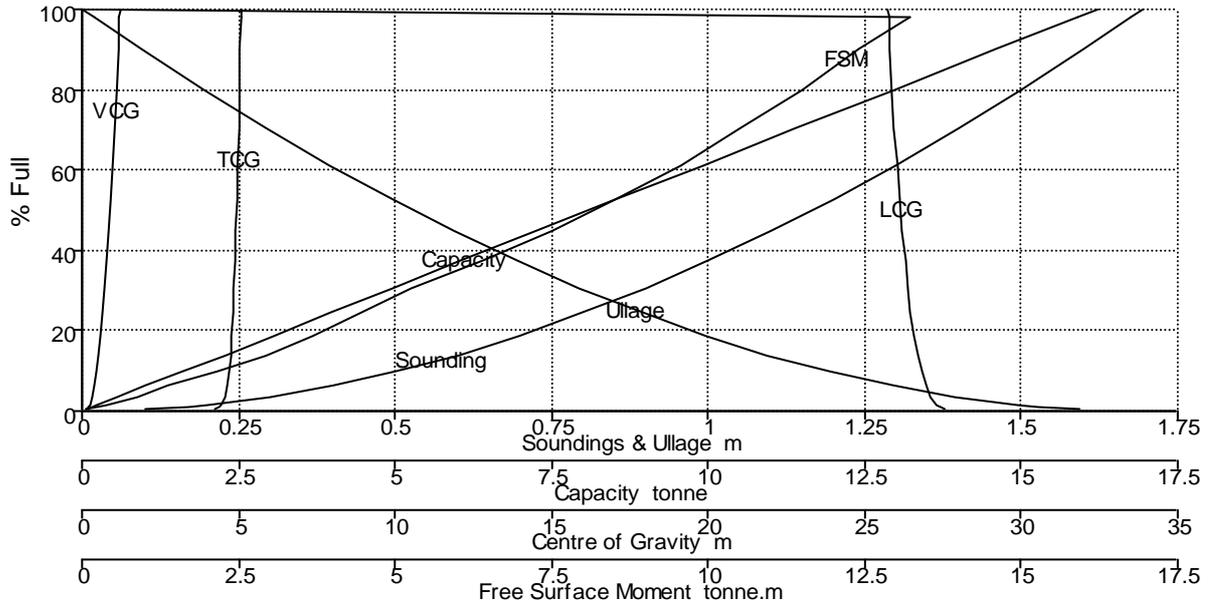
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.695	0	100	15.836	16.235	25.749	-5.08	1.211	0
1.676	0.019	98	15.516	15.907	25.761	-5.076	1.199	13.207
1.6	0.095	90	14.25	14.609	25.809	-5.058	1.151	12.405
1.5	0.195	79.9	12.649	12.968	25.876	-5.035	1.087	11.482
1.4	0.295	70.3	11.126	11.406	25.949	-5.01	1.023	10.517
1.3	0.395	61.1	9.683	9.927	26.027	-4.985	0.958	9.551
1.2	0.495	52.6	8.327	8.537	26.111	-4.958	0.893	8.534
1.1	0.595	44.6	7.063	7.241	26.2	-4.93	0.828	7.5
1	0.695	37.2	5.897	6.046	26.29	-4.899	0.764	6.415
0.9	0.795	30.5	4.838	4.959	26.374	-4.863	0.699	5.266
0.8	0.895	24.5	3.875	3.972	26.458	-4.823	0.636	4.479
0.7	0.995	18.9	2.999	3.074	26.559	-4.782	0.571	3.705
0.6	1.095	14	2.219	2.275	26.68	-4.737	0.506	2.937
0.5	1.195	9.8	1.545	1.584	26.82	-4.687	0.44	2.158
0.4	1.295	6.3	0.994	1.019	26.947	-4.622	0.376	1.38
0.3	1.395	3.5	0.553	0.567	27.09	-4.54	0.311	0.872
0.2	1.495	1.4	0.229	0.235	27.325	-4.443	0.243	0.396
0.168	1.526	1	0.158	0.162	27.394	-4.4	0.222	0.238
0.1	1.595	0.3	0.049	0.05	27.529	-4.274	0.177	0.078

### Tank Calibrations - Lastre II Doble Fonfo

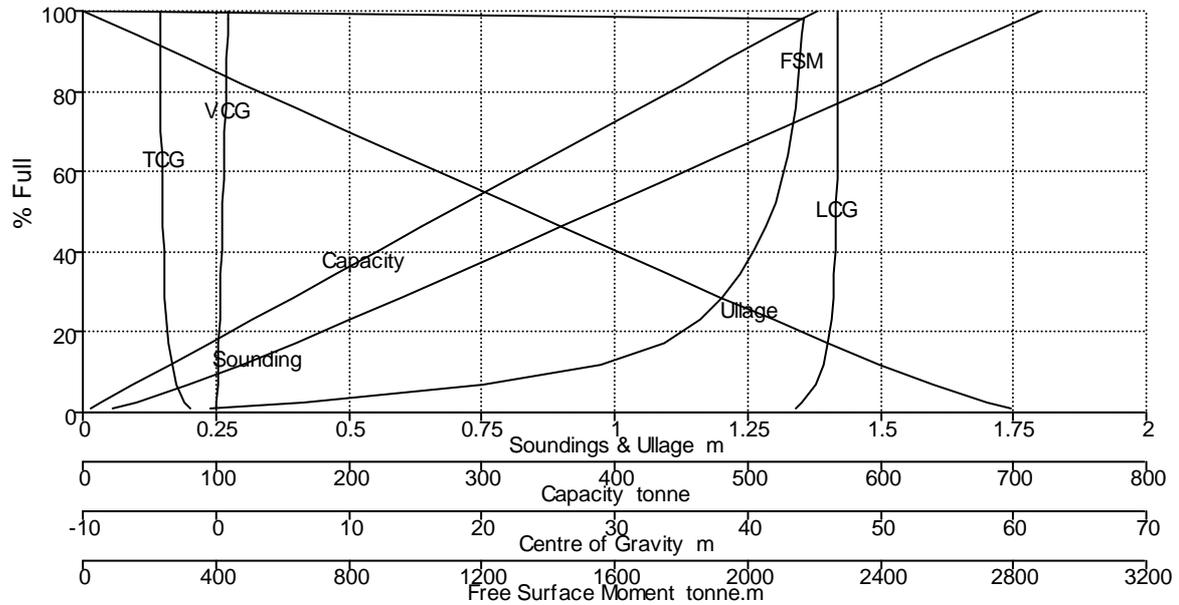
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.695	0	100	15.836	16.235	25.749	5.08	1.211	0
1.676	0.019	98	15.516	15.907	25.761	5.076	1.199	13.207
1.6	0.095	90	14.25	14.609	25.809	5.058	1.151	12.405
1.5	0.195	79.9	12.649	12.968	25.876	5.035	1.087	11.482
1.4	0.295	70.3	11.126	11.406	25.949	5.01	1.023	10.517
1.3	0.395	61.1	9.683	9.927	26.027	4.985	0.958	9.551
1.2	0.495	52.6	8.327	8.537	26.111	4.958	0.893	8.534
1.1	0.595	44.6	7.063	7.241	26.2	4.93	0.828	7.5
1	0.695	37.2	5.897	6.046	26.29	4.899	0.764	6.415
0.9	0.795	30.5	4.838	4.959	26.374	4.863	0.699	5.266
0.8	0.895	24.5	3.875	3.972	26.458	4.823	0.636	4.479
0.7	0.995	18.9	2.999	3.074	26.559	4.782	0.571	3.705
0.6	1.095	14	2.219	2.275	26.68	4.737	0.506	2.937
0.5	1.195	9.8	1.545	1.584	26.82	4.687	0.44	2.158
0.4	1.295	6.3	0.994	1.019	26.947	4.622	0.376	1.38
0.3	1.395	3.5	0.553	0.567	27.09	4.54	0.311	0.872
0.2	1.495	1.4	0.229	0.235	27.325	4.443	0.243	0.396
0.168	1.526	1	0.158	0.162	27.394	4.4	0.222	0.238
0.1	1.595	0.3	0.049	0.05	27.529	4.274	0.177	0.078

### Tank Calibrations - Lastre III Doble Fondo

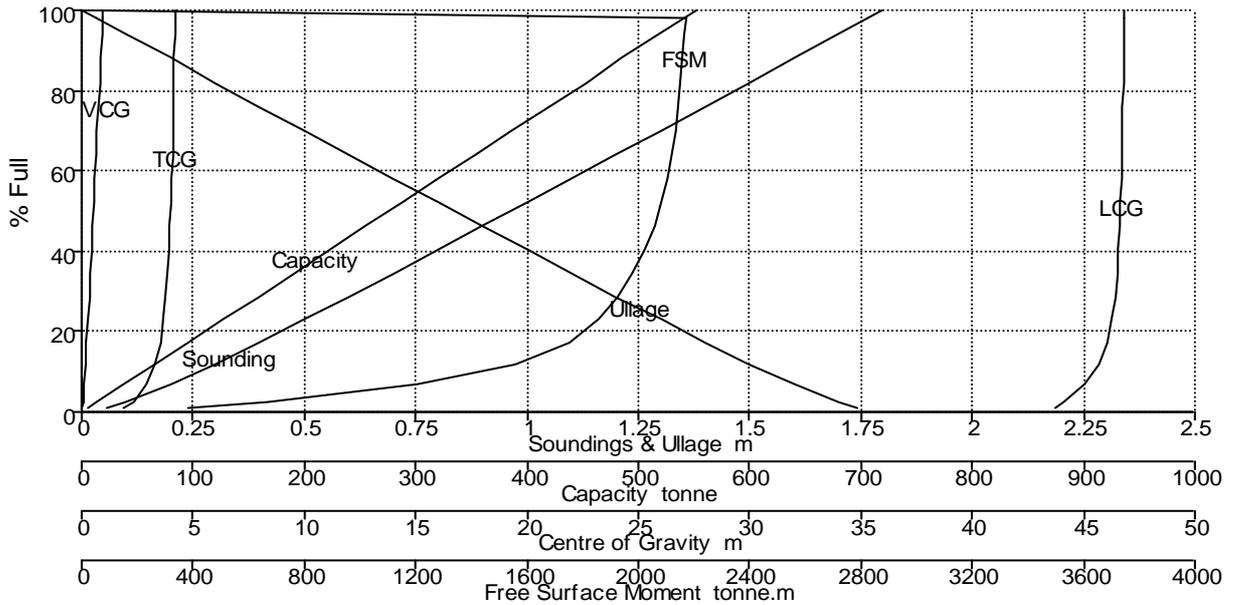
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.8	0	100	538.696	552.271	46.796	-4.195	0.955	0
1.766	0.033	98	527.868	541.17	46.794	-4.19	0.938	2169.126
1.7	0.1	94	506.329	519.089	46.791	-4.181	0.904	2165.633
1.6	0.2	88	473.941	485.885	46.783	-4.165	0.853	2159.627
1.5	0.3	82	441.594	452.723	46.774	-4.148	0.802	2152.513
1.4	0.4	76	409.295	419.609	46.762	-4.129	0.751	2143.956
1.3	0.5	70	377.055	386.556	46.747	-4.106	0.7	2133.404
1.2	0.6	64	344.882	353.573	46.729	-4.081	0.649	2121.528
1.1	0.7	58.1	312.793	320.675	46.704	-4.051	0.597	2105.089
1	0.8	52.1	280.809	287.886	46.674	-4.016	0.546	2085.099
0.9	0.9	46.2	248.962	255.235	46.634	-3.974	0.494	2057.301
0.8	1	40.3	217.296	222.771	46.582	-3.924	0.442	2021.268
0.7	1.1	34.5	185.854	190.537	46.512	-3.863	0.39	1977.939
0.6	1.2	28.7	154.686	158.584	46.413	-3.785	0.337	1924.98
0.5	1.3	23	123.869	126.99	46.266	-3.68	0.284	1855.592
0.4	1.4	17.4	93.556	95.914	46.039	-3.53	0.231	1749.4
0.3	1.5	11.9	64.144	65.761	45.671	-3.304	0.176	1557.884
0.2	1.6	6.8	36.639	37.562	45.075	-2.946	0.119	1204.544
0.1	1.7	2.5	13.262	13.596	44.136	-2.344	0.061	665.55
0.056	1.744	1	5.387	5.523	43.687	-1.916	0.036	384.717

### Tank Calibrations - Lastre IV Doble Fondo

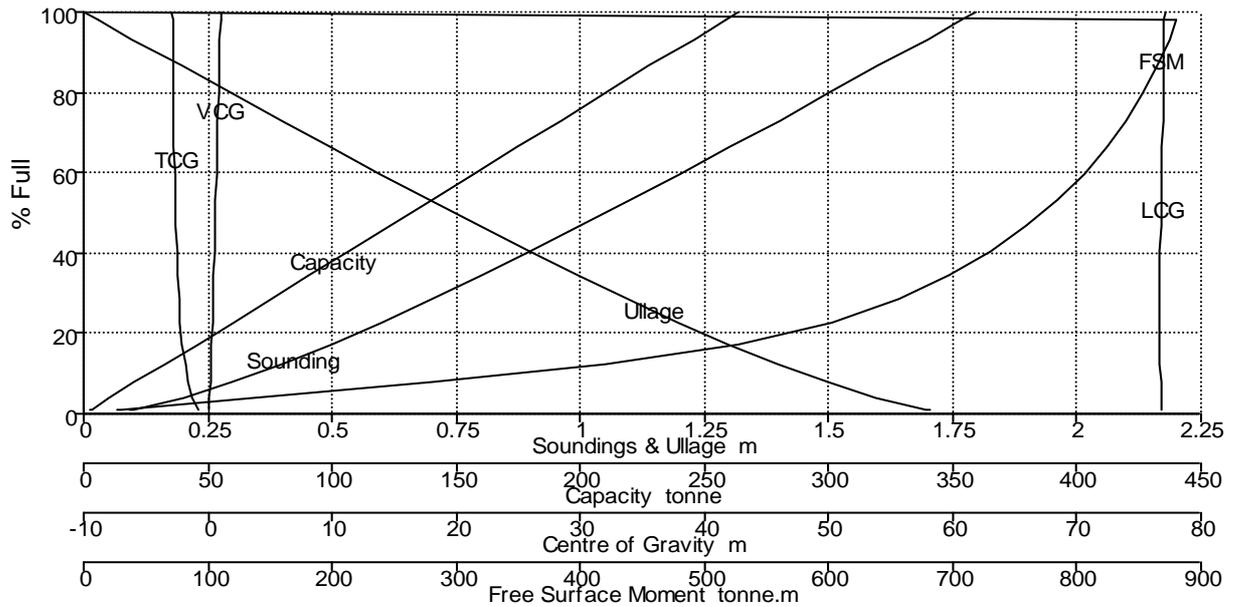
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m³	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.8	0	100	538.696	552.271	46.796	4.195	0.955	0
1.766	0.033	98	527.868	541.17	46.794	4.19	0.938	2169.126
1.7	0.1	94	506.329	519.089	46.791	4.181	0.904	2165.633
1.6	0.2	88	473.941	485.885	46.783	4.165	0.853	2159.627
1.5	0.3	82	441.594	452.723	46.774	4.148	0.802	2152.513
1.4	0.4	76	409.295	419.609	46.762	4.129	0.751	2143.956
1.3	0.5	70	377.055	386.556	46.747	4.106	0.7	2133.404
1.2	0.6	64	344.882	353.573	46.729	4.081	0.649	2121.528
1.1	0.7	58.1	312.793	320.675	46.704	4.051	0.597	2105.089
1	0.8	52.1	280.809	287.886	46.674	4.016	0.546	2085.099
0.9	0.9	46.2	248.962	255.235	46.634	3.974	0.494	2057.301
0.8	1	40.3	217.296	222.771	46.582	3.924	0.442	2021.268
0.7	1.1	34.5	185.854	190.537	46.512	3.863	0.39	1977.939
0.6	1.2	28.7	154.686	158.584	46.413	3.785	0.337	1924.98
0.5	1.3	23	123.869	126.99	46.266	3.68	0.284	1855.592
0.4	1.4	17.4	93.556	95.914	46.039	3.53	0.231	1749.4
0.3	1.5	11.9	64.144	65.761	45.671	3.304	0.176	1557.884
0.2	1.6	6.8	36.639	37.562	45.075	2.946	0.119	1204.544
0.1	1.7	2.5	13.262	13.596	44.136	2.344	0.061	665.55
0.056	1.744	1	5.387	5.523	43.687	1.916	0.036	384.717

### Tank Calibrations - Lastre V Doble Fondo

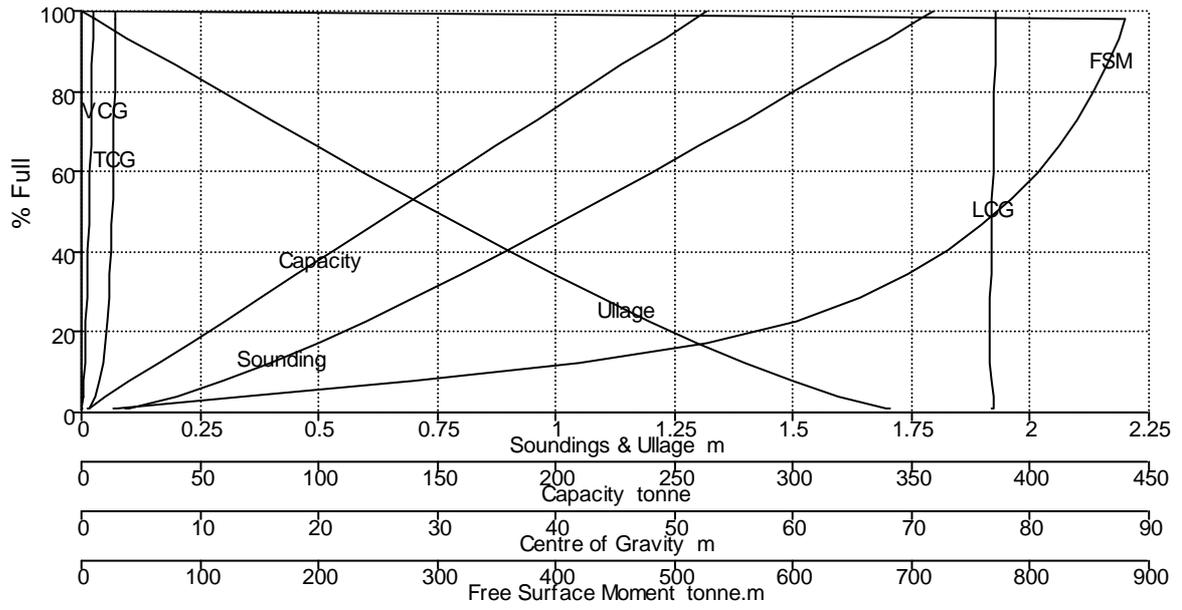
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.797	0	100	257.087	263.565	77.062	-2.864	1.026	0
1.768	0.029	98	251.918	258.266	77.052	-2.857	1.011	879.723
1.7	0.097	93.3	239.904	245.949	77.029	-2.841	0.974	874.514
1.6	0.197	86.5	222.268	227.869	76.994	-2.815	0.921	864.732
1.5	0.297	79.7	204.782	209.942	76.957	-2.786	0.867	853.388
1.4	0.397	72.9	187.463	192.188	76.918	-2.753	0.812	839.968
1.3	0.497	66.3	170.336	174.629	76.877	-2.716	0.758	823.805
1.2	0.597	59.7	153.43	157.296	76.835	-2.675	0.703	805.351
1.1	0.697	53.2	136.771	140.218	76.792	-2.627	0.649	784.316
1	0.797	46.8	120.395	123.429	76.748	-2.571	0.593	759.218
0.9	0.897	40.6	104.341	106.97	76.704	-2.506	0.538	730.823
0.8	0.997	34.5	88.661	90.896	76.662	-2.427	0.482	697.167
0.7	1.097	28.6	73.424	75.275	76.627	-2.33	0.426	656.779
0.6	1.197	22.8	58.729	60.209	76.603	-2.207	0.369	602.328
0.5	1.297	17.4	44.731	45.858	76.603	-2.047	0.311	527.031
0.4	1.397	12.3	31.676	32.474	76.64	-1.836	0.253	420.109
0.3	1.497	7.8	19.951	20.454	76.733	-1.559	0.193	280.766
0.2	1.597	3.9	10.104	10.359	76.872	-1.201	0.132	135.193
0.1	1.697	1.1	2.912	2.985	76.837	-0.742	0.071	30.504
0.093	1.703	1	2.56	2.624	76.783	-0.708	0.066	26.305

