

Universidad de **Cádiz**

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

**ANTEPROYECTO DE BUQUE
FRIGORIFICO DE 300.000 ft³**

María FRANCO IGLESIAS



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



ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROYECTO CONCEPTUAL.....	13
2. DIMENSIONAMIENTO.....	17
3. PLANO DE FORMAS.....	37
4. PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL.....	45
5. ESCANTILLONADO.....	60
6. CÁLCULO DE PESOS.....	94
7. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA.....	103
8. CÁLCULO DE VOLUMENES.....	119
9. FRANCOBORDO.....	127
10. ARQUEO.....	136
11. ESTABILIDAD.....	140
12. PRESUPUESTO.....	150

INTRODUCCIÓN

- 1. Evolución histórica de la concepción del buque.**
- 2. Tipo de buque.**
- 3. Misión del proyecto .**
- 4. Metodos y criterios aplicados al desarrollo del proyecto.**
- 5. Bibliografía.**

1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CONCEPCIÓN DEL BUQUE.

Podemos afirmar que, básicamente, existen dos tipos de productos perecederos los cuales han de ser transportados de manera refrigerada:

- Productos de origen animal:
 - Matanza de ganado y aves.
 - Pesca de productos del mar.

- Productos de origen vegetal:
 - Cosechas de fruta.
 - Recogida de cosecha de legumbres.
 - Flores y plantas vivas.

El primer cargamento de carne refrigerada se trajo desde América en 1874, debido a la abundancia de carne que había en América y la relativa escasez que había en Gran Bretaña, esto se hizo usando hielo natural y sal como medio de enfriamiento.

Después de este primer paso se fue introduciendo en los buques la maquinaria frigorífica que se usaba en tierra.

Como datos más relevantes podemos destacar, en 1877, la primera carga de carne transportada desde Argentina en el buque “La Frigorífuel”, usando refrigeración mecánica. En 1882 se hizo el primer embarque desde Nueva Zelanda hacia Gran Bretaña, en el Buque “Dunedin”, llevando aproximadamente 6000 piezas de carnero y cordero.

Así el comercio internacional de carne congelada fue rápidamente creciendo, siendo sus principales focos Argentina, Australia y Nueva Zelanda.

En el año 1901, se inició el transporte marítimo refrigerado de frutas, el buque “Port Morant” transportó 23000 racimos de plátanos desde Jamaica. En esa época se usaba como refrigerante el amoníaco o el dióxido de carbono.

Los materiales usados para el aislamiento de las bodegas eran de fieltro, piedra pómez y serrín. Posteriormente se usaron la lana mineral y paneles de corcho granulados. En 1926 fue introducido el aire forzado por medio de ventiladores, para las cargas de fruta.

En 1935 La Sociedad Lloyd's totalizaba 375 millones kcal/h de potencia frigorífica en sus buques registrados, en 1960 la flota mundial estaba sobre los 7 millones de metros cúbicos y en 1975 sobre los 12 millones de metros cúbicos.

En 1973 se implantó en el buque "Chrisantema" un computador programable para que desde una consola climatizada se pudiera efectuar todo el control de la planta frigorífica.

Actualmente aproximadamente las dos terceras partes del transporte marítimo de alimentos refrigerados son transportados por buques frigoríficos, el tercio restante es transportado en contenedores frigoríficos. El producto más transportado son los plátanos, en segundo lugar se encontraría la carne congelada y en tercer lugar estarían los cítricos.

La porción referida a buques frigoríficos se pueden dividir en dos partes: un 32% a granel y un 68% por pallets. Por tanto, la mayor parte de la carga frigorífica es transportada mediante pallets, los cuales poseen unas dimensiones estándar. Es por ello que las geometrías de las bodegas deben ajustarse para que el aprovechamiento del espacio sea el mejor posible. Básicamente los pallets están estandarizados en tres grupos:

- Europallet (800mm x 1200mm).
- Internacional Pallet (1000mm x 1200mm).
- US-Pallet (40" x 48").

Actualmente el más utilizado es el Internacional Pallet, pero el buque ha de ser lo suficientemente flexible para poder estibar todos los tipos de pallets.

2. TIPO DE BUQUE.

2.1. FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE.

El buque frigorífico es un buque destinado al transporte de mercancías perecederas y que necesitan para su conservación la refrigeración de los espacios de carga. Se trata por lo tanto de un buque mercante especializado con un profundo empleo actualmente debido a la gran necesidad de transporte de las mercancías perecederas anteriormente señaladas.

Las principales funciones del buque frigorífico son:

- Cargar las diferentes mercancías, a determinadas temperaturas.
- Enfriar las mercancías hasta la temperatura adecuada para su conservación durante el transporte.
- Transportar las mercancías en las condiciones idóneas para su correcta conservación.
- Descargar las mercancías en condiciones óptimas para su posterior comercialización.

Una vez enumeradas las principales funciones de los buques frigoríficos modernos pasamos a enumerar sus principales características:

- Se dedican principalmente al transporte de fruta, de carne y pescado congelado razón por la que las bodegas deben mantenerse a unas temperaturas específicas dependiendo del tipo de carga que se transporta, de su estado y de la duración del transporte.
- Los espacios de carga están aislados entre sí, para permitir el transporte de cada producto a la temperatura adecuada, en espacios térmicamente independientes. Se encuentran también divididos por cubiertas de carga intermedias, para evitar el aplastamiento de la mercancía por un amontonamiento excesivo de ésta.
- Las tapas de escotilla deben ser pequeñas y estar bien aisladas, para evitar pérdidas por transmisión de calor.
- Se tratan de optimizar los espacios de carga, buscando minimizar las

operaciones de carga y descarga, y maximizar la estiba de carga útil. Para conseguirlo se adoptan los siguientes criterios:

- Se busca diseñar los espacios de carga de una forma lo más rectangular posible.
 - Alturas libres de bodegas mayores de 2.2 metros, de acuerdo con la normalización internacional de dimensiones de pallets.
 - Se disponen las superestructuras y cámara de máquinas a popa.
- Se busca alta velocidad de servicio debido a las características perecederas de la carga. Las formas son finas, lo que implica que los coeficientes de bloque son bajos, alrededor de 0.55-0.65 . Este tipo de buques tienen un alto número de Froude, por lo que, generalmente, llevan proa con bulbo, reduciendo la resistencia por formación de olas. También suele ser habitual diseñarlos con bulbo en popa, para homogeneizar el flujo de popa, mejorando las condiciones de trabajo de la hélice.
 - La relación entre la capacidad cúbica normal de las bodegas y el peso muerto es elevada debido a los siguientes factores:
 - Valor bajo de los coeficientes de estiba de las cargas refrigeradas.
 - El volumen ocupado por el aislamiento y resto de los elementos de la instalación frigorífica.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE DE PLATANOS.

El gran problema que plantea el transporte de fruta es que su proceso de vida continúa después de la estiba a bordo. La maduración de la misma prosigue, lo que significa que hay que reducir este proceso lo máximo posible para evitar que la fruta madure completamente. Si esto ocurriese al principio del proyecto se correría el riesgo de que la fruta llegara a puerto demasiado madura, y la calidad no sería bueno para su comercialización. El almacenamiento en frío retrasa el proceso de maduración, sin olvidar, que la fruta debe mantenerse viva y sin

congelar. Además hay que tener en cuenta que la fruta puede ser atacada por mohos, por lo que otra ventaja del almacenamiento en frío es la reducción del ataque de mohos y esporas.

La base de la refrigeración de la carga es que las reacciones químicas tienen lugar más lentamente cuanto menores son las temperaturas, por ejemplo, cada 6°C, aproximadamente, que se disminuye la temperatura, las reacciones se reducen a la mitad.

Para quitar el calor de la fruta almacenada es esencial un adecuado movimiento del aire a través de todas las partes de la bodega; luego, ésta es una de las condiciones o características de las bodegas.

Los plátanos son unos de los productos más difíciles de transportar. Las bodegas han de ser enfriadas antes de la estiba. Los plátanos son estibados verdes y deben ser estibados verdes, es decir, la maduración de los mismos debe ser mínima. Se ha comprobado que restos de gas etileno en contacto con los plátanos estimula su maduración. Desafortunadamente, los plátanos cuando maduran emiten etileno. Si accidentalmente se introducen algunos plátanos maduros en un espacio cargado con plátanos verdes se corre un gran riesgo de maduración generalizada, con la consiguiente pérdida de la carga. Para reducir el riesgo de que esto ocurra se ventilan los espacios de carga con aire fresco.

Además la respiración de la fruta produce dióxido de carbono, luego debe de proveerse de un sistema que mantenga baja la concentración de dióxido de carbono en los espacios de carga. Una concentración de un 2% en volumen es adecuada para la conservación de la fruta.

2.3. REFRIGERANTES.

La importancia actual del cuidado medioambiental obliga a seleccionar unos refrigerantes y materiales aislantes que cumplan las normas de protección ambiental impuestas por las diferentes legislaciones a las que se vea sometido el buque.

R12, CCl₂F₂, R22 y CHClF₂, han sido los refrigerantes predominantes en los buques frigoríficos durante los últimos 40 años, pero han sido sustituidos, por ser considerados perjudiciales para el medio ambiente, por otros refrigerantes

denominados naturales, como el amoniaco, R314-a, R404, R134, CO₂, refrigerantes no clorados (HFC)... El amoniaco es el refrigerante más utilizado actualmente, siendo una de las principales causas de su elección su bajo coste, siendo posiblemente el más barato. Tiene el inconveniente de ser altamente inflamable, lo que conlleva la instalación de una serie de equipos de seguridad.

Cabe resaltar algunas de las mejoras que se proponen en los sistemas de refrigeración: el espacio de posible contaminación del refrigerante debe ser minimizado, mínima cantidad de refrigerante, reducir el riesgo de fugas, facilidad de inspección y detección de fugas... En cuanto a emplazamiento de la maquinaria refrigeradora debe ser un espacio cerrado para evitar la expansión del gas refrigerante en caso de fuga. Estos espacios deben estar equipados con detectores automáticos de gas pertenecientes al sistema de vigilancia, deben tener una ventilación adecuada, cierres de seguridad con indicadores de emergencia, válvulas de seguridad de sencillo manejo, sistemas de alarma conectados al sistema de seguridad del buque, equipo completo de salvamento situado próximo a la entrada principal, salida de emergencia,...

A continuación se exponen los criterios que se deben tener en cuenta para elegir el refrigerante para el buque frigorífico:

- Eficiencia termodinámica.
- El volumen de refrigerante necesario para el servicio.
- Presiones de trabajo necesarias.
- El coste del refrigerante.
- Disponibilidad del refrigerante.
- Efectos en la vida humana.
- Inflamabilidad.

En cuanto al comportamiento del refrigerante con los lubricantes, cabe destacar que una pequeña cantidad del aceite usado como lubricante en el compresor es introducido en el circuito del gas refrigerante a alta presión. Este aceite debe ser retirado y llevado de vuelta al compresor. Dependiendo del comportamiento del refrigerante con el aceite lubricante será más o menos fácil su extracción. En ningún caso debe producirse una reacción química.

2.4. AISLANTES.

Los principales aislantes usados a bordo son: corcho (liso o granulado), lana de vidrio, minerales de vidrio, plásticos, poliuretanos, siendo este último el de

uso más generalizado, ya que tiene la particularidad de que puede ser preparado y aplicado “in situ” bombeando por separado sus componentes, obligándolos a entre mezclarse íntimamente en una especie de pistolete usado para dicho fin, desde donde se dispara la espuma hacia los espacios que se van a aislar.

Las principales características que los materiales aislantes deben cumplir en un buque frigorífico son:

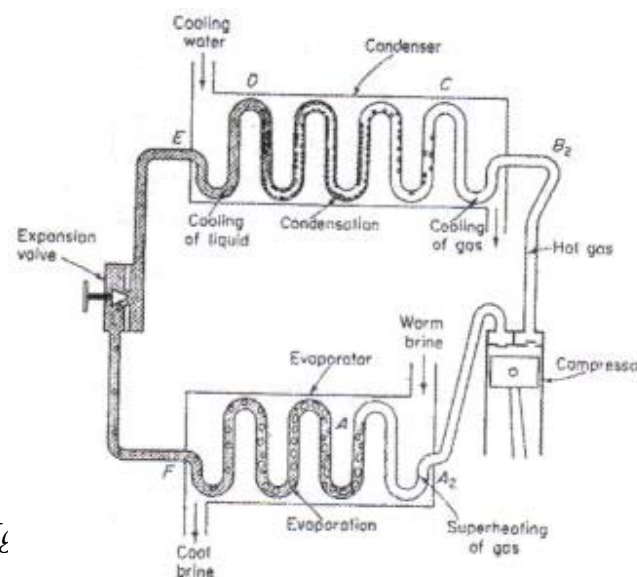
- Debe ser inodoro.
- No debe absorber la humedad.
- Debe ser resistente al fuego.
- El coste es un factor determinante.
- El peso específico no es un factor determinante, ya que comparado con el peso del acero del casco resulta muy pequeño.
- Fácil de instalar.
- Alta durabilidad.
- Resistente y compresible.

2.6. CICLO DE REFRIGERACIÓN.

La refrigeración a bordo se obtiene de la vaporización del líquido refrigerante. Hay dos factores importantes de los que depende:

- a) La temperatura a la que el líquido refrigerante se vaporiza en función de la presión.
- b) Calor latente de vaporización.

A continuación se presenta un esquema de un ciclo de refrigeración:



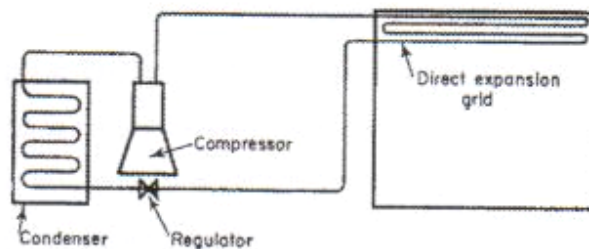
La condensación del refrigerante puede ser por medio de un intercambiador de placas para agua salada o condensación por aire.

La maquinaria frigorífica tiene que extraer el calor para contrarrestar los siguientes valores:

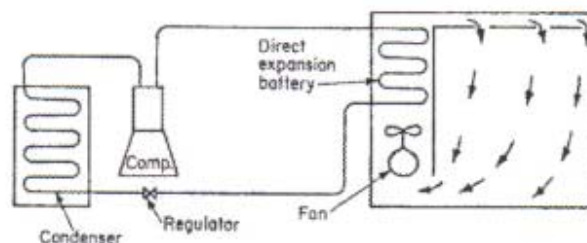
- El calor equivalente al ventilador y la bomba de agua salada.
- La respiración (calor) de la fruta.
- El exceso de calor del aire introducido en las bodegas con la carga, proveniente de la atmósfera exterior, para mantener baja la concentración de dióxido de carbono.
- El calor contenido en la carga estibada a la temperatura en que es introducida en las bodegas.
- El calor debido a la entrada y salida de aire debido a que el aislamiento no es perfecto.

En el enfriamiento de las cámaras o bodegas refrigeradas se pueden destacar cuatro métodos principales.

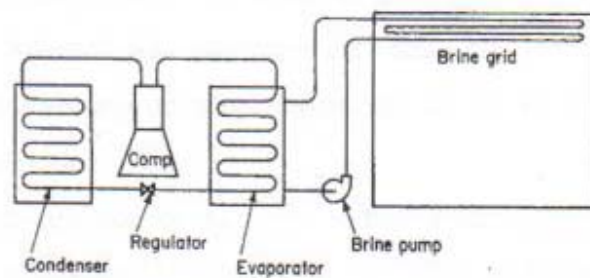
a) Sistema de refrigeración directa por circulación natural de aire.



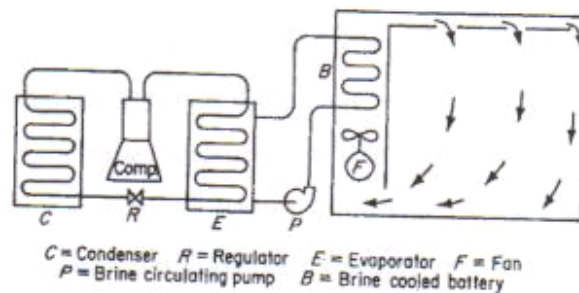
b) Sistema de expansión directa.



c) Sistema de refrigeración por rejillas de agua salada.



d) Sistema de refrigeración indirecta.



Otro punto importante de la refrigeración de una cámara o cubierta es el número de cambios de aire por hora. Se trata de un compromiso entre el número de cambios por hora y la diferencia en temperaturas entre el aire que sale y el que entra, ya que ésta disminuye al incrementar el número de cambios por hora.

La distribución de aire en las bodegas de carga es una de las partes más críticas de la refrigeración de la carga. La circulación del aire debe extraer el calor de la bodega y de la propia carga y mantener las condiciones deseadas. La carga debe ser enfriada adecuada y homogéneamente, para lo cual es de vital importancia el espacio entre los pallets apilados del producto.

3. MISIÓN DEL PROYECTO.

La finalidad del proyecto que a continuación se expone es desarrollar los elementos básicos estructurales del buque frigorífico especificado.

El buque a proyectar es un buque rápido, debido a que transporta una carga que solo puede permanecer en la bodega del buque un determinado tiempo sin que se deteriore su calidad. Esta duración máxima del viaje dependerá mucho del tipo de producto que se transporte y de otros aspectos.

Dispone de equipos de carga y descarga propios, para poder realizar la carga y descarga en el menor tiempo posible, de forma que el tiempo en puerto sea reducido y la pérdida por transmisión de calor minimizada.

4. METODOS Y CRITERIOS APLICADOS AL DESARROLLO DEL PROYECTO.

El método usado para establecer el dimensionamiento del buque ha sido crear una base de datos con buques de características similares al del proyecto, por ello he tomado como criterio para elegir los barcos para realizar la base de datos que el volumen de las bodegas no difiera en más de un $\pm 25\%$ del que se requiere para el proyecto (300.000 p^3).

Una vez llegados a la alternativa seleccionada, esta se irá afirmando a lo largo de todo el proyecto de tal manera que si es conveniente cambiar alguna de las dimensiones u otros parámetros, se realizará corrigiendo o actuando hacia atrás.

Usaremos también, siempre que sea necesario, datos del buque base, corregidos por un factor en caso que sea necesario.

Se utilizará el programa de ordenador MAXSURF para el diseño de las formas del buque y su módulo HIDROMAX para los cálculos de estabilidad.

La información se ha obtenido de la bibliografía expuesta a continuación.

5. BIBLIOGRAFÍA

Para la realización del proyecto se han consultado los siguientes textos, obtenidos en libros, revistas y paginas de Internet:

- Reglas del Lloyd's Register of Shipping.
- Base de datos informatizada del Lloyd's Register of Shipping.
- Libro "Proyecto Básico del Buque Mercante". Álvarez, Azpiroz y Meizoso.
- Apuntes de Teoría del Buque de los profesores Aurelio Guzman y Pedro Gallardo
- Reglamento de Arqueo
- Apuntes de Construcción naval de la ETSIN de D. Francisco Fernandez G
- Apuntes de Cálculo de estructuras marinasdel profesor Antonio Barrios
- Código de la IMO.
- Reglamento del SOLAS.
- Reglamento SEVIMAR.
- Revista "Ingeniería Naval".
- Revista "Infomarine".
- Revista "Significant Ships".
- Manuales de MAXURF y sus módulos.

PROYECTO CONCEPTUAL

1. Información resultante del proyecto conceptual:

- 1. 1. Datos técnico-económicos.**
- 1. 2. Factores limitativos en la explotación del buque**
- 1. 3. Definición de la clasificación y cota.**

1.INFORMACIÓN RESULTANTE DEL PROYECTO CONCEPTUAL.

1.1. DATOS TÉCNICO – ECONÓMICOS.

Tipo de buque:	Frigorífico de 300.000 p ³ de capacidad de bodegas. Para transpote de plátanos.
Eslora:	130 metros máximos.
Velocidad en pruebas:	20 nudos a plena carga y al 90% del MCR.
Almacenamiento de la carga:	4 bodegas con 3 entrepuentes. Se habilitará espacio entre cubierta superior y la principal para transporte de 50 contenedores frigoríficos de 20 pies y 20 ton cada uno.
Autonomía:	15.000 millas a 20 nudos.
Propulsión:	Motor diesel de 4 tiempos con hélice de paso fijo.
Tripulación:	Alojamiento para 25 personas.

Equipo de manipulación de la carga: 2 grúas electrohidráulicas en cubierta.

Refrigerante: Refrigerante primario NH₃ y secundario salmuera.

Capacidad de carga refrigerada: 5962 TPM

Capacidad de lastre: 2193 ton

Capacidad de fuel oil : 2079 ton

Vida útil del barco: 40 años

Clasificación y cota: LRS +100A1, +RMC

1.2. FACTORES LIMITATIVOS EN LA EXPLOTACIÓN DEL BUQUE.

No se presentan factores limitativos a la hora de explotar el buque por paso de canales o esclusas, vías marítimas de aproximación ,puertos o diques de varada.

Posee dos gruas sobre cubierta para facilitar la carga y descarga sin depender de las características y separación física de los elementos de carga y descarga portuarios.

Estará limitado por los requerimientos especiales del LRS ara asignación de cotas específicas asi como por los reglamentos nacionales .

1.3. DEFINICIÓN DE LA CLASIFICACIÓN Y COTA.

LRS		El buque deberá cumplir con las normas de la Sociedad de Clasificación: Lloyd's Register of Shipping
+100A1	+	Esta marca esta asignada para barcos de nueva Construcción bajo el código del LRS "Special Survey" que esta en conformidad con las reglas y la satisfacción del Comité.
	100	Este carácter se asigna a los barcos que son considerados adecuados para el servicio marítimo.
	A	Esta letra puede ser asignada a todos los buques que han sido construidos o aceptados dentro de la clase de acuerdo con las "Reglas y Reglamentos" del LRS y que se mantienen en buenas y eficientes condiciones.
	1	Este carácter es asignado a los buques que llevan a bordo en buenas y eficientes condiciones del sistema de fondeo y amarre, de acuerdo con las reglas.
+ RMC		Esta notación debe ser asignada cuando la instalación de la carga refrigerada ha sido construida, instalada y probada bajo el código del LRS "Special Survey" y de acuerdo con las "Reglas y Reglamentos" del LRS.