### Tank Calibrations - Lastre VI Doble Fondo

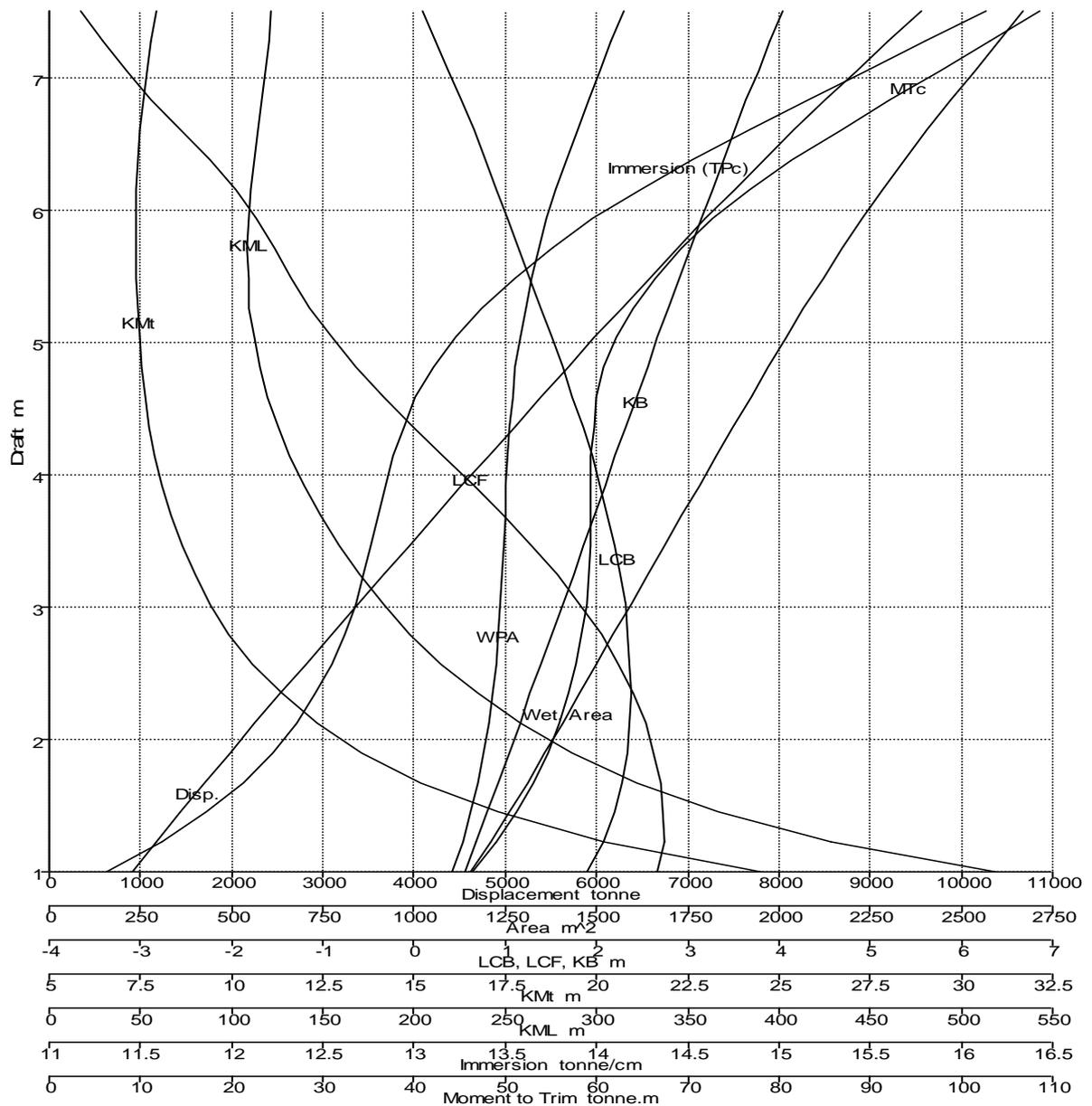
Fluid Type = Sea Water      Relative Density = 1.0252  
 Permeability = 100 %  
 Trim = 0 m



Sounding m.	Ullage m.	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity T.	LCG m.	TCG m.	VCG m.	FSM Tonne m.
1.797	0	100	257.087	263.565	77.062	2.864	1.026	0
1.788	0.029	98	251.918	258.266	77.052	2.857	1.011	879.723
1.7	0.097	93.3	239.904	245.949	77.029	2.841	0.974	874.514
1.6	0.197	86.5	222.268	227.869	76.994	2.815	0.921	864.732
1.5	0.297	79.7	204.782	209.942	76.957	2.786	0.867	853.388
1.4	0.397	72.9	187.463	192.188	76.918	2.753	0.812	839.968
1.3	0.497	66.3	170.336	174.629	76.877	2.716	0.758	823.805
1.2	0.597	59.7	153.43	157.296	76.835	2.675	0.703	805.351
1.1	0.697	53.2	136.771	140.218	76.792	2.627	0.649	784.316
1	0.797	46.8	120.395	123.429	76.748	2.571	0.593	759.218
0.9	0.897	40.6	104.341	106.97	76.704	2.506	0.538	730.823
0.8	0.997	34.5	88.661	90.896	76.662	2.427	0.482	697.167
0.7	1.097	28.6	73.424	75.275	76.627	2.33	0.426	656.779
0.6	1.197	22.8	58.729	60.209	76.603	2.207	0.369	602.328
0.5	1.297	17.4	44.731	45.858	76.603	2.047	0.311	527.031
0.4	1.397	12.3	31.676	32.474	76.64	1.836	0.253	420.109
0.3	1.497	7.8	19.951	20.454	76.733	1.559	0.193	280.766
0.2	1.597	3.9	10.104	10.359	76.872	1.201	0.132	135.193
0.1	1.697	1.1	2.912	2.985	76.837	0.742	0.071	30.504
0.093	1.703	1	2.56	2.624	76.783	0.708	0.066	26.305

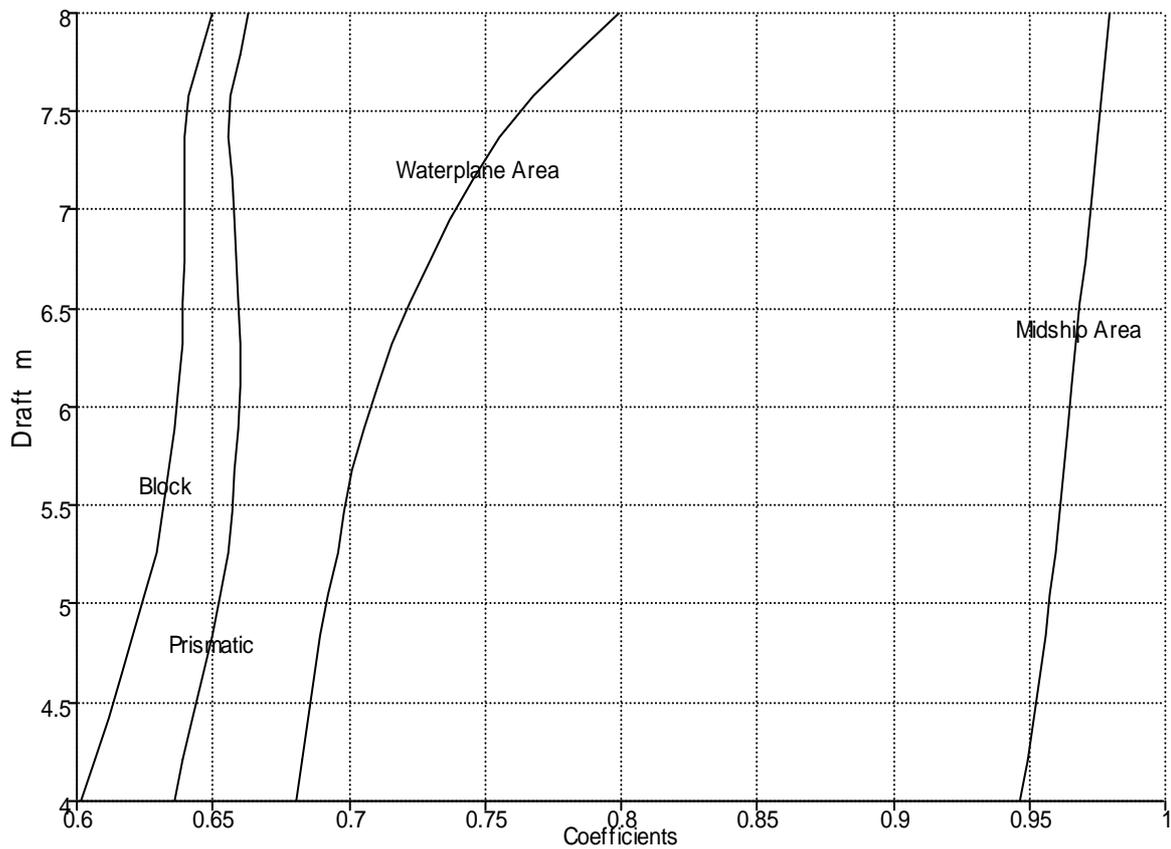
## CURVAS HIDROSTÁTICAS:

-Las curvas hidrostáticas han sido obtenidas con el programa de arquitectura naval **MAXSURF**, en su modulo **HIDROMAX**. Para obtener el siguiente resultado se ha dividido el calado en 30 partes iguales, y se ha analizado cada sección por separado. A continuación se muestra la grafica con la representación de los resultados obtenidos:



-También se ha obtenido la grafica-resultado de los coeficientes de forma de nuestro buque:

### “Proyecto”



-A continuación se muestra los datos obtenidos por el modulo **HIDROMAX** para el cálculo de las curvas hidrostáticas:

### Hydrostatics – “Proyecto”

**Fixed Trim = 0 m**  
**Relative Density = 1.0252**

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>1</b>	<b>1.224</b>	<b>1.448</b>	<b>1.672</b>
Displacement tonne	921	1178	1442	1710
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0
Draft at FP m	1	1.224	1.448	1.672
Draft at AP m	1	1.224	1.448	1.672
Draft at LCF m	1	1.224	1.448	1.672
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0
WL Length m	96.628	97.123	97.541	97.782
WL Beam m	18.067	18.185	18.266	18.325
Wetted Area m <sup>2</sup>	1155.995	1209.638	1261.043	1310.522
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1103.881	1133.176	1157.027	1176.355
Prismatic Coeff.	0.571	0.584	0.594	0.602
Block Coeff.	0.515	0.532	0.545	0.557
Midship Area Coeff.	0.923	0.923	0.931	0.938
Waterpl. Area Coeff.	0.632	0.642	0.649	0.656
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	1.905	2.084	2.203	2.284
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	2.673	2.738	2.732	2.7
KB m	0.564	0.683	0.803	0.922
KG m	6.5	6.5	6.5	6.5
BMt m	23.912	19.52	16.482	14.247
BML m	517.652	427.741	366.25	320.677
GMt m	17.975	13.704	10.784	8.669
GML m	511.715	421.924	360.553	315.099
KMt m	24.476	20.204	17.284	15.169
KML m	518.216	428.424	367.053	321.599
Immersion (TPc) tonne/cm	11.317	11.617	11.862	12.06
MTc tonne.m	46.441	48.979	51.206	53.077
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	288.982	281.795	271.304	258.658
Max deck inclination deg	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>1.897</b>	<b>2.121</b>	<b>2.345</b>	<b>2.569</b>
Displacement tonne	1982	2258	2536	2816
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0
Draft at FP m	1.897	2.121	2.345	2.569
Draft at AP m	1.897	2.121	2.345	2.569
Draft at LCF m	1.897	2.121	2.345	2.569
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0
WL Length m	97.926	98.044	98.122	98.151
WL Beam m	18.372	18.411	18.441	18.47
Wetted Area m <sup>2</sup>	1358.763	1406.218	1453.135	1499.793
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1192.176	1205.16	1215.648	1224.233
Prismatic Coeff.	0.609	0.616	0.622	0.627
Block Coeff.	0.567	0.575	0.583	0.59
Midship Area Coeff.	0.944	0.948	0.952	0.954
Waterpl. Area Coeff.	0.663	0.668	0.672	0.675
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	2.336	2.365	2.376	2.369
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	2.63	2.534	2.405	2.244
KB m	1.04	1.158	1.276	1.394
KG m	6.5	6.5	6.5	6.5
BMt m	12.535	11.182	10.085	9.181
BML m	285.309	256.837	233.249	213.399
GMt m	7.074	5.84	4.861	4.075
GML m	279.849	251.495	228.025	208.293
KMt m	13.575	12.34	11.362	10.575
KML m	286.35	257.996	234.525	214.793
Immersion (TPc) tonne/cm	12.222	12.355	12.463	12.551
MTc tonne.m	54.645	55.936	56.967	57.793
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	244.699	230.093	215.137	200.265
Max deck inclination deg	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>2.793</b>	<b>3.017</b>	<b>3.241</b>	<b>3.466</b>
<b>Displacement tonne</b>	3098	3382	3667	3953
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0	0	0
<b>Draft at FP m</b>	2.793	3.017	3.241	3.466
<b>Draft at AP m</b>	2.793	3.017	3.241	3.466
<b>Draft at LCF m</b>	2.793	3.017	3.241	3.466
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0	0	0
<b>WL Length m</b>	98.156	98.124	98.066	97.965
<b>WL Beam m</b>	18.492	18.513	18.529	18.545
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	1546.397	1593.063	1639.916	1686.95
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	1231.174	1236.879	1241.411	1245.183
<b>Prismatic Coeff.</b>	0.632	0.636	0.64	0.643
<b>Block Coeff.</b>	0.596	0.602	0.607	0.612
<b>Midship Area Coeff.</b>	0.943	0.947	0.949	0.952
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0.678	0.681	0.683	0.685
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	2.347	2.311	2.262	2.2
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	2.049	1.821	1.564	1.286
<b>KB m</b>	1.511	1.628	1.745	1.861
<b>KG m</b>	6.5	6.5	6.5	6.5
<b>BMt m</b>	8.424	7.784	7.236	6.765
<b>BML m</b>	196.354	181.56	168.472	156.832
<b>Gmt m</b>	3.435	2.911	2.48	2.126
<b>GML m</b>	191.364	176.688	163.716	152.192
<b>KMt m</b>	9.935	9.412	8.981	8.626
<b>KML m</b>	197.865	183.188	170.216	158.693
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	12.622	12.68	12.727	12.766
<b>MTc tonne.m</b>	58.417	58.876	59.149	59.272
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	185.736	171.853	158.729	146.647
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0	0	0

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>3.69</b>	<b>3.914</b>	<b>4.138</b>	<b>4.632</b>
<b>Displacement tonne</b>	4240	4527	4815	5105
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0	0	0
<b>Draft at FP m</b>	3.69	3.914	4.138	4.362
<b>Draft at AP m</b>	3.69	3.914	4.138	4.362
<b>Draft at LCF m</b>	3.69	3.914	4.138	4.362
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0	0	0
<b>WL Length m</b>	97.83	97.684	97.499	97.484
<b>WL Beam m</b>	18.557	18.567	18.577	18.581
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	1734.182	1781.393	1828.81	1876.38
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	1248.609	1252.361	1256.787	1262.202
<b>Prismatic Coeff.</b>	0.647	0.65	0.654	0.656
<b>Block Coeff.</b>	0.617	0.622	0.627	0.63
<b>Midship Area Coeff.</b>	0.954	0.956	0.958	0.96
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0.688	0.691	0.694	0.697
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	2.126	2.043	1.95	1.849
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	0.983	0.661	0.324	-0.011
<b>KB m</b>	1.977	2.093	2.209	2.324
<b>KG m</b>	6.5	6.5	6.5	6.5
<b>BMt m</b>	6.358	6.004	5.696	5.425
<b>BML m</b>	146.481	137.47	129.58	122.808
<b>Gmt m</b>	1.835	1.596	1.404	1.249
<b>GML m</b>	141.958	133.062	125.288	118.632
<b>KMt m</b>	8.335	8.097	7.905	7.749
<b>KML m</b>	148.458	139.562	131.789	125.132
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	12.801	12.839	12.885	12.94
<b>MTc tonne.m</b>	59.295	59.347	59.438	59.661
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	135.751	126.11	118.01	111.279
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0	0	0

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>4.586</b>	<b>4.81</b>	<b>5.034</b>	<b>5.259</b>
<b>Displacement tonne</b>	5395	5688	5983	6281
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0	0	0
<b>Draft at FP m</b>	4.586	4.81	5.034	5.259
<b>Draft at AP m</b>	4.586	4.81	5.034	5.259
<b>Draft at LCF m</b>	4.586	4.81	5.034	5.259
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0	0	0
<b>WL Length m</b>	97.639	97.747	97.943	98.236
<b>WL Beam m</b>	18.585	18.588	18.585	18.583
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	1924.775	1969.294	2018.374	2068.645
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	1268.997	1277.992	1290.053	1304.301
<b>Prismatic Coeff.</b>	0.657	0.659	0.66	0.66
<b>Block Coeff.</b>	0.632	0.635	0.637	0.638
<b>Midship Area Coeff.</b>	0.962	0.964	0.965	0.967
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0.699	0.703	0.709	0.714
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	1.74	1.624	1.506	1.386
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	-0.337	-0.636	-0.899	-1.136
<b>KB m</b>	2.44	2.556	2.673	2.79
<b>KG m</b>	6.5	6.5	6.5	6.5
<b>BMt m</b>	5.188	4.979	4.793	4.628
<b>BML m</b>	117.041	112.463	109.323	107.052
<b>GMt m</b>	1.127	1.035	0.966	0.918
<b>GML m</b>	112.98	108.519	105.496	103.342
<b>KMt m</b>	7.628	7.535	7.466	7.419
<b>KML m</b>	119.481	115.019	111.996	109.842
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	13.01	13.102	13.226	13.372
<b>MTc tonne.m</b>	60.057	60.814	62.187	63.952
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	106.165	102.723	100.828	100.671
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0	0	0

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>5.483</b>	<b>5.707</b>	<b>5.931</b>	<b>6.155</b>
<b>Displacement tonne</b>	6583	6889	7200	7516
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0	0	0
<b>Draft at FP m</b>	5.483	5.707	5.931	6.155
<b>Draft at AP m</b>	5.483	5.707	5.931	6.155
<b>Draft at LCF m</b>	5.483	5.707	5.931	6.155
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0	0	0
<b>WL Length m</b>	98.65	99.173	99.777	100.434
<b>WL Beam m</b>	18.579	18.57	18.56	18.551
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	2120.009	2172.434	2226.855	2283.592
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	1321.893	1341.63	1363.845	1388.756
<b>Prismatic Coeff.</b>	0.66	0.659	0.658	0.657
<b>Block Coeff.</b>	0.639	0.639	0.639	0.639
<b>Midship Area Coeff.</b>	0.968	0.97	0.972	0.973
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0.721	0.729	0.736	0.745
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	1.265	1.145	1.025	0.905
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	-1.343	-1.528	-1.725	-1.952
<b>KB m</b>	2.909	3.028	3.148	3.27
<b>KG m</b>	6.5	6.5	6.5	6.5
<b>BMt m</b>	4.482	4.351	4.235	4.134
<b>BML m</b>	106.004	105.638	105.963	106.953
<b>GMt m</b>	0.89	0.879	0.883	0.904
<b>GML m</b>	102.413	102.166	102.611	103.723
<b>KMt m</b>	7.391	7.379	7.384	7.404
<b>KML m</b>	108.913	108.666	109.112	110.224
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	13.552	13.754	13.982	14.238
<b>MTc tonne.m</b>	66.421	69.341	72.786	76.806
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	102.275	105.665	111.009	118.58
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0	0	0

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>6.379</b>	<b>6.603</b>	<b>6.828</b>	<b>7.052</b>
<b>Displacement tonne</b>	7838	8167	8503	8847
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0	0	0
<b>Draft at FP m</b>	6.379	6.603	6.828	7.052
<b>Draft at AP m</b>	6.379	6.603	6.828	7.052
<b>Draft at LCF m</b>	6.379	6.603	6.828	7.052
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0	0	0
<b>WL Length m</b>	101.123	101.541	101.632	101.732
<b>WL Beam m</b>	18.536	18.52	18.505	18.488
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	2343.005	2405.676	2469.613	2534.78
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	1416.453	1447.386	1478.544	1509.872
<b>Prismatic Coeff.</b>	0.656	0.657	0.66	0.664
<b>Block Coeff.</b>	0.639	0.642	0.646	0.651
<b>Midship Area Coeff.</b>	0.975	0.977	0.978	0.98
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0.756	0.77	0.786	0.803
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	0.782	0.653	0.52	0.382
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	-2.228	-2.569	-2.882	-3.152
<b>KB m</b>	3.394	3.518	3.645	3.773
<b>KG m</b>	6.5	6.5	6.5	6.5
<b>BMt m</b>	4.047	3.975	3.922	3.888
<b>BML m</b>	108.577	110.862	112.901	114.714
<b>GMt m</b>	0.94	0.993	1.067	1.16
<b>GML m</b>	105.47	107.88	110.045	111.986
<b>KMt m</b>	7.44	7.494	7.567	7.661
<b>KML m</b>	111.97	114.381	116.546	118.487
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	14.521	14.839	15.158	15.479
<b>MTc tonne.m</b>	81.448	86.807	92.194	97.608
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	128.559	141.599	158.283	179.167
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0	0	0

<b>Draft Amidsh. M</b>	<b>7.276</b>	<b>7.5</b>
<b>Displacement tonne</b>	9197	9555
<b>Heel to Starboard degrees</b>	0	0
<b>Draft at FP m</b>	7.276	7.5
<b>Draft at AP m</b>	7.276	7.5
<b>Draft at LCF m</b>	7.276	7.5
<b>Trim (+ve by stern) m</b>	0	0
<b>WL Length m</b>	101.835	101.941
<b>WL Beam m</b>	18.469	18.45
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	2601.018	2668.381
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	1541.537	1573.766
<b>Prismatic Coeff.</b>	0.668	0.672
<b>Block Coeff.</b>	0.656	0.661
<b>Midship Area Coeff.</b>	0.981	0.983
<b>Waterpl. Area Coeff.</b>	0.82	0.837
<b>LCB from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	0.243	0.102
<b>LCF from Amidsh. (+ve fwd) m</b>	-3.403	-3.658
<b>KB m</b>	3.902	4.033
<b>KG m</b>	6.5	6.5
<b>BMt m</b>	3.873	3.88
<b>BML m</b>	116.366	117.88
<b>GMt m</b>	1.275	1.412
<b>GML m</b>	113.768	115.412
<b>KMt m</b>	7.775	7.912
<b>KML m</b>	120.268	121.912
<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	15.804	16.134
<b>MTc tonne.m</b>	103.09	108.65
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	204.606	235.474
<b>Max deck inclination deg</b>	0	0
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0	0

## ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS:

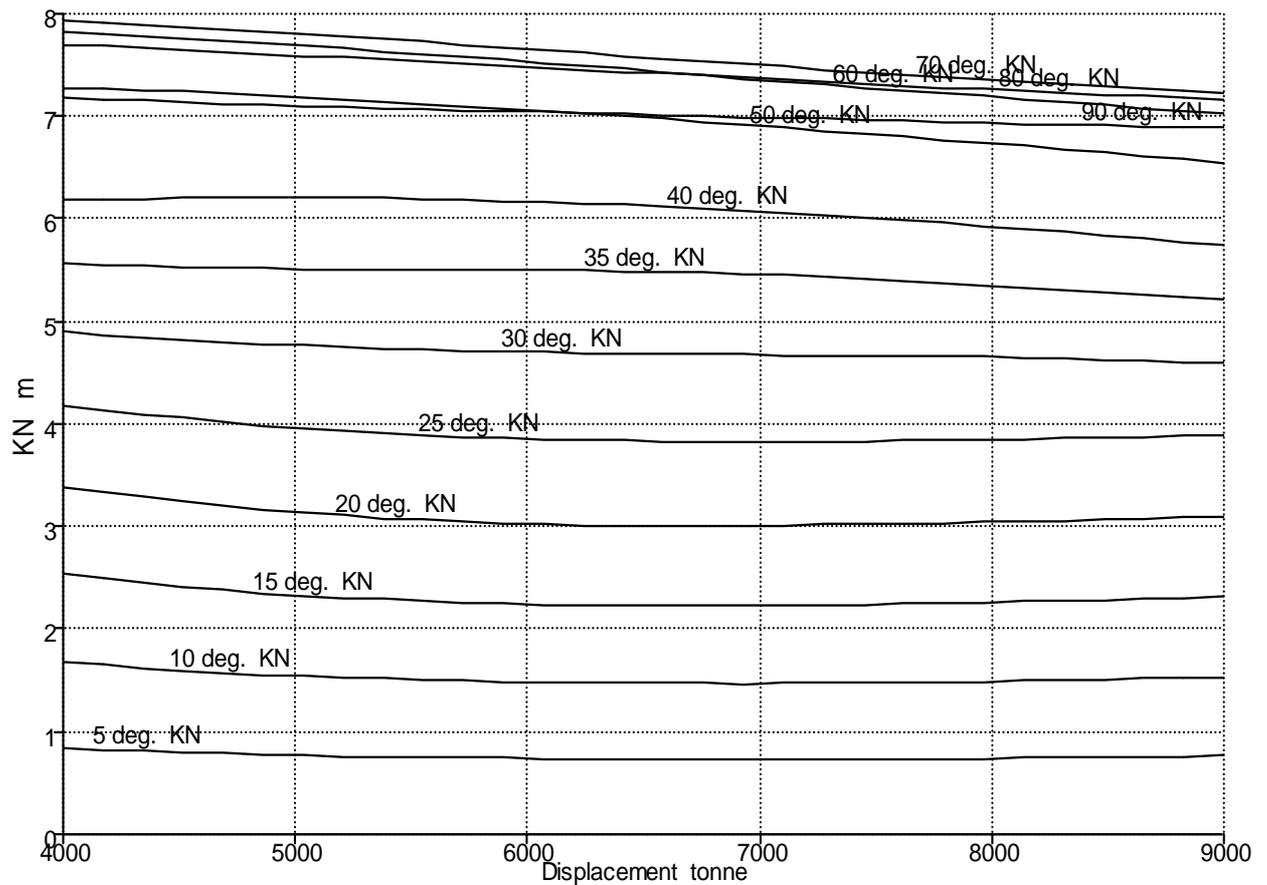
-Para realizar el estudio de estabilidad con **HIDROMAX** se ha analizado el buque desde una condición de desplazamiento de 4000 toneladas hasta otra de 9000 toneladas.

Los ángulos para los brazos KN van a intervalos de 5° desde el ángulo de 0° hasta 40° y a intervalos de 10° desde los 40° hasta los 90°.

La gráfica de brazos KN resultante es la siguiente:

### KN Calculation - Proyecto

Initial Trim = 0 m  
Relative Density = 1.025



-A continuación se muestra las tablas en las que se recoge los datos obtenidos con **HIDROMAX**:

Desplacement tonne	KN 5 deg.	KN 10 deg.	KN 15 deg.	KN 20 deg.	KN 25 deg.	KN 30 deg.	KN 35 deg.
4000	0.837	1.679	2.532	3.386	4.186	4.899	5.564
4172	0.821	1.649	2.488	3.333	4.14	4.868	5.551
4345	0.808	1.622	2.448	3.284	4.096	4.841	5.539
4517	0.796	1.598	2.412	3.24	4.056	4.819	5.53
4690	0.785	1.576	2.381	3.201	4.019	4.799	5.523
4862	0.776	1.558	2.353	3.166	3.985	4.781	5.517
5034	0.768	1.541	2.328	3.134	3.956	4.764	5.512
5207	0.76	1.527	2.307	3.106	3.932	4.75	5.509
5379	0.754	1.515	2.288	3.082	3.91	4.737	5.507
5552	0.749	1.504	2.272	3.062	3.892	4.725	5.507
5724	0.745	1.495	2.259	3.044	3.876	4.715	5.506
5897	0.741	1.488	2.247	3.031	3.863	4.706	5.504
6069	0.738	1.482	2.238	3.022	3.853	4.698	5.501
6241	0.736	1.477	2.231	3.016	3.844	4.691	5.497
6414	0.734	1.474	2.226	3.012	3.838	4.686	5.492
6586	0.733	1.471	2.223	3.011	3.833	4.681	5.484
6759	0.732	1.47	2.221	3.011	3.83	4.678	5.474
6931	0.732	1.469	2.223	3.013	3.829	4.675	5.462
7103	0.732	1.47	2.227	3.015	3.828	4.673	5.448
7276	0.733	1.471	2.232	3.019	3.83	4.671	5.432
7448	0.734	1.474	2.238	3.024	3.832	4.668	5.415
7621	0.735	1.478	2.245	3.029	3.836	4.664	5.396
7793	0.737	1.483	2.252	3.035	3.841	4.659	5.376
7966	0.739	1.489	2.259	3.042	3.846	4.652	5.354
8138	0.742	1.497	2.267	3.05	3.853	4.644	5.332
8310	0.745	1.504	2.276	3.058	3.86	4.635	5.308
8483	0.749	1.512	2.284	3.066	3.867	4.625	5.284
8655	0.753	1.52	2.293	3.075	3.874	4.613	5.259
8828	0.758	1.527	2.302	3.085	3.879	4.601	5.233
9000	0.763	1.535	2.311	3.094	3.883	4.587	5.207

Desplacement tonne	KN 40 deg.	KN 50 deg.	KN 60 deg.	KN 70 deg.	KN 80 deg.	KN 90 deg.
4000	6.195	7.274	7.823	7.934	7.699	7.174
4172	6.195	7.266	7.805	7.914	7.681	7.162
4345	6.198	7.255	7.786	7.893	7.663	7.15
4517	6.201	7.242	7.764	7.871	7.644	7.138
4690	6.203	7.226	7.741	7.848	7.626	7.126
4862	6.205	7.209	7.716	7.825	7.607	7.115
5034	6.205	7.19	7.69	7.801	7.588	7.103
5207	6.204	7.17	7.663	7.776	7.569	7.092
5379	6.201	7.148	7.635	7.751	7.55	7.081
5552	6.195	7.126	7.607	7.725	7.531	7.071
5724	6.187	7.103	7.578	7.699	7.512	7.061
5897	6.177	7.078	7.548	7.672	7.493	7.05
6069	6.164	7.053	7.519	7.645	7.474	7.04
6241	6.15	7.028	7.489	7.618	7.454	7.031
6414	6.134	7.001	7.459	7.591	7.435	7.021
6586	6.117	6.974	7.43	7.564	7.415	7.011
6759	6.098	6.947	7.4	7.536	7.395	7.002
6931	6.077	6.919	7.37	7.51	7.375	6.992
7103	6.056	6.89	7.34	7.483	7.356	6.983
7276	6.033	6.861	7.311	7.457	7.336	6.973
7448	6.009	6.832	7.282	7.431	7.317	6.963
7621	5.983	6.802	7.252	7.406	7.298	6.954
7793	5.957	6.771	7.223	7.381	7.28	6.945
7966	5.929	6.74	7.194	7.356	7.262	6.936
8138	5.901	6.709	7.165	7.332	7.245	6.927
8310	5.872	6.677	7.136	7.309	7.228	6.919
8483	5.841	6.644	7.107	7.285	7.212	6.912
8655	5.81	6.611	7.078	7.262	7.196	6.905
8828	5.778	6.578	7.048	7.24	7.181	6.898
9000	5.745	6.544	7.019	7.217	7.167	6.893

## **ESCANTILLONADO DE LA CUADERNA MAESTRA:**

-A la hora de escantillonar la cuaderna maestra se prestara especial atención a la continuidad estructural en las zonas de cambios de reforzados y de concentración de esfuerzos de las uniones de los refuerzos primarios y secundarios.

-Los refuerzos que contribuyen a la resistencia longitudinal son continuos cuando se cruzan con refuerzos primarios.

-El buque tiene reforzado longitudinal en el fondo, doble fondo y cubierta, y reforzado transversal en el costado.

-La cuaderna maestra se calcula para  $0,2L$  a proa y popa de la sección maestra.

-Teniendo en cuenta que este buque debe estar preparado para cargar contenedores en doble fondo la distribución de varengas y vagras se ha realizado de forma que los apoyos de los contenedores estén lo más próximo posible con los cruces entre varengas y vagras al objeto de que las cargas puntuales transmitidas por los contenedores al doble fondo sean soportadas por refuerzos primarios.

-Así mismo dada las grandes dimensiones de la escotilla de carga en relación con la eslora y la manga, se ha previsto una caja de torsión en la parte alta de la bodega con objeto de absorber los esfuerzos de torsión que están sometidos estos tipos de buques, con ola por amura a  $45^\circ$ .

-Otro de los motivos por colocar una caja de torsión en la parte alta ha sido que la estructura de doble casco era inviable debido a las formas finas de este buque ( $n^\circ$  de Froude 0.244) por lo que se ha optado por un casco simple y se ha subido la altura del doble fondo para tener el lastre suficiente para la estabilidad en la condición de carga de contenedores.

-Para el escantillonado de la cuaderna maestra hemos recurrido a las sociedades de clasificación, en nuestro caso Lloyd's Register of Shipping, para determinar en función de nuestro barco los espesores mínimos reglamentarios.

-También calcularemos el modulo mínimo reglamentario, el cual compararemos con el modulo obtenido para nuestro barco y verificaremos que cumple al menos con ese mínimo

**Modulo mínimo reglamentario:**

-Para nuestro buque costero, por tener una eslora entre perpendiculares entre el intervalo 90-300 metros, utilizaremos la siguiente expresión:

$$W_{\min} = f_1 * C_1 * L_{pp}^2 * B * (CB + 0.7) \rightarrow W_{\min} = 1.197 \text{ m}^3$$

Donde:

$f_1 = 1.0$  para costeros.

$$C_1 = 10.75 - [(300 - L_{pp}) / 100]^{1.5} \rightarrow C_1 = 7.953$$

**Espesor de cubierta:**

-Según Lloyd's, el espesor mínimo de la cubierta será el mayor de las siguientes fórmulas:

$$T = 0.001 * S_1 * (0.059 * L_1 + 7) * (F_b / K_1)^{0.5} \rightarrow T = 8.302 \text{ mm.}$$

$$T = 0.00083 * S_1 * (L * K)^{0.5} + 2.5 \rightarrow T = 8.687 \text{ mm.}$$

Donde:

$$S_1 = 470 + L / 0.6 = 639.167 \text{ mm.}$$

$$F_b = 1$$

$$K_1 = 1$$

$$K = 1.34$$

-Por tanto el espesor mínimo de nuestra cubierta debe ser de 8.687 milímetros.

-Luego teniendo en cuenta este valor mínimo dotamos de **14 mm.** el espesor de la cubierta por tener un margen de seguridad. Este valor es el máximo admisible para no tener que cambiar el grado de la cubierta, de esta manera evitamos modificar la configuración de la cuaderna maestra.

-Aunque puede parecer excesivo, este incremento ayudara a que el módulo de la cubierta cumpla con el modulo mínimo requerido.

**Espesor de la caja de torsión:**

-Según Lloyd's el espesor mínimo de la caja de torsión será:

$$T = 0.024 * S_1 * (F_d / K_b)^{0.5} \rightarrow T = 15.340 \text{ mm.}$$

Donde:

$$F_d = 1.0$$

$$K_d = K_l = 1.0$$

-Por tanto el valor mínimo de la caja de torsión será de 15.340 mm..

-Temiendo en cuenta este mínimo valor dotamos de un margen de seguridad a la caja de torsión de manera que tenga un espesor que contribuya a cumplir con el módulo mínimo en la zona de cubierta ya que de lo contrario sería insuficiente.

-Por lo tanto el espesor de la caja de torsión será de **24 mm.**

**Espesor del trancanil:**

-Según Lloyd's el espesor mínimo del trancanil será el mayor de las siguientes fórmulas:

$$T = (S/J)+2 \rightarrow T = 8.950 \text{ mm.}$$

$$T = 0.0042 * S_1 * (H * T * K)^{0.5} \rightarrow T = 9.239 \text{ mm.}$$

$$T = 0.001 * S_1 * (0.059 * L_1 + 7) * F_b / K_l)^{0.5} \rightarrow T = 8.302 \text{ mm.}$$

$$T = 0.00083 * S_1 * (L * K)^{0.5} + 2.5 \rightarrow T = 8.687 \text{ mm.}$$

Donde:

$$F_b = 1.0$$

$$K_l = 1.0$$

$$K = 1.34$$

$$S_1 = 470 + L / 0.6 = 639.167 \text{ mm}$$

$$H = 1.36$$

$$J = 91.965$$

$$T = 6.5$$

-Por tanto el espesor mínimo de nuestro trancañil debe ser de 9.239 mm.

-Luego teniendo en cuenta este valor dotamos de **24 mm.** el trancañil por tener un margen de seguridad.

### **Espesor de la traca de cinta:**

-Según Lloyd's el espesor mínimo de la traca de cinta ha de ser:

$$T = 0.001 * S_1 * (0.059 * L_1 + 7) * (F_b / K I)^{0.5} \rightarrow T = 8.302 \text{ m.}$$

$$T = 0.00083 * S_1 * (L * K)^{0.5} + 2.5 \rightarrow T = 8.687 \text{ mm.}$$

-Por tanto el espesor mínimo de la traca de cinta debe ser de 8.687 mm. pero según Lloyd's nunca puede ser menor en espesor que la plancha de costado adyacente así que el espesor mínimo de la traca de cinta ha de ser de 9.239 mm.

-Luego teniendo en cuenta este valor mínimo, dotamos de **16 mm.** a la traca con el objetivo de tener un margen de seguridad y de favorecer al módulo en cubierta ya que en este tipo de buques suele estar muy por debajo del que corresponde al fondo.

### **Espesor de costado:**

-Según Lloyd's el espesor de costado será el mayor de las siguientes fórmulas:

-Sobre D/2 sobre la base:

$$T = 0.001 * S_1 * (0.059 * L_1 + 7) * (F_b / K I)^{0.5} \rightarrow T = 8.302 \text{ mm.}$$

$$T = 0.0042 * S_1 * (H_{t1} * K)^{0.5} \rightarrow T = 9.239 \text{ mm.}$$

Donde:

$$H_{t1} = (T + C_w) < 1.36 * T = 8.84$$

$$K = 1.34$$

-Sobre el pantoque:

$$T = 0.001 * S_1 * (0.059 * L_1 + 7) * (F_b / K I)^{0.5} \rightarrow T = 8.302 \text{ mm.}$$

$$T = 0.0054 * S_1 * [(H_{t2} * K * T) / (2 - F_b)]^{0.5} \rightarrow T = 11.159 \text{ mm.}$$

Donde:

$$H_{t2} = 1.2$$

$$F_b = 1.0$$

-Por lo tanto nuestro costado queda dividido en dos alturas con los siguientes espesores:

- El espesor mínimo de la parte baja del costado debe ser de 11.159 mm. Le daremos un espesor de 12 mm- por tener un margen de seguridad.
- El espesor mínimo de la parte alta del costado debe ser de 9.239 mm.. Le daremos el mismo espesor que la parte baja y por el mismo motivo.

-Luego teniendo en cuenta estos valores mínimos, dotamos de **12 mm.** el espesor del costado por tener un margen de seguridad.

### Espesor del fondo:

-Según Lloyd's el espesor mínimo del fondo será el mayor de las siguientes fórmulas:

$$T = 0.001 * S_1 * (0.043 * L_1 + 10) * (F_b / K_l)^{0.5} \rightarrow T = 7.515 \text{ mm.}$$

$$T = 0.0052 * S_1 * [(H_{t2} * K * T) / (1.8 - F_b)]^{0.5} \rightarrow T = 10.108 \text{ mm.}$$

Donde:

$$F_b = 0.67$$

$$K_l = 1.0$$

$$S_1 = 639.167$$

-En el caso del fondo, el factor "Fb" lo tomaremos distinto a 1.0 ya que de lo contrario originaremos un exceso de modulo en dicha zona y una carencia en cubierta. De esta manera evitamos sobredimensionar dichas planchas, con el aumento de peso que ello conlleva.

-Por lo tanto el espesor mínimo de nuestro fondo debe ser 10.108 mm.

-Luego teniendo en cuenta este valor dotamos de **14 mm.** el espesor del fondo por tener un margen de seguridad.

### **Espesor del pantoque:**

-Según la reglamentación del Lloyd's, el espesor del pantoque será el mismo que el del fondo, por tanto el espesor mínimo de nuestro pantoque será de 10.108 mm.

-Teniendo en cuenta este valor mínimo dotamos de **14 mm.** al espesor del pantoque por tener un margen de seguridad.

### **Espesor del doble fondo:**

-Según Lloyd's el espesor mínimo del doble fondo será:

$$T = 0.00136*(S_1+660)*(K^2*L*T)^{0.25} \rightarrow T = 10.366 \text{ mm.}$$

-Por tanto el espesor mínimo del doble fondo será de 10.366 mm..

-Luego teniendo en cuenta este valor mínimo, dotamos de **16 mm.** el espesor del doble fondo por tener un margen de seguridad y para el caso de la aparición de esfuerzos puntuales por la carga de contenedores en bodega.

### **Espesor de las vagras:**

-Según Lloyd's el espesor mínimo de las vagras será:

$$T = (0.008*Ddb+4)*K^{0.5} \rightarrow T = 9.730\text{mm.}$$

Donde:

$$Ddb = (28+205*T^{0.5}) = 550.650$$

-Por tanto el espesor mínimo de nuestras vagras ha de ser de 9.730 m.

-Luego teniendo en cuenta este valor mínimo, dotamos de **14 mm.** al espesor de las vagras por tener un margen de seguridad.

**Espesor de la quilla vertical:**

-Según Lloyd's el espesor mínimo de la quilla vertical será:

$$T = 25 * K^{0.5} \rightarrow T = 28.940 \text{ mm.}$$

-Por lo tanto el espesor mínimo de la quilla vertical ha de ser de 28.940 mm.

-Teniendo en cuenta este valor mínimo dotaremos de **30 mm.** por tener un margen de seguridad.

**Longitudinales:**

-En este apartado calcularemos el módulo resistente de los longitudinales de cada zona de la cuaderna maestra y en función de este y de su situación en la cuaderna maestra elegiremos el tipo de perfil que mayor cumpla con los requisitos necesarios.

**Longitudinales de fondo:**

-Según Lloyd's el módulo del perfil será el mayor de las siguientes fórmulas:

$$Z = \gamma * S_1 * K * H_{t2} * L_e^2 * F_1 * F_{sb} \rightarrow Z = 70.789 \text{ cm}^3.$$

$$Z = \gamma * S_1 * K * H_{t3} * L_e^2 * F_1 * F_{sb} \rightarrow Z = 16.077 \text{ cm}^3.$$

Donde:

$$\gamma = 0.002 * L_{e1} + 0.0046 = 0.051$$

$$L_{e1} = 2.5 \text{ m.}$$

$$K = 1.34$$

$$L_e = 1.5 \text{ m.}$$

$$H_{t2} = (T + 0.5 * C_w) * F_\lambda = 9.004$$

$$C_w = 7.71 * 10^{-2} * L * e^{-0.0044 * L} = 5.007$$

$$H_{t3} = H_4 - 0.25 * T = 2.045$$

$$H_4 = 3.67 \text{ m.}$$

$$F_1 = [(D_2 * C_1) / (25 * D_2 + 20 * H_5)] = 0.16$$

$$H_5 = 7.950$$

$$C_1 = 7.953$$

$$D_2 = 8.200$$

$$F_{sb} = 0.5$$

-Por lo tanto el módulo que tomamos será  $Z = 70.784 \text{ cm}^3$ . Para este valor obtendremos el siguiente tipo de longitudinal:

$$D = k * Z^{0.35} \rightarrow D = 133.229 \text{ mm.}$$

Donde:

$$K = 30$$

$$Z = 70.784 \text{ cm}^3$$

<u>Longitud (mm)</u>	<u>Espesor (mm)</u>	<u>Área (mm<sup>2</sup>)</u>	<u>C (mm)</u>	<u>Ip (mm<sup>4</sup>)</u>
140	7	1240	81.3	$2.41 * 10^6$

### Longitudinales de doble fondo:

-Según Loyd's el módulo del perfil será el mayor de:

$$Z = \gamma * S_1 * K * H_{t2} * L_e^2 * F_1 * F_{sb} \rightarrow Z = 70.789 \text{ cm}^3.$$

$$Z = \gamma * S_1 * K * H_{t3} * L_e^2 * F_1 * F_{sb} \rightarrow Z = 16.077 \text{ cm}^3.$$

Donde:

$$F_1 = [(D_2 * C_1) / (25 * D_2 + 20 * H_5)] = 0.16$$

$$H_5 = 7.950$$

-Por lo tanto el módulo que tomamos será  $Z = 70.784 \text{ cm}^3$ . Para este valor obtendremos el siguiente tipo de longitudinal:

$$D = k * Z^{0.35} \rightarrow D = 133.229 \text{ mm.}$$

Donde:

$$K = 30$$

$$Z = 70.784 \text{ cm}^3$$

<u>Longitud (mm)</u>	<u>Espesor (mm)</u>	<u>Área (mm<sup>2</sup>)</u>	<u>C (mm)</u>	<u>Ip (mm<sup>4</sup>)</u>
140	7	1240	81.3	2.41*10 <sup>6</sup>

### **Longitudinales de la caja de torsión:**

-Para el cálculo de los longitudinales de la caja de torsión agruparemos los longitudinales de la plancha horizontal, de la plancha inclinada (si esta llevara) de la caja de torsión y del costado en un solo grupo tomando las distancias más desfavorables a la hora de calcular su modulo y así elegir el tipo adecuado de perfil. Según Lloyd's dicho módulo sería:

$$Z = 0.01 * S_1 * K * H_4 * Le^2 \rightarrow Z = 92.288 \text{ cm}^3.$$

$$Z = \gamma * S_1 * K * H_2 * Le^2 * F_1 * F_{sb} \rightarrow Z = 70.79 \text{ cm}^3.$$

Donde:

$$H_4 = H_0 * \cos\phi + R * B_1 = 4.789$$

$$H_0 = 2.92 \text{ m.}$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$R = \text{Sen } 301$$

$$F_1 = [(D_2 * C_1) / (4 * D_2 + 20 * H_5)] = 0.16$$

$$H_5 = 2.510$$

-Observamos que el módulo mínimo en la caja de torsión es de  $92.288 \text{ cm}^3$ , por tanto el tipo de perfil que seleccionaremos será:

$$D = k * Z^{0.35} \rightarrow D = 146.190 \text{ mm.}$$

Donde:

$$K = 30$$

$$Z = 92.288 \text{ cm}^3$$

<u>Longitud (mm)</u>	<u>Espesor (mm)</u>	<u>Área (mm<sup>2</sup>)</u>	<u>C (mm)</u>	<u>Ip (mm<sup>4</sup>)</u>
160	9	1780	93.5	4.48*10 <sup>6</sup>

### **Longitudinales de cubierta:**

-En el caso de los longitudinales de cubierta nos decantaremos por unos llantones de sección rectangular ya que en esta zona el módulo que proporcionan en cubierta es superior al que pueden dar los perfiles con bulbo.

-El motivo de dicha selección es que en este tipo de buques el módulo en cubierta suele ser bastante inferior al del fondo, incluso no legando a veces a cumplir con el modulo mínimo requerido por la sociedad de clasificación.

-De esta manera aumentamos el módulo en cubierta cumpliendo así con el modulo requerido y cumpliendo con las reglamentaciones vigentes.

-Las dimensiones de los llantones elegidas serian:

<u>Longitud (mm)</u>	<u>Espesor (mm)</u>	<u>Área (mm<sup>2</sup>)</u>	<u>C (mm)</u>	<u>Ip (mm<sup>4</sup>)</u>
200	20	4000	100	1.34*10 <sup>7</sup>

### **Espesores finales:**

-A continuación se muestra un cuadro resumen con todos los espesores que aparecerán dentro de la cuaderna maestra:

<u>Elemento</u>	<u>Espesor (mm)</u>
Cubierta	14
Trancanil	24
Traca de cinta	16
Fondo	14
Doble fondo	18
Costado	12
Pantoque	16

Vagra	12
Quilla vertical	30
Caja de torsión	24
Plancha vertical caja de torsión	24

### **Tabla de módulo resistente de la cuaderna maestra:**

-En la siguiente tabla aparece el módulo resistente de la cuaderna maestra obtenida tras haber calculado el momento de inercia de todos los elementos que la componen:

Elemento (mm)	Cantidad	Long. (mm)	Espesor (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Y (mm)	A*Y (mm <sup>2</sup> )	A*Y <sup>2</sup> (mm <sup>3</sup> )	Ip (mm <sup>4</sup> )
Plancha caja torsion horiz sup	1	1500	24	36000	8191	294876000	2415329316000	0
Cubierta	1	7600	14	106400	8191	871522400	7138639978400	0
Fondo	1	7300	14	102200	8	817600	6540800	0
Doble fondo	1	9100	16	145600	1825	265720000	484939000000	0
Costado	1	4900	12	58800	4266	250840800	1070086852800	117649000000
Pantoque	1	2827	14	39584	916	36258578	33212857082	646532
Vagra	2	1800	14	50400	916	46166400	42288422400	13608000000
1/2 Quilla vertical	1	1800	15	27000	916	24732000	22654512000	7290000000
Cinta	1	1500	16	24000	7450	178800000	1332060000000	4500000000
Plancha vertical caja torsion	1	1000	24	24000	7700	184800000	1422960000000	2000000000
Plancha caja torsion inclinada	1	1000	24	24000	7700	184800000	1422960000000	2000000000
Plancha horiz. caja torsion	1	707	24	16968	6950	117927600	819596820000	0
Longitudinal fondo	9	140	7	8820	86	758520	65232720	21690000
Longitudinal doble fondo	10	140	7	9800	1712	16777600	28723251200	24100000
Long. caja torsion vertical	2	160	9	2880	7246	20868480	151213006080	8960000
Long. caja torsion horizontal	1	160	9	1440	7672	11046960	84746753640	0
Long. cubierta	2	200	20	8000	8082	64656000	522549792000	26666667
<b>Sumatorio</b>	-	-	-	685892	-	2571368938	16992032335122	147129063199

-Con los datos de la tabla obtenemos los siguientes resultados para la posición del eje neutro y la inercia:

$$\text{Eje neutro} = Y_n = \frac{\sum A * Y}{\sum A} = 3748 \text{ mm.} = \mathbf{3.748 \text{ m.}}$$

$$\text{Inercia} = \sum A * Y^2 + \sum I_p^2 - (Y_n^2 * \sum A) = \mathbf{7.4992 * 10^{12} \text{ mm}^4}.$$

-A continuación calcularemos el módulo resistente en el fondo y en cubierta:

$$\text{Módulo fondo} = \text{Inercia} / \text{Eje neutro} = 2000853800 \text{ mm}^3 = \mathbf{2.0008 \text{ m}^3}.$$

$$\text{Módulo cubierta} = \text{Inercia} / (\text{Puntal} - \text{Eje neutro}) = 1684456401 \text{ mm}^3 = \mathbf{1.6844 \text{ m}^3}.$$

-Debemos tener en cuenta que dicho módulo corresponde a la mitad de la cuaderna maestra por lo que los módulos totales serán:

$$\text{Módulo total fondo} = 4.0016 \text{ m}^3.$$

$$\text{Módulo total cubierta} = 3.3688 \text{ m}^3.$$

-El módulo mínimo reglamentario necesario según Lloyd's register of Shipping es de  $1.197 \text{ m}^3$ , por tanto, vemos que la cuaderna maestra cumple con creces los requisitos de la sociedad de clasificación.

### **Máximo momento flector en aguas tranquilas:**

-Mediante la fórmula de Navier podemos calcular el máximo momento flector en aguas tranquilas:

#### **Momento flector en el fondo:**

$$\sigma = \text{MF}_{\text{fondo}} / \text{Módulo fondo} > 175 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Módulo fondo} = 4.0016 \text{ m}^3$$

$$\text{MF}_{\text{fondo}} = 175 \text{ N/mm}^2 * 4.0016 \text{ m}^3 * 100 > \text{MF}_{\text{fondo}} = 70028 \text{ T/m}.$$

#### **Momento flector en cubierta:**

$$\sigma = \text{MF}_{\text{cubierta}} / \text{Módulo cubierta} > 175 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Módulo cubierta} = 3.3688 \text{ m}^3$$

$$\text{MF}_{\text{cubierta}} = 175 \text{ N/mm}^2 * 3.3688 \text{ m}^3 * 100 > \text{MF}_{\text{cubierta}} = 58954 \text{ T/m}$$

### **Plano de la cuaderna maestra:**

-A continuación se muestra un plano con la estructura de la cuaderna maestra (plancha y refuerzos).



## SITUACIONES DE CARGA:

-Para las distintas situaciones de carga se han obtenido las características del buque en una gráfica con su correspondiente tabla.

-El criterio utilizado para los intervalos de ángulos de escora es el mismo que en los brazos KN, es decir, intervalos de 5° hasta los 45° e intervalos de 10° hasta los 90°.

-Una vez obtenidas las características del buque en cada situación se ha comprobado que los datos obtenidos cumplen con los requisitos IMO.

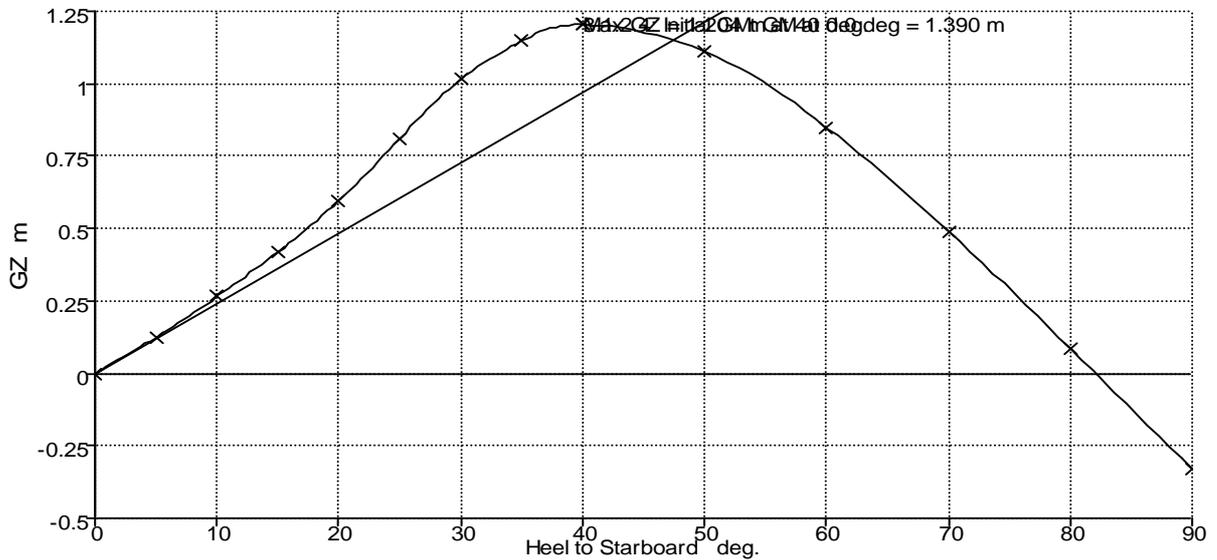
### -Salida a plena carga y con un 100% de consumos:

-En primer lugar tenemos una tabla en la que aparecen todos los tanques con el peso que le corresponde en esta situación de carga y las coordenadas de su centro de gravedad:

Elemento	%	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	LG (m)	F.S. Momento (T*m)
Lightship	1	2272	43.6	6.306	0	0
Pique popa	0%	0	3.788	6.973	0	0
Pique proa	0%	0	99.649	3.866	0	0
Combustible II	100%	65.3	21.937	1.01	1.665	0
Aceite	100%	5.89	8.803	1.212	0	0
Aceite sucio	0%	0	11.775	1.118	0	0
Agua dulce	100%	12	2.5	9.5	0	0
Combustible I	100%	65.3	21.937	1.01	-1.665	0
Sedim. 1	100%	21.17	10	9	-4.425	0
Sedim. 2	100%	21.17	10	9	4.425	0
Diario	100%	19.35	16.2	8	0	0
Lastre I	0%	0	25.749	1.211	-5.08	0
Lastre II	0%	0	25.749	1.211	5.08	0
Lastre III	0%	0	46.796	0.955	-4.195	0
Lastre IV	0%	0	46.796	0.955	4.195	0
Lastre V	0%	0	77.062	1.026	-2.864	0
Lastre VI	0%	0	77.062	1.026	2.864	0
Bodega	100%	5878	54.025	6.32	0	0
Conten bod.	0	0	54.1	4.5	0	0
Conten cub.	0	0	54.1	11.3	0	0
	Total Weight=	8360	LCG=50.275 m	VCG=6.252 m	TCG=0.000 m	0
				FS corr.=0 m		
				VCG fluid=6.252 m		

-Brazos GZ:

-La grafica de brazos GZ obtenida para esta situación es la siguiente:



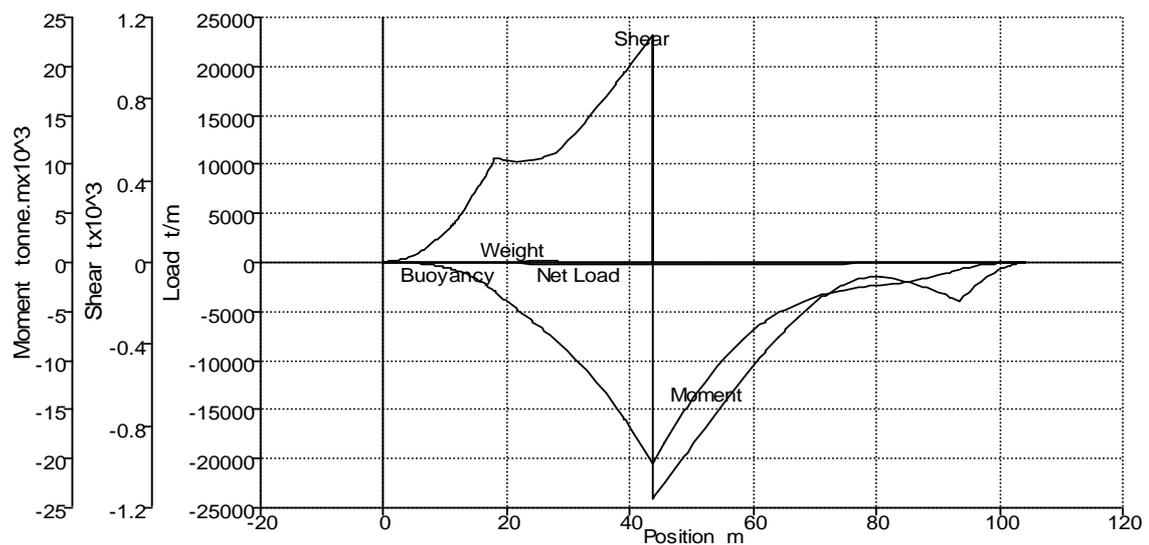
Heel to starboard degrees	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	8360	8360	8361	8361	8361	8361	8361	8361	8361	8361	8361	8361	8361	8360
Draft at FP m	6.215	6.234	6.271	6.3	6.312	6.3	6.266	6.273	6.301	6.425	6.67	7.231	9.068	N/A
Draft at AP m	7.183	7.143	7.042	6.918	6.779	6.624	6.523	6.503	6.546	6.718	7.046	7.701	9.605	N/A
WL Length m	101.414	101.418	101.43	101.44	101.445	101.435	101.424	101.426	101.435	102.358	103.51	103.98	104.139	104.128
Immersed Depth m	6.98	7.301	7.839	8.334	8.773	9.166	9.516	9.855	10.16	10.6	10.785	10.701	10.365	9.954
WL Beam m	18.515	18.578	18.77	19.095	19.565	20.188	19.157	18.039	16.488	13.954	12.371	11.409	11.302	11.628
Wetted Area m <sup>2</sup>	2458.21	2473.83	2480.52	2489.26	2504.42	2531.49	2634.05	2705.67	2752.01	2798.98	2819.79	2826.62	2827.35	2823.65
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1483.7	1502.89	1517.41	1540.9	1581.99	1638.36	1556.71	1468.81	1373.47	1217.35	1121.79	1070.12	1051.21	1060.59
Prismatic Coeff.	0.664	0.665	0.669	0.674	0.682	0.691	0.703	0.716	0.728	0.737	0.739	0.742	0.745	0.748
Block Coeff.	0.622	0.593	0.546	0.505	0.468	0.434	0.441	0.452	0.48	0.539	0.591	0.642	0.669	0.677
LCB from Amidsh. m	-0.508	-0.5	-0.495	-0.49	-0.486	-0.482	-0.482	-0.481	-0.491	-0.475	-0.474	-0.481	-0.479	-0.476
VCB from DWL m	3.108	3.1	3.08	3.055	3.029	3.004	3.017	3.1	3.223	3.503	3.773	4.003	4.174	4.277
GZ m	0	0.125	0.265	0.419	0.596	0.81	1.015	1.147	1.204	1.113	0.849	0.491	0.085	-0.331
LCF from Amidsh. m	-4.213	-4.491	-4.153	-3.614	-3.022	-2.216	-1.016	-0.385	0.178	1.021	1.763	2.346	2.563	2.304
TCF to zero pt. m	0	0.912	1.684	2.388	3.077	3.73	3.56	3.48	3.696	4.284	4.806	5.196	5.439	5.529
Max deck inclination deg	0.5	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Trim angle deg	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	

-En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos y se comparan con las exigencias de IMO:

Rúle	Criteria	Units	Required	Actual	Status
IMO	Area 0 to 30	m.rad	0.055	0.237	Pass
IMO	Area 0 to 40	m.rad	0.09	0.436	Pass
IMO	Max GZ at 30 or greater	m	0.2	1.204	Pass
IMO	Angle of maximum GZ	deg	25	40	Pass
IMO	Initial GMt	m	0.15	1.39	Pass
IMO	Area 40 to 90	m.rad	0.03	0.198	Pass

-Esfuerzo longitudinal:

-Finalmente calcularemos la grafica de esfuerzo longitudinal para comprobar que el momento flector no excede al momento calculado en el capítulo de escantillonado de la cuaderna maestra:

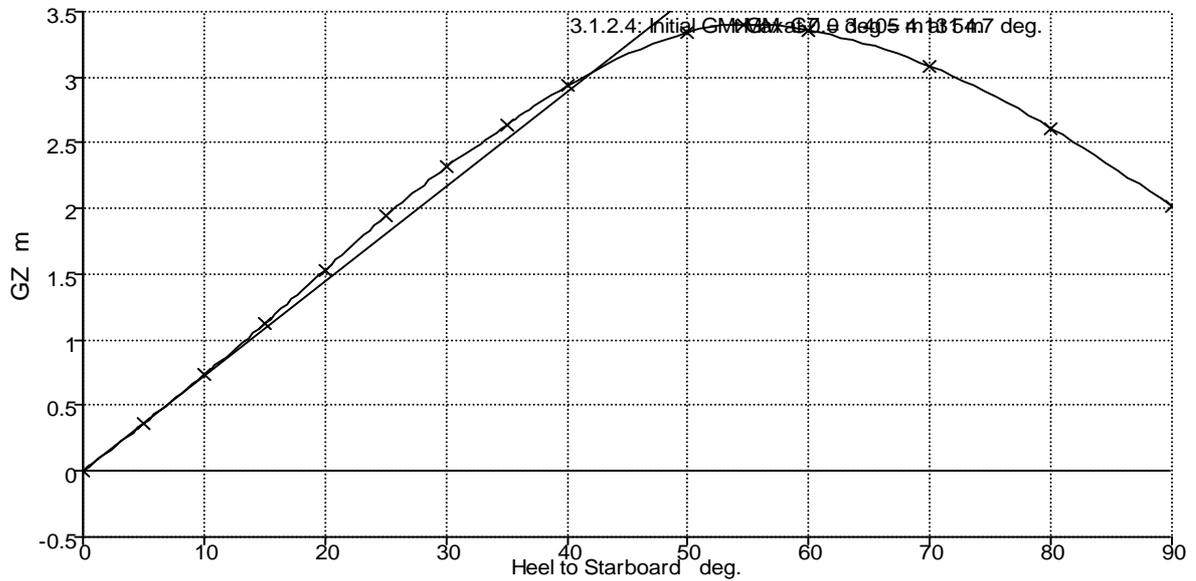


-Salida en lastre y con un 100% de consumos:

Elemento	%	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	LG (m)	F.S. Momento (T*m)
Lightship	1	2272	43.6	6.306	0	0
Pique popa	100%	166.2	3.788	6.973	0	0
Pique proa	100%	99.8	99.649	3.866	0	0
Combustible II	100%	65.3	21.937	1.01	1.665	0
Aceite	100%	5.89	8.803	1.212	0	0
Aceite sucio	0%	0	11.775	1.118	0	0
Agua dulce	100%	12	2.5	9.5	0	0
Combustible I	100%	65.3	21.937	1.01	-1.665	0
Sedim. 1	100%	21.17	10	9	-4.425	0
Sedim. 2	100%	21.17	10	9	4.425	0
Diario	100%	19.35	16.2	8	0	0
Lastre I	100%	16.23	25.749	1.211	-5.08	0
Lastre II	100%	16.23	25.749	1.211	5.08	0
Lastre III	100%	552	46.796	0.955	-4.195	0
Lastre IV	100%	552	46.796	0.955	4.195	0
Lastre V	100%	263.6	77.062	1.026	-2.864	0
Lastre VI	100%	263.6	77.062	1.026	2.864	0
Bodega	0%	0	54.025	6.32	0	0
Conten bod.	0	0	54.1	4.5	0	0
Conten cub.	0	0	54.1	11.3	0	0
	Total Weight=	4412	LCG=51.221 m	VCG=4.147 m	TCG=0.000 m	0
				FS corr.=0 m		
				VCG fluid=4.147 m		

-Brazos GZ:

-La gráfica de brazos GZ obtenida para esta situación es la siguiente:



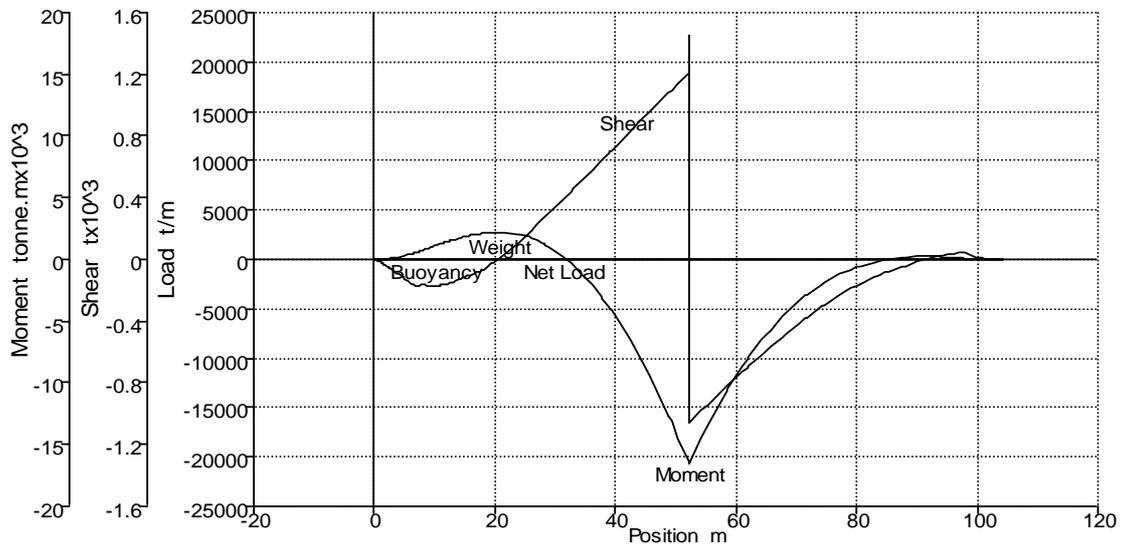
Heel to starboard degrees	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	4413	4412	4412	4412	4412	4412	4412	4412	4412	4412	4412	4412	4412	4412
Draft at FP m	3.261	3.267	3.287	3.318	3.35	3.369	3.378	3.32	3.157	2.508	1.448	-0.553	-6.483	N/A
Draft at AP m	4.405	4.392	4.351	4.282	4.177	4.005	3.677	3.233	2.674	1.2	-1.013	-5.294	-17.707	N/A
WL Length m	98.326	98.297	98.207	98.104	98.07	103.942	103.936	103.958	104.025	104.068	103.69	103.078	103.455	103.918
Immersed Depth m	4.174	4.484	5.078	5.659	6.189	6.666	7.035	7.298	7.477	7.582	7.483	7.191	6.735	6.59
WL Beam m	18.563	18.62	18.786	19.036	19.19	18.5	17.435	16.716	16.354	13.999	13.411	12.514	11.488	10.717
Wetted Area m <sup>2</sup>	1758.97	1759.78	1762.74	1769.15	1779.94	1802.75	1812.25	1816.25	1834.75	1897.11	1914.17	1917.04	1918.82	1920.58
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1271.71	1276.98	1292.21	1315.43	1340.37	1365.06	1369.72	1375.29	1403.42	1278.72	1145.57	1044.12	978.044	940.826
Prismatic Coeff.	0.634	0.634	0.637	0.642	0.648	0.62	0.625	0.625	0.624	0.624	0.628	0.633	0.634	0.636
Block Coeff.	0.565	0.524	0.459	0.407	0.37	0.336	0.338	0.339	0.338	0.39	0.448	0.509	0.567	0.586
LCB from Amidsh. m	0.45	0.448	0.448	0.449	0.451	0.452	0.459	0.472	0.484	0.503	0.526	0.554	0.577	0.594
VCB from DWL m	1.772	1.786	1.827	1.896	1.988	2.084	2.151	2.193	2.207	2.233	2.334	2.448	2.547	2.618
GZ m	0	0.362	0.734	1.124	1.534	1.941	2.314	2.636	2.933	3.346	3.358	3.085	2.615	2.014
LCF from Amidsh. m	0.676	0.668	0.633	0.536	0.325	-0.748	-1.373	-1.307	-0.896	0.235	1.686	2.717	2.775	2.476
TCF to zero pt. m	0	0.404	0.817	1.265	1.815	2.782	3.837	4.755	5.641	6.099	6.259	6.306	6.168	5.847
Max deck inclination deg	0.6	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Trim angle deg	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0	-0.3	-0.7	-1.4	-2.7	-6.3	-90

-En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos y se compara con las exigencias de IMO:

Rúle	Criteria	Units	Required	Actual	Status
IMO	Area 0 to 30	m.rad	0.055	0.598	Pass
IMO	Area 0 to 40	m.rad	0.09	1.058	Pass
IMO	Max GZ at 30 or greater	m	0.2	3.405	Pass
IMO	Angle of maximun GZ	deg	25	54.7	Pass
IMO	Initial GMt	m	0.15	4.131	Pass
IMO	Area 40 to 40	m.rad	0.03	0.46	Pass

-Esfuerzo longitudinal:

-Finalmente calcularemos la grafica de esfuerzo longitudinal para comprobar que el momento flector no excede al momento calculado en el capítulo de escantillonado de la cuaderna maestra:

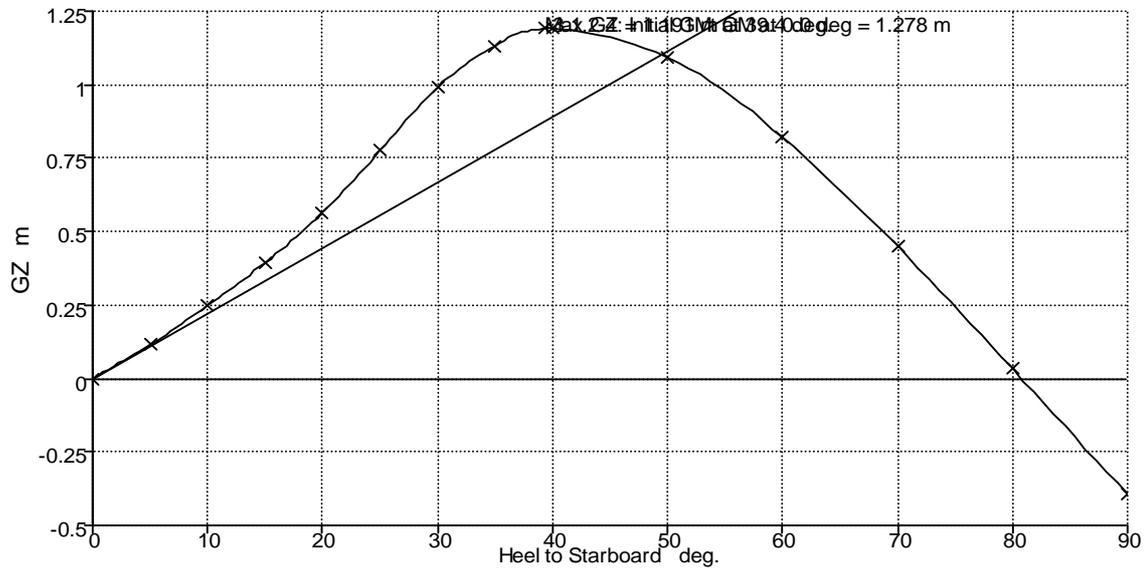


-Legada en plena carga y 10% de consumos:

Elemento	%	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	LG (m)	F.S. Momento (T*m)
Lightship	1	2272	43.6	6.306	0	0
Pique popa	0%	0	3.788	6.973	0	0
Pique proa	0%	0	99.649	3.866	0	0
Combustible II	10%	6.52	23.151	0.198	1.292	55.486
Aceite	10%	0.586	9.155	0.538	0	2.601
Aceite sucio	100%	5.38	11.775	1.118	0	0
Agua dulce	10%	1.2	2.5	9.05	0	16
Combustible I	10%	6.52	23.151	0.198	-1.292	55.486
Sedim. 1	10%	2.117	10	8.1	-4.425	8.752
Sedim. 2	10%	2.117	10	8.1	4.425	8.752
Diario	10%	1.935	16.2	7.1	0	8.258
Lastre I	0%	0	25.749	1.211	-5.08	0
Lastre II	0%	0	25.749	1.211	5.08	0
Lastre III	0%	0	46.796	0.955	-4.195	0
Lastre IV	0%	0	46.796	0.955	4.195	0
Lastre V	0%	0	77.062	1.026	-2.864	0
Lastre VI	0%	0	77.062	1.026	2.864	0
Bodega	100%	5878	54.025	6.32	0	0
Conten bod.	0	0	54.1	4.5	0	0
Conten cub.	0	0	54.1	11.3	0	0
	Total Weight=	8177	LCG=50.286 m	VCG=6.304 m	TCG=0.000 m	155.333
				FS corr.=0.019 m		
				VCG fluid=6.323 m		

-Brazos GZ:

-La gráfica de brazos GZ obtenida para esta situación es la siguiente:



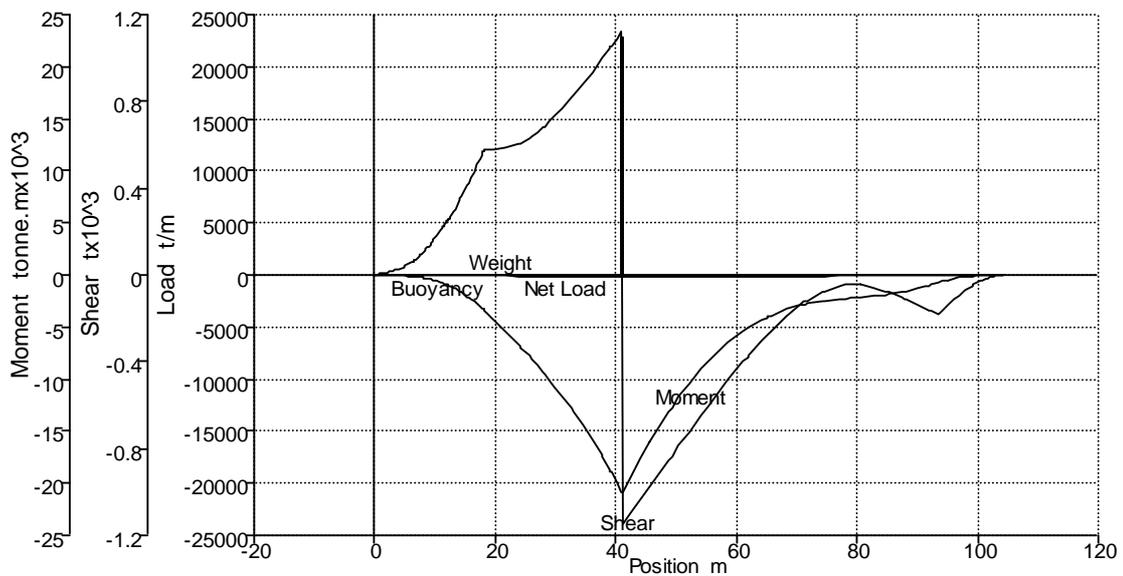
Heel to starboard degrees	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177	8177
Draft at FP m	6.059	6.076	6.116	6.151	6.169	6.165	6.133	6.131	6.152	6.221	6.404	6.849	8.305	N/A
Draft at AP m	7.092	7.054	6.951	6.822	6.677	6.515	6.392	6.347	6.355	6.464	6.671	7.096	8.388	N/A
WL Length m	101.384	101.387	101.395	101.402	101.407	101.4	101.393	101.393	101.397	102.183	103.412	103.934	104.126	104.142
Immersed Depth m	6.878	7.188	7.725	8.222	8.662	9.057	9.402	9.733	10.029	10.454	10.625	10.533	10.194	9.785
WL Beam m	18.523	18.586	18.776	19.098	19.565	20.183	19.385	18.152	16.511	13.96	12.373	11.41	11.424	11.678
Wetted Area m <sup>2</sup>	2424.52	2439.27	2451.02	2460.14	2475.37	2497.55	2595.62	2667.14	2713.11	2758.5	2777.78	2784.87	2785.64	2784.56
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1468.91	1487.25	1507.76	1531.75	1573.14	1634.22	1573.45	1481.49	1383.86	1226.9	1130.32	1079.09	1059.58	1065.13
Prismatic Coeff.	0.661	0.663	0.667	0.673	0.68	0.689	0.702	0.715	0.726	0.735	0.737	0.739	0.742	0.745
Block Coeff.	0.617	0.589	0.542	0.501	0.464	0.43	0.432	0.445	0.475	0.535	0.587	0.639	0.658	0.67
LCB from Amidsh. m	-0.501	-0.492	-0.486	-0.481	-0.476	-0.472	-0.47	-0.469	-0.469	-0.475	-0.469	-0.467	-0.464	-0.462
VCB from DWL m	3.052	3.046	3.027	3.004	2.981	2.961	2.969	3.047	3.164	3.432	3.696	3.922	4.094	4.2
GZ m	0	0.115	0.247	0.394	0.565	0.775	0.991	1.133	1.191	1.094	0.82	0.449	0.033	-0.394
LCF from Amidsh. m	-4.149	-4.414	-4.234	-3.701	-3.106	-2.412	-1.086	-0.434	0.2	1.106	1.834	2.414	2.54	2.328
TCF to zero pt. m	0	0.881	1.667	2.359	3.033	3.7	3.636	3.571	3.805	4.372	4.866	5.229	5.443	5.518
Max deck inclination deg	0.6	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Trim angle deg	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0	-90

-En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos y se compara con las exigencias de IMO:

Rúle	Criteria	Units	Required	Actual	Status
IMO	Area 0 to 30	m.rad	0.055	0.226	Pass
IMO	Area 0 to 40	m.rad	0.09	0.421	Pass
IMO	Max GZ at 30 or greater	m	0.2	1.191	Pass
IMO	Angle of maximum GZ	deg	25	39.4	Pass
IMO	Initial GMt	m	0.15	1.278	Pass
IMO	Area 40 to 90	m.rad	0.03	0.196	Pass

-Esfuerzo longitudinal:

-Finalmente calcularemos la grafica de esfuerzo longitudinal para comprobar que el momento flector no excede al momento calculado en el capítulo de escantillonado de la cuaderna maestra:

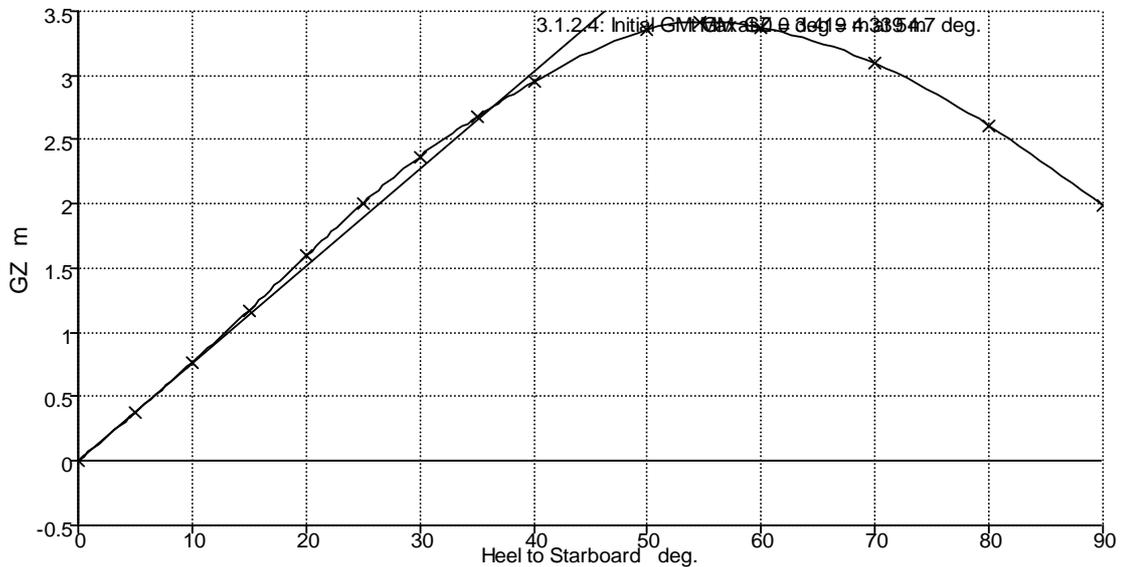


-Legada en lastre y 10% de consumos:

Elemento	%	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	LG (m)	F.S. Momento (T*m)
Lightship	1	2272	43.6	6.306	0	0
Pique popa	100%	166.2	3.788	6.973	0	0
Pique proa	100%	99.8	99.649	3.866	0	0
Combustible II	10%	6.52	23.151	0.198	1.292	55.486
Aceite	10%	0.586	9.155	0.538	0	2.601
Aceite sucio	100%	5.38	11.775	1.118	0	0
Agua dulce	10%	1.2	2.5	9.05	0	16
Combustible I	10%	6.52	23.151	0.198	-1.292	55.486
Sedim. 1	10%	2.117	10	8.1	-4.425	8.752
Sedim. 2	10%	2.117	10	8.1	4.425	8.752
Diario	10%	1.935	16.2	7.1	0	8.258
Lastre I	100%	16.23	25.749	1.211	-5.08	0
Lastre II	100%	16.23	25.749	1.211	5.08	0
Lastre III	100%	552	46.796	0.955	-4.195	0
Lastre IV	100%	552	46.796	0.955	4.195	0
Lastre V	100%	263.6	77.062	1.026	-2.864	0
Lastre VI	100%	263.6	77.062	1.026	2.864	0
Bodega	0%	0	54.025	6.32	0	0
Conten bod.	0	0	54.1	4.5	0	0
Conten cub.	0	0	54.1	11.3	0	0
	Total Weight=	4228	LCG=49.888 m	VCG=4.156 m	TCG=0.000 m	155.333
				FS corr.=0.037 m		
				VCG fluid=4.193 m		

-Brazos GZ:

-La gráfica de brazos GZ obtenida para esta situación es la siguiente:



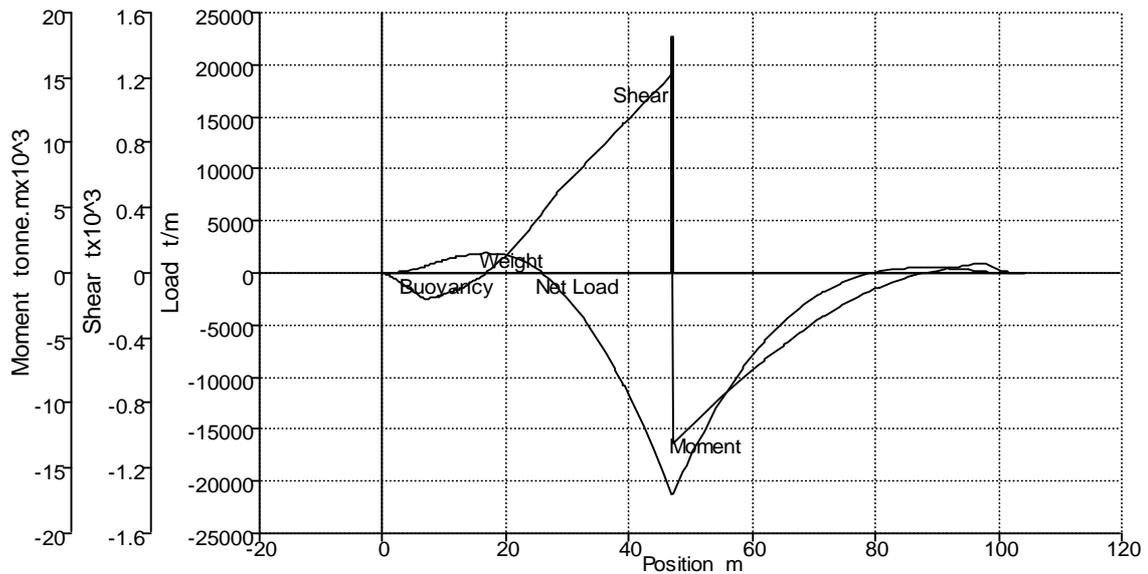
Heel to starboard degrees	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	4229	4228	4228	4228	4228	4228	4229	4229	4228	4228	4228	4228	4228	4228
Draft at FP m	2.689	2.697	2.717	2.745	2.77	2.788	2.785	2.715	2.548	1.798	0.481	-2.084	-9.774	N/A
Draft at AP m	4.708	4.692	4.651	4.581	4.474	4.276	3.936	3.487	2.921	1.473	-0.639	-4.681	-16.344	N/A
WL Length m	98.994	98.96	98.878	98.745	98.535	104.091	104.088	104.092	104.072	103.843	103.152	101.891	103.052	103.686
Immersed Depth m	4.347	4.476	5.05	5.623	6.15	6.593	6.929	7.186	7.339	7.433	7.326	7.004	6.51	6.125
WL Beam m	18.556	18.611	18.775	19.011	19.07	18.39	17.314	16.523	16.082	14	13.582	12.299	10.888	10.717
Wetted Area m <sup>2</sup>	1727.99	1728.92	1732.48	1739.26	1748.59	1774.04	1771.8	1769.57	1780.6	1846.54	1863.5	1862.16	1862.96	1864.5
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1282.75	1287.19	1300.32	1319.7	1338.14	1359.12	1349.38	1346.78	1365.51	1265.3	1132.34	1024.93	956.5	918.03
Prismatic Coeff.	0.609	0.61	0.612	0.617	0.625	0.604	0.616	0.621	0.62	0.62	0.625	0.636	0.634	0.639
Block Coeff.	0.517	0.5	0.44	0.391	0.357	0.327	0.33	0.334	0.336	0.382	0.441	0.506	0.565	0.606
LCB from Amidsh. m	-0.914	-0.906	-0.904	-0.903	-0.901	-0.905	-0.897	-0.884	-0.87	-0.849	-0.836	-0.815	-0.8	-0.789
VCB from DWL m	1.713	1.727	1.772	1.844	1.94	2.032	2.099	2.143	2.163	2.188	2.285	2.395	2.488	2.552
GZ m	0	0.38	0.769	1.175	1.595	2.007	2.37	2.675	2.951	3.357	3.373	3.092	2.607	1.988
LCF from Amidsh. m	0.641	0.614	0.513	0.304	-0.091	-1.583	-2.088	-2.15	-1.941	-0.326	0.925	1.659	1.625	1.279
TCF to zero pt. m	0	0.396	0.806	1.262	1.845	2.903	3.886	4.763	5.6	6.165	6.325	6.394	6.249	5.904
Max deck inclination deg	1.1	5.1	10.1	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Trim angle deg	1.1	1.1	1.1	1	1	0.8	0.6	0.4	0.2	-0.2	-0.6	-1.5	-3.7	-90

-En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos y se compara con las exigencias de IMO:

Rúle	Criteria	Units	Required	Actual	Status
IMO	Area 0 to 30	m.rad	0.055	0.621	Pass
IMO	Area 0 to 40	m.rad	0.09	1.087	Pass
IMO	Max GZ at 30 or greater	m	0.2	3.419	Pass
IMO	Angle of maximum GZ	deg	25	54.7	Pass
IMO	Initial GMt	m	0.15	4.339	Pass
IMO	Area 40 to 40	m.rad	0.03	0.466	Pass

-Esfuerzo longitudinal:

-Finalmente calcularemos la grafica de esfuerzo longitudinal para comprobar que el momento flector no excede al momento calculado en el capítulo de escantillonado de la cuaderna maestra:

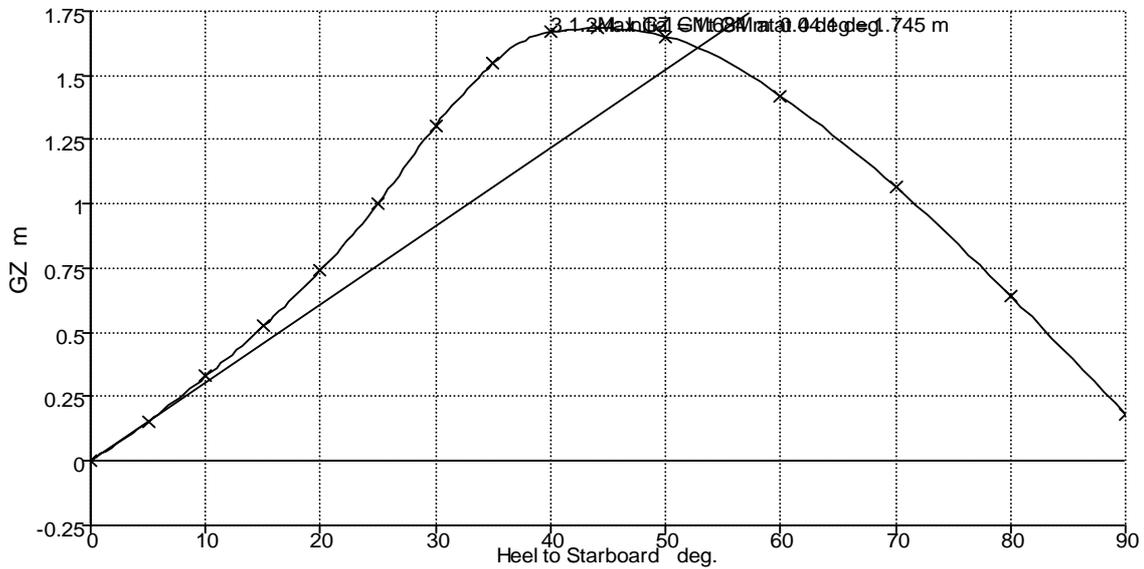


-Salida carga de contenedores y 100% de consumos:

Elemento	%	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	LG (m)	F.S. Momento (T*m)	
Lightship	1	2272	43.6	6.306	0	0	
Pique popa	0%	0	3.788	6.973	0	0	
Pique proa	0%	0	99.649	3.866	0	0	
Combustible II	100%	65.3	21.937	1.01	1.665	0	
Aceite	100%	5.89	8.803	1.212	0	0	
Aceite sucio	0%	0	11.775	1.118	0	0	
Agua dulce	100%	12	2.5	9.5	0	0	
Combustible I	100%	65.3	21.937	1.01	-1.665	0	
Sedim. 1	100%	21.17	10	9	-4.425	0	
Sedim. 2	100%	21.17	10	9	4.425	0	
Diario	100%	19.35	16.2	8	0	0	
Lastre I	0%	0	25.749	1.211	-5.08	0	
Lastre II	0%	0	25.749	1.211	5.08	0	
Lastre III	0%	0	46.796	0.955	-4.195	0	
Lastre IV	0%	0	46.796	0.955	4.195	0	
Lastre V	0%	0	77.062	1.026	-2.864	0	
Lastre VI	0%	0	77.062	1.026	2.864	0	
Bodega	0%	0	54.025	6.32	0	0	
Conten bod.	140	14	54.1	4.5	0	0	
Conten cub.	210	14	54.1	11.3	0	0	
		Total Weight=	7382	LCG=49.827 m	VCG=5.791 m	TCG=0.000 m	0
					FS corr.=0 m		
					VCG fluid=5.791 m		

-Brazos GZ:

-La gráfica de brazos GZ obtenida para esta situación es la siguiente:



Heel to starboard degrees	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	7382	7382	7382	7383	7383	7383	7382	7383	7383	7383	7382	7383	7382	7382
Draft at FP m	5.124	5.14	5.189	5.251	5.304	5.342	5.342	5.292	5.236	5.094	4.907	4.613	3.817	N/A
Draft at AP m	6.89	6.858	6.754	6.606	6.438	6.25	6.053	5.925	5.829	5.665	5.483	5.211	4.596	N/A
WL Length m	101.916	101.891	101.819	101.728	101.665	101.625	101.616	101.67	101.99	102.78	103.251	103.659	104.048	104.166
Immersed Depth m	6.564	6.731	7.254	7.759	8.203	8.593	8.933	9.234	9.491	9.832	9.952	9.827	9.473	9.062
WL Beam m	18.558	18.617	18.797	19.109	19.561	20.148	20.272	18.405	16.577	13.977	12.377	11.868	11.806	11.759
Wetted Area m <sup>2</sup>	2285.18	2296.66	2320.33	2330.61	2344.46	2364.42	2419.92	2492.53	2528.88	2574.21	2599.24	2609.75	2615.91	2622.41
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1419.59	1434.71	1468.95	1495.82	1537.44	1597.88	1625.26	1524.89	1419.09	1262.41	1162.62	1107.53	1081.78	1070.24
Prismatic Coeff.	0.644	0.646	0.651	0.659	0.668	0.678	0.69	0.704	0.711	0.719	0.723	0.725	0.726	0.727
Block Coeff.	0.58	0.564	0.519	0.477	0.441	0.409	0.391	0.417	0.449	0.51	0.566	0.596	0.619	0.649
LCB from Amidsh. m	-0.973	-0.968	-0.965	-0.955	-0.95	-0.944	-0.939	-0.938	-0.937	-0.936	-0.934	-0.93	-0.928	-0.926
VCB from DWL m	2.788	2.785	2.775	2.765	2.76	2.763	2.776	2.832	2.924	3.151	3.387	3.602	3.777	3.894
GZ m	0	0.155	0.329	0.524	0.744	1.002	1.305	1.547	1.669	1.652	1.422	1.068	0.643	0.183
LCF from Amidsh. m	-4.242	-4.447	-4.685	-4.224	-3.612	-2.888	-1.487	-0.426	0.329	1.503	2.167	2.39	2.423	2.443
TCF to zero pt. m	0	0.773	1.56	2.202	2.813	3.426	3.876	3.974	4.203	4.713	5.109	5.361	5.481	5.508
Max deck inclination deg	1	5.1	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Trim angle deg	1	1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

-En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos y se compara con las exigencias de IMO:

Rúle	Criteria	Units	Required	Actual	Status
IMO	Area 0 to 30	m.rad	0.055	0.296	Pass
IMO	Area 0 to 40	m.rad	0.09	0.563	Pass
IMO	Max GZ at 30 or greater	m	0.2	1.684	Pass
IMO	Angle of maximum GZ	deg	25	44.1	Pass
IMO	Initial GMt	m	0.15	1.745	Pass
IMO	Area 40 to 90	m.rad	0.03	0.267	Pass

-Esfuerzo longitudinal:

-Finalmente calcularemos la grafica de esfuerzo longitudinal para comprobar que el momento flector no excede al momento calculado en el capítulo de escantillonado de la cuaderna maestra:

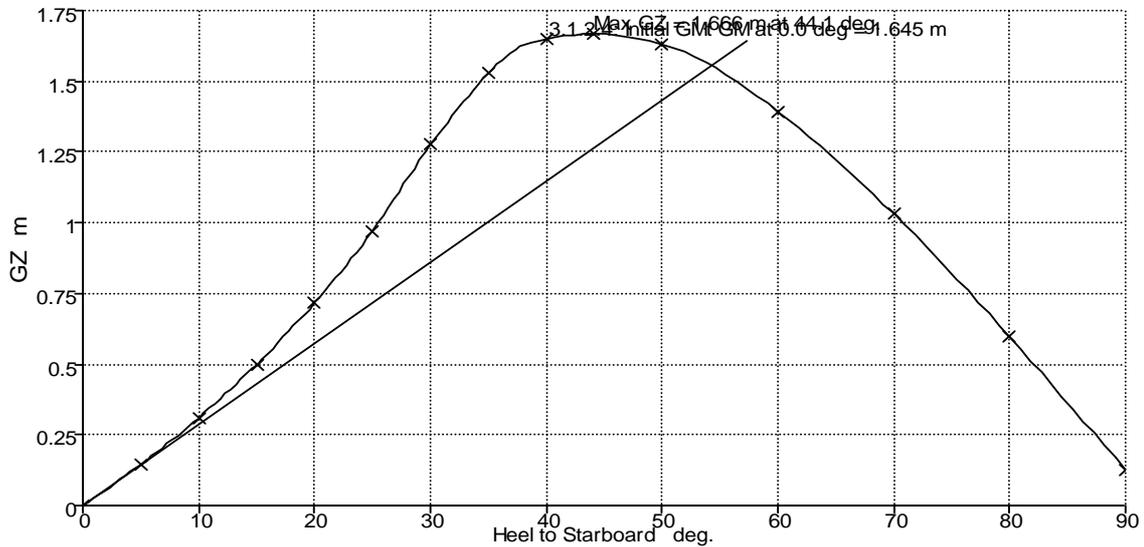


-Llegada carga de contenedores y 10% de consumos:

Elemento	%	Peso (t)	XG (m)	KG (m)	LG (m)	F.S. Momento (T*m)
Lightship	1	2272	43.6	6.306	0	0
Pique popa	0%	0	3.788	6.973	0	0
Pique proa	0%	0	99.649	3.866	0	0
Combustible II	10%	6.52	23.151	0.198	1.292	55.486
Aceite	10%	0.586	9.155	0.538	0	2.601
Aceite sucio	100%	5.38	11.775	1.118	0	0
Agua dulce	10%	1.2	2.5	9.05	0	16
Combustible I	10%	6.52	23.151	0.198	-1.292	55.486
Sedim. 1	10%	2.117	10	8.1	-4.425	8.752
Sedim. 2	10%	2.117	10	8.1	4.425	8.752
Diario	10%	1.935	16.2	7.1	0	8.258
Lastre I	0%	0	25.749	1.211	-5.08	0
Lastre II	0%	0	25.749	1.211	5.08	0
Lastre III	0%	0	46.796	0.955	-4.195	0
Lastre IV	0%	0	46.796	0.955	4.195	0
Lastre V	0%	0	77.062	1.026	-2.864	0
Lastre VI	0%	0	77.062	1.026	2.864	0
Bodega	0%	0	54.025	6.32	0	0
Conten bod.	140	14	54.1	4.5	0	0
Conten cub.	210	14	54.1	11.3	0	0
	Total Weight=	7198	LCG=49.969 m	VCG=5.839 m	TCG=0.000 m	155.333
				FS corr.=0.022 m		
				VCG fluid=5.861 m		

-Brazos GZ:

-La gráfica de brazos GZ obtenida para esta situación es la siguiente:



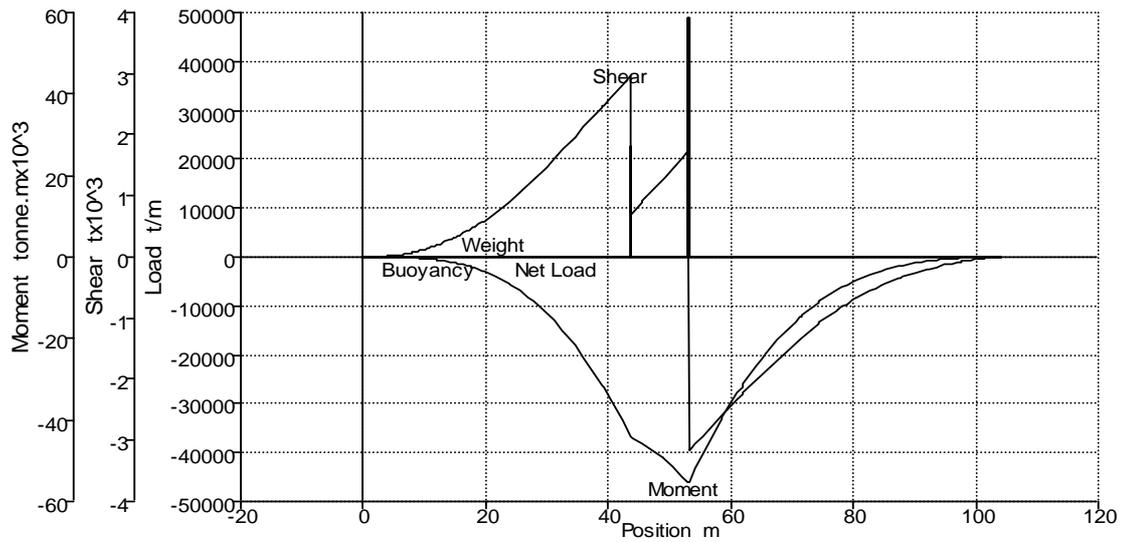
Heel to starboard degrees	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	7198	7198	7198	7199	7199	7199	7199	7199	7199	7199	7199	7199	7198	7198
Draft at FP m	5.027	5.04	5.084	5.152	5.211	5.257	5.268	5.217	5.154	4.993	4.77	4.396	3.371	N/A
Draft at AP m	6.737	6.71	6.613	6.461	6.287	6.091	5.877	5.715	5.581	5.318	4.99	4.458	3.084	N/A
WL Length m	102.075	102.053	101.974	101.869	101.782	101.715	101.692	101.839	102.186	102.895	103.31	103.663	104.04	104.159
Immersed Depth m	6.419	6.601	7.128	7.635	8.081	8.477	8.82	9.112	9.358	9.69	9.797	9.663	9.306	8.892
WL Beam m	18.563	18.622	18.802	19.11	19.558	20.133	20.436	18.447	16.591	13.98	12.379	11.939	11.838	11.739
Wetted Area m <sup>2</sup>	2248.89	2259.39	2289.21	2301.28	2315.07	2335.06	2381.52	2452.95	2486.52	2534.03	2559.44	2569.85	2577.38	2584.82
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1403.87	1418.39	1459.8	1489.19	1531.03	1590.8	1635.52	1534.17	1423.67	1267.47	1168.67	1112.47	1082.36	1068.07
Prismatic Coeff.	0.641	0.643	0.648	0.655	0.665	0.675	0.688	0.7	0.707	0.714	0.719	0.721	0.722	0.723
Block Coeff.	0.577	0.56	0.514	0.472	0.436	0.405	0.383	0.41	0.443	0.504	0.56	0.587	0.613	0.646
LCB from Amidsh. m	-0.829	-0.827	-0.825	-0.815	-0.808	-0.802	-0.795	-0.794	-0.792	-0.789	-0.785	-0.782	-0.779	-0.776
VCB from DWL m	2.732	2.731	2.723	2.715	2.714	2.721	2.737	2.786	2.87	3.084	3.313	3.525	3.7	3.817
GZ m	0	0.146	0.311	0.5	0.716	0.972	1.275	1.528	1.652	1.632	1.394	1.03	0.596	0.125
LCF from Amidsh. m	-3.898	-4.095	-4.56	-4.162	-3.557	-2.84	-1.646	-0.478	0.182	1.402	2.069	2.24	2.351	2.447
TCF to zero pt. m	0	0.735	1.533	2.173	2.771	3.375	3.943	4.087	4.306	4.802	5.171	5.394	5.499	5.514
Max deck inclination deg	1	5.1	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Trim angle deg	1	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0	-0.2	-90

-En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos y se compara con las exigencias de IMO:

Rúle	Criteria	Units	Required	Actual	Status
IMO	Area 0 to 30	m.rad	0.055	0.285	Pass
IMO	Area 0 to 40	m.rad	0.09	0.548	Pass
IMO	Max GZ at 30 or greater	m	0.2	1.666	Pass
IMO	Angle of maximum GZ	deg	25	44.1	Pass
IMO	Initial GMt	m	0.15	1.645	Pass
IMO	Area 40 to 40	m.rad	0.03	0.263	Pass

-Esfuerzo longitudinal:

-Finalmente calcularemos la grafica de esfuerzo longitudinal para comprobar que el momento flector no excede al momento calculado en el capítulo de escantillonado de la cuaderna maestra:



## FRANCOBORDO:

-El francobordo se define como la distancia vertical, medida en la sección media del buque, entre el borde superior de la línea de cubierta y el borde superior de la línea de francobordo.

Es un elemento decisivo en el proyecto del buque y debe tener un valor mínimo, función del tipo y características del buque, establecido en el Convenio Internacional de Líneas de Máxima Carga de 1996 (Convenio de 1996), actualmente en vigor.

A continuación estimaremos, mediante cálculos, el valor del francobordo que ha de llevar nuestro buque y sus posibles correcciones:

### **-Cálculo del francobordo a partir de la relación T/D:**

$$FB = D - T = 1700 \text{ mm.}$$

### **-Cálculo del francobordo por formulas programables:**

-Nuestro buque-proyecto no cumple las condiciones requeridas del tipo A, (carga de líquidos entre otros), por lo tanto lo clasificaremos como tipo B.

#### -Francobordo tabular:

-Al observar las tablas de francobordo tabular en el convenio de 1966 diremos que  $FB = 1304 \text{ mm.}$  mediante una interpolación.

#### -Corrección por eslora menor de 100 metros (C1):

-No procede por tener una eslora de 101.5 metros.

#### -Corrección por CB (C2):

-No procede al tener un CB menor de 0.68

#### -Corrección por D (C3):

-Con  $D > L/15$  entonces el FB aumenta:

$$C3 = (D - L/15) * R = 303.090 \text{ mm.}$$

$$R = L/0.48 = 211.458$$

$$FB_{\text{corregido}} = FB + C3 = 1606.090 \text{ mm.}$$

-Corrección por superestructuras (C4):

$$C4 = De * Por / 100 = 70.67 \text{ mm.}$$

$$De = 5.675 * L_{pp} + 3.78 = 954.013$$

$$Por = 0.30 + 37 * (E/L) = 7.408$$

$$E = 19.5 \text{ m.}$$

$$Fb_{\text{corregido}} = FB - C4 = \mathbf{1535.42 \text{ mm.}}$$

-Corrección por arrufo:

-No procede.