DIMENSIONAMIENTO

- 0. Introducción.**
- 1. Requerimientos del buque de proyecto.**
- 2. Base de datos y buque de referencia.**
- 3. Cálculo de la alternativa inicial.**
- 4. Selección de la alternativa más favorable.**

0. INTRODUCCIÓN.

En este documento se parte de una base de datos en la que he incluido buques de similares características al del proyecto, tratando que estos sean de construcción lo más reciente posible.

Una vez definida la base de datos, seleccionaré el buque que servirá de referencia a lo largo de todo el trabajo.

Es en esta parte del proyecto donde trataré de definir, de forma aproximada, las dimensiones y coeficientes principales del buque, para luego, con el transcurrir de los documentos ajustar dichos valores.

Las fórmulas utilizadas durante el Documento han sido extraídas, en su mayoría, del libro “El Proyecto Básico del Buque Mercante” . En el caso de haber empleado cualquier otra fuente, será indicada en el momento oportuno, así como citada en la bibliografía.

1. REQUERIMIENTOS DEL BUQUE DE PROYECTO.

TIPO DE BUQUE:

Buque Frigorífico

CAPACIDAD DE CARGA:

300 000 pies cúbicos de capacidad de bodegas

ESLORA:

130 metros máximo.

CLASIFICACIÓN Y COTA:

Lloyd's Register of shipping + 100A1, + RMC

VELOCIDAD:

20 nudos al 90 % MCR

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA CARGA:

4 bodegas con 3 entrepuentes. Se habilitará el espacio entre la cubierta superior y principal para transporte de 50 contenedores frigoríficos de 20 pies.

AUTONOMÍA:

15 000 millas a 20 nudos.

PROPULSIÓN:

Motores diesel con hélices de paso fijo.

TRIPULACIÓN:

Alojamiento para 25 personas.

OTROS REQUERIMIENTOS:

Transporte de plátanos.

2 grúas electrohidráulicas en cubierta.

Refrigerante primario NH₃ y salmuera.

2. BASE DE DATOS Y BUQUE DE REFERENCIA.

La búsqueda de los buques de referencia similares a los de proyecto se ha realizado de manera que posean una capacidad de carga del mismo orden que la del buque de proyecto.

Para evitar que los resultados que se obtengan sean anticuados, los datos seleccionados corresponden a los últimos 20 años, buscando barcos construidos en España para tener un mayor acceso a los mismos, si bien no he despreciado buques de construcción extranjera.

La información ha sido recogida de varias fuentes: astilleros AESA de Sevilla y Puerto Real, del Registro de buques del Lloyd's, la revista Ingeniería Naval, la revista Motor Ships y la revista Significant ships. Los datos obtenidos son los siguientes:

Buque	L (m)	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	PM (ton)	BHP mp	V (kn)	Lpp*B*D	Vbod (ft3)
Nova zembra	115,02	105,52	16,82	9,81	7,32	5505	3641	16,3	17411,24	240000
Granada Carrier	121,91	115	18,23	9,9	7,32	6064	5296	19,8	20754,86	250000
Sierra Leyre	117,73	108,5	17,5	9,75	6,5	5937	4895	17	18512,81	262000
Northern Explorer	109,85	101,15	16,33	9,4	7,32	5129	5147	16,9	15526,73	273000
Nova Friesland	136,02	128	18	10,05	----- -	6568	6250	18,7	23155,2	287500
Douglas	127,51	117	19	11	7,21	6688	5995	18	24453	294000
Sun Emilia	136,02	128	18	10,5	7,32	6565	4597	17	24192	296000
Nova Galicia	137,81	128	18,6	10,25	----- -	6730	7890	18	24403,2	305000
Salica	132,9	120	18,8	13,08	7,3	6150	8014,5	17	29508,48	310000

Frigo										
Majestic	132,72	121,88	15,87	9,33	7,6	6105	6600	20	18046,42	310000
Frio Pacific	145,58	138	17,8	10,5	6,76	6413	7956	18,9	25792,2	311500

Finalmente se elige el "Salica Frigo" ya que es el de mayor parecido en cuanto a capacidad de carga y toneladas de peso muerto con el buque de proyecto.

DATOS DEL BUQUE BASE "Salica frigo"

L	132,90 m
Lpp	120,0 m
B	18,80 m
D (cub superior)	13,08 m
D (cub principal)	10,28 m
T	7,3 m
PM	6.150 TPM
Potencia Motor	8014,5 BHP
Velocidad	17 nudos
Autonomía	7000 millas
Volumen de carga	310.000 ft3
Medios de carga	Grúas de 6 ton / 18 m
Tripulación	25 personas
Clasificación	Bureau Veritas.
Gas oil	1.660 m3
Aceite Lubricante	45 m3t
Agua dulce	87 m3
Lastre	1.200 m3

3. CALCULO DE LA ALTERNATIVA INICIAL.

A partir de los datos del buque base se obtendrán las dimensiones principales, capacidades, pesos y coeficientes del buque de proyecto, mediante aproximaciones con fórmulas y estimaciones que se muestran a continuación.

- PESO EN ROSCA (PR_p) Y DESPLAZAMIENTO ($DISW_p$).

El peso en rosca WR, puede aproximarse, según Ref.1 Capítulo 3.7.8.4 como:

$$PR_p = 0,50502 \cdot VCAR^{0,84879} + 0,00466 \cdot PM^{0,66950} \cdot VP^{2,49977} + 6 \cdot Nt$$

Se puede hacer una estimación del desplazamiento de plátanos, $DISW_p$, tomando un peso muerto aproximado a partir del buque base.

$$\begin{aligned} PM_p &= (VCAR_p / VCAR_b) \times PMB_b \\ &= 5962 \text{ TPM} \end{aligned}$$

Este valor lo voy a incrementar por la alta autonomía del buque (15000 millas) haciendo una estimación del volumen necesario para los requisitos del proyecto.

Los motores marinos de alrededor de 10 000 BHP rondan un consumo de 160 a 240 g/Kw*h. por lo general.

Necesitamos ir a una velocidad de 20 nudos durante 15 000 millas.

Por lo tanto son unas 750 horas de navegación.

Con lo cual el peso total de fuel-oil requerido con un margen del 10 %:

$$210 \text{ (g/Kw*h)} \cdot 12000 \text{ Kw} \cdot 750 \text{ h} \cdot 1.1 = 2079 \text{ ton.}$$

Suponiendo un peso superior de aceite, Agua de refrigeración etc...redondeamos a 2100 ton.

De donde, como el buque base lleva unas 1580 ton de fuel, el incremento que vamos a aplicar será de 420 ton.

Además el buque de proyecto al igual que el “Salica Frigo” va a llevar contenedores de 20 pies sobre cubierta. El buque base lleva 18, el de proyecto llevará 50. Por lo tanto el incremento de peso, considerando un peso medio de cada contenedor de 20 ton, será de 640 ton.

Luego:

$$PM_p = 7022 \text{ ton}$$

Y el Peso en rosca queda:

$$PR_p = 4436 \text{ ton}$$

El desplazamiento es por consiguiente:

$$DISW_p = PR_p + PM_p.$$

$$DISW_p = 11458 \text{ ton}$$

Este es el desplazamiento que utilizaremos para estimar la potencia del motor principal.

Puntal

El puntal a cubierta superior es la suma de la altura del doble fondo, la altura de los espacios útiles de carga, el espesor total de aislamientos, enjaretados, pavimentos, refuerzos estructurales y tolerancias.

Tal como esta especificado en el proyecto el buque, al igual que el buque base, dispondrá de 4 bodegas con tres entrepuentes, y del espacio entre cubierta resistente y cubierta principal habilitado para el transporte de contenedores frigoríficos TEU de 20 pies.

Adoptamos una altura de espacios útiles de carga de 2,2 m, ya que la altura normalizada de estiba de pallets. Una altura de 2,8 m para los contenedores, ya que la altura normalizada de los TEU de 20 pies es de $h = 2,75$ m, solo será considerada para estimar la cubierta superior. Y por ultimo consideramos los datos del buque base de aislamientos de bodegas, refuerzos, etc. son similares a los del proyecto. Se obtiene el siguiente valor aproximado del puntal.

<i>Altura del doble fondo</i>	<i>1,50 m</i>
<i>Altura espacios de bodegas de carga</i>	<i>6,80 m</i>
<i>Pavimentos y refuerzos estructurales</i>	<i>0,90 m</i>
<i>Aislamientos y enjaretados</i>	<i>1,20 m</i>
<i>Tolerancias (2%)</i>	<i>0,20 m</i>
<i>Puntal(cub ppal) , D</i>	<i>10,60 m</i>

Manga y eslora.

Utilizamos unas estimaciones de las siguientes relaciones:

$$L_p/B_p = L_b/B_b$$

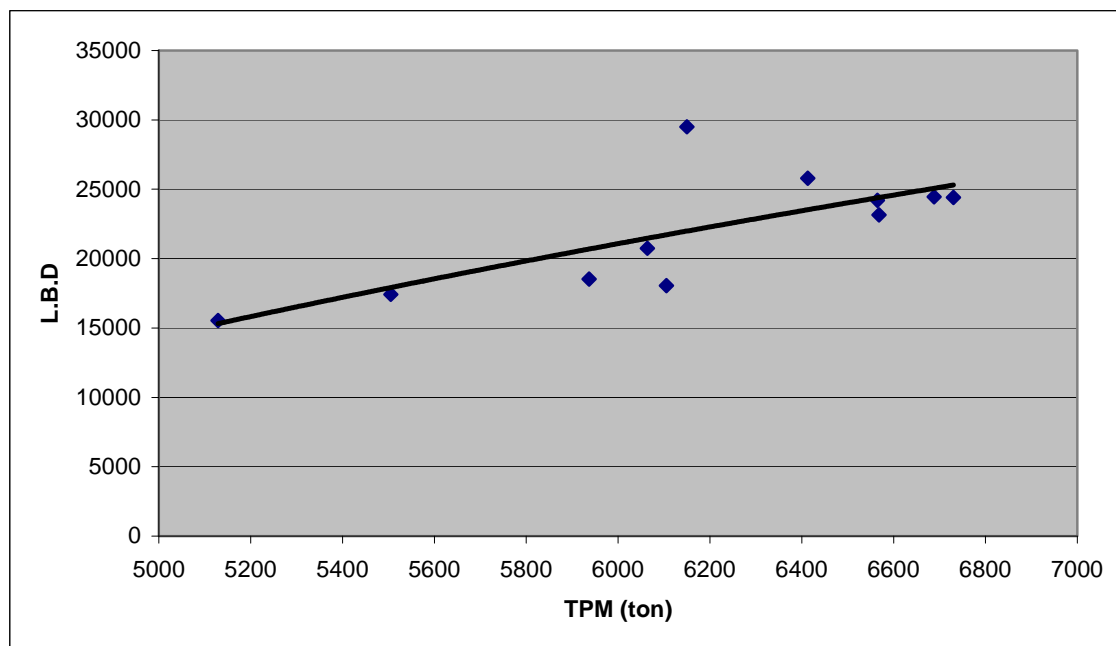
$$L_p = (VCAR_p/VCAR_b) / (B_p/B_b) \times L_b$$

Obteniendo por tanto un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, que resolviendo nos proporcionan unos valores indicativos.

$$L_{pp}=118m$$

$$B= 18,5 m$$

Mantenemos la eslora visto nuestra limitación de proyecto de $L = 130$ m y variamos la manga según la regresión obtenida de la base de datos:



Tenemos la siguiente regresión: $LBD = 36736 \cdot \ln(TPM) - 303969$

Obtenemos $(L \cdot B \cdot D)$ y despejamos la manga que nos da un valor de $B = 19,8$ m.

Nos quedamos pues con: $L_{pp} = 118$ m

$B = 19,8$ m

Calado.

El correspondiente al desplazamiento calculado:

$$T = DISW / (1,03 \times L_{pp} \times B \times CB)$$

$$T = 7,24 \text{ m}$$

Número de froude.

Utilizando la expresión del número de Froude:

$$\underline{FN} = \text{Velocidad} \times 0,5144 / \sqrt{g \times L_{pp}} = 0,302$$

Coefficiente de bloque.

Con la formula de Alexander:

$$CB = Kb - (0,5 \cdot V) / (3,28 \times Lpp)$$

Calculando la $Kb = 1,166$ para el buque base que será la que se utilice para el buque de proyecto en esta fórmula.

$$CB = 0,658$$

Coefficiente de maestra.

Usamos la relación:

$$CM = Km \cdot (1 - 2 \cdot FN^4)$$

A partir del buque base $Km = 0,994$

$$CM = 0,977$$

Coefficiente prismático.

Usamos la fórmula:

$$CP = CB / CM$$

$$CP = 0,673$$

Coefficiente de flotación.

Usamos la siguiente fórmula:

$$CF = 1 - 0,43 \times (1 - CP)$$

$$CF = 0,859$$

Centro de carena.

Usamos la fórmula de Troost como primera aproximación:

$$XB = (17,5 \times CP - 12,5) \times Lpp / 100$$

$$XB = -0,7225 \% Lpp = -0,8525 \text{ m}$$

Peso de la estructura (WST).

Usamos la expresión de J.L.G. Garcés:

$$WST = 0,0304 \cdot L_{pp}^{1,5} \cdot B \cdot D^{0,5}$$

$$WST = 2512 \text{ ton}$$

Peso equipo restante (WER).

Se estima mediante la siguiente expresión, propuesta por la Lloyd's Register:

$$PE = 0,065 \cdot L_{pp}^{1,3} \cdot B^{0,8} \cdot D^{0,3}$$

$$PE = 710 \text{ ton}$$

A este peso se añade el peso de los aislamientos y el peso de la maquinaria frigorífica.

El peso del aislamiento se estima por una expresión empírica:

$$\begin{aligned} P_{\text{aislamiento}} (\text{Ton}) &= -5 \cdot (V_{\text{bod}} / 100)^2 + 1,43 \cdot V_{\text{bod}} + 1,3 \\ &= 381 \text{ ton} \end{aligned}$$

siendo V_{bod} el volumen total neto de las bodegas en ($\text{pies}^3/1000$).

El peso de la maquinaria frigorífica se estima en 10 ton

Entonces el peso del equipo es :

$$WER = 710 + 381 + 10 = 1101 \text{ ton}$$

Potencia al freno.

Tomada de los datos obtenidos para el buque de proyecto con el programa ArqNaval.

$$\text{BHP} = 15571 \text{ BHP}$$

Peso maquinaria (WQ).

A - Peso maquinaria propulsora (WQP)

El peso de la maquinaria propulsora se puede descomponer en el peso del motor principal (QP) más el peso restante de la maquinaria propulsora (RP).

A.1.- Peso motor (QP) :

Se puede estimar usando la expresión propuesta por el Lloyd's que nos da el peso estimado del motor más el reductor:

$$\text{QP} = 2,5 + 9,5 \cdot (\text{BHP}/\text{RPM})^{0,91} = 152 \text{ ton}$$

Donde se ha supuesto que se tratará de un motores diesel semirrápido (750 RPM) y una potencia inicial de 15571 BHP.

A.2.- Peso restante de la maquinaria propulsora (RP) :

La expresión empleada para el cálculo de este peso, también propuesta por el Lloyd's, es la siguiente:

$$\text{RP} = c \cdot \text{BHP}^d = 508 \text{ ton}$$

Donde $c = 0,59$ y $d = 0,70$ son valores específicos para este tipo de buque (Frigorífico con el motor diesel semirrápido)

B – Peso maquinaria restante (WQR)

Para calcular el peso de la maquinaria restante en este tipo de buque se usa una expresión dada también por el Lloyd's :

$$\begin{aligned}WQR &= k \cdot (0,5 \cdot L_m \cdot B \cdot D) + h \cdot (EJ) \cdot (j \cdot L_{pp} + 5) \\ &= 141 \text{ ton}\end{aligned}$$

Donde los valores $L_m = 18,76$ eslora de la cámara de maquinas y $EJ = 7,8$ longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de maquinas se estiman por similitud al buque base.

Los parámetros $k = 0,038$ y $h = 0,0164$ son valores específicos para este tipo de buque.

Por lo tanto el peso total de la maquinaria será:

$$WQ = QP + RP + WQR = 801 \text{ ton}$$

Al volver a calcular a partir de estos pesos hallados el Peso en Rosca del buque se comprueba que la primera aproximación es válida.

$$PR = (WST + WER + WQ) = 4414 \text{ ton}$$

Que como se puede ver es un valor que difiere en menos de un 1 % de la primera aproximación (4436 ton) por lo que haciendo una nueva iteración varían muy poco algunos parámetros.

De esta forma y realizando los cálculos obtendremos los siguientes valores que definirán nuestra alternativa inicial:

ALTERNATIVA INICIAL:

PR	4415 t
DISW	11458 t
D	10,60 m
B	19,8 m
Lpp	118 m
Lpp/B	5,96
FN	0,302
CB	0,658
CP	0,673
CM	0,977
T	7,24 m
CF	0,859
XB	-0,8525 m
WST	2512 t
WER	1101 t
WQ	801 t
Pot	15571 BHP

4. -SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS FAVORABLE

El objetivo del dimensionamiento es determinar las características principales que satisfagan los requisitos del armador, como no existe una solución única del problema, se tendrán varios conjuntos de variables o conjuntos de dimensiones y coeficientes que en principio cumplen los requisitos.

En la tabla mostrada en el anexo se calcula a partir de la alternativa inicial los diferentes casos posibles o conjuntos de variables que iré contrastando para elegir la alternativa más favorable.

Se varía la eslora entre perpendiculares y la manga en tres valores rodeando la alternativa inicial. Se hace lo mismo con el coeficiente de bloque hallado con lo que se obtienen 27 alternativas.

Una vez obtenidas las posibles alternativas se fijan unos parámetros y se calculan otros para usarlos en unos criterios de selección.

Elegiré la más favorable en función de dos criterios. El primero es que los buques obtenidos tengan un desplazamiento calculado que no se desvíe más de un 0,5% del valor buscado (11458 t).

El segundo criterio o función de mérito, complementario al anterior es el coste de construcción de nuestro buque. Para estimar este valor se han seguido los apuntes del Proyecto Básico del Buque Mercante en los que se aplica la siguiente expresión:

$$CC = CMg + CEq + CMo + Cva$$

Siendo

$$CMo = CmM + CmE$$

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

$$CEq + CmE = CEc + CEp + CHf + CEr$$

$$CEp = cep \cdot PB$$

$$CHf = chf \cdot nch \cdot NT$$

$$CEr = cpe \cdot pst \cdot WEr$$

$$CVa = cva \cdot CC$$

Siendo

CMg: Coste materiales a granel.

CEq: Coste de los equipos.

CMo: Coste de la mano de obra.

CVa: otros costes aplicados.

CmM: Coste del montaje del material a granel.

CmE: Coste del montaje de los equipos.

ccs = 1,075; coste ponderado de las chapas y perfiles de las distintas calidades del acero.

cas = 1,09; coeficiente de aprovechamiento del acero.

cem = 1,04; relación peso bruto, peso neto y de incremento por equipo metálico.

ps = 475 euros/Ton; precio unitario del acero.

chm = 30 euros/h; coste horario medio.

csh = 50 h/Ton; coeficiente de horas por unidad de peso.

WST = Peso del acero del buque.

CEc: Coste de los equipos de manipulación y contención de la carga y de su montaje; no existe formula genérica para este factor, que depende del tipo del buque. Como en todas las alternativas será el mismo, no se calcula ya que se busca un dato comparativo entre las alternativas.

CEp: Coste de los equipos de propulsión y sus auxiliares, incluido montaje.

cep = 280 euros/kW, motor de 4 tiempos.

PB: Potencia propulsora.

CHf = Coste y montada de la habilitación y fonda.

chf = 36000 euros/tripulante

nch = 1.05 ; nivel de calidad de la habilitación

NT: Número de tripulantes

CEr: Coste del equipo restante instalado.

cpe = 1.3; coeficiente de comparación del coste del equipo restante.

WEr: Peso del equipo restante.

cva = 0.075; Porcentaje sobre el coste total de construcción

Inversión Total. Siguiendo los mismos apuntes que el apartado anterior:

$$IT = (1 + bi) \cdot CC / (1 + bcn - ga)$$

bi = 0.125; beneficio expresado en tanto por ciento del coste de construcción.

bcn = 0.09; primas o bonificaciones expresado en tanto por ciento de la inversión total.

ga = 0.225; gastos del armador expresado en tanto por ciento de la inversión total.