**-Francobordo de agua dulce:**

$$FB_{\text{agua dulce}} = FB - DISW / (40 * TCI) = \mathbf{1521.03 \text{ mm.}}$$

$$TCI = Af * 0.001 * 1.025 = 14.372 \text{ t/cm}$$

$$Af \text{ (área en la flotación)} = CWP * L * B = 1402.10 \text{ m}^2.$$

**-Altura mínima en proa:**

-Al tratarse de un buque cuya eslora es inferior a 250 m., la regla 39 del convenio 1966 exige que la distancia vertical desde la cubierta expuesta a la intemperie hasta la flotación en carga corresponde al francobordo de verano, medida en la perpendicular de proa, no será menor de:

$$56 * L * (1 - L/500) * 1.36 / (CB + 0.68) \text{ porque en nuestro caso } L < 250 \text{ m.}$$

$$\text{Altura mínima en proa} = \mathbf{3531.179 \text{ mm.}}$$

-En el caso de nuestro buque tenemos una diferencia de Puntal – Calado de:

$$D - T = 8200 - 6500 = 1700 \text{ mm.}$$

-Este valor nos dice que tenemos que situar en proa un castillo que incremente esa distancia hasta la obtenida según el Convenio de 1966. La altura de dicho castillo será de 1900 mm. y la eslora será igual al mínimo del 7% Lpp.

$$L_{\text{castillo}} = 101.5 * 0.007 = 7105 \text{ mm.} = 7.105 \text{ m}$$

## **DISPOSICIÓN GENERAL:**

-Una vez dado por finalizado el proceso de cálculo y diseño que nos describe las formas y características de nuestro buque-proyecto, estamos preparados para poder hacer una exhaustiva descripción del buque acompañándola de un plano de disposición general:

### **-Descripción general:**

-El buque ha sido proyectado para el transporte de carga general y/o contenedores en bodega y escotilla en tráfico de cabotaje entre los puertos españoles del Sur y del Mediterráneo.

-El buque dispondrá de cámara de máquinas y superestructura a popa, castillo en proa y una bodega de carga con una sola escotilla.

-El buque tendrá popa de espejo y bulbo en proa así como hélice y timón semicompensado y empujador transversal a proa.

-La bodega y la escotilla han sido dimensionadas teniendo en cuenta su modulación en base a contenedores de 20' x 8' x 8.5' y de 40' x 8' x 8.5'.

### **-Calado y peso muerto:**

-El calado de trazado de verano será de 6.500 m. El peso muerto correspondiente a este calado, en agua de mar de peso específico  $1.025 \text{ T/m}^3$  será de 6000 T.

### **-Estabilidad y situación de carga:**

-El buque deberá cumplir con los criterios de estabilidad en la circular 12/40 de la administración española.

-Una vez construido el buque será sometido a una prueba de estabilidad para determinar el peso en rosca y sus coordenadas del centro de gravedad exactas.

-Se estudiarán las condiciones de lastre, plena carga y carga de contenedores; salida y llegada a puerto (100% y 10% respectivamente).

**-Propulsión y velocidad:**

-El motor principal podrá desarrollar una potencia máxima continua de 5602 HP.

-La velocidad en servicio al calado de verano, es decir, 6.500 m. con quilla a nivel, con un 15% de margen de mar y con el motor desarrollando un 90% de su potencia máxima continua no será menor de 15 nudos.

**-Autonomía:**

-El buque tendrá una autonomía no inferior a 2600 millas para un calado de 6.500 m. y con el motor desarrollando el 90% de PMC.

**-Tripulación:**

-El número de tripulantes estará de acuerdo con el “cuadro indicador de tripulación mínima” de la subsecretaría de la marina mercante.

-Atendiendo al tipo de navegación de este buque (cabotaje) y a los medios automáticos que para su manejo disponen en la actualidad los buques, se propone una tripulación de 12 personas.

**-Alojamiento de la tripulación:**

-El estándar para el alojamiento de tripulación estará de acuerdo con el convenio 92 de la Organización Internacional de Trabajo (OIT).

**-Clasificación:**

-El buque será clasificado por el Bureau Veritas.

**-Reglamentos:**

-El buque navegara bajo pabellón español y por tanto deberá cumplir con todas las normas y reglamentos exigidos por las autoridades españolas:

- Convenio Internacional para la vida humana en el mar de 1974 y enmiendas posteriores.
- Convenio Internacional de líneas de carga, de 1966.
- Convenio Internacional para prevenir los abordajes, de 1972.
- Convenio Internacional de Arqueo de 1969.
- Convenio Internacional para impedir la contaminación en el mar (MARPOL) 1973 y enmiendas posteriores.
- Convenios relativos a alojamientos de la tripulación.
- Reglamento de reconocimiento de buques mercantes de 1973 y modificaciones posteriores.
- Recomendación ISO 6959 sobre evaluación de vibraciones horizontales y verticales en buques mercantes.
- Resolución IMO 968 (XII) sobre los niveles de ruido a bordo de los buques.

**-Espacios de carga:**

- El buque dispondrá de una única bodega situada entre las cuadernas 33 y 165.
- La situación de la escotilla será entre las cuadernas 90 y 158.

**-Espacios de maquinaria:**

- La cámara de máquinas estará situada a popa entre las cuadernas 9 y 33.

**-Espacio de tanques:**

- El buque dispondrá de un único tanque de agua dulce situado bajo la superestructura.

-Los tanques de combustible estarán situados a ambos lados de la quilla vertical, a popa de la cámara de máquinas y en el doble fondo.

-Los tanques de lastre estarán situados únicamente en el doble fondo, pique de proa y pique de popa debido a la estructura de monocasco.

### **-Espacio de alojamientos:**

-La superestructura, dotada de tres niveles, estará dispuesta de la siguiente manera:

- Bajo cubierta toldilla: Camarotes, gambuza, espacio CO<sub>2</sub> y aire acondicionado.
- Bajo cubierta puente: Camarotes, enfermería, comedores-salones y cocina.
- Bajo cubierta techo puente: Puente de gobierno y derrota.

### **-Espacios varios:**

-El buque dispondrá de una cubierta castillo bajo la cual se encontraran los pañosles y maquinaria hidráulica.

-Dispondrá de una cubierta toldilla bajo la cual se encontrará el taller, servomotor y pañosles.

### **-Configuración estructural:**

-Desde el punto de vista estructural el casco se compone de quilla plana, forro fondo, forro pantoque, forro costado, cubierta superior con un puntal de 8.200 m., doble fondo con una altura de 1.800 m. en cámara de máquina y bodega, cuatro mamparos transversales en las cuadernas 9, 33, 165 y 168, y caja de torsión en la parte superior de la zona de bodega entre las cuadernas 33 y 165.

-La distancia entre cuadernas será de 580 mm.

-El castillo tendrá una eslora mínima de 0,07L y superestructura a popa con tres niveles y 2.700 m. de entrepuente en cada cubierta.

.La estructura estará totalmente soldada.

**-Requerimientos estructurales:**

- El buque se ha proyectado para un momento flector máximo de 80.000 Kn.
- El doble fondo de la bodega podrá resistir una carga uniforme de 3.5 T/m y carga de dos capas de contenedores de 20/40 pies con un peso de 14 toneladas.
- La tapa de escotilla soportará tres capas de contenedores de 20/40 pies con un peso de 14 toneladas.

**-Materiales:**

- Todo el acero que se emplee en la construcción del casco y superestructura será de construcción naval, calidad normal y de acero requerido por la sociedad de clasificación.

**-Protección del casco:**

- Todas las planchas y perfiles destinadas a la estructura, antes de su tratamiento de pintura, se chorrearán y recibirán una mano de imprimación en el taller.
- Se instalarán ánodos fungibles de zinc para protección catódica del casco.

**-Equipos de servicio de la carga:**

- El buque tiene una escotilla de carga de 76,510 x 15,000 m. de tipo PONTON totalmente de acero y con trincado automático.
- La bodega dispone de 50 tomas de fuerza para contenedores frigoríficos.
- En el doble fondo de la bodega y en la tapa de escotilla el buque dispondrá de los fitting necesarios para el apoyo y anclaje de los contenedores.

**-Equipo de salvamento y seguridad:**

- El equipo de salvamento y seguridad consta de:

- Dos balsas salvavidas autoinflables para 10 personas cada una.
- Un bote de rescate tipo zodiac.
- Una grúa hidráulica para el arriado del bote salvavidas.
- Dos bombas para lastre y sentinas.
- En cuanto al contraincendio, el buque cumplirá con el método IC para buques de carga.
- Dos bombas de baldeo y contraincendios.
- Una instalación de contraincendios de CO<sub>2</sub> en cámara de máquinas y bodega.
- Una instalación de detección de incendios en cámara de máquinas, bodega y alojamientos.

#### **-Equipo de acondicionamiento del buque:**

-El equipo de acondicionamiento del buque consta de:

- Una instalación de aire en alojamientos.
- Equipo de ventilación de cámara de máquinas.
- Equipo de ventilación para bodegas.

#### **-Equipo de fonda y servicio de alojamientos:**

-El equipo de fonda y servicio de alojamiento consta de:

- Un equipo frigorífico para la gambuza refrigerada.
- Frigoríficos de tipo comercial.
- Equipos de cocina.
- Equipos de lavandería.

- Los camarotes tendrán aseos individuales.

#### **-Equipo de gobierno y maniobra:**

-El equipo de gobierno y maniobra consta de:

- Un servomotor hidráulico de 10,2 HP.
- Un timón semicompensado apoyado con mecha.
- Un molinete-chigre combinado en proa de 32,5 HP.
- Un chigre de amarre en popa.
- Dos anclas de leva de 1720 Kg cada una y 512 m. de cadena de 38 mm. de diámetro.
- Cuatro líneas de amarre de 210 m. cada una y carga de rotura de 116 Kn.
- Un empujador transversal en proa con una hélice y motor de 508 HP.
- Dos escalas reales en la cubierta toldilla accionadas por chigres eléctricos.

#### **-Equipo de navegación y comunicación:**

-El equipo de navegación y comunicación consta de:

- Compás magnético.
- Compás giroscópico.
- Radiogoniómetro
- Equipos de radar.
- Ecosondas.
- Equipos de radioteléfonos.

-El buque llevara las luces de reglamentación exigidas por el Reglamento Internacional para prevenir los abordajes de 1972.

**-Equipo propulsor:**

-El buque montara un motor diesel semirrápido de cuatro tiempos CATERPILLAR de 5602 MCO a 750 RPM.

-El motor llevará acoplado una caja reductora con una reducción de 1/4.

-La línea de ejes constara de eje de cola, eje intermedio, chumacera de apoyo, y hélice de CUNIAL de 4,000 m.

-El buque dispondrá de las bombas de combustible, lubricación y refrigeración necesarios para el funcionamiento del motor principal.



## ARQUEO:

-El concepto de arqueo indica el tamaño de un buque y se emplea para determinar tanto reglamentariamente muchas de sus características técnicas y como par aplicar las tarifas de uso de puertos, canales, remolcadores...

-El arqueo se calcula por el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques (Convenio de 1969), firmado en Londres el 23 de Julio de 1969 por los países representados en la IMO.

### -Cálculo del GT aproximando de forma directa:

-Volumen del casco por debajo de la cubierta de arqueo hasta el nivel del puntal:

$$VBD = L_{pp} * B * D * CBD = 10179.362 \text{ m}^3$$

$$CBD = CB + 0.35 * ((D - T) / T) * (1 - CB) = 0.672$$

-Volumen de superestructura y caseta:

$$V_{sup} = 41 * L_{pp} - 755 = 3406.5 \text{ m}^3$$

-Volumen de brazolas de escotilla y tapa de escotilla:

$$VES = LES * BES * HES = 1454.7488 \text{ m}^3$$

$$LES = 70\% L_{pp} = 71.05 \text{ m.}$$

$$BES = 75\% B = 13.65 \text{ m.}$$

$$HES = 1.5$$

-El arqueo bruto será:

$$GT = V * K_1 = 4264$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} V = 0.2835$$

**-Cálculo del arqueo neto:**

$$N_t = K_2 * VCAR * [4T/3D]^2 + K_3 * ((N_1 + N_2) / 10) = 2678.5413$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 * \text{Log}_{10} VCAR = 0.2796264$$

$$K_3 = 1.25 * (GT + 10000) / 10000 = 1.783$$

$$N_1 + N_2 = 0 \text{ "Es cero al no ser mayor a 13 el número de pasajeros"}$$

$$VCAR = 9579 \text{ m}^2.$$

## PRESUPUESTO:

### -Coste de adquisición:

-En este capítulo se obtendrá el coste de adquisición del buque de forma aproximada utilizando formulas sencillas que aparecen en el libro “El Proyecto Básico del Buque Mercante”. Estas fórmulas están referidas al año 1996 por lo que a todos los valores se le sumará una subida correspondiente del IPC hasta fecha de hoy. Esta subida corresponde a un 45,2% según el instituto nacional de estadísticas.

### -Coste de construcción:

-Si se consideran ambos puntos de vista , el del comprador (armador) y el del vendedor (astillero) del buque, se necesita saber por el astillero el coste de construcción, CC, y por el armador el coste de adquisición, CA, amén se los costes de operación, CO, y los ingresos, IN.

-El coste de construcción del buque, CC, se suele calcular por el astillero, como la suma del coste de los materiales a granel, CMg, del coste de los equipos, Ceq, del coste de la mano de obra, Cmo, y de los otros costes aplicados, Cva:

$$CC = CMg + Ceq + Cmo + Cva$$

-En la construcción del buque, la mayor parte del coste proviene de suministros exteriores del astillero, manejándose actualmente las cifras siguientes: 70% al 80% son aportaciones ajenas y únicamente del 20% al 30%, del coste de construcción, es valor añadido pro el propio astillero.

### -Coste de la mano de obra, Cmo:

-El coste de la mano de obra directa se desglosa en los sumandos que se asocian al montaje, del material a granel y de los equipos. Es decir, para el cálculo de cada sumando se utilizarán las mismas variables independientes que se usen para el cálculo de los costes de adquisición de dicho material o equipo. Las citadas variables se afectaran de los coeficientes que oportunamente se definirán para obtener las horas de montaje del casco y de los sistemas del buque.

-Las horas calculadas y multiplicadas pro el coste horario medio, chm, de la mano de obra del astillero darán el coste total de la mano de obra.

$$CMO = CmM + CmE$$

-Siendo CmM y CmE el coste del montaje de material a granel y de los equipos respectivamente.

-El coste horario medio, chm, de un astillero español puede considerarse, con muchas salvedades, que esta en el intervalo de 35-42 euros/hora.

-Coste del material a granel, CMg, y de su montaje, CmM:

-El material a granel más importante es el acero, las chapas y perfiles que componen la estructura principal del buque, pero en esta partida de material a granel algunos astilleros suelen incluir, dependiendo de su libro de conceptos, todo aquel material que nos constituya equipos comerciales y sus fijaciones, tales como tuberías, cables eléctricos, escalas, teclas, mamparos y embos de habilitación, etc...

-Se considera que solo está incluido en este apartado el coste de acero del casco y de la superestructura y el del equipo metálico del casco (escalas, pisos, teclas, etc...); el coste del material a granel restante irá incorporado al servicio o sistema del buque al que pertenece. En consecuencia se puede considerar que el coste del material a granel depende del coste del acero que se puede calcular a partir del peso de acero del buque WST.

$$CMg = Cmg * WST = ccs * cas * cem * ps * WST$$

-Donde Cmg es el coeficiente del coste del material a granel, que se calcula como el producto del coeficiente de coste ponderado de las chapas y perfiles de las distintas calidades de acero del buque, ccs, por los coeficientes de aprovechamiento del acero, cas, (relación peso bruto-peso neto) y de incremento por equipo metálico, cem, y por precio unitario del acero de referencia, ps, básicamente chapa de acero de calidad A.

-Actualmente, los rangos normales de variación de los coeficientes antes citados son:

- $1,05 < 1,10$ : si no se utiliza acero de alta resistencia y/o alta resiliencia, llegando a coeficientes de 1,50 o superiores en estos casos.
- $1,08 < cas < 1,15$ : según tamaño del buque.
- $1,03 < cem < 1,10$ : según tamaño del buque.
- Ps: 740,52 euros/tonelada.

-Los mayores coeficientes de cas y cem son para buques pequeños:

$$CMg = 1,08 * 1,13 * 1,08 * 740,52 * 2272$$

$$CMg = 2,218 \cdot 10^6 \text{ €}$$

-El coste, CmM, del montaje del material a granel anteriormente definido, es primordialmente el coste de montaje del acero y se puede expresar como:

$$CmM = chm \cdot csh \cdot WST$$

-Csh es el coeficiente de horas por unidad de peso, se puede situar entre 20 y 80 horas/tonelada, dependiendo del astillero y tipo de buque.

$$CmM = 38 \cdot 40 \cdot 2272$$

$$CmM = 3,453 \cdot 10^6 \text{ €}$$

-El coste del material a granel montado será:

$$CMg + CmM = (ccs \cdot cas \cdot cem \cdot ps + chm \cdot csh) \cdot WST$$

-Y se puede expresar como:

$$CMg + CmM = pst \cdot WST$$

-Donde:  $pst = ccs \cdot cas \cdot cem \cdot ps + chm \cdot csh$ , engloba todos los coeficientes del acero montado en cada astillero.

$$CMg + CmM = 2,218 \cdot 10^6 \text{ €} + 3,453 \cdot 10^6 \text{ €}$$

$$CMg + CmM = 5,671 \cdot 10^6 \text{ €}$$

#### -Coste de los equipos, Ceq, y su montaje, CmE:

-El coste de los equipos, Ceq, que incluye el coste de todo servicio o sistema asociado a dichos equipos, (es decir, en el coste del equipo de manipulación de la carga esta incluido el coste de todos los materiales del sistema de manipulación de la carga) y su coste de montaje, CmE, que análogamente es el coste de montaje de todo servicio o sistema, se descompone en un conjunto de sumandos que en el primer ciclo o iteración del proyecto se corresponden con el coste de los equipos de manipulación y almacenamiento de la carga, Cec, de los equipos de propulsión y sus auxiliares, Cep, de la habilitación y fonda, CHF, y del equipo restante, Cer. (Todos los sumandos y especialmente este último se desglosan en los siguientes ciclos del proceso de proyecto).

$$Ceq + CmE = Cec + Cep + CHF + Cer$$

-El coste de los equipos de manipulación y contención de la carga y de su montaje, Cec, es lo primero que se analiza cuando se elabora el presupuesto, ya que es la razón de ser del buque, pero es muy difícil su sistematización de forma genérica por lo que se debe estudiar caso a caso, es decir, por tipo de buque.

-En nuestro caso Cec está compuesto por la suma de los siguientes elementos:

- Bombas de lastre de tipo profundo: 18000 €
- Máquinas de limpiado de tanques: 12000 €
- Duchas y lavaojos de emergencia: 900 €
- Otros: tuberías de carga y lastre en cubierta, válvulas en cubierta y manifold, pasarela y pasamanos: 5000 €

TOTAL = 35900 €

-El coste de los equipos de propulsión y sus auxiliares, montaje incluido, Cep, en los primeros ciclos del proyecto se pueden calcular como función exponencial e incluso lineal (exponente uno) de la potencia propulsora, Pb. Siendo cep el coeficiente de coste unitario.

$$Cep = cep * Pb$$

■ Para mototes de 2T:  $435,60 < cep < 522,72$  euros/Kw.

■ Para motores de 4T:  $348,48 < cep < 435,60$  euros/Kw.