Tenemos pues las 27 alternativas siguientes:

Alternativa	Lpp (m)	B (m)	Cb	D (m)	Disw (t)	FN	T (m)	BHP
1	117	19	0,65	10,6	11458	0,303054	7,6987	15350
2	117	19	0,658	10,6	11458	0,303054	7,6051	15830,3
3	117	19	0,666	10,6	11458	0,303054	7,5138	16237,88
4	117	19,4	0,65	10,6	11458	0,303054	7,54	15543,94
5	117	19,4	0,658	10,6	11458	0,303054	7,4483	16513,64
6	117	19,4	0,666	10,6	11458	0,303054	7,3588	16866,67
7	117	19,8	0,65	10,6	11458	0,303054	7,3877	15674,24
8	117	19,8	0,658	10,6	11458	0,303054	7,2978	16192,42
9	117	19,8	0,666	10,6	11458	0,303054	7,2102	16689,39
10	118	19	0,65	10,6	11458	0,301767	7,6335	15201,52
11	118	19	0,658	10,6	11458	0,301767	7,5407	15677,27

12	118	19	0,666	10,6	11458	0,301767	7,4501	16122,73
13	118	19,4	0,65	10,6	11458	0,301767	7,4761	15316,67
14	118	19,4	0,658	10,6	11458	0,301767	7,3852	15798,48
15	118	19,4	0,666	10,6	11458	0,301767	7,2965	16310,61
16	118	19,8	0,65	10,6	11458	0,301767	7,3251	15498,48
17	118	19,8	0,658	10,6	11458	0,301767	7,236	15942,42
18	118	19,8	0,666	10,6	11458	0,301767	7,1491	16424,24
19	119	19	0,65	10,6	11458	0,300496	7,5693	14987,88
20	119	19	0,658	10,6	11458	0,300496	7,4773	15436,36
21	119	19	0,666	10,6	11458	0,300496	7,3875	15912,12
22	119	19,4	0,65	10,6	11458	0,300496	7,4133	15143,94
23	119	19,4	0,658	10,6	11458	0,300496	7,3231	15609,09
24	119	19,4	0,666	10,6	11458	0,300496	7,2352	16053,03
25	119	19,8	0,65	10,6	11458	0,300496	7,2635	15281,82
26	119	19,8	0,658	10,6	11458	0,300496	7,1752	15763,64
27	119	19,8	0,666	10,6	11458	0,300496	7,089	16222,73

Alternativa	WST (ton)	WER (ton)	WQ (ton)	PR (ton)	TPM (ton)	DISW (ton)	CC	IT
1	2379,901	1070,438	794,166	4244,505	7022	11266,5048	14065522,9	18293310,19
2	2379,901	1070,438	809,334	4259,673	7022	11281,6732	14210094,2	18481336,32
3	2379,901	1070,438	822,119	4272,458	7022	11294,4578	14332774,5	18640891,72
4	2430,004	1081,857	800,304	4312,166	7022	11334,1657	14269056,8	18558021,71
5	2430,004	1081,857	830,725	4342,586	7022	11364,586	14560935,6	18937632,87
6	2430,004	1081,857	841,692	4353,553	7022	11375,553	14667197,7	19075835,32
7	2480,107	1093,229	804,418	4377,755	7022	11399,7549	14453299,6	1897643,79
8	2480,107	1093,229	820,697	4394,034	7022	11416,0337	14609272,3	19000498,57
9	2480,107	1093,229	836,192	4409,528	7022	11431,5284	14758860,2	19195049,4
10	2410,478	1077,997	789,454	4277,928	7022	11299,9281	14111129,8	18376113,86
11	2410,478	1077,997	804,514	4292,988	7022	11314,9882	14254332,8	18538872,31
12	2410,478	1077,997	818,515	4306,989	7022	11328,9893	14388414,7	63240298,71
13	2461,225	1089,543	793,109	4343,877	7022	11365,8767	14292756,3	18588845,09
14	2461,225	1089,543	808,333	4359,101	7022	11381,1007	14437783,6	13218533,67
15	2461,225	1089,543	824,392	4375,16	7022	11397,1597	14591932,1	18977946,36
16	2511,972	1101,042	798,867	4411,881	7022	11433,8807	14494311,5	18850983,19
17	2511,972	1101,042	812,859	4425,873	7022	11447,8725	14627937,2	19044347,46
18	2511,972	1101,042	827,939	4440,952	7022	11462,9521	14772964,5	19213392,97
19	2441,184	1085,575	782,654	4309,413	7022	11331,4131	14137472,2	18386885,86
20	2441,184	1085,575	796,902	4323,661	7022	11345,6609	14272466,1	18562456,07
21	2441,184	1085,575	811,907	4338,666	7022	11360,6663	14415669,1	18748702,56
22	2492,578	1097,249	787,623	4377,45	7022	11399,4495	14333227,2	18250006,33
23	2492,578	1097,249	802,362	4392,189	7022	11414,1885	14473237,8	18823575,23
24	2492,578	1097,249	816,331	4406,157	7022	11428,1566	14606863,6	18997365,8

25	2543,971	1108,874	792,004	4444,849	7022	11466,8487	14523369,9	18888775,83
26	2543,971	1108,874	807,236	4460,081	7022	11482,0809	14668397,2	19077395,04
27	2543,971	1108,874	821,645	4474,49	7022	11496,4902	14806583,6	19257117,23

Se descartan todas las alternativas que no cumplen el primer criterio impuesto.

Nos quedamos pues con 12 Alternativas:

Alternativa	WST (ton)	WER (ton)	WQ (ton)	PR (ton)	TPM (ton)	DISW (ton)	CC	IT
6	2430,0043	1081,8569	841,6918	4353,553	7022	11375,553	14667198	19075835,32
7	2480,1075	1093,2292	804,4183	4377,7549	7022	11399,755	14453300	1897643,79
8	2480,1075	1093,2292	820,6971	4394,0337	7022	11416,034	14609272	19000498,57
9	2480,1075	1093,2292	836,1918	4409,5284	7022	11431,528	14758860	19195049,4
14	2461,2247	1089,5429	808,3331	4359,1007	7022	11381,101	14437784	13218533,67
15	2461,2247	1089,5429	824,3921	4375,1597	7022	11397,16	14591932	18977946,36
16	2511,9716	1101,0417	798,8674	4411,8807	7022	11433,881	14494311	18850983,19
17	2511,9716	1101,0417	812,8592	4425,8725	7022	11447,873	14627937	19044347,46
18	2511,9716	1101,0417	827,9388	4440,9521	7022	11462,952	14772965	19213392,97
22	2492,5776	1097,2485	787,6234	4377,4495	7022	11399,45	14333227	18250006,33
23	2492,5776	1097,2485	802,3624	4392,1885	7022	11414,189	14473238	18823575,23
24	2492,5776	1097,2485	816,3305	4406,1566	7022	11428,157	14606864	18997365,8

Aplicamos nuestro segundo criterio por lo que nos quedaríamos con la alternativa N° 22.

Se dan a continuación los parámetros calculados de esta alternativa.

ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE

PR	4378 t
DISW	11399 t
D	10,60 m
B	19.4 m
Lpp	119
Lpp/B	6,13
FN	0,3005
CB	0,658
CP	0,665
CM	0,977
T	7,41m
CF	0,852
XB	-1,602 m
WST	2493 t
WER	1097 t
WQ	788 t
Pot	15144 BHP

PLANO DE FORMAS

0. Introducción.

1. Utilización y parametros del bulbo de proa.

2. Perfil de popa.

3. Tipo de cuadernas.

4. Proceso de derivación de formas.

5. Resultados finales.

7. Plano de formas.

ANEXO I: Plano de formas.

0. INTRODUCCIÓN.

En la elaboración de las formas de un buque se buscaran tres objetivos principales que definirán el proceso a seguir. Estos son los siguientes:

- Las formas deben ajustarse a los parámetros calculados anteriormente.
- Se deben buscar unas formas tales que las características hidrodinámicas del buque sean aceptables.
- Las formas han de asegurar la buena estabilidad del buque.

Actualmente existen tres opciones para desarrollar las formas del buque. Estas las podemos resumir en los siguientes puntos:

1. Por generación matemática usando alguno de los programas que existen en el mercado.
2. Generando unas formas a partir de alguna de las series sistemáticas que existen y que son desarrolladas por los canales de experiencias, ajustándose a los parámetros anteriores.
3. Generando las formas a partir de un buque similar cuyas formas hayan dado un buen resultado. Esto se realiza por medio de transformaciones afines de las formas de un Buque Base, adaptándolas a las dimensiones del Buque Proyecto.

Para la realización del proyecto se ha optado por la tercera de las opciones. Se utiliza como principal herramienta el programa "MAXSURF".

1. UTILIZACIÓN Y PARÁMETROS DEL BULBO DE PROA.

Para la justificación de la utilización del bulbo de proa empleamos el criterio que se encuentra en el libro del Proyecto Básico del Buque Mercante, que nos dice que tienen bulbo el 95% de los buques que están simultáneamente dentro de los dos rangos siguientes:

$$0,65 < C_b < 0,815$$

$$5,5 < L/B < 7,0$$

En el caso del buque del proyecto

$$C_b = 0,658$$

$$L/B = 6,13$$

Por lo que al estar dentro de los dos intervalos adoptamos como solución la utilización del bulbo de proa. Otro factor a favor de la utilización del bulbo de proa es que el buque base también dispone del mismo.

Los parámetros principales que nos definen el bulbo de proa son:

Altura del bulbo, H_s .

Se suele tomar una altura en torno al 40% del calado en la perpendicular de proa a plena carga, aunque algunos autores recomiendan que esta altura debe estar comprendida entre el 35% y el 55% del calado en la perpendicular de proa.

Área transversal en la perpendicular de proa.

Se obtiene interpolando en la tabla 1.3.2. de Area Transversal $S_{a20} = 100 \cdot (S_{20}/S_{10})$ que nos dá el libro Proyecto Básico del buque Mercante, en donde cada uno de los términos son:

S_{20} ; Área transversal en la perpendicular de proa.

S_{10} ; Área transversal máxima.

S_{a20} ; Área transversal adimensionalizada

Da un valor de $S_{a20} = 8,49 \text{ m}^2$

Según lo señalado, los parámetros que definen nuestro bulbo de proa serán:

Parámetros del Bulbo de proa		
Altura del bulbo	Hs	3,09 m
Área transversal en la perpendicular de proa	S _{a20}	8,49 m ²

2. PERFIL DE POPA.

La popa del buque se ha elegido de espejo, de esta forma se evita la pronunciada curvatura en popa en las líneas de agua.

El buque dispondrá de bulbo de popa, aumentando el coeficiente de succión y consiguiendo mayor regularidad y uniformidad del flujo a la hélice.

3. TIPO DE CUADERNAS.

Las cuadernas de la zona de proa tienen una configuración en V, como es común en los buques de velocidades altas, manteniendo el semiángulo de entrada y evitando problemas de “slaming”.

En la zona centro las cuadernas son del tipo U, maximizando la capacidad de carga.

Las cuadernas de la zona de popa tienen una configuración en V en la zona cercana a la hélice y de U en la zona más alta.

4. PROCESO DE DERIVACIÓN DE FORMAS.

Las formas obtenidas han de ajustarse, en primera instancia, a los parámetros calculados en el dimensionamiento.

A continuación se presenta una tabla recordatorio de las dimensiones y coeficientes calculados anteriormente.

DISW	11399t
D cub ppal	10.60 m
B	19.4 m
Lpp	119
Lpp/B	6,13
FN	0,3005
CB	0,658
CP	0,665
CM	0,977
T	7,41 m
CF	0,852
XB	-1,602 m

Para la obtención de las formas, como se ha dicho, hemos usado el programa de ordenador "MAXSURF" y hemos actuado de la siguiente manera:

1. Introducción de las formas del buque.
2. Transformación afín de de las mismas con el objeto de adaptar la carena del buque base a las dimensiones del buque a proyectar.
3. Se alisan las formas del buque transformado.
4. Una vez que el grado de alisamiento parece satisfactorio, se realiza un cálculo de las hidrostáticas al calado de proyecto (7,67) observándose

que los coeficientes se asemejan aceptablemente a los valores estimados inicialmente en el dimensionamiento (es lógico que estos valores no sean exactamente iguales, pero si han de ser muy próximos).

5. RESULTADOS FINALES.

Los resultados obtenidos después de la realización del proceso descrito anteriormente son:

Características del Buque		
Eslora entre perpendiculares	L_{PP}	119 m
Eslora en la flotación	L_{FLOT}	122 m
Manga de trazado	B	19,40 m
Puntal	D	10,60 m
Calado	T_{PP}	7,233 m
Volumen de desplazamiento	Δ	11397Tm
Área mojada del casco	A	3107 m ²
Posición longitudinal del centro de carena	X_{CC}	-1,568 m
Semiángulo de ataque de la flotación	E_{flot}	16.41 °

Los coeficientes adimensionales son:

Coeficientes Adimensionales		
Coeficiente de bloque	C_B	0,655
Coeficiente de la maestra	C_M	0,988
Coeficiente prismático	C_P	0,663
Coeficiente de la flotación	C_F	0,746

Como podemos apreciar se trata de valores semejantes a los obtenidos en el dimensionamiento, aunque es lógico que algunos difieran dentro de unos márgenes razonables.

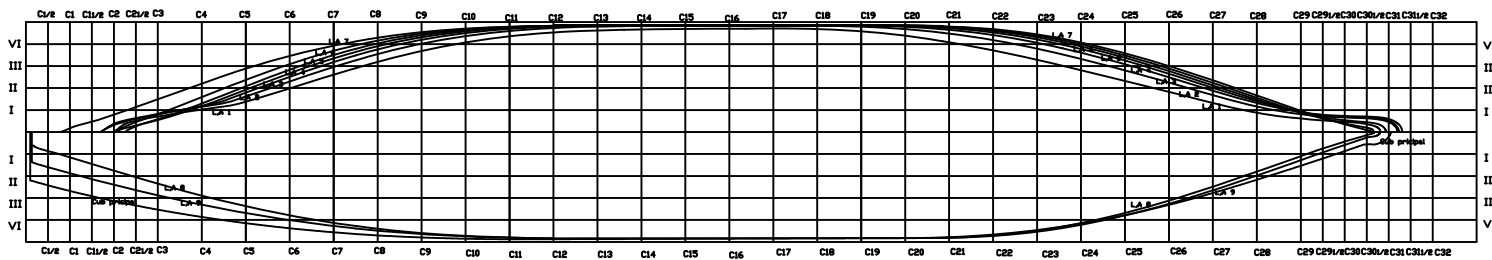
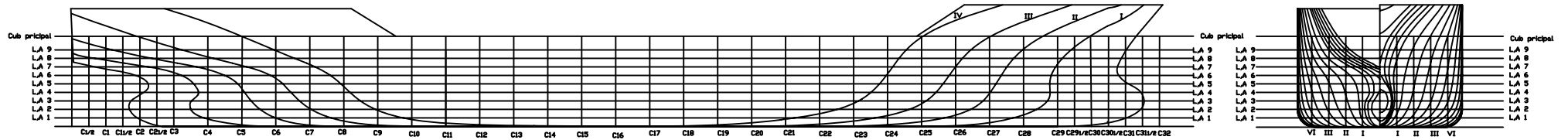
6. PLANO DE FORMAS.

Se presenta en el Anexo I: Plano de formas, y está constituido por:

- 38 Cuadernas.
- 9 Líneas de agua.
- 4 Longitudinales

ANEXO I

PLANO DE FORMAS



DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora entre perpendiculares, Lpp	119,00 m.
Eslora en la flotación, Lwl	121,00 m.
Eslora total, Lt	128,7 m.
Manga de trazado, B	19,40 m.
Puntal de trazado, D	10,60 m.
Calado de proyecto, T	7,233 m.

COEFICIENTES AL CALADO DE PROYECTO

Coefficiente de bloque, Cb	0,655
Coefficiente de la maestra, Cm	0,988
Coefficiente de la flotación, Cf	0,746
Coefficiente prismático	0,663
Desplazamiento	11397Tm.

ESCUOLA TECNICA DE INGENIERIA NAVAL
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS MARINAS

FRIGORIFICO 300.000 P. C.

PLANO DE FORMAS

ESCALA: 1/200

REALIZADO POR: **Maria Franco Iglesias**

DISPOSICIÓN GENERAL

0. Introducción.

1. Justificación de la disposición general.

1.1. Espaciado de las cuadernas.

1.2. Mamaros transversales.

1.3. Elementos Longitudinales.

1.4 Zona de carga.

1.5 Cámara de máquinas.

1.6 Raseles y tanques del doble fondo.

1.7 Zona de habilitación.

ANEXO II: Plano de Disposición General.

0. INTRODUCCION.

Para el diseño de la disposición general del buque se tomarán como guías las condiciones de proyecto iniciales, las reglas de la sociedad de clasificación, así como la configuración de otros buques similares que se hallan en este momento contruidos.

Debe poder alojar 50 contenedores frigoríficos de 20 pies entre la cubierta superior y la principal.

La habilitación ha sido diseñada para 25 personas.

La cámara de máquinas se situará en popa con objeto de reducir al mínimo las pérdidas en la transmisión de potencia.

En líneas generales este buque dispone de un doble fondo en la cámara de máquinas y bajo las bodegas de carga. Los espacios principales del buque son los siguientes:

- Pique de popa
- Tanques de combustible
- Cámara de máquinas.
- Zona de carga, distribuida en doce espacios de carga independientes.
- Doble fondo
- Pique de proa
- Castillo de proa.
- Toldilla de popa, sobre la cámara de máquinas.
- Zona de habilitación a popa, sobre la toldilla.

1. JUSTIFICACIÓN DE LA DISPOSICIÓN GENERAL.

1.1. Espaciado de las cuadernas.

Para el espaciado de cuadernas el LRS exige que la clara de cuadernas sea inferior a:

- En los piques de proa y popa:

$$l = 470 + \frac{L}{0,6} = 668,3 \text{ mm.}$$

- En el cuerpo central del buque:

$$l = 510 + \frac{L}{0,6} = 708 \text{ mm.}$$

Teniendo esto en cuenta se ha adoptado la siguiente separación de cuadernas:

Zona del pique de popa: $l = 610 \text{ mm.}$

Cuerpo central (entre la cuaderna 13 y la 165): $l = 708 \text{ mm.}$

Zona del pique de proa: $l = 610 \text{ mm.}$

1.2. Mamparos transversales.

Según define la Sociedad de Clasificación para buques de eslora 115m y 125m y con cámara de máquinas a popa, como es el caso, debe de haber al menos 6 mamparos transversales.

En el buque del proyecto se han dispuesto de un total de 8 mamparos transversales siendo estos los siguientes que a continuación se enumeran:

- Mamparo nº 1: mamparo de colisión.
- Mamparo nº 2: mamparo de proa de la bodega nº 1.
- Mamparo nº 3: mamparo de proa de la bodega nº 2.
- Mamparo nº 4: mamparo de proa de la bodega nº 3.
- Mamparo nº 5: mamparo de proa de la bodega nº 4.
- Mamparo nº 6: mamparo de proa del tanque de combustible de popa.
- Mamparo nº 7: mamparo de proa de la cámara de máquinas.
- Mamparo nº 8: mamparo de pique de popa.

La reglamentación del SOLAS exige la colocación de un mamparo de colisión estanco en la zona de proa. Según el reglamento del LRS el mamparo ha de estar situado a una distancia tal del pique de proa que no sea mayor del 8% ni menor del 5% de la eslora. Por dicha razón, la posición del mamparo de colisión debe estar en el intervalo 6,48 m - 10,37m a popa de la perpendicular de proa. Lo situaremos a 9,722 m cumpliendo así la norma exigida.

La distancia desde la perpendicular de popa a cada uno de los mamparos se recoge en la tabla siguiente:

Mamparo nº	Cuaderna nº	Distancia a la perpendicular de popa (m)
1	156	109,278
2	147	102,906
3	124	85,958
4	100	68,966
5	76	51,974
6	52	34,982

7	38	17,99
8	13	7,93

1.3. Elementos Longitudinales.

1.3.1 Doble fondo.

El doble fondo se extiende a lo largo del buque desde el pique de popa en la cámara de máquinas hasta el mamparo de colisión del pique de proa. Este espacio lo destinaremos para proteger los espacios de carga y para albergar espacios destinados para lastre y aceite.

La altura del doble fondo en la zona de bodegas será de 1,6 m, 0,1 m más de lo que se estableció en el dimensionamiento ya que hemos comprobado la necesidad de mayor cantidad de lastre en condiciones de navegación sin carga.

En la zona de cámara de máquinas la altura será también de 1,6 m.

En el doble fondo se dispondrá de un túnel de tuberías de 1,2 m de ancho y dos vagras laterales no estancas separadas 4,9 m de crujía, sobre las que apoyaran los puntales.

1.3.2 Cubiertas.

Se han dispuesto de las siguientes cubiertas:

- Cubierta principal. Se trata de una cubierta corrida sin arrufo y sin brusca, con un puntal de 10,60 m sobre la línea base y una altura de 3 m sobre la cubierta inferior.

- Cubierta inferior. Dicha cubierta transcurre desde la cuaderna número -7 hasta el mamparo mamparo de proa de la bodega nº 1, con una altura sobre la cubierta baja de 3 m.
- Cubierta baja. Transcurre a lo largo del buque desde el mamparo de proa de cámara de máquinas hasta mamparo de proa de la bodega nº 1, con una altura sobre el doble fondo de 3 m.
- Doble fondo. Su altura, como ya se ha dicho, será de 1,6 m.
- Cubierta del castillo. Cubierta comprendida entre la cuaderna 139 y la roda, con una altura sobre la cubierta principal de 1,75 m.
- Toldilla. Cubierta comprendida entre las cuadernas -7 y 38 con una altura de 2,7 m sobre la cubierta principal.
- Primera cubierta de superestructura. Cubierta comprendida entre las cuadernas 2 y 38 con una altura de 2,7 m sobre la toldilla.
- Segunda cubierta de la superestructura. Cubierta comprendida entre las cuadernas 5 y 38 con una altura de 2,7 m sobre la primera cubierta de la superestructura.
- Tercera cubierta de la superestructura. Cubierta comprendida entre las cuadernas 16 y 38 con una altura de 2,7 m sobre la segunda cubierta de la superestructura.
- Puente de gobierno. Cubierta comprendida desde la cuaderna 17 a la 38, con una altura de 2,7 m sobre la tercera cubierta de superestructura.

1.3.3 Disposición de longitudinales.

Según el buque base, en el doble fondo se instalarán 7 longitudinales a cada banda, separados 700 mm, en el fondo 7 longitudinales a cada banda separados 800 mm, y en la cubierta principal 12 longitudinales a cada banda separados 700 mm.

1.4 Zona de carga.

Se han dispuesto de doce espacios frigoríficos independientes cuya disposición se indica en el plano que se adjunta en el anexo.

Las casetas de la maquinaria de frío se encuentran situadas tal y como se indica en el plano de disposición general

La altura mínima de cada una de las bodegas de carga, una vez restados los refuerzos, aislantes y enjaretados será de 2,4 m.

1.4.1 Equipo para el manejo de la carga.

La carga y la descarga de bodegas se realizará mediante dos grúas electrohidráulicas.

La grúa más a popa atenderá a los distintos entrepuentes correspondientes a las bodegas 3 y 4, mientras que la grúa que se encuentra más a proa atenderá a los entrepuentes de las bodegas 1 y 2.

1.4.2 Escotillas.

El dimensionamiento de las escotillas de carga, situadas sobre la cubierta superior, es un compromiso entre el fácil manejo de la carga, espacio suficiente sobre cubierta para la colocación de los 50 contenedores y las menores pérdidas posibles de frío en posición abierta.

Sus dimensiones finales son 9 x 7m, ajustándose a las necesidades de proyecto. La altura de la brazola de escotilla es de 1 m.

Además se dispondrán de las siguientes escotillas de acceso a bodegas y pañoles:

- Una escotilla de acceso al pañol y hélice de proa de 800x800.
- Una escotilla de acceso al local del servomotor de 600x600.
- Una escotilla de acceso a la gambuza seca de 800x800.
- Una escotilla de acceso al pañol de estachas de 600x600.
- Una escotilla de acceso a cada bodega frigorífica de 700x700.

Las escotillas de acceso tendrán brazolas de altura reglamentaria y trincas.

1.4.3 Tapas de escotilla.

En lo que se refiere a las tapas de escotilla, existen en el mercado un gran número de tipos y formas de las mismas. Se ha decidido que las tapas de escotillas sean de tipo basculante.

1.5 Cámara de máquinas.

La cámara de máquinas va a estar situada a popa, entre las cuadernas 13 y 38, y tendrá una eslora de 17,7 m.

Verticalmente la cámara de máquinas quedará definida por:

- El doble fondo.
- Plataforma A.
- Cubierta inferior, B

Se van a distribuir todos los elementos auxiliares de máquinas, como bombas (de fuel oil, diesel oil, aceite, agua, etc.), compresores de aire de arranque, así como las botellas del aire de arranque, depuradoras, enfriadores, grupos electrógenos, etc, en las distintas plataformas y doble fondo. Pero además, se va a instalar una sala de control de máquinas, un pequeño taller, el local del servomotor, los grupos auxiliares, el local de purificadoras y los siguientes tanques:

- 2 tanques de sedimentación de fuel oil.
- 1 tanque de sedimentación de diesel oil.
- 1 tanque de servicio diario de fuel oil.
- 1 tanque de servicio diario de diesel oil.
- 1 tanques de almacén de aceite limpio del motor principal.
- 1 tanque de almacén de aceite limpio de MMAA.
- 2 tanques de agua dulce.

1.5.1 Altura de las plataformas.

La altura de las plataformas debe ser tal que permita el desmontaje de cualquier pieza con facilidad para el mantenimiento de los distintos equipos instalados en dichas plataformas.

1.5.2 Altura del doble fondo.

La altura del doble fondo en esta zona será la misma que en la zona de bodegas, 1,6 m.

Además, esta altura del doble fondo en cámara de máquinas nos asegura un volumen adecuado para alojar los distintos tanques situados en esta zona.

1.6 Piques y tanques del doble fondo.

1.6.1 Piques.

Los raseles o piques de popa y proa, que contienen agua de lastre para la corrección del trimado del buque en las distintas situaciones de carga.

El pique de popa se extiende horizontalmente desde el punto más a popa del buque hasta la cuaderna 13. Verticalmente se extiende desde la línea base del buque hasta la plataforma B. En su interior se alojara el hueco necesario para que pase el eje de cola.

El pique de proa se extiende horizontalmente desde el mamparo de colisión hasta el punto más a proa del buque. Verticalmente se extiende desde la línea base del buque hasta la cubierta principal. En esta zona del buque no se dispone de doble fondo.

1.6.2 Tanques del doble fondo.

Los tanques del doble fondo son aquellos que se extienden por el fondo del buque. Aprovechando que este buque tiene doble fondo a lo largo de toda la eslora, la zona del doble fondo de las bodegas se usará como almacén de fuel oil, diesel oil y de agua para lastre.

En el doble fondo de cámara de máquinas se han construido los siguientes tanques:

- 1 tanque de derrames de fuel oil.
- 1 tanque de derrames de diesel oil.
- 1 tanque de servicio de aceite del motor principal.
- 2 tanques de aguas oleosas.
- 1 tanque de aceite sucio del motor principal.
- 1 tanque de sentina.

1.7 Zona de habitación.

De acuerdo con la habitación se proporcionará alojamiento para una tripulación de 25 personas. Como es habitual, se va a colocar la zona destinada a la habitación a popa, repartida en las siguientes cubiertas y de la siguiente forma:

1.7.1 Cubierta principal

- Gambuza (carne, verduras, pescado, lácteos, antecámara).
- Local del aire acondicionado y gambuza.
- 1 pañol de máquinas.
- Cabina de Control.
- Maquinaria frigorífica.
- Incinerador.
- Local de bombas de circulación de salmuera.
- Gimnasio
- Local CO2.

1.7.2 Toldilla

- Cocina.
- Oficio.
- Comedor de oficiales.
- Comedor de tripulación.
- Sala de tripulación.
- Sala de oficiales.
- Oficina.
- Oficina carga.
- Local botellas de oxígeno/acetileno.
- Guardacalor.

1.7.3 Primera cubierta de superestructura

- 8 camarotes para tripulación.
- Enfermería mas sala de pequeñas intervenciones.
- Lavandería.
- Pañol ropa blanca.
- Pañol cocina.
- Pañol pinturas.
- Pañol.
- Local botellas de oxígeno/acetileno.
- Guardacalor.

1.7.4 Segunda cubierta de superestructura

- Camarotes para:
 - 2º oficial de máquinas.
 - 2º oficial de puente.
 - 4 oficiales.
 - Electricista.
 - Calderetero.
 - Cocinero.
 - Contramaestre.

- Sello.
- Pañol.
- Local tanques expansión de salmuera.

1.7.5 Tercera cubierta de superestructura

- Camarotes para:
 - 1º oficial.
 - 1º oficial de puente.
 - Jefe de máquinas.
 - Capitán.
 - Inspector.
 - Armador.

- Pañol.

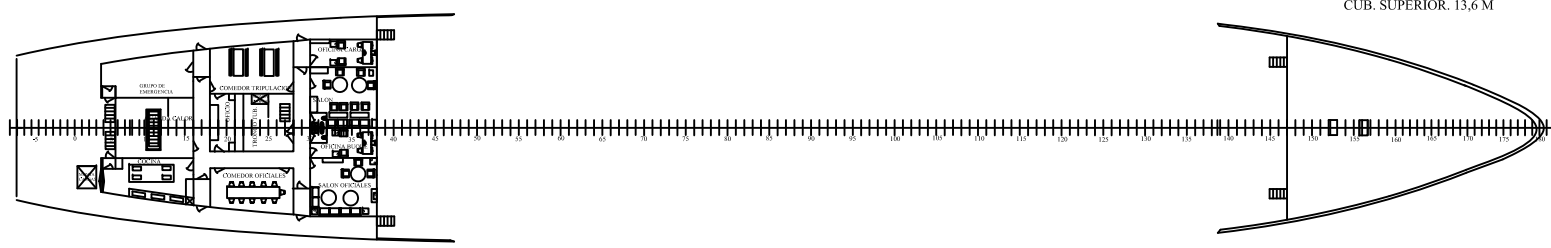
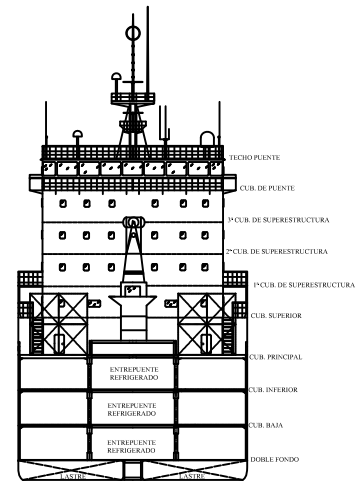
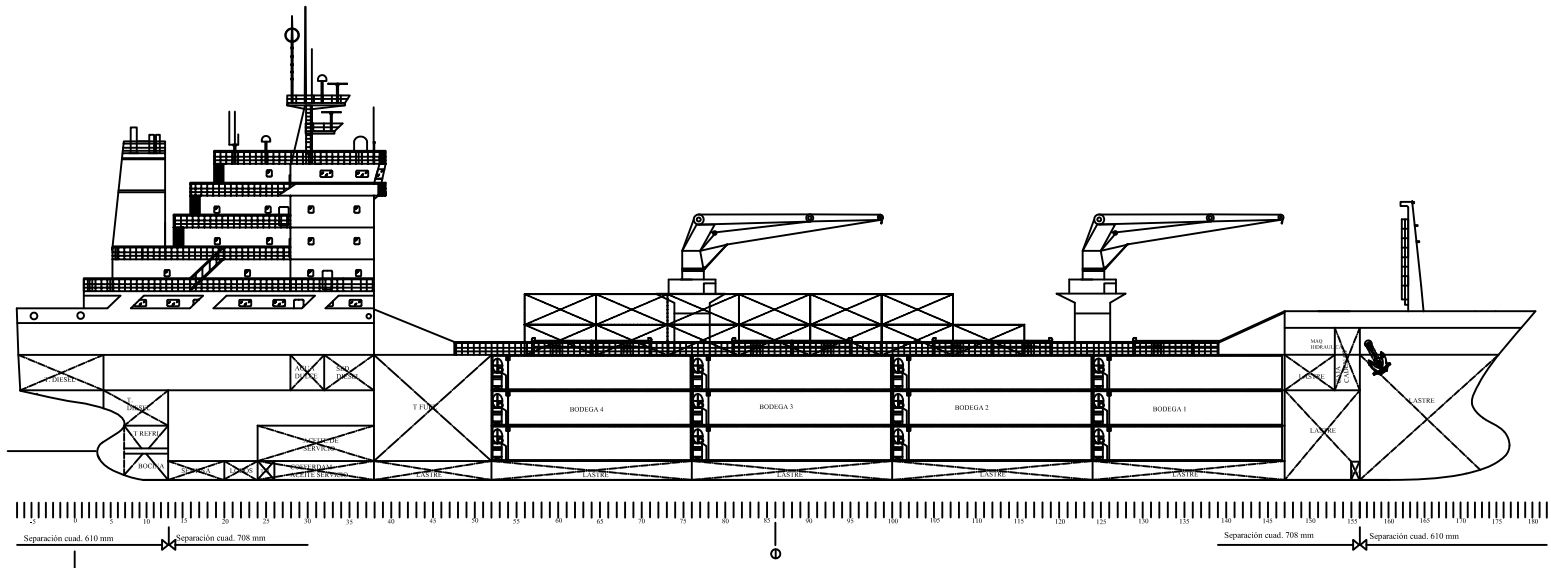
1.7.6 Cubierta puente de navegación.

- Aseos.
- Puente de Gobierno.
- Pañol archivo.
- Camarote de práctico.

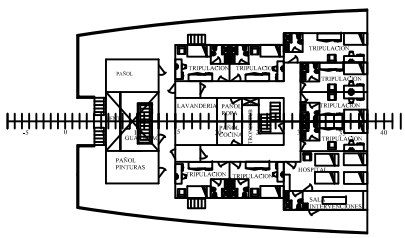
De esta manera se consigue dar alojamiento a las 25 personas que se ha considerado que lleva el barco.

ANEXO II

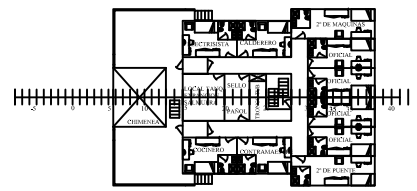
PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL



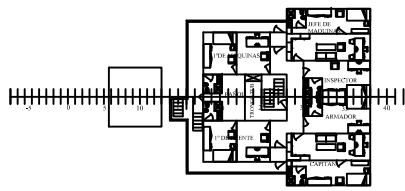
CUB. SUPERIOR. 13,6 M



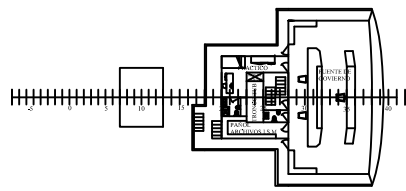
1ª CUB. DE SUPERESTRUCTURA



2ª CUB. DE SUPERESTRUCTURA



3ª CUB. DE SUPERESTRUCTURA



CUB. DE PUENTE

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslera entre perpendiculares, Lpp	119,00 m.
Eslera en la flotación, Lwl	121,00 m.
Eslera total, Lt	128,7 m.
Manga de trazado, B	19,40 m.
Puntal de trazado, D	10,60 m.
Calado de proyecto, T	7,233 m.

COEFICIENTES AL CALADO DE PROYECTO	
Coefficiente de bloque, Cb	0,655
Coefficiente de la maestra, Cm	0,988
Coefficiente de la flotación, Cf	0,746
Coefficiente prismático	0,663
Desplazamiento	11397 Tm.

ESCUOLA TECNICA DE INGENIERIA NAVAL ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS MARINAS	
FRIGORIFICO 300.000 P.C.	
Esquema DISPOSICION GENERAL 1/2	
ESCALA: 1/200	REALIZADO POR: María Franco Iglesias

ESCANTILLONADO

1. Introducción.

1.1. Objetivos y criterio de cálculo.

1.2. Características generales de la estructura.

2. Dimensiones

2.1. Eslora

2.2. Manga

2.3. Puntal

2.4. Calado

2.5. Coeficiente de bloque

2.6. Altura del doble fondo

2.7. Clara de cuadernas

3. Chapas del forro exterior

3.1. Planchas del forro del costado

3.2. Planchas del fondo y pantoque

- 3.3. Quilla**
- 4. Estructura del fondo**
 - 4.1. Altura del doble fondo**
 - 4.2. Planchas del techo del doble fondo**
 - 4.3 Longitudinales del fondo**

 - 4.4 Longitudinales del doble fondo**
 - 4.5 Quilla de cajón**
 - 4.6 Vagras laterales**
 - 4.7 Varengas**
- 5. Cubierta y entrepuentes**
 - 5.1 Cubierta principal**
 - 5.2 Cubierta inferior**
 - 5.3 Cubierta baja**
 - 5.4 Esloras en la cubierta principal**
 - 5.5 Longitudinales en la cubierta principal**
 - 5.6 Esloras en cubierta inferior y baja**
- 6. Puntales**
- 7. Elementos transversales**
 - 7.1 Cuadernas**
 - 7.2 Baos bajo cubierta**

8. Brazolas de escotillas

8.1 Altura de las brazolas

8.2 Espesor de las brazolas

9. Quillas de balance

10. Mamparos estancos

10.1 Mamparos de los piques de proa y popa

10.2 Mamparos de bodegas de carga

11. Superestructura

11.1 Costados

11.2 Cubiertas

11.3 Cuadernas

12. Módulo resistente de la maestra

ANEXO III: Cuaderna Maestra.

ANEXO IV: Cálculo del módulo resistente.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Objetivos y criterio de cálculo.

Se pretende con este documento encontrar una estructura adecuada del buque por medio del escantillonado de la sección maestra, que es la sección representativa de la estructura del buque en la zona central. Se establecerán en esa sección unos espesores según los requerimientos de la Sociedad de Clasificación que permita asegurar un comportamiento adecuado respecto a los momentos flectores y esfuerzos cortantes del buque en olas y en aguas tranquilas.

La Sociedad de Clasificación utilizada para establecer las exigencias y criterios mínimos es el Lloyd's Register of Shipping (LRS), cuando los cálculos se basen en algún artículo del LRS, se reseñará dicho artículo entre paréntesis. Para el cálculo de los refuerzos y del módulo resistente de la maestra se han utilizado los apuntes de Cálculo de Estructuras Marinas del profesor Antonio Barrios G.

Como información auxiliar se ha contado con la cuaderna maestra del buque base.

1.2. Características generales de la estructura.

Se ha considerado una estructura de tipo mixto, longitudinal en el fondo, doble fondo y cubierta principal; y transversal en el resto, estructura común a

muchos buques frigoríficos por la mejor disposición de los aislamientos en las bodegas, sin salientes.

Las cubiertas de entrepuentes, de estructura transversal, se dispondrán con baos apoyados en el costado y en las esloras, dispuestas en línea con las brazolas de las escotillas de carga. Las esloras apoyan en los mamparos extremos de las bodegas.

En el doble fondo se dispondrá de una quilla de cajón y dos vagras laterales no estancas separadas 3,5 m. Asimismo se dispondrá de varengas en todos aquellos sitios en los que sea necesario (bajo maquinaria, bajo puntales, etc.) y en el resto del buque a una separación de no más de 4 claras de cuaderna.

Los puntales se dispondrán formando líneas simétricas respecto a crujía, su disposición se corresponderá con las vagras y varengas en el doble fondo y con esloras en cubierta y entrepuentes. Estas líneas se espaciarán cada 10-12 claras de cuaderna para hacerlas coincidir con las brazolas de escotilla.

Para el dimensionamiento de la cuaderna maestra se calcularán primeramente todos los elementos estructurales de la cuaderna maestra según los escantillones mínimos de la Sociedad de Clasificación, a continuación se hallará el módulo resistente de la cuaderna maestra y su momento de inercia verificando que cumple con los requisitos mínimos exigidos por la Sociedad de Clasificación. Se incluye en este documento un plano donde se representa la estructura de la cuaderna maestra.

En la cuaderna, en lo que concierne a los escantillones, se debe llegar a una solución de compromiso entre lo mínimo exigido por la Sociedad de Clasificación (en el ámbito individual del elemento considerado), el mínimo necesario para

cumplir con el módulo pedido (en el ámbito global) y la mayor uniformidad en cuanto a espesores y número de elementos para facilitar la labor en astilleros y reducción de gastos en material.

2. DIMENSIONES

2.1. Eslora (LRS 3-1-6.1.1)

Será la eslora entre perpendiculares al calado de verano, si ésta no es menor del 96% ni mayor del 97% de la eslora en la flotación a dicho calado.

El calado de verano es de 7,67 m, y a este calado la eslora entre perpendiculares es 119 m. Por otro lado la eslora en la flotación es 122 m, por lo que la eslora de escantillonado debe ser:

$$96\% L_{fl} < L_{escantillonado} < 97\% L_{fl}$$
$$117,12 \text{ m} < L_{escantillonado} < 118,34 \text{ m}$$

Por lo tanto tomaremos una eslora de escantillonado de:

$$L=118,34 \text{ m.}$$

2.2. Manga (LRS 3-1-6.1.3)

Se toma la mayor manga:

$$B=19,4 \text{ m.}$$

2.3. Puntal (LRS 3-1-6.1.4)

Corresponde al puntal de trazado medido desde la línea base hasta el tope del bao de la cubierta principal, que es a su vez la cubierta de francobordo y resistente:

$$D=10,6 \text{ m.}$$

2.4. Calado (LRS 3-1-6.1.5)

Se toma el calado desde la línea base hasta la flotación de verano:

$$T= 7,23 \text{ m.}$$

2.5. Coeficiente de bloque (LRS 3-1-6.1.5)

$$CB=0,658$$

2.6. Altura del doble fondo (LRS 4-1-8.3.1)

El LRS exige que la altura del doble fondo sea superior a:

$$d_{DB} = 28 \cdot B + 205 \cdot \sqrt{T} = 1.110,94 \text{ mm}$$

Por lo que se dispondrá de un doble fondo con una altura de:

$$H_{DF}=1,6 \text{ m.}$$

2.7. Clara de cuadernas (LRS 3-5-3-Tabla 5.3.1)

El LRS exige que la clara de cuaderna sea inferior a:

- En los piques de proa y de popa:

$$l = 470 + \frac{L}{0,6} = 667,23 \text{ mm.}$$

Por lo que se dispondrá en dicha zona de una clara de:

$$l=600 \text{ mm.}$$

- En el cuerpo central el buque:

$$l = 510 + \frac{L}{0,6} = 708,23 \text{ mm.}$$

Debido a esto se dispondrá en dicha zona de una clara de:

$$l=708 \text{ mm.}$$

3. CHAPAS DEL FORRO EXTERIOR

3.1. Planchas del forro del costado (LRS 4-1-Tabla 1.5.3)

El LRS nos da una formulación para la traca de cinta, siendo este el mayor espesor de la estructura longitudinal:

$$t = 0,0042s_1 \sqrt{h_{T1} k}$$

Siendo:

$$s_1 = 700 \text{ mm}$$

$$L_1 = 122 \text{ m}$$

$$F_D = 0,9$$

$$K_L = 1$$

Con lo que obtenemos un espesor mínimo de $t = 9,495 \text{ mm}$. Por este motivo seleccionaremos un espesor de escantillonado de:

- La traca de cinta: **$t = 13 \text{ mm}$** .
- Para el resto de las planchas del costado: **$t = 11 \text{ mm}$** .