-Teniendo en cuenta que nuestro motor es de 4 Tiempos,  $cep = 400$  euros/Kw y con  $Pb=2127$  Kw, se obtiene:

$$Cep = 400 * 2127$$

$$Cep = 0,851 * 10^6 \text{ €}$$

-El coste, montado, de la habilitación y fonda, CHf, se puede calcular como el producto del coste unitario, chf, multiplicado por el número de tripulantes, NT, y por el nivel de calidad de la habilitación, nch.

$$CMf = chf * nch * NT$$

$$\blacksquare 0.90 < nch < 1,20$$

$$\blacksquare 55176 \text{ euros/tripulante}$$

-Teniendo en cuenta que  $nch = 1,05$ ; que  $chf = 55176$  y que se tiene 12 tripulantes se obtiene que:

$$CHf = 55176 * 1,05 * 12$$

$$CHf = 0,695 * 10^6 \text{ €}$$

-El coste del equipo restante instalado,  $Cer$ , se obtiene como le producto del coste unitario del peso,  $Cer$ , por el peso del equipo restante,  $Wer$ .

$$Cer = cer * Wer = cpe * pst * Wer$$

$$pst = ccs * cas * cem * ps + chm * csh$$

-Si no se dispone de estadísticas, en esta primera iteración del presupuesto, se estima  $cer$  como el producto del coeficiente de comparación del coste del equipo restante,  $cpe$ , con el coste montado del acero unitario,  $pst$ , donde se suele tomar:

$$\blacksquare 1,25 < cpe < 1,35$$

-Teniendo en cuenta que  $Wer = 350 \text{ T}$ .

$$Cer = 1,30 * 2496 * 350$$

$$Cer = 1,393 * 10^6 \text{ €}$$

-Luego el total es:

$$Ceq + CmE = 35900 + 0.851 * 10^6 + 0.695 * 10^6 + 1.393 * 10^6$$

$$Ceq + CmE = 2,975 * 10^6 \text{ €}$$

-Costes varios aplicados,  $Cva$ :

-Son los costes para el astillero de todo aquello que sin intervenir directamente en el proceso de construcción del buque, tiene un coste directo. Estos costes varios aplicados,  $Cva$ , se pueden calcular en función del coste de construcción,  $CC$ .

$$Cva = cva * CC$$

■ con  $0,05 < cva < 0,10$

-Reuniendo todos los sumandos integrantes de la expresión,

$CC = CMg + Ceq + Cmo + Cva$ , se obtiene:

$$CC = pst \cdot Wst + Cec + cep \cdot PB + chf \cdot nch \cdot NT + cpe \cdot pst \cdot Wer + cva \cdot CC$$

-De esta ecuación se deduce la siguiente:

$$CC = [pst \cdot (WST + cpe \cdot WER) + Cec + cep \cdot PB + chf \cdot nch \cdot NT] / (1 - cva)$$

$$CC = 9,118 \cdot 10^6 \text{ €}$$

-Por lo tanto los costes aplicados varios serán:

$$Cva = 0,08 \cdot 9,118 \cdot 10^6$$

$$Cva = 0,729 \cdot 10^6 \text{ €}$$

### **-Coste de adquisición. Inversión total:**

-Se verifica que el coste de adquisición, CA, para el armador, o precio de venta del astillero, es igual al coste de construcción, CC, más el beneficio industrial, BI, menos las primas (o bonificaciones) a la construcción naval, BCN. En un mercado libre debe coincidir con el precio de mercado.

$$CA = CC + BI - BCN$$

### **-Beneficio industrial, BI:**

-El beneficio industrial está limitado precisamente por el precio de mercado, lo que ha obligado en demasiadas ocasiones al astillero a contratar, con pérdidas, básica y tradicionalmente el beneficio industrial, BI. Se puede expresar en tanto por ciento de coste de construcción, CC, y varía en periodos económicos normales, entre el 5% y el 20%.

$$BI = bi \cdot CC$$

■ con  $bi \ 0,05 < bi < 0,20$

-Luego tomando  $bi = 0,12$  tenemos:

$$BI = 0,12 * 9,118 * 10^6$$

$$BI = 1,094 * 10^6 \text{ €}$$

-Primas y bonificaciones de la construcción naval:

-Los gobiernos han establecido diversas modalidades o bonificaciones a la construcción naval, BCN, entre otras razones, para evitar las pérdidas antes citadas e impedir la quiebra y cierre de los astilleros por los tremendos problemas laborales que conlleva en el propio astillero y en la industria asociada. En consecuencia, las primas o bonificaciones normalmente vienen regidas por la legislación nacional, aunque actualmente la Unión Europea trata de hacerlas desaparecer, y en España se calcula como un tanto por ciento de la Inversión Total, IT, que se define como:

$$BCN = bcn * IT$$

- con  $bcn = 0,09$  en 1996 por lo que ahora sería  $bcn = 0,10$

-Si al coste de adquisición, CA, se le añaden los gastos del armador, GA, se obtiene la inversión total, IT, a realizar por el armador.

$$IT = CA + GA = CC + BI - BCN + GA$$

-Gastos del armador, GA:

-En esta partida no solo se incluye los gastos y respetos que el armador adquiere directamente para el buque, sino también todos los costes directos a cargo del armador tales como: los gastos notariales, hipotecas, intereses intercalares, inspección de la construcción del buque, adiestramiento de la tripulación e IVA. Se puede estimar como:

$$GA = ga * IT$$

- con  $0,20 < ga < 0,25$

-Resumiendo se puede expresar la inversión total, IT, como:

$$IT = CC + bi * CC - bcn * IT + ga * IT$$

-O también:

$$IT = (1+bi)*CC / (1+bcn-ga)$$

$$IT = (1 + 0,12) * 9,118*10^6 / (1 + 0,10 - 0,225)$$

$$IT = 11,671*10^6 \text{ €}$$

-Luego ahora que tenemos la inversión total, IT, podremos calcular las primas y bonificaciones, así como los gastos del armador:

$$GA = 0,225 * 11,671*10^6$$

$$IT = 2,626*10^6 \text{ €}$$

$$BCN = 0,10 * 11,671*10^6$$

$$BCN = 1,167*10^6 \text{ €}$$

-Entonces el coste de adquisición es:

$$CA = 9,118*10^6 + 1,094*10^6 - 1,167*10^6$$

$$Ca = 9,045*10^6 \text{ €}$$

**-Por lo tanto el presupuesto de nuestro buque costero ronda los 9 millones de euros.**

# ANEXOS

◆ MEMORIA PERSONAL.

◆ BIBLIOGRAFÍA.

◆ WEB'S Y SOFTWARE.

## MEMORIA PERSONAL:

-Una vez dada por finalizada la elaboración del proyecto fin de carrera sería de relevante importancia dedicar unas líneas, a modo de recopilación, de lo que ha supuesto personalmente la elaboración de dicho proyecto.

-Principalmente se han asentado las ideas obtenidas a lo largo de la carrera ya que la mayoría de la materia estudiada en las asignaturas esta plasmada dentro de loa diferentes apartados que componen el trabajo.

-Debido a la aparición de dudas y problemas a lo largo del tiempo de elaboración del proyecto, he sido capaz de encontrar solución, ya sea por razonamiento propio o por la búsqueda en el material didáctico.

-El proceso de razonamiento ha sido una de las principales habilidades obtenidas a lo largo de la carrera ya que asignaturas como matemáticas, física o mecánica (entre otras) me han dotado de dicha capacidad, y acompañándose con los conocimientos obtenidos en asignaturas como calculo de estructuras, proyecto de estructuras o teoría del buque (entre otras) han sido principal herramienta para la consecución del objetivo.

-Durante el proyecto se ha llevado a cabo un proceso iterativo, continuo y de avance para la consecución de los objetivos llevando a cabo lo que seria la espiral de diseño.

-Se han asentado conocimientos informáticos y de diseño que también serán de relevante importancia en posteriores etapas de mi vida laboral.

-A modo de agradecimiento quisiera recordar a todos los compañeros que día tras día hicieron que mi paso por la universidad fuera mas amena y a todo el equipo de profesores que hacen una excelente labor de prepararnos, tanto en base a conocimientos como a personas.

-Agradecimientos al tutor del proyecto D. Diego Blanco Cáceres que sin su ayuda me hubiera sido imposible ver cumplido este objetivo.

Álvaro José Ruiz Besteiro

## BIBLIOGRAFÍA:

-Para la elaboración del proyecto se ha hecho uso de la siguiente bibliografía:

- El proyecto básico del buque mercante de R. Alvariño, J. Aspirez y M. Meizoso. (ISBN: 84-9217-30-2-8).
- Teoría del buque y sus aplicaciones de C. Godino.
- Hidrodinamic ship design, Ed. Saunders
- Construcción naval y servicios A. Bonilla. (ISBN: 84-398-2629-X)
- Reglamentación Lloyd's Register of Shipping.

Apuntes E.U.I.T.N. Cadiz:

- Teoría del buque. Prof. A. Guzmán / P. Gallardo.
- Técnicas de construcción naval. Prof. F. Valencia
- Equipos y servicios. Prof.. J. J. Escribano / R. M. de la Villa.
- Resistencia y propulsión. Prof. A. Guzmán / P. Gallardo
- Cálculo de estructuras marinas. Prof. A. Barrios.

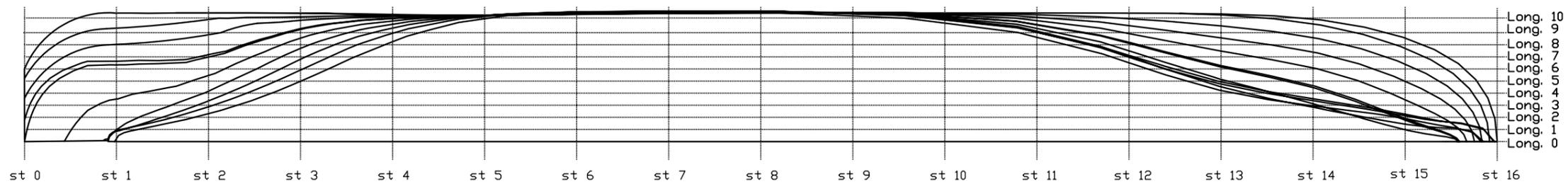
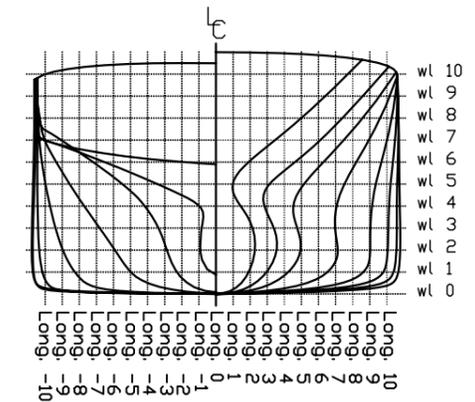
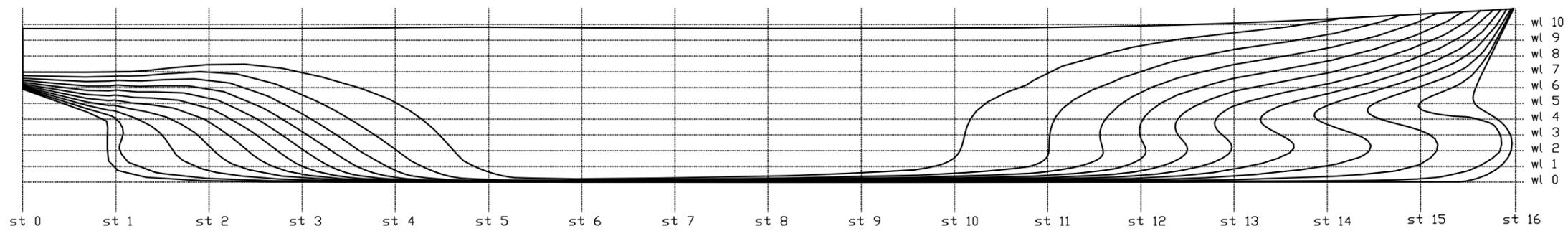
## **WEB´S Y SOFTWARE:**

-Las paginas web´s utilizadas para la elaboración del proyecto son las siguientes:

- [www.histamar.com](http://www.histamar.com)
- [www.ine.es](http://www.ine.es)
- [www.Lr.com](http://www.Lr.com)
- [www.masmar.com](http://www.masmar.com)
- [www.fomento.es/Marima\\_mercante](http://www.fomento.es/Marima_mercante).
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

-El software utilizado para la elaboración del proyecto ha sido el siguiente:

- Microsoft Excel.
- Microsoft Word.
- Maxsurf 9.52.
- Hidromax 9.52.
- Autocad 200
- Statgraphic 5.1.
- Internet explorer.



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES :

$L_{pp} = 101.500 \text{ m}$

$B = 18.200 \text{ m}$

$T = 6.500 \text{ m}$

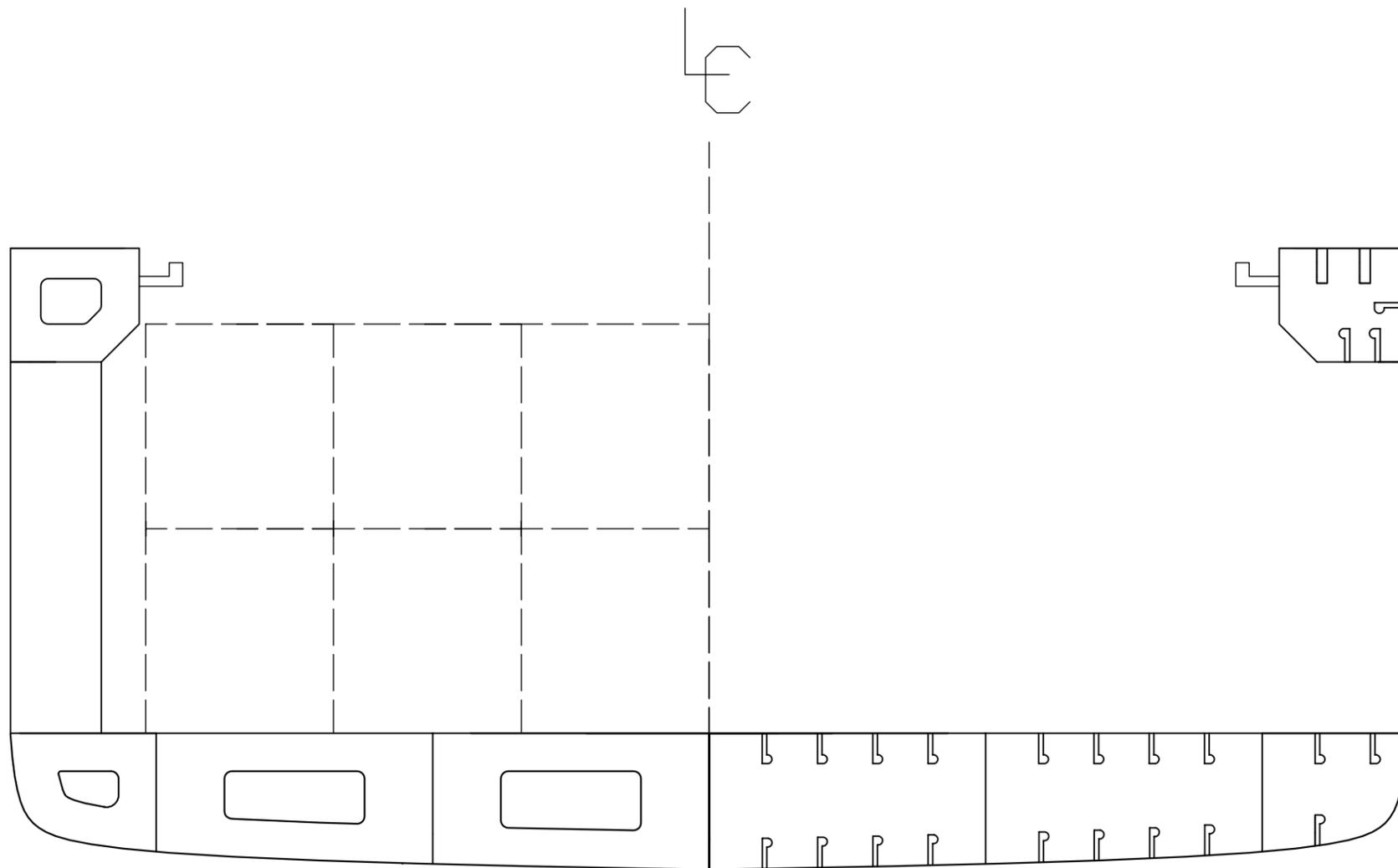
$D = 8.200 \text{ m}$

Distancia entre cuadernas de trazado = 6.344 m

Distancia entre longitudinales de trazada = 0.910 m

Distancia entre líneas de agua de trazado = 0.820 m

	Fecha	Apellidos y Nombre	Firmas	E.U.I.T.N. (Cadiz)
	Alumno: 05-08-2008	Ruiz Besteiro, Alvaro J.		
	Tutor: 00-00-0000	Blanco Caceres, Diego		
	Comprobado: 00-00-0000	Blanco Caceres, Diego		
Escala: 	PLANO DE FORMAS			PLANO N° 1
				Pag. 53



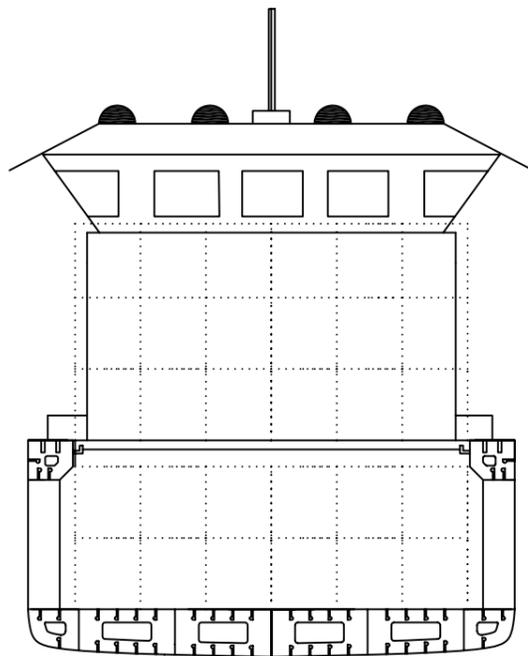
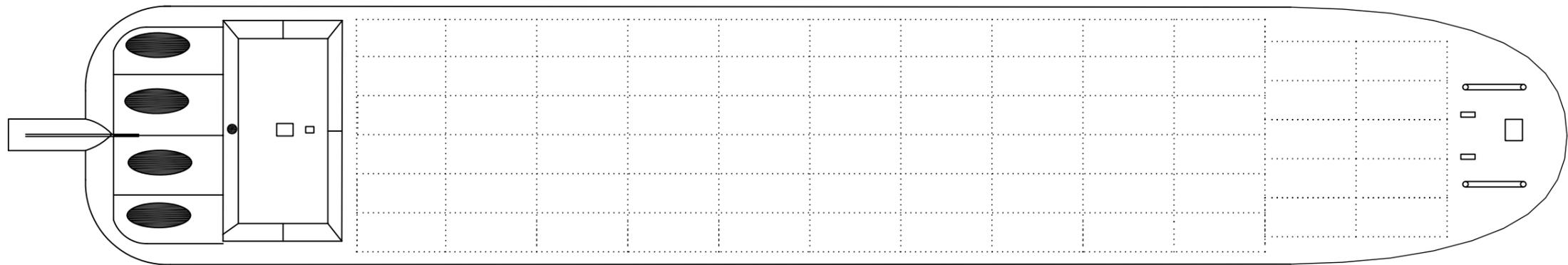
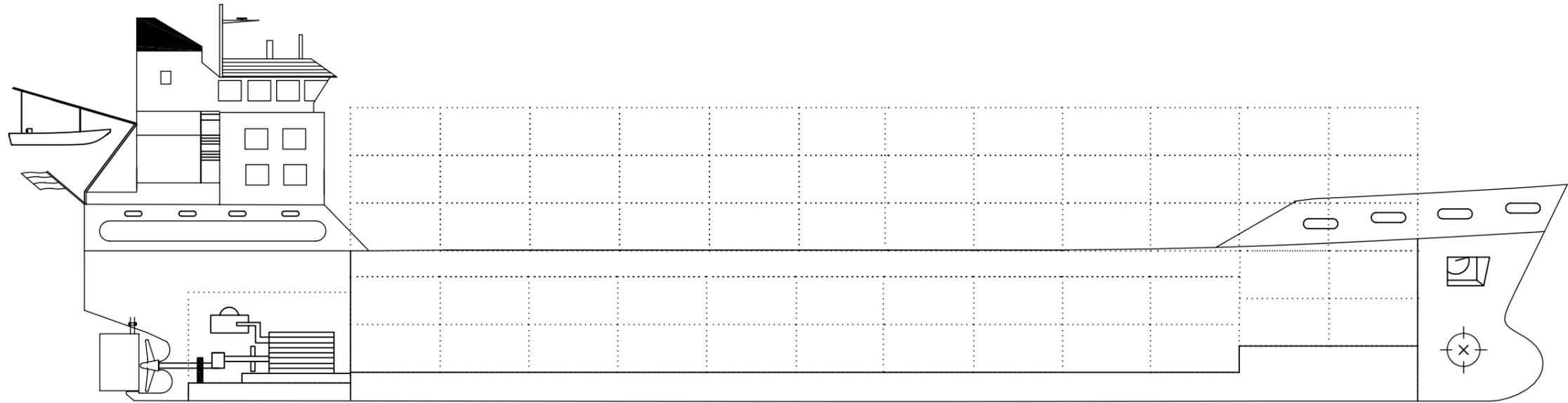
**ESPEORES :**

Cubierta: 14 mm.  
 Trancanil: 24 mm.  
 Traca de cinta: 16 mm.  
 Fondo: 14 mm.  
 Doble fondo: 18 mm.  
 Costado: 12 mm.  
 Pantoque: 16 mm.  
 Vagra: 12 mm.  
 Quilla vertical: 30 mm.  
 Caja de torsion: 24 mm.  
 Plancha vertical caja torsion: 24 mm.

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES :**

B = 18.200 m  
 D = 8.200 m  
 Altura eje neutro = 3.748 m  
 Modulo total fondo = 4.0016 m<sup>3</sup>  
 Modulo total cubierta = 3.3688 m<sup>3</sup>  
 Max. mto. flector fondo = 70028 t/m  
 Max. mto. flector cubierta = 58954 t/m

UCA	Fecha	Apellidos y Nombre	Firmas	E.U.I.T.N. (Cadiz)
	Alumno: 29-08-2008	Ruiz Besteiro, Alvaro J.		
	Tutor: 00-00-0000	Blanco Caceres, Diego		
Comprobado: 00-00-0000	Blanco Caceres, Diego			
Escala:	CUADERNA MAESTRA			PLANO N° 2
				Pag. 94



UCA	Fecha	Apellidos y Nombre	Firmas	E.U.I.T.N. (Cádiz)
	Alumno: 05-10-2008	Ruiz Besteiro, Alvaro J.		
	Tutor: 00-00-0000	Blanco Caceres, Diego		
Comprobado: 00-00-0000	Blanco Caceres, Diego			
Escala:	DISPOSICIÓN GENERAL			PLANO N° 3
				Pag. 119