3.2. Planchas del fondo y pantoque (LRS 4-1-Tabla 1.5.2)

Para la estructura longitudinal en el fondo, el espesor mínimo viene dado por:

$$t = 0,0052 \cdot s_1 \cdot \sqrt{\frac{h_{T2} \cdot k}{1,8 - F_B}}$$

Siendo:

$$s_1 = 708 \text{ mm.}$$

$$h_{T2} = 9,204 \text{ m}$$

$$k = 1$$

$$F_B = 0,8 (\geq 0,75)$$

Con lo que obtenemos un espesor mínimo de $t = 11.17$ mm. Debido a esto tomaremos como espesor de escantillado para las planchas de pantoque y de fondo:

$$t = 13 \text{ mm.}$$

3.3. Quilla (LRS 4-1-Tabla 1.5.1)

La anchura de la quilla viene dada por:

$$b = 70 \cdot B = 1358 \text{ mm.}$$

Por lo que aplicamos:

$$\text{Anchura de la quilla} = 1400 \text{ mm.}$$

El espesor de la quilla viene dado por el LRS ($t = t_{\text{fondo}} + 2$ mm.). Por tanto tomaremos como espesor para la quilla:

$$t = 15 \text{ mm.}$$

4. ESTRUCTURA DEL FONDO

4.1. Altura del doble fondo (LRS 4-1-8.3)

La altura del doble fondo ya quedo fijada anteriormente en:

$$H_{DF} = 1.60 \text{ mm.}$$

4.2. Planchas del techo del doble fondo (LRS 4-1-8.4)

Las planchas del techo del doble fondo no han de tener un espesor menor a:

$$t = 0,00136 \cdot (s + 660) \cdot \sqrt[4]{k^2 \cdot L \cdot T}$$

Siendo:

$$s_1 = 708 \text{ mm.}$$

$$k = 1$$

Con lo que obtenemos un espesor mínimo de $t = 10,21 \text{ mm.}$, por lo que aplicaremos un espesor de escantillonado de:

$$\mathbf{t = 12 \text{ mm.}}$$

4.3 Longitudinales del fondo (LRS 4-1- Tabla 1.6.1)

El módulo mínimo de la sección de los elementos resistentes ha de ser:

$$Z = \gamma \cdot s \cdot k \cdot h_{T2} \cdot l_e^2 \cdot F_1 \cdot F_{SB}$$

Donde:

$$\gamma = 0,002 \cdot 1e+0,046 = 0,05166$$

$$s_1 = 708 \text{ mm}$$

$$k = 1$$

$$h_{T2} = 10,38$$

$$l_e = 2,832 \text{ m}$$

$$F_1 = 0,14$$

$$F_{SB} = 0,5 \cdot (1 + F_S) = 1,05$$

Con lo que obtenemos un módulo mínimo de $Z = 447,63 \text{ cm}^3$. El longitudinal elegido es una llanta con bulbo de **260x11 mm.**, cuyo módulo es $463,96 \text{ cm}^3$ con una plancha asociada de 610 mm.

4.4 Longitudinales del doble fondo (LRS 4-1-8.4.5)

Para los longitudinales del doble fondo es necesario un módulo de al menos el 85% del obtenido para los longitudinales del fondo, es decir, $Z = 393,36 \text{ cm}^3$. Por este motivo el longitudinal elegido será una llanta con bulbo de **240x12 mm**, cuyo módulo es $394,04 \text{ cm}^3$ con una plancha asociada de 610 mm.

4.5 Quilla de cajón (LRS 4-1-8.3.7)

Se dispondrá de una quilla de cajón de características similares a las del buque base. Según los reglamentos, las vagras han de tener un espesor superior a:

$$t = (0,008 \cdot d_{DB} + 2) \cdot \sqrt{k}$$

Donde:

$$d_{DB} = 1110,94 \text{ mm}$$

$$k = 1$$

Empleando esta fórmula obtenemos un espesor mínimo de $t = 10,88 \text{ mm.}$, por lo tanto emplearemos un espesor de escantillado de.

$$\mathbf{t = 11 \text{ mm.}}$$

Sobre el fondo y bajo el doble fondo se dispondrá de dos refuerzos análogos de **200x10 mm.** Además se dispondrá de dos longitudinales centrales de

“intercostales”, tanto el superior como el inferior serán llantas de bulbo de **160x8 mm.**

4.6 Vagras laterales (LRS 4-1- 8.3.4)

Al estar la manga del buque, 19,4 m, entre ($14 \text{ m} < B < 21 \text{ m}$) colocaremos una vagra lateral en cada banda, haciéndolas coincidir con la línea de puntales y cuyo espesor no excederá de:

$$t = (0,0075 \cdot d_{DB} + 1) \cdot \sqrt{k}$$

Donde;

$$d_{DB} = 1110,94 \text{ mm}$$

$$k = 1$$

Sustituyendo estos valores obtenemos un espesor mínimo de $t = 10,33 \text{ mm.}$, por lo tanto seleccionamos un espesor de escantillonado de:

$$\mathbf{t = 11 \text{ mm.}}$$

4.7 Varengas (LRS 4-1-8.5)

Estarán dispuestas en aquellos sitios donde sean necesarias (debajo de maquinaria, debajo de puntales, etc.), en el resto del buque la separación no puede ser mayor de 3,8 m. En este caso se tomarán 4 claras de cuaderna como separación entre varengas, esto es $4 \times 708 = 2832 \text{ mm.}$ ($< 3,8 \text{ m}$). En cuanto al espesor tendremos que distinguir entre varengas estancas y varengas no estancas:

- Varengas no estancas

El espesor de estas varengas será mayor de:

$$t = (0,009 \cdot d_{DB} + 1) \cdot \sqrt{k}$$

Donde:

$$d_{DB} = 1110,94 \text{ mm.}$$

$$k = 1$$

Sustituyendo estos valores obtenemos un espesor mínimo de $t = 10,99 \text{ mm.}$, por tanto emplearemos un espesor de:

$$\mathbf{t = 11 \text{ mm.}}$$

El valor mínimo de los refuerzos va a venir dado por:

$$Z = 5,41 \cdot d_{DB}^2 \cdot h_{DB} \cdot s_1 \cdot k \cdot 10^{-9} = 73.41 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto situaremos, haciéndolos coincidir con los longitudinales, llantas de **150x10 mm.** Con plancha asociada de 610 mm., cuyo módulo es de 74 cm^3 .

El aligeramiento en varengas no debe tener una altura ni una anchura superior a la altura del elemento (1,6 m.). Sus dimensiones serán por tanto de 600x400 mm., suficientes para permitir el paso de un hombre.

- Varengas estancas

El espesor de estas varengas a de ser mayor de:

$$t = (0,008 \cdot d_{DB} + 3) \cdot \sqrt{k}$$

Donde:

$$d_{DB} = 1110,94 \text{ mm}$$

$$k = 1$$

Sustituyendo estos valores obtenemos un espesor mínimo de $t = 11.88 \text{ mm.}$, por lo tanto se empleará un espesor de:

$$\mathbf{t = 12 \text{ mm.}}$$

En este caso, como elementos de refuerzo emplearemos llantas de **150x11 mm.** Con plancha asociada de 610 mm., cuyo módulo es de 84 cm^3 .

5. CUBIERTA Y ENTREPUNTES

5.1 Cubierta principal (LRS 4-1- Tabla 1.4.1)

Los Reglamentos del LRS especifican dos espesores diferentes, uno para la zona lateral fuera de escotillas y otro para la zona central dentro de escotillas.

Distinguiremos por lo tanto:

- Zona lateral fuera de escotillas; el espesor no ha de ser menor que el obtenido por la expresión:

$$t = 0,001 \cdot s_1 \cdot (0,059 \cdot L_1 + 7) \cdot \sqrt{\frac{F_D}{K_L}}$$

Donde:

$$s_1 = 700 \text{ mm}$$

$$L_1 = 118,34 \text{ m}$$

$$F_D = 0,9 (\geq 0,67)$$

$$K_L = 1$$

Sustituyendo estos valores en la formula anterior obtenemos un espesor mínimo de $t = 9,39$ mm. Debido a que será precisamente en esta zona de la cubierta en la que se colocarán los contenedores se tomará un espesor de escantillonado de:

$$\mathbf{t = 14 \text{ mm.}}$$

• Zona central entre escotillas; el espesor mínimo en esta zona vendrá dada por:

$$t = 0,00083 \cdot s_1 \cdot \sqrt{L \cdot k} + 2,5$$

Sustituyendo los valores correspondientes obtenemos un espesor mínimo en esa zona de $t = 8,89$ mm. Adoptaremos por tanto un espesor de escantillonado de:

$$\mathbf{t = 9 \text{ mm.}}$$

5.2 Cubierta inferior (LRS 4-1- Tabla 1.4.2)

Volvemos a distinguir dos espesores para el espesor de la cubierta:

• Zona lateral fuera de escotillas; el espesor no ha de ser inferior al determinado por la siguiente expresión:

$$t = 0,012s_1 \sqrt{k}$$

Sustituyendo los valores correspondientes obtenemos un espesor mínimo de $t=8.4$ mm. Adoptaremos por lo tanto en esta zona un espesor de escantillonado de:

$$t = 9 \text{ mm.}$$

• Zona central entre escotillas; el espesor no ha de ser inferior al valor dado por la siguiente expresión:

$$t = 0,01s_1 \sqrt{k}$$

Sustituyendo los valores correspondientes obtenemos un espesor mínimo de $t = 7$ mm. Tomaremos por tanto como espesor de escantillonado en esta zona:

$$t = 7 \text{ mm.}$$

5.3 Cubierta baja (LRS 4-1- Tabla 1.4.2)

Para esta cubierta tomaremos un espesor uniforme cuyo valor mínimo va ha venir dado por la expresión:

$$t = 0,01s_1 \sqrt{k}$$

Sustituyendo valores resulta un espesor de escantillonado de $t = 7 \text{ mm}$.
 Seleccionaremos por lo tanto un espesor de escantillonado de:

$$t = 7 \text{ mm.}$$

5.4 Esloras en la cubierta principal (LRS 4-1- Tabla 1.4.6)

En la cubierta principal las esloras irán colocadas coincidiendo con las brazolas de escotillas, sirviendo de apoyo de los puntales, y bajo los laterales de los contenedores. El módulo mínimo de las esloras va a venir dado por:

$$Z = 5,85 \cdot k \cdot H_g \cdot s_1 \cdot l_e^2 = 7987,13 \text{ cm}^3$$

Siendo:

$$k = 0,78 \text{ (Acero AH-32)}$$

$$H_g = 1,8 \text{ m (LRS 3-3-Tabla 3.5.1)}$$

$$s_1 = 4,85 \text{ m (B/4) (LRS 4-1-Figura 1.4.1)}$$

$$l_e = 14,16 \text{ m (20 claras-Longitud de las bodegas: } 20 \cdot 0,708)$$

Obtenemos una viga de las siguientes características:

- Almas: 400 x 20 mm.
 - Ala: 1000 x 20 mm.
 - Chapa: 610 x 14 mm.
- } \Rightarrow Cuyo módulo es de 8036 cm^3 .

5.5 Longitudinales en la cubierta principal (LRS 4-1- Tabla 1.4.3)

El reglamento del LRS distingue dos módulos mínimos distintos,

uno para la zona lateral fuera de escotillas y otro para la zona central entre escotillas.

- Longitudinales fuera de aberturas. El módulo mínimo va a venir dado por:

$$Z = 0,043 \cdot s \cdot k \cdot h_{T1} \cdot l_e^2 \cdot F_1$$

Siendo:

$$s = 708 \text{ mm.}$$

$$k = 1$$

$$h_{T1} = 1,69$$

$$l_e = 2,832 \text{ m}$$

$$F_1 = 0,196$$

Sustituyendo estos valores en la expresión dada obtenemos un módulo mínimo de $Z = 80,87 \text{ cm}^3$. Debido a este resultado seleccionamos una llanta de bulbo de **140x7 mm.** con una chapa asociada de 610 mm., cuyo módulo es:

$$Z = 84,65 \text{ cm}^3$$

- Longitudinales entre escotillas. El módulo mínimo va a venir dado por:

$$Z = s \cdot k (400 \cdot h_1 + 0,005 (l_e \cdot L_2)^2) \times 10^{-4}$$

Siendo:

$$h_1 = 1,8$$

$$L_2 = 118,34 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la fórmula obtenemos que el módulo mínimo va a ser $Z = 90,73 \text{ cm}^3$. Según esto tomaremos una llanta con bulbo de **140x9 mm.** con una plancha asociada de 610 mm., cuyo módulo es:

$$Z = 91,95 \text{ cm}^3$$

5.6 Esloras en cubierta inferior y baja (LRS 4-1- Tabla 1.4.6)

En estas cubiertas las esloras irán situadas en la misma vertical de las brazolas de escotilla, sirviendo de apoyo a las filas de puntales. El módulo mínimo de estas esloras viene dado por:

$$Z = 5,20 \cdot k \cdot S_1 \cdot H_g \cdot l_e^2$$

Siendo:

$$k = 0,78 \text{ (Acero AH-32)}$$

$$H_g = 3 \text{ m (LRS 3-3-Tabla 3.5.1)}$$

$$S_1 = 4,85 \text{ m (B/4) (LRS 4-1-Figura 1.4.1)}$$

$$l_e = 14,16 \text{ m (20 claras-Longitud de las bodegas: 20*0,708)}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en las formulas dadas obtenemos un módulo mínimo de $Z = 11032,79 \text{ cm}^3$.

Obtenemos unas vigas de las siguientes características:

- Almas: 450 x 30 mm.
 - Ala: 1000 x 30 mm.
 - Chapa: 610 x 7 mm.
- } \Rightarrow Cuyo módulo es de 11580 cm³.

6. PUNTALES

Se colocarán puntales en las esquinas de las escotillas, tanto en la cubierta principal como en los entrepuentes, separados un máximo de 12 cuadernas y a 3,5 metros de crujía. Estas posiciones se corresponden con vagras en el doble fondo y esloras en entrepuentes y cubierta principal.

6.1 Dimensionamiento de los puntales (LRS 4-1- Tabla 1.4.7)

El área mínima de la sección de los pilares va a venir dada por la siguiente expresión:

$$A_p = \frac{k P}{12,36 - 51,5 \frac{l_e}{r\sqrt{k}}} \text{ cm}^2$$

A continuación pasaremos a determinar este área transversal mínima para los puntales situados bajo las distintas cubiertas.

- Puntales bajo la cubierta principal. En este caso resulta:

$$\begin{aligned} k &= 1 \\ P &= 24,81 \\ l_e &= 1,67 \\ r &= 7.09 \end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en la expresión anterior obtendremos que el área mínima de la sección será $A_p = 79,52 \text{ cm}^2$. Según este resultado bajo la cubierta

principal seleccionaremos puntales normalizados EUROTUBO de las siguientes características:

$$l = 2,58 \text{ m}$$

$$\text{Ø}219 \times 12,5 \text{ mm}$$

$$A = 81,1 \text{ cm}^2$$

$$I = 4345 \text{ cm}^4$$

$$P = 64 \text{ kg/m}$$

$$W = 397 \text{ cm}^3$$

- Puntales bajo la cubierta inferior. En este caso resulta:

$$k = 1$$

$$P = 65,71$$

$$l_e = 1,64$$

$$r = 7.03$$

Sustituyendo estos valores en la expresión anterior obtendremos que el área mínima de la sección será $A_p = 190,03 \text{ cm}^2$. Según este resultado bajo la cubierta principal seleccionaremos puntales normalizados EUROTUBO de las siguientes características:

$$l = 2,52 \text{ m}$$

$$\text{Ø}273 \times 125 \text{ mm}$$

$$A = 195 \text{ cm}^2$$

$$I = 15127 \text{ cm}^4$$

$$P = 154 \text{ kg/m}$$

$$W = 1108 \text{ cm}^3$$

- Puntales bajo la cubierta baja. En este caso resultará:

$$\begin{aligned}k &= 1 \\P &= 106,57 \\l_e &= 1,64 \\r &= 7.05\end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en la expresión anterior obtendremos que el área mínima de la sección será $A_p = 280,55 \text{ cm}^2$. Según este resultado bajo la cubierta principal seleccionaremos puntales normalizados EUROTUBO de las siguientes características:

$$\begin{aligned}l &= 2,52 \text{ m} \\ \text{Ø} &= 298,5 \times 35 \text{ mm} \\ A &= 289 \text{ cm}^2 \\ I &= 25589 \text{ cm}^4 \\ P &= 227 \text{ kg/m} \\ W &= 1714 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

7. ELEMENTOS TRANSVERSALES

7.1 Cuadernas (LRS 4-1- Tabla 1.6.2)

Distinguiremos dos tipos de cuaderna:

- Cuadernas superiores, situadas entre la cubierta superior e inferior. En este caso el módulo mínimo va a venir dado por:

$$Z = 9,1 \cdot s \cdot k \cdot D_1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$$

Donde:

$$s = 708 \text{ mm}$$

$$D_1 = 12,27 \text{ m}$$

$$k = 0,78 \text{ (Acero AH-32)}$$

Sustituyendo los datos correspondientes obtendremos que el módulo mínimo para las cuadernas superiores será $Z = 454,77 \text{ cm}^3$. Debido a este resultado hemos optado por una llanta con bulbo de **260x11 mm.** con una plancha asociada de 610 mm., cuyo modulo es:

$$\mathbf{Z = 463,96 \text{ cm}^3}$$

- Cuadernas inferiores. En este caso el módulo mínimo viene dado por:

$$Z = C \cdot s \cdot k \cdot h_{T1} \cdot H^2 \cdot 10^{-3}$$

Donde:

$$C = 6,1$$

$$s = 708 \text{ mm}$$

$$D_1 = 12,27 \text{ m}$$

$$k = 0,78 \text{ (Acero AH-32)}$$

$$h_{T1} = 1,5 \text{ m} > 1,20 \text{ m}$$

$$H = 3,5 \text{ (LRS 4.1-Figura 1.6.1)}$$

Entrando en esta formula con los valores correspondientes obtenemos que el módulo mínimo va a ser $Z = 618,99 \text{ cm}^3$. Por esta razón seleccionaremos, para las cuadernas inferiores, una llanta con bulbo de **300x11 mm.** con una plancha asociada de 610 mm., cuyo módulo asociado es:

$$\mathbf{Z = 647,52 \text{ cm}^3.}$$

Además se reforzará la unión al doble fondo con una chapa de margen, cuyas dimensiones se describen en el plano de la cuaderna maestra.

7.2 Baos bajo cubierta (LRS 4-1- Tabla 1.4.5)

En este caso volvemos a distinguir entre:

- Baos bajo la cuaderna superior. El módulo mínimo va a venir dado por la expresión:

$$Z = 2 \cdot K_3 \cdot B_1 \cdot s \cdot k \cdot h_1 \cdot l_e^2$$

Siendo:

$$B_1 = 19,4 \text{ m}$$

$$s = 708 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = 0,78 \text{ (Acero AH-32)}$$

$$K_3 = 3,6$$

$$l_e = 6,5$$

Introduciendo los datos correspondientes obtenemos que el módulo mínimo será $Z = 586,62 \text{ cm}^3$. Por esta razón seleccionamos una llanta con bulbo de **280x13 mm.** con una plancha asociada de 610 mm., cuyo módulo es:

$$Z = 664,75 \text{ cm}^3$$

- Baos bajo la cubierta baja e inferior. En este caso el módulo mínimo va a venir dado por:

$$Z = (400 \cdot K_1 \cdot T \cdot D + 38,8 \cdot s \cdot h_2 \cdot l_e^2) \cdot 10^{-4}$$

Donde:

$$K_1 = 10,5$$

$$T = 7,67\text{m}$$

$$D = 10,6 \text{ m}$$

$$s = 708 \text{ mm}$$

$$h_2 = 3 \text{ m}$$

$$k = 0,78 \text{ (Acero AH-32)}$$

$$l_e = 6,5$$

Entrando en la formula con estos valores obtenemos que el valor mínimo del módulo va a venir dado por $Z = 382,33 \text{ cm}^3$. Debido a esto optamos por una llanta con bulbo de **240x12 mm.** con una plancha asociada de 610 mm., cuyo módulo es:

$$Z = 369,89 \text{ cm}^3$$

Los baos se apoyarán sobre las cuadernas en cartelas tal y como se describe en el plano de la maestra. En las esloras se adaptarán a su altura para realizar las soldaduras.

8. BRAZOLAS DE ESCOTILLA

8.1 Altura de las brazolas (LRS 3-11-5.1)

En cuanto a la altura de las brazolas de escotillas el LRS establece que la altura mínima de estas a de ser 450 mm. Debido a la disposición de los contenedores sobre la cubierta principal emplearemos una altura de 2 m para las brazolas de escotilla.

8.2 Espesor de las brazolas (LRS 3-11-5.2)

El LRS establece que, para buques de $L \geq 60$ m, el espesor mínimo de las brazolas de escotilla será:

$$t = 12 \text{ mm.}$$

9. QUILLAS DE BALANCE

Al no especificarse nada en los reglamentos del LRS dispondremos de quillas de balance similares a las del buque base.

La quilla de balance irá soldada a una plancha base cuyo espesor no deberá ser inferior al menor de las planchas de pantoque, que es de 13 mm., y de igual calidad. Por tanto la plancha prevista será de 100x13 mm. y el perfil elegido para la quilla de balance una llanta con bulbo de **260x11 mm.**

10. MAPAROS ESTANCOS

10.1 Mamparos de los piques de proa y popa (LRS 4-1- Tabla 1.9.1)

Los espesores mínimos de estos mamparos vendrán dados por:

$$t = 0,004 \cdot s \cdot f \cdot \sqrt{h_4 \cdot k} \geq 7,5 \text{ mm}$$

Siendo:

$$s = 708 \text{ mm}$$

$$k = 1$$

$$f = 0,695$$

$$h_4 = 6,91$$

Según esto el valor mínimo del espesor será $t = 7,5 \text{ mm.}$, por tanto dispondremos de un espesor, en los piques de proa y de popa, de:

$$t = 8 \text{ mm.}$$

10.2 Mamparos de bodegas de carga (LRS 3-8-2.1)

El reglamento del LRS nos dice que el espesor de estos mamparos ha de ser mayor de $7,5 \text{ mm.}$, seleccionaremos por lo tanto un espesor de:

$$t = 8 \text{ mm.}$$

11. SUPERESTRUCTRA

11.1 Costados (LRS 3-8-2.1)

Distinguiremos distintos espesores según hablemos de:

- Costado bajo de la superestructura; el espesor ha de ser superior a:

$$t > (5 + 0,01 * L_3) \cdot \sqrt{k} = 6,5$$

Debido a este resultado seleccionamos un espesor para los costados bajos de la superestructura de:

$$t = 7 \text{ mm.}$$

- Costado alto de la superestructura; el espesor ha de ser superior a:

$$t > (4 + 0,01 * L_3) \cdot \sqrt{k} = 5,5$$

Debido a este resultado seleccionaremos un espesor de:

$$t = 6 \text{ mm.}$$

11.2 Cubiertas (LRS 3-8- Tabla 8.2.2)

Tendremos distintos resultados según nos refiramos a:

- Toldilla. El LRS nos dice que el espesor la toldilla ha de ser mayor que:

$$t > (5,5 + 0,02 * L) \cdot \sqrt{\frac{k \cdot s}{s_b}} = 8,03$$

Siendo:

$$k = 1$$

$$s = 700 \text{ mm.}$$

$$s_b = 610 \text{ mm.}$$

Debido al resultado obtenido al sustituir los datos correspondientes dispondremos de un espesor de:

$$t = 9 \text{ mm.}$$

• 1ª cubierta de la superestructura. En este caso el espesor ha de ser mayor de:

$$t > (4,5 + 0,02 * L) \cdot \sqrt{\frac{k \cdot s}{s_b}} = 7,56 \text{ mm.}$$

Por tanto seleccionaremos un espesor para esta cubierta de:

$$t = 8 \text{ mm.}$$

• 2ª y 3ª cubiertas de la superestructura y puente de gobierno. Para todas estas cubiertas el espesor mínimo va venir dado por:

$$t > (4,5 + 0,02 * L) \cdot \sqrt{\frac{k \cdot s}{s_b}} = 6,96 \text{ mm.}$$

Debido a este resultado imponemos un espesor final de:

$$t = 7 \text{ mm.}$$

11.3 Cuadernas (LRS 3-8-2.1)

El módulo mínimo de las cuadernas de la superestructura viene dado por:

$$Z = 0,0035 \cdot h \cdot s \cdot l_s^2 \cdot k$$

Siendo:

$$h = 3,5 \text{ m}$$

$$k = 0,78 \text{ (Acero AH-32)}$$

$$s = 700 \text{ mm.}$$

$$l_s = 3 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores correspondientes obtenemos que $Z = 60,19 \text{ cm}^3$.

Por esta razón dispondremos de una llanta con bulbo de **140x9 mm.** con una plancha asociada de 610 mm., cuyo módulo es:

$$Z = 92 \text{ cm}^3$$

12. MÓDULO RESISTENTE DE LA MAESTRA

El módulo resistente mínimo es: *(LRS 3-8-2.1)*

$$Z = f_1 \cdot K_L \cdot C_1 \cdot L^2 \cdot B \cdot (CB + 0,7) \cdot 10^{-6}$$

Donde:

$$f_1 = 1$$

$$K_L = 1$$

$$C_1 = 8,5335$$

$$L = 119\text{m}$$

$$B = 19,40 \text{ m}$$

$$CB = 0,655$$

Con lo que obtenemos $Z = 3,1766 \text{ m}^3$.

El momento de inercia del buque viga ha de exceder de:

$$I = \frac{L \cdot Z_{\min}}{33,333} = 11.425 \text{ cm}^2 \text{xm}^2$$

Se procede a calcular el módulo real de la cuaderna maestra y la posterior comprobación de dicho valor con el obtenido anteriormente.

En el ANEXO II se presenta la tabla de cálculo del módulo de la maestra respecto a un eje supuesto, que será la línea base. De dicha tabla se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Área total} = 2 * 9442,7 = 18.885,4 \text{ cm}^2$$

$$\text{Momento estático} = 2 * 38229,18 = 76458,36 \text{ cm}^2 \text{ x m}$$

$$\text{Momento de Inercia sobre el eje supuesto} = 2 * 142971,35 = 285942,7 \text{ cm}^2 \text{ x m}^2$$

A continuación calculamos la posición del eje neutro sobre la línea base:

$$Y_n = 4,048 \text{ m}$$

El módulo mínimo es:

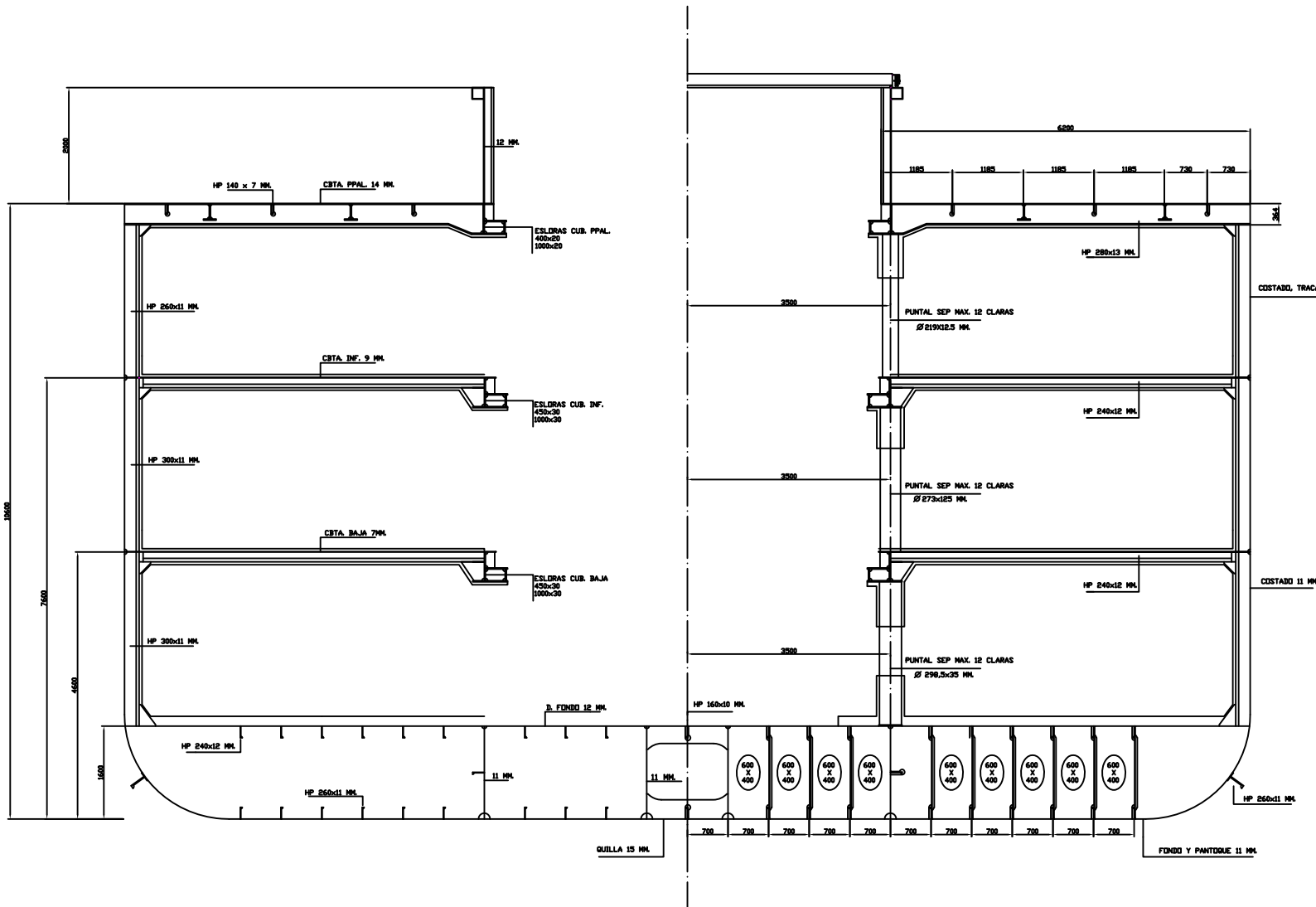
$$Z_{\text{cubierta}} = 43602,12 \text{ cm}^2 \text{ x m} = 4,3602 \text{ m}^3$$

$$Z_{\text{fondo}} = 70742,87 \text{ cm}^2 \text{ x m} = 7,0742 \text{ m}^3$$

Que como vemos supera al mínimo exigido.

ANEXO III

Cuaderna Maestra.



CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	128,7 M
ESLORA DE ESCANTILLONADO	118,34 M
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	119,0 M
MANGA DE TRAZADO	19,40 M
PUNTALES DE TRAZADO	10,60 M
CALADO DE PROYECTO	7,23 M
COEFICIENTE DE BLDQUE	0,655
VELOCIDAD EN SERVICIO	20 Kn
CLARA ENTRE CUADERNAS	0,708 M
$NE = \Delta^2/3 + 2 \cdot B \cdot h + 0,1 \cdot A = 1.307,56$	
$N^{\circ} \text{ DE ANCLAS Y CADENAS} = 2$	

ESCUELA TECNICA DE INGENIERIA NAVAL ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS MARINAS	
FRIGORÍFICO 300.000 P.C.	
Esquema Cuaderna maestra	
ESCALA : 1 / 50	REALIZADO POR: María Franco Iglesias

ANEXO IV

Cálculo del módulo resistente

ELEMENTOS	A (cm ²)	Y (m)	AY(cm ² m)	AY ² (cm ² m ²)	ip(cm ² m ²)
Fondo	1053	-0,006	-6,318	0,038	X
Doble Fondo	1164	1,606	1869,384	3002,2	X
Cub.principal	868	10,606	9206	9738,9	X
Cub.inferior	558	7,606	4244,14	32280,9	X
Cub.baja	434	4,606	1999	9207,4	X
Costado	990	6,106	6044,9	36910,4	6682,5
Pantoque	326,6	0,586	191,64	112,3	78,56
Long.Fondo	257,4	0,136	35,05	4,76	2,349
Long.Doble Fondo	259,2	1,486	385,1	576,36	1,917
Vagras	352	0,806	283,7	228,67	75,1
Esloras cub.principal	840	1,406	1181,04	1660,5	11,73
Esloras cub.inferior	435	7,381	3210,7	23698,4	8,34
Esloras cub.baja	435	4,381	1905,7	8349,02	8,34
Long.cub.principal	29,4	10,53	309,75	3263,61	-0,0723
Puntales cub.principal	81,1	9,316	755,52	7038,49	0,043
Puntales cub.inferior	195	6,346	1237,4	7852,98	1,5
Puntales cub.baja	289	3,346	966,9	1218,41	2,54
Cuaderna superior	28,6	8,966	256,42	2299,12	4360
Cuaderna inferior	33	5,986	197,583	1182,46	5256
Cuaderna baja	33	2,98	98,34	293,05	5256
Bao cub.superior	36,4	10,436	379,87	3964,32	X
Bao cub.inferior	28,8	7,462	214,9	1603,62	X
Bao cub.baja	28,8	4,462	128,5	573,39	X
Brazolas	240	11,606	2785,4	32327,8	80
Quilla de balance	28,6	0,472	13,52	6,39	0,261
Quilla de cajón:	210	0,799	168	264,29	130,23
refuerzo fondo	10	0,119	1,19	0,1416	0,102
refuerzo doble fondo	10	1,481	14,81	21,933	0,102
long.fondo	6,4	0,0949	0,607	0,057	0,0411
long.doble fondo	6,4	1,505	9,632	14,498	0,0411
vagra	176	0,86	141,85	114,33	37,5
Σ	9442,7		38230,228	275708,7376	21993,2685

$$\begin{aligned} Y_n &= 4,048654304 & \text{m} \\ AY_n^2 &= 154730,95 & \text{m}^2\text{cm}^2 \\ I &= 142971,0561 & \text{m}^2\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area total} &= 18885,4 & \text{cm}^2 \\ \text{Momento estático total} &= 76460,456 & \text{mcm}^2 \\ \text{Momento de inercia total} &= 285942,1122 & \text{m}^2\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ordenada al fondo (Yf)} &= 4,042 & \text{m} \\ \text{ordenada a la cubierta (Yc)} &= 6,558 & \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Módulo del fondo} &= 70742,72939 & \text{mcm}^2 \\ \text{Módulo de cubierta} &= 43602,02992 & \text{mcm}^2 \end{aligned}$$

CÁLCULO DE PESOS

0. Introducción.

1. Peso de la estructura de acero.

2. Peso del equipo y la habilitación.

3. Peso de la maquinaria propulsora y auxiliar.

4. Peso en rosca.

5. Estimación del KG.

ANEXO: Curva del KG máximo.

0.INTRODUCCIÓN.

En este documento se calcula el peso en rosca del buque y las coordenadas de su centro de gravedad por medio de métodos aproximados y fórmulas tomadas del libro "El Proyecto Básico del Buque Mercante", contrastando los resultados obtenidos por este método con los que salen al calcularlo a partir del buque base.

1.PESO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO (WST).

Usamos la expresión de J.L.G. Garcés:

$$WST = 0,0304 \cdot L_{pp}^{1,5} \cdot B \cdot D^{0,5}$$

$$WST = 2512 \text{ ton}$$

$$KGWST = 0,59215D + 0,7168$$

$$KGWST = 6,99\text{m}$$

$$LGWST = 0,38691 L_{pp} + 5,032$$

$$LGWST = 51,074\text{m}$$

2.PESO DEL EQUIPO (WER).

Se estima mediante la siguiente expresión, propuesta por la Lloyd's Register:

$$PE = 0,065 \cdot L_{pp}^{1,3} \cdot B^{0,8} \cdot D^{0,3}$$

$$PE = 710 \text{ ton}$$

A este peso se añade el peso de los aislamientos y el peso de la maquinaria frigorífica.

El peso del aislamiento se estima por una expresión empírica:

$$P_{\text{aislamiento}} (\text{Ton}) = -5 \cdot (V_{\text{bod}} / 100)^2 + 1,43 \cdot V_{\text{bod}} + 1,3$$
$$= 381 \text{ ton}$$

siendo V_{bod} el volumen total neto de las bodegas en ($\text{pies}^3/1000$).

El peso de la maquinaria frigorífica se estima en 10 ton

Entonces el peso del equipo es :

$$\text{WER} = 710 + 381 + 10$$

$$\text{WER} = 1101 \text{ ton}$$

$$\text{KGWER} = \text{D} + 1,25$$

$$\text{KGWER} = 11,85\text{m}$$

3.PESO DE LA MAQUINARIA PROPULSORA Y AUXILIAR (WQ).

A - Peso maquinaria propulsora

El peso de la maquinaria propulsora se puede descomponer en el peso del motor propulsor y reductor (WME) más el peso restante de la maquinaria propulsora (RP).

A.1.- Peso motor (WME) :

Se puede estimar usando la expresión propuesta por el Lloyd's que nos da el peso estimado del motor más el reductor:

$$WME = 2,5 + 9,5 \cdot (MCO/N)^{0,91} = 152 \text{ ton}$$

Donde se ha supuesto que se tratará de un motor diesel semirrápido (750 RPM) y una potencia inicial de 15571 BHP, tomada de los datos obtenidos para el buque de proyecto con el programa ArqNaval.

A.2.- Peso restante de la maquinaria propulsora (WRP) :

La expresión empleada para el cálculo de este peso, también propuesta por el Lloyd's, es la siguiente:

$$WRP = K_m \cdot MCO^d = 508 \text{ ton}$$

Donde $K_m = 0,59$ y $d = 0,70$ son valores específicos para este tipo de buque (Frigorífico con el motor diesel semirrápido)

B – Peso maquinaria restante; compuesto por otros de elementos en cámara de máquinas y línea de ejes fuera de la cámara de máquinas (WQR)

Para calcular el peso de la maquinaria restante en este tipo de buque se usa una expresión dada también por el Lloyd's :

$$\begin{aligned} WQR &= k \cdot (0,5 \cdot L_m \cdot B \cdot D) + h \cdot (l_{eje}) \cdot (j \cdot L_{pp} + 5) \\ &= 141 \text{ ton} \end{aligned}$$

Donde los valores $L_m = 18,76$ eslora de la cámara de máquinas y $EJ = 7,8$ longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas se estiman por similitud al buque base.

Los parámetros $k = 0,038$ y $h = 0,0164$ son valores específicos para este tipo de buque.

Por lo tanto el peso total de la maquinaria será:

$$WQ = WME + WRP + WQR$$

$$WQ = 801 \text{ ton}$$

$$KGWQ = 0,17.T + 0,16.D$$

$$KGWQ = 3,0135 \text{ m}$$

4.PESO EN ROSCA (PR)

El peso en rosca WR, puede aproximarse, según Ref.1 Capítulo 3.7.8.4 como:

$$PR_p = 0,50502 \cdot VCAR^{0,84879} + 0,00466 \cdot PM^{0,66950} \cdot VP^{2,49977} + 6 \cdot Nt$$

Se puede hacer una estimación del desplazamiento de plátanos, $DISW_p$, tomando un peso muerto aproximado a partir del buque base.

$$\begin{aligned} PM_p &= (VCAR_p / VCAR_b) \times PMB_b \\ &= 5962 \text{ TPM} \end{aligned}$$

Este valor lo voy a incrementar por la alta autonomía del buque (15000 millas) haciendo una estimación del volumen necesario para los requisitos del proyecto.

Los motores marinos de alrededor de 10 000 BHP rondan un consumo de 160 a 240 g/Kw*h. por lo general.

Necesitamos ir a una velocidad de 20 nudos durante 15 000 millas.

Por lo tanto son unas 750 horas de navegación.

Con lo cual el peso total de fuel-oil requerido con un margen del 10 %:

$$210 \text{ (g/Kw*h)} * 12000 \text{ Kw} * 750 \text{ h} * 1.1 = 2079 \text{ ton.}$$

Suponiendo un peso superior de aceite, Agua de refrigeración etc...redondeamos a 2100 ton.

De donde, como el buque base lleva unas 1580 ton de fuel, el incremento que vamos a aplicar será de 420 ton.

Además el buque de proyecto al igual que el “Salica Frigo” va a llevar contenedores de 20 pies sobre cubierta. El buque base lleva 18, el de proyecto llevará 50. Por lo tanto el incremento de peso, considerando un peso medio de cada contenedor de 20 ton, será de 640 ton.

Luego:

$$PM_p = 7022 \text{ ton}$$

Y el Peso en rosca queda:

$$PR_p = 4436 \text{ ton}$$

Vamos a volver a calcular a partir de estos pesos hallados el Peso en Rosca del buque y comprobar que la primera aproximación es válida.

$$PR = (WST + WER + WQ) = 4414 \text{ ton}$$

Que como se puede ver es un valor que difiere en menos de un 1 % de la primera aproximación (4436 ton) .

$$KGPR = 0,63155.D + 1,21716$$

$$KGPR = 7,911m$$

$$LGPR = 0,41638 Lpp$$

$$LGPR = 49,549m$$

6. ESTIMACIÓN DEL KG.

Estimación del valor KG.

$$KG = \frac{KG_{acero} \cdot Pacero + KG_m \cdot P_m + KG_{eq} \cdot Peq + KG_{pm} \cdot P_{pm}}{\Delta}$$

Altura del centro de gravedad de la estructura del acero

$$KG_{gest} = 0.01 \cdot D \cdot \left[46.6 + 0.135 \cdot (0.81 - C_b) \cdot \left(\frac{L_{pp}}{D} \right)^2 \right] + \left(\frac{L_{pp}}{B} - 6.5 \right) \cdot 0.008 \cdot D - 0.002 \cdot D + 0.001 \cdot D \cdot \left(2 - \frac{L_{pp}}{60} \right)$$

$$KG_{gest} = 6,99 \text{ m.}$$

Altura del centro de gravedad de la maquinaria

$$KG_m = 0.17 \cdot T + 0.16 \cdot D$$

$$KG_m = 3,0135 \text{ m}$$

Altura del centro de gravedad del equipo

$$KG_{eq} = D + 1.25$$

$$KG_{eq} = 1 \text{ 1,851 m}$$

Altura del centro de gravedad del peso muerto

$$KG_{pm} = 0.635 \cdot D \text{ m.}$$

$$KG_{pm} = 7,04 \text{ m}$$

Con lo cual aplicando:

$$KG = \frac{KG_{acero} \cdot Pacero + KG_m \cdot P_m + KG_{eq} \cdot Peq + KG_{pm} \cdot P_{pm}}{\Delta}$$

Obtendremos el valor de :

$$KG = 7,497 m.$$

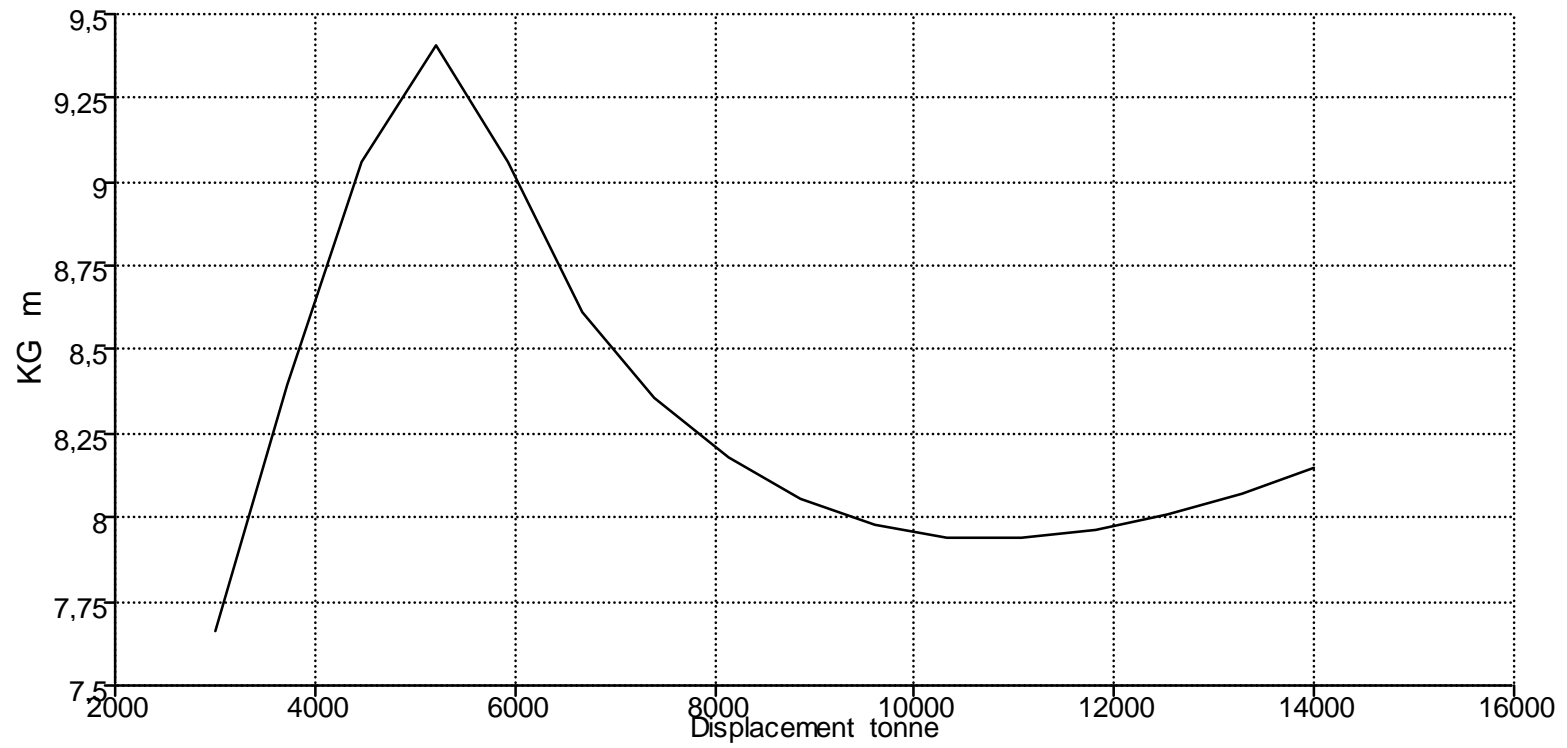
ANEXO V

Curva KG máximo

Curva de KG máximo

Fixed Trim = 0 m
Criterio IMO

	Displacement Tonne	Limit KG m
1	3000	7,659
2	3733	8,399
3	4467	9,062
4	5200	9,411
5	5933	9,058
6	6667	8,611
7	7400	8,36
8	8133	8,179
9	8867	8,054
10	9600	7,976
11	10333	7,943
12	11067	7,941
13	11800	7,963
14	12533	8,007
15	13267	8,068
16	14000	8,147



ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA

0.Introducción.

1.Estimación de la potencia propulsora.

2.Fijación del número de líneas de ejes.

3.Estimación del diametro de la hélice propulsora.

4. Huelgos entre hélice y casco.

5.Estimación de las características de maniobrabilidad reguladas por IMO.

6.Proyecto del timón.

7.Cálculo de empujadores transversales.

0.INTRODUCCIÓN

En este documento se desarrollarán los cálculos necesarios para el diseño de los propulsores, dentro de los cuales ha de ser incluido el cálculo de la potencia necesaria para propulsar el buque a la velocidad requerida por las condiciones de proyecto. También se incluyen aquí los cálculos para el diseño del timón.

La hélice del buque será de paso fijo. El punto óptimo de funcionamiento escogido para el diseño de la hélice es tal que funcionando el motor al 90 % de la potencia nominal en condiciones de pruebas, la hélice sea capaz de propulsar el buque a 20 nudos

El timón se desarrollará siguiendo las recomendaciones del Lloyd's Register of Shipping .

1.ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA.

Metodo de L.K.Kupras para el cálculo de la potencia propulsora.

En este documento se calcula la potencia absorbida por la hélice mediante el método de L.K. Kupras que es una versión simplificada de un método de Silverleaf y Dawson y aunque tiene menor aproximación que el método original tiene mayor sencillez de cálculo.

La potencia absorbida por la hélice (en condiciones de pruebas) a la velocidad límite viene expresada por:

$$PDB = (0,0023725 (1+ x) 0,71.DISW^{2/3} .VB^3) / ETAD$$

Se calculan cada uno de los factores de los que depende.

- Factor de correlación:

$$(1+x) = 0,85 + 0,00185 ((1000 - 3,28 L_{pp})/100)^{2,5}$$

$$(1+x) = 1,01$$

- Desplazamiento:

$$DISW = 11399 \text{ ton}$$

- Velocidad límite:

$$VB = (3,08 - 2,54 CB) \cdot (L_{pp})^{1/2}$$

$$VB = 15,36 \text{ nudos}$$

- Rendimiento del propulsor en aguas libres:

$$ETAO = 1,30 - 0,55CB - 0,00267N$$

$$ETAO = 0,38$$

- Rendimiento de casco:

$$ETAH = 0,385 + 0,7 \cdot CB + 0,11B/T$$

$$ETAH = 1,126$$

- Rendimiento rotativo relativo:

$$ETAR = 1,01$$

- Rendimiento cuasi-propulsor:

$$ETAD = ETAO \cdot ETAH \cdot ETAR$$
$$ETAD = 2,5$$

Sustituyendo, la potencia absorbida por la hélice a la velocidad límite es:

$$PDB = 1250 \text{ HP}$$

La potencia desarrollada por el motor propulsor a la velocidad de servicio de 20 nudos (PD)

$$PD = PDB \left(\frac{V}{VB} \right)^{4,167 \cdot V / VB} =$$
$$PD = 5235,3 \text{ HP}$$

La potencia desarrollada por el motor propulsor (PS) a 20 nudos de velocidad

$$PS = PD \cdot FS / ETAM$$
$$PS = 5342,1 \text{ HP}$$

2.FIJACIÓN DEL NÚMERO DE LÍNEAS DE EJES

Se opta por la instalación de una única línea de ejes. Varias son las razones que indican que es la mejor alternativa:

- Es la disposición del buque base. Las formas de popa del buque están dispuestas para una sola línea de ejes, formas finas.
- Económicamente, la mejor solución es la de instalar una única línea de ejes.
- Desde el punto de vista de maniobrabilidad, no requiere dos líneas de ejes
- No existen grandes limitaciones de calado mínimo a la hora de elegir la hélice de diámetro óptimo del propulsor.

3.ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA HELICE PROPULSORA

Una estimación de diámetro de la hélice que permite controlar su inmersión en las situaciones de navegación en lastre y verificar los huelgos entre la misma y el casco del buque es la que sigue:

$$MCO' = 90\% MCO = 13629,6 \text{ HP}$$

$$DP = 15,75 (MCO' ^{0,2} / N ^{0,6})$$

$$DP = 4,2 \text{ m}$$

4.HUELGO ENTRE HÉLICE Y CASCO

Debido a la importancia de estos huelgos expondremos las recomendaciones sobre los valores mínimos que deben tener según Lloyd's Register of Shipping.

Siendo una hélice de 5 palas cuyo DP = 4,2 m

$$Z = 5$$

$$K_z = 1$$

$$K = (0,1 + L_{pp}/3050)(2,56CB.MCO'/L_{pp}^2 + 0,3)$$

$$K = 0,26$$

- Lloyd's Register of Shipping

Recomienda los siguientes huelgos mínimos, según la formula, siendo Z el número de palas (5)

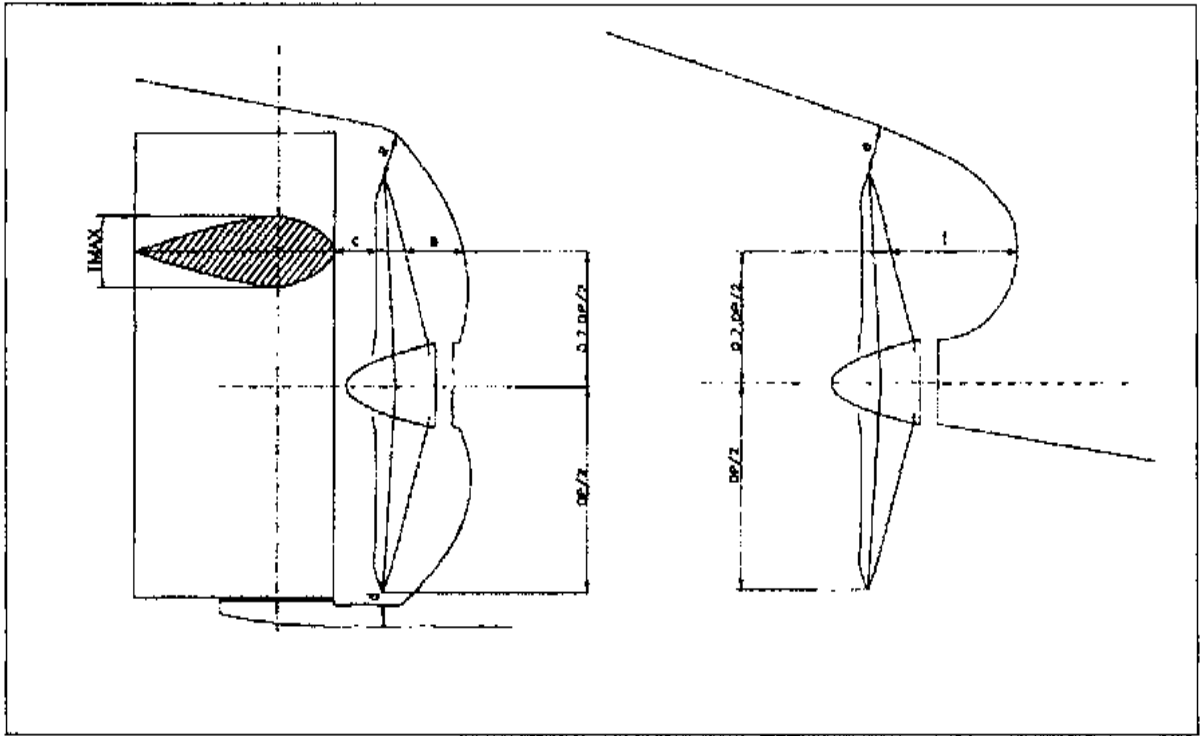
Huelgo

$$A = K_z.K.DP = 1,10 \text{ m} > 0,1DP \text{ Es válido}$$

$$B = 1,5 * A = 1,65 \text{ m} > 0,15DP \text{ Es válido}$$

$C = 0,12 * DP = 0,5 \text{ m} \geq$ al espesor del timón, suponemos que será así y lo consideramos válido.

$D = 0,03 * DP = 0,12m$ que como no posee ninguna limitación será válido.



5. ESTIMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD REGULADAS POR IMO:

Las características de maniobrabilidad se van a estimar por aplicación de fórmulas y procedimientos de base estadística tomados del libro “El Proyecto Básico del Buque Mercante” que sin ser exacto permitirá comprobar aproximadamente el grado de cumplimiento de los requerimientos reglamentarios.

Según la reglamentación de IMO, Resolución A. 751 (18) –para buques mayores de 100m de eslora, como es nuestro caso 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 Lpp) y el diámetro táctico no excederá de cinco esloras (5*Lpp) en la curva de evolución
- Capacidad inicial de evolución: Con la aplicación de un ángulo de 10° al timón a babor o a estribor , el buque cambiará el rumbo sin recorrer más de dos esloras y media (2,5)
- 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 Lpp/V es menor de 10 seg.

20° si la relación Lpp/V es mayor de 30 seg.

(5+0,5*Lpp/V) grados, si Lpp/V está entre 10-30 seg.

- En la maniobra de zig-zag en 10°/10° el valor del segundo ángulo de rebasamiento no excederá de los valores anteriores es 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 * Lpp) . No obstante , la Administración podrá modificar este valor cuando sea inaplicable en los buques de gran porte.

FACILIDAD DE EVOLUCIÓN

- Diámetro de giro:

$$DG = Lpp(4,19 - 203CB/DELR + 47,4TRI/Lpp - 13B/Lpp + 194/DELR - 35,8AR/(Lpp.T) + 7,79AB/(Lpp. T))$$

Siendo el valor de los factores de que depende:

- Ángulo de timón DELR = 35°
- Trimado del buque TRI = 0
- AR = $16,43 \text{ m}^2$
- Área proyectada sobre crujía del perfil del bulbo de proa AB = $6,99 \text{ m}^2$

$$\mathbf{DG = 381,629 \text{ m}}$$

Que cumple con los valores mínimos requeridos por IMO de DG ya que para buques de:

- $CB = 0,8$ $DG < 3,2 Lpp$
- $CB = 0,6$ $DG < 4,2 Lpp$

e interpolando para valores intermedios del CB.

Obtenemos: $CB = 0,658 \Rightarrow DG < 3,925 Lpp$

$$DG / Lpp = 3,2 < 3,925$$

- Diámetro táctico o de evolución:

$$DT = Lpp (0,91 \cdot DG / Lpp + 0,234 \cdot V / (Lpp)^{1/2} + 0,675)$$

$$\mathbf{DT = 478,53 \text{ m}}$$

Que cumple con los requerimientos de IMO pues:

$$DT = 4,02 Lpp < 5 \cdot Lpp$$

- Avance:

$$ADVC = Lpp(0,519DT/Lpp + 1,33)$$

$$\mathbf{ADVC = 406,62 \text{ m}}$$

Que cumple con los requerimientos de IMO pues

$$ADVC = 3,4 \cdot Lpp < 4,5 \cdot Lpp$$

- Caída o Transferencia:

$$\text{TRANS} = L_{pp} (0,497DT/L_{pp} - 0,065)$$

$$\text{TRANS} = 230 \text{ m}$$

FACILIDAD 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 Lpp/V es menor de 10 seg.

20° si la relación Lpp/V es mayor de 30 seg.

(5+0,5*Lpp/V) grados, si Lpp/V está entre 10-30 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°.
- Primer ángulo de rebasamiento en la maniobra en Z de 10°/ 10°:

$$\text{DELO/DELR} = 3,20 (CB \cdot B / L_{pp} + 0,1), \text{ siendo DELR} = 10^\circ$$

$$\text{DELO} = 10 \cdot 3,20 (0,658 \cdot 19,4 / 119 + 0,1) = 6,63^\circ$$

$$\text{Margen} = 1,2 \cdot 6,63 = 8^\circ$$

Siendo Lpp/V = 119/ 20.0,514 = 11,6sg. El primer ángulo de rebasamiento no excederá de 5 + 0,5.Lpp/V = 10,8°

- Primer ángulo de rebasamiento en la maniobra en Z de 20°/20°:

$$\text{DELO/DELR} = 5,20(CB \cdot B / L_{pp} + 0,019) , \text{ siendo DELR} = 20^\circ$$

$$\text{DELO} = 20 \cdot 5,20 (0,658 \cdot 19,4 / 119 + 0,019) = 13,13^\circ$$

$$\text{Margen} = 1,2 \cdot 13,13 = 15,7^\circ$$

IMO requiere que

$$\text{DELO} = (10^\circ/10^\circ) = 8^\circ < 20^\circ \text{ por tanto cumple}$$

Además el segundo ángulo de rebasamiento no excederá de : $15 + 8 = 23^\circ$

$$\text{DELO} = (20^\circ/20^\circ) = 15,7^\circ < 23^\circ \text{ por tanto cumple.}$$

FACILIDAD DE PARADA:

Distancia recorrida tras una maniobra de todo atrás

$$\text{RH} = 0,305 e^{(0,773 - 5 \cdot 0,00001 \cdot \text{PP} + 0,617 \cdot \text{Ln}(\text{pp}))} \cdot \text{DISW}^{1/3} =$$

Siendo el parámetro de potencia $\text{PP} = 0,305 \text{ V}^3 \cdot \text{DISW}/(\text{PBA} \cdot \text{DP})$ y PBA la máxima potencia dando atrás toda de un motor diesel, la cual consideramos que es un 35% de la máxima potencia marcha avante, con esto obtenemos:

$$\text{PBA} = 0,35 \cdot 15144 = 5300,5 \text{ HP}$$

$$\text{PP} = 0,305 \cdot 20^3 \cdot 11399 / (5300,5 \cdot 4,2) = 1249,4$$

$$\text{RH} = 0,305 e^{(0,773 - 5 \cdot 0,00001 \cdot 1249,4 + 0,617 \cdot \text{Ln} 1249,4)} \cdot 11399^{1/3} = 94,93 \text{ m}$$

Como $\text{RH} < 15 \cdot \text{Lpp} = 1785\text{m}$ cumple con los requerimientos de IMO.

6.PROYECTO DEL TIMÓN.

Utilizaremos un timón semisuspendido y compensado, con perfil simétrico tipo N.A.C.A. , que nos ofrecerá menor resistencia y mejores condiciones aerodinámicas que las placas planas.

Parámetros que definen básicamente la configuración del timón.

- Área del timón.

Es la superficie proyectada sobre el plano diametral . Existen distintos criterios para definir este valor que frecuentemente se supone proporcional al área de deriva, es decir al producto $L_{pp} T$. Atendiendo a estos criterios el area proyectada del timón será:

Criterio 1: Según este criterio ,el area proyectada de la pala tiene un valor aproximado de entre 1,6% y 2,5% de $L_{pp}.T$ o area de deriva.

Tomando un valor intermedio de 1,8% $L_{pp}.T$ el area buscada valdrá.

$$AR = 0,018.L_{pp}.T = 16,43 \text{ m}^2$$

Criterio 2 : En este criterio, el área proyectada de la pala está dada por la siguiente fórmula.

$$AR \geq 0,01.L_{pp}.T (1 + 25 (B/L_{pp})^2) = 15,19\text{m}^2$$

Como el criterio 1 cumple con el criterio 2, el valor seleccionado es:

$$AR = 16,43\text{m}^2$$

-Relación de aspecto, λ

Esta relación es el cociente entre la altura y la cuerda, $\lambda = h / Lt$.Su valor se toma proximo a $\lambda = 1,9$ por comparación con proyectos similares.

-Cuerda del timón, Lt

La cuerda del timón se calcula a partir de la altura del timón y su área, ya que

$$AR = h.Lt$$

$$h/Lt = 1,9$$

$$Lt = 2,94 \text{ m}$$

-Altura del timón (h).

En general, todos los buques de una hélice, tienen dispuesto el timón en la diametral del buque e inmediatamente a popa del propulsor. Conviene tener presente que la altura debe ser superior al diámetro del propulsor, para aprovechar al máximo la estela del mismo.

$$AR = h.Lt$$

Tomando $h/Lt = 1,9$ por comparación con proyectos similares.

$$Lt = 2,94\text{m}$$

$$h = 5,58\text{m}$$

-Relación de espesor, E

Esta relación viene dada por el cociente entre el espesor y la cuerda.

$$E = t / Lt$$

El rango de valores del espesor del timón está entre 0,15 y 0,23. Estos valores corresponden a los valores de E que presentan los perfiles tipo NACA y, en caso de desprendimiento de flujo, este se producirá para ángulos del timón mayores de 35°, superiores al ángulo máximo de giro del timón.

Se ha elegido un valor de $E = 0,21$ (perfil NACA 0021) valor para el que no se producirá desprendimiento de flujo. De esta manera, el espesor máximo del timón será:

$$t = 0,60695 \text{ m}$$

-Características geométricas del timón

Características geométricas del timón	
Área del timón, AR	16,43 m ²
Altura del timón, h	5,58 m
Cuerda, Lt	2,94 m
Espesor máximo, t	0,60695 m
Relación de aspecto, λ	1,9
Relación de espesor, E	0,21

- La compensación .

Es el área del timón a proa del eje de giro , que se suele definir como tanto por ciento de AR .Es aproximadamente 20% de AR.

La longitud de la parte compensada no debe exceder el 35% Lt.

Así pues el area proyectada que habrá a proa del eje de giro será:

$$Ac = 20\% AR = 3,2\text{m}^2$$

La longitud de la parte compensada será:

$$Ac = ht \cdot Lt \text{ entonces } 3,2 = 5,58 \cdot Lt$$

$$Lt = 0,57\text{m} < 0,35 \cdot Lt = 1,01$$

- Mecha del timón.

Según las reglas de Lloyd's Register of Shipping, el diámetro de la mecha de un timón rectangular no será menor que el calculado por la fórmula:

$$DM = 83,3 KR ((V+3)^2 (AR^2 \cdot XP^2 + KN^2)^{1/2})^{1/3}$$

Así pues tenemos:

$$\begin{aligned}AR &= 16,43 \\ KN &= 0\end{aligned}$$

- Para marcha adelante:

$$\begin{aligned}KR &= 0,248 \\ V &= 20 \text{ nudos} \\ XP &= 0,33Lt - XL \text{ donde consideramos } Lt = 2,94 \text{ m y } XL = (lt) = 0,57 \text{ m} \\ XP &= 0,4 \text{ m} \\ DM &= 83,3 \cdot 0,248 \cdot ((20 + 3)^2 \cdot (16,43^2 \cdot 0,4^2 + 0)^{1/2})^{1/3} = 312,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Para marcha atrás:

$$\begin{aligned}KR &= 0,185 \\ V &= 10 \text{ nudos} \\ XP &= XA - 0,25Lt \text{ donde consideramos } Lt = 2,94 \text{ m y} \\ XA &= Lt - XL = 2,37 \text{ m} \\ XP &= 1,635 \text{ m}\end{aligned}$$

$$DM = 83,3 \cdot 0,185 \cdot ((10+3)^2 \cdot (16,43^2 \cdot 1,635^2 + 0)^{1/2})^{1/3} = 255,17 \text{ mm}$$

Tendremos que tomar el mayor con lo que $DM = 312,9 \text{ mm}$.

7. CÁLCULO DE EMPUJADORES TRANSVERSALES

Se disponen empujadores transversales en proa y popa que facilitarán las maniobras de entrada y salida de puertos generando un empuje normal al plano diametral aspirando agua de una banda y arrojandola a la contraria. Para ello se dispone una hélice en un conducto que atraviesa la parte baja del casco .

$$\text{Area lateral proyectada} = L_{pp} \cdot T = 880,6 \text{ m}^2$$

$$F1 = 0,09 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\text{Empuje} = 0,09 \cdot 119.7,4 = 79,25 \text{ KN} = 8085 \text{ Kg}$$

Con un valor normal de 11Kg por HP del motor accionador, resulta una potencia necesaria del motor de 735HP.

$$\text{Velocidad de giro del buque VPSI} = 188 \cdot F^{1/2} / L_{pp} = 0,49^\circ/\text{seg}$$

CÁLCULO DE VOLUMENES

0.Introducción.

1.Definición de los compartimentos principales.

2.Cálculo del volumen de carga.

3.Volumen del casco completo

4.Volumen del doble fondo.

5.Volumen de cámara de máquinas.

6.Volumen de piques de proa y popa.

7.Volumen de tanques.

8. Cálculo de capacidades y centros de gravedad de los diferentes espacios.

0.INTRODUCCIÓN.

En este punto, se calculan los volúmenes de los principales compartimentos del buque siguiendo las exigencias del LRS, utilizando las fórmulas que para tal efecto aparecen el libro "El proyecto básico del buque mercante" y los valores orientativos que proporciona el programa ARQNAVAL, para a continuación ajustarlos en el diseño del plano de Disposición General.

El cálculo definitivo de volúmenes así como la posición de sus centros de gravedad se obtienen con el programa HIDROMAX, pudiendo comprobar que los valores iniciales no se desvían en gran medida de estos últimos.

1.DEFINICIÓN DE LOS CAMPARTIMENTOS PRINCIPALES

Pique de proa.

Las sociedades de Clasificación requieren que el mamparo del pique de proa se sitúe una distancia mínima y otra máxima a la perpendicular de proa que en nuestro caso un buque con bulbo de proa y menor 200m sería:

- mínima = $0,05L_{pp}$ - $f_1 = 4,16m$
- máxima = $0,08L_{pp}$ - $f_1 = 7,74m$

$$f_1 = 0,015 L_{pp} = 1,79$$

Valores normales:

Aunque interesa que la longitud del pique de proa sea la menor posible para no restar espacio útil de carga, es normal adoptar un valor mayor que el mínimo reglamentario, para conseguir una capacidad de lastre en proa que permita alcanzar un calado adecuado en navegación en lastre y evitar un excesivo macheteo con mares agitadas.

Para alcanzar un cierto calado a proa en la situación de lastre , el tamaño del pique depende de la longitud de éste pero también del afinamiento de la carena, existencia o no de un doble casco para lastre...

Se considera un valor del 20 al 40% del valor mínimo reglamentario.

$$\mathbf{Lfp = 6m}$$

Pique de popa.

Como indicamos anteriormente una longitud apropiada sería el 4% de L_{pp} , que nos coincide con la longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas, siendo esta distancia

$$\mathbf{Lap = 5,4 m}$$

Cámara de máquinas.

Para un buque frigorífico propulsado por un motor diesel de dos tiempos, la longitud de la cámara de máquinas viene dada por la expresión:

$$L_{cm} = 0,00217 L_{pp}^{1,32} + 0,605.MCO^{0,38} =$$

$$\mathbf{L_{cm} = 24,6m}$$

Doble fondo.

Se dispondrá de doble fondo en la cámara de máquinas y en las bodegas de carga.

$$DDF = 1,6m$$

$$\mathbf{LDF = 107,6m}$$

2. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE CARGA

Se empleará la fórmula propuesta en el libro "El proyecto básico del buque mercante" para el cálculo del volumen de bodega.

$$SCTA = 1,177 \cdot Np \text{ (m}^2\text{)}$$

$$NP = LHO \cdot B \cdot NDKS \cdot Cb$$

Siendo:

SCTA = superficie de cubiertas para estiba de paletas.

Np = número de paletas.

LHO = eslora total de los espacios de carga.

NDKS = número de cubiertas.

Suponiendo una eslora de espacios de bodega de 70 m por comparación con el buque base.

$$Np = 70 \cdot 19,4 \cdot 4 \cdot 0,658 = 3574,2$$

$$SCTA = 4206,9 \text{ m}^2$$

Por último, multiplicamos la superficie total por la altura de cubiertas:

$$V_{bod} = SCTA \cdot 2,2 = 9255 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{bod} = 9255 \text{ m}^3}$$

Que corresponden a unos 326 000 ft³ de volumen de bodega.

3.VOLUMEN DEL CASCO COMPLETO.

Podemos calcular su volumen en metros cúbicos mediante la fórmula:

$$VTC = CBD \cdot Lpp \cdot B \cdot DA + VBR$$

Siendo

$$CBD = CB + 0,35 \cdot (D - T) \cdot (1 - CB) / T = 0,658 + 0,35 \cdot (10,6 - 7,4) \cdot (1 - 0,658) / 7,4$$

$$CBD = 0,7$$

$$DA = D = 10,6 \text{ m}$$

$$VBR = 0,012 Lpp \cdot B^2 = 537,4 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{VTC = 17667 \text{ m}^3}$$

4.VOLUMEN DEL DOBLE FONDO

Podemos calcular su volumen en metros cúbicos mediante la fórmula

$$DVF = Lpp \cdot B \cdot DDF \cdot (CB - 0,4 [(T - DDF) / T]^2 (1 - CB))^{1/2}$$

$$\mathbf{VDF = 1763 \text{ m}^3}$$

5.VOLUMEN DE CÁMARA DE MÁQUINAS

$$VCM = Lcm \cdot B \cdot D \cdot (3,217 \cdot Lcm / Lpp - 0,0655)$$

$$\mathbf{VCM = 3045,9 \text{ m}^3}$$

6.VOLÚMENES DE LOS PIQUES DE PROA Y POPA

Utilizando el programa de ordenador ARQNAVAL, se obtienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned}V_{fp} &= 108 \text{ m}^3 \\V_{ap} &= 129 \text{ m}^3\end{aligned}$$

7.VOLUMEN DE TANQUES.

Valor obtenido con el programa ARQNAVAL.
 $V_t = 2883 \text{ m}^3$

8. CÁLCULO DE CAPACIDADES Y CENTROS DE GRAVEDAD.

El cálculo de capacidades y centros de gravedad de los diferentes espacios del buque se ha obtenido con el programa HIDROMAX.

TABLAS DE CAPACIDADES

COMPARTIMENTO	DENSIDAD	VOLUMEN (M3)	PESO (ton)	XG	ZG	YG
Tank popa comb e	0,9443	744,059	702,615	30,66	4,641	6,167
Tank popa comb b	0,9443	744,059	702,615	30,66	-4,641	6,167
Tank proa 1 comb b	0,9443	32,868	31,038	94,295	1,341	0,821
Tankproa 1 comb e	0,9443	32,868	31,038	94,295	-1,341	0,821
Tankproa 2 comb e	0,9443	71,452	67,472	77,878	2,025	0,801
Tank proa 2 comb b	0,9443	71,452	67,472	77,878	-2,025	0,801
Tank servic. diar. fuel	0,9443	58,186	54,945	23,536	-6,785	9,122
tank sed fuel central	0,9443	79,11	74,704	24,165	0	9,1
Tank ppa diesel e	0,8203	29,787	14,59	0,551	3,956	9,624
Tank ppa diesel b	0,8203	29,787	14,59	0,551	-3,956	9,624
Tank ppa diesel e	0,8203	48,648	30,882	4,876	1,364	6,728
Tank ppa diesel b	0,8203	48,648	30,882	4,876	-1,364	6,728
Tank Diesel e	0,8203	45,501	29,122	19,985	6,596	9,138
tank sed diesel e	0,8203	58,186	47,73	23,536	6,785	9,122
Tank aceite estrb ab	0,92	38,588	35,501	21,801	4,214	0,915
Tank aceite babor ab	0,92	26,022	23,941	20,449	-4,004	0,931
Tank aceite estrb ar	0,92	62,795	57,771	22,029	5,825	3,229
tank agua dulce ab b	1	62,795	62,795	22,029	-5,825	3,229
tank agua dulce arr b	1	45,501	35,501	19,985	-6,596	9,138
Derrame fuel	0,9443	24,598	23,228	24,215	0	0,801
lodos	1	26,797	26,797	14,376	0	0,871
Sentina	1	30,434	30,434	10,587	0	0,884
Derrame diesel	0,8203	12,296	10,086	24,623	-4,646	0,882
Aguas oleosas	0,92	60,454	60,454	19,221	0	0,803
bodega 1.1	0,325	564,307	183,4	93,444	0	3,154
bodega 1.2	0,325	645,538	209,8	93,569	0	6,128
Bodega 1.3	0,325	728,307	236,7	93,791	0	9,138
bodega 2.1	0,325	917,538	298,2	77,521	0	3,126
Bodega 2.2	0,325	966,1538	314	77,646	0	6,107
Bodeba 2.3	0,325	987,077	320,8	77,728	0	9,105
Bodega 3.1	0,325	1026,461	333,6	60,913	0	3,102
Bodega 3.2	0,325	1028,923	334,4	60,928	0	6,1
Bodega 3.3	0,325	1029,23	334,5	60,929	0	9,1
Bodega 4.1	0,325	1016,615	330,4	44,005	0	3,102

Bodega 4.2	0,325	1019,692	331,4	43,989	0	6,1
Bodega 4.3	0,325	1020,615	331,7	43,984	0	9,1
d fond lastre 1 e	1,0252	43,833	44,938	91,938	3,242	0,985
d fond lastre 1 b	1,0252	43,833	44,938	91,938	-3,242	0,985
d fond lastre 2 e	1,0252	96,677	99,114	76,676	5,363	0,91
d fond lastre 2 b	1,0252	96,677	99,114	76,676	-5,363	0,91
d fond lastre 3 e	1,0252	225,443	231,124	60,803	4,866	0,829
d fond lastre 3 b	1,0252	225,443	231,124	60,803	-4,866	0,829
d fond lastre 4 e	1,0252	224,046	229,692	44,071	4,871	0,827
d fond lastre 4 b	1,0252	224,046	229,692	44,071	-4,871	0,827
d fond lastre F e	1,0252	123,42	126,53	30,781	3,943	0,838
d fond lastre F b	1,0252	123,42	126,53	30,781	-3,943	0,838
Tank proa lastre 1 arr	1,0252	163,607	167,73	105,556	0	9,194
Tank proa lastre 1 ab	1,0252	253,126	259,505	105,488	0	4,319
Tank proa lastre 2	1,0252	335,558	344,014	113,544	0	5,944
Tank ppa. last	1,0252	14,071	14,426	-1,635	0	9,201

TOTALES	VOLUMEN (M3)
Total Bodegas	10950
Total Fuel	1834
Total Agua de Lastre	2193
Aguas oleosas	60
Total Reboses y lodos.	94
Total Agua Dulce	98
Total Diesel	261
Total Aceite	127

FRANCOBORDO

- 0. Introducción.**
- 1. Francobordo tabular y correcciones.**
- 2. Cálculo del francobordo.**

0.INTRODUCCION.

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.

Para su cálculo se sigue el Convenio Internacional de Líneas de Máxima Carga de 1966.

Los datos necesarios para el cálculo del francobordo son los siguientes:

- Se trata de un buque tipo B. Se toma la cubierta principal como cubierta de francobordo por ser ésta la primera continua y estanca a lo largo de toda la eslora.
- Puntal mínimo de trazado. Será de 10.60 m
- Eslora de francobordo (Regla 3.1): Se elegirá como tal el mayor de los valores siguientes:
 - El 96% de la eslora total de una flotación situada al 85% del puntal mínimo de trazado, es decir, 9 m.
 - La eslora desde la proa de la roda a la mecha del timón en la flotación anterior.

Como en las fases iniciales del proyecto no se conocen los detalles de las configuraciones de roda y codaste, se puede considerar que L es igual a la L_{pp} .

- Manga de francobordo (Regla 3.2). Se tomará la manga de trazado, 19,4 m
- El espesor de la plancha de trancanil es de 13 mm.
- Puntal de francobordo (Regla 3.6). Será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la plancha del trancanil:

$$10,6 + 0.013 = 10,613 \text{ m.}$$

El convenio de 1966 indica la forma de calcular el francobordo por medio de una serie de tablas y fórmulas, con las que se calcula un francobordo tabular o básico y varias correcciones, que se aplican cuando el buque difiere de un estándar definido en el Convenio 1966.

1. FRANCOBORDO TABULAR Y CORRECCIONES.

CÁLCULO APROXIMADO DE FB A PARTIR DE LA RELACIÓN T/D:

Es evidente que si se conoce el calado del buque, como es lo normal en la primera fase de proyecto, y se puede estimar la relación T/D, del calado de proyecto al puntal, se puede deducir inmediatamente el francobordo, ya que

$$FB = D - T = 10,6 - 7,4 = 3,19 \text{ m}$$

FRANCOBORDO TABULAR.

Es el francobordo básico, función solo del tipo de buque (A ó B) y de su eslora. Su valor se lee directamente de la siguiente tabla, interpolando en caso necesario.

Francobordo tabular de un buque tipo B:

Eslora (m)	Francobordo (mm)
119	1671

CORRECCIONES**- Corrección por eslora menor de 100 m:**Al ser $L > 100$ m;

$$C1 = 0$$

.- Corrección por CB:

Si el coeficiente de bloque es mayor de 0,68, el francobordo tabular más la corrección $C1$, si existe, se multiplica por:

$$C2 = (1,01CB + 0,68)/1,36$$

No se tiene corrección por coeficiente de bloque ya que $CB = 0,658 < 0,68$

$$C2 = 0$$

- Corrección por Puntal:

Se realiza esta corrección debido a que el puntal del buque 10,6 m excede de $L/15 = 7,93$ m. El francobordo se aumenta en:

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

Siendo:

- $R = L/0,48$ si $L < 120$ m
- $R = 250$ si $L \geq 120$ m

En nuestro caso, $R = 247,91$

$$C3 = 661,93\text{mm.}$$

- Corrección por superestructura:

El castillo y la toldilla, serán considerados superestructuras por tratarse de construcciones dispuestas encima de la cubierta de francobordo extendiéndose de banda a banda del buque. A su vez, se considerarán superestructuras cerradas al estar dotadas de acceso para que la tripulación pueda llegar a la maquinaria y demás lugares de trabajo situados en el interior de éstas, por otros medios que puedan utilizarse en todo momento cuando estén cerradas las aberturas de los mamparos.

Respecto a las longitudes medias del castillo y toldilla:

- La longitud media del castillo estará medida desde la Ppr hasta el mamparo de popa del mismo (20,68 m.).
- La longitud media de la toldilla estará medida desde el mamparo de proa de la misma hasta la Ppp (25,65 m.).

Respecto a las alturas reales del castillo y toldilla:

- La altura real del castillo es de 2,30m.
- La altura real de la toldilla es de 2,70 m.

Respecto a las alturas normales del castillo y toldilla, decir que se obtienen por interpolación lineal entre los valores de la tabla de la regla 33.

L (m)	ALTURA NORMAL
75	1,8
125	2,3

Así, la altura normal correspondiente a las superestructuras de nuestro buque será 2,28 m.

Al no estar las superestructuras retiradas de los costados, ni tener una curvatura convexa regular en el mamparo final de las mismas, y tener una altura superior a la normal correspondiente, la longitud efectiva de éstas coincidirá con la longitud media y tendrá un valor total de 49,88 m, que corresponde a un 41,9 % de la eslora del buque.

Si la longitud total de las superestructuras es igual a la eslora del buque, se aplica al francobordo una corrección sustractiva D_e , definida en la siguiente tabla:

Eslora de buque	Corrección D_e (mm)
24	350
85	860
122 y más	1070

Interpolando en la tabla para $L = 119\text{m}$

$D_e = 1053\text{mm}$

Dado que la eslora de nuestra superestructura no es el 100 % de la eslora sino el 41,9 %, entonces tendremos que aplicar la segunda parte esta Regla, para lo que será necesario interpolar linealmente en la línea de buques tipo "B", entre los valores $0.4 L$ (23,5%) y $0.5 L$ (32%), teniendo un porcentaje de reducción del francobordo por superestructuras del 25,19 % de los 1053 mm. determinados anteriormente.

E/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Tipo B	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100

Así, finalmente, tendremos una reducción de:

$$C4 = De \times \text{Por} / 100 = 265,25\text{mm.}$$

Se puede calcular el porcentaje de forma directa con la fórmula siguiente

$$\text{Por} = 0,30 + 37 E/L + 50 (E/L)^2 = 24,5\%$$

Calculado de esta forma la reducción $C4 = 257,98\text{mm}$

- corrección por arrufo:

La cubierta no tiene casi arrufo ,lo que simplifica y abarata el proceso constructivo.

$$C5 = (1-A/100)(4,168L + 125) (0,75 - E / (2L))$$

$$A = 0$$

$$C5 = 331,4\text{mm}$$

- corrección por altura mínima de proa

La regla 39 del convenio de 1966 exige que la distancia vertical desde la cubierta expuesta hasta la flotación en carga correspondiente al francobordo de verano, medida en la perpendicular de proa, no sea menor de

○ si $L \geq 250$ $7000[1,36/(CB + 0,68)]$

○ si $L < 250$ $56.L(1 - L/500)[1,36/(CB + 0,68)] = 5161,5\text{mm}$

$D - T = 2,4$ m. Cumple perfectamente, por lo que no hay corrección.

2. CÁLCULO DEL FRANCOBORDO

- Francobordo de verano

De los cálculos anteriores se deduce el francobordo de verano:

$$Fb = 1671 + 661,93 - 257,9 + 331,4 = 2406 \text{ mm}$$

A este francobordo le corresponde un calado medio desde la línea de base de 8,2 m, mayor que el calado máximo de proyecto, lo que corrobora que el puntal de proyecto es correcto.

- Calado de verano

El calado de verano será por tanto:

$$Tv = 10,613 - 2,406 = 8,2 \text{ m.}$$

- Francobordo tropical

El francobordo mínimo en la zona tropical es el francobordo que resulta de deducir del francobordo de verano 1/48 del calado de verano:

$$Fb \text{ tropical} = Fb - Tv/48 = 2235 \text{ mm.}$$

La línea de carga tropical estará a 171 mm sobre la de verano.

- Francobordo de invierno

Será el francobordo de verano incrementado en $T_v/48$:

$$Fb \text{ invierno} = Fb + T_v/48 = 2576 \text{ mm.}$$

La línea de carga de invierno estará a 171 mm por debajo de la de verano.

- Francobordo de invierno para el Atlántico Norte

Este francobordo será el mismo que el de invierno.

- Francobordo de agua dulce.

Se obtiene reduciendo el francobordo mínimo en agua salada la cantidad:

$$DISW / (40 \cdot TCI)$$

Siendo:

$$TCI = \gamma \cdot L_{pp} \cdot B \cdot CPW / 100 = 20$$

$$DISW = \gamma \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \cdot CB = 12767,7 \text{ t.}$$

$$\text{Corrección} = DISW / (40 \cdot TCI) = 16 \text{ cm}$$

$$FB - 160 = 2246 \text{ mm} = \mathbf{2,24 \text{ m.}}$$

El francobordo en agua dulce será de 2,24m y la línea de carga estará a 160mm sobre la de verano.

ARQUEO

0.Introducción.

1.Cálculo del arqueo bruto.

2.Cálculo del arqueo neto.

0.INTRODUCCIÓN.

El Arqueo indica el tamaño de un buque y se emplea para determinar reglamentariamente muchas de sus características técnicas y para aplicar las tarifas de uso de puertos, canales, remolcadores ...

Para el cálculo del Arqueo se sigue el "Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 1969"

En el Arqueo se distinguen dos valores Arqueo Bruto (GT) y el Arqueo Neto (NT), que se calculan a continuación de forma aproximada mediante los métodos que se exponen en el libro "El Proyecto Básico del Buque Mercante"

1.CÁLCULO DEL ARQUEO BRUTO.

- Cálculo aproximado a partir del buque base.

Según el convenio de 1969 el arqueo bruto (GT) se determina por la fórmula:

$$GT = K \cdot V$$

Siendo:

$V = Lpp \cdot B \cdot D \cdot CBD$ (volumen total de todos los espacios cerrados del buque en m^3)

$$CBD = CB + (0,35 (D-T) / T) \cdot (1-CB) = 0,709$$

$$V = 17350m^3$$

$$K = 0,2 + 0,02 \log_{10} V$$

$$K = 0,284 \text{ (aproximadamente el mismo valor que el buque base)}$$

$$GT = 4941 \text{ ton}$$

- Cálculo aproximado de forma directa.

El arqueo así calculado se determina siguiendo un procedimiento que utiliza información deducida de un análisis de buques existentes.

1. Volumen del casco por debajo de cubierta de arqueo, hasta el nivel del puntal.

$$VBD = Lpp.B.D.CBD = 17350 \text{ m}^3$$

2. Volumen debido a la brusa de la cubierta.

$$VBR = 0,012Lpp.B^2 = 537,442\text{m}^3$$

3. Volumen de superestructuras y casetas.

$$VSUP = 41Lpp-755 = 4124 \text{ m}^3$$

4. Volumen de brazolas de escotillas.

$$VES = LES.BES.HES$$

Siendo:

$$LES = 25/35 \cdot Lpp$$

$$BES = 30/45 \cdot B$$

$$HES = 1/1,5$$

$$VES = 733,1\text{m}^3$$

$$V = VBD + VBR + VSUP + VES$$

$$V = 22744,5\text{m}^3$$

$$K = 0,2 + 0,02\log_{10}V = 0,227$$

$$\mathbf{GT = 5166 \text{ ton}}$$

2. CÁLCULO DEL ARQUEO NETO.

Se calcula por la fórmula:

$$NT = K_2 \cdot VCAR (4T / 3D)^2 + K_3 (N1 + N2/10)$$

Siendo:

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \log_{10} VCAR = 0,279$$

$$K_3 = 1,25 (GT + 10000) / 10000 = 1,867$$

N1= número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas = 25

N2= número del resto de pasajeros = 0

$$VCAR = 9255m^3$$

Teniendo en cuenta que:

- $N1 + N2 > 13$.

- el factor $(4T / 3D)^2 = 0,868 < 1$

- el termino $K_2 \cdot VCAR (4T / 3D)^2 = 14998,2 > 0,25GT$

- $NT > 0,30GT$.

$$NT = 15045 \text{ ton}$$

ESTABILIDAD Y CONDICIONES DE CARGA

0.Introducción

1.Situaciones de carga estudiadas

Plena carga salida al 100% de consumos

Plena carga llegada al 10% de consumos

Lastre salida al 100% de consumos.

Lastre llegada al 10% de consumos.

2.Recomendaciones para las situaciones de carga.

3. Estabilidad estática y dinámica

Criterio de estabilidad según IMO.

ANEXO : Desplazamientos, calados y trimado

ANEXO: Estabilidad

0.INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las recomendaciones de la OMI en “Criterios de estabilidad en avería aplicable a los buques de pasaje y a los buques de carga”, y las normas de la sociedad de clasificación ”Lloyd’s Register of Shipping” (3-4-5.3.3), las situaciones de carga mínimas a estudiar son:

1. Salida a plena carga al 100% de combustible.
2. Llegada a plena carga al 10% de combustible.
3. Salida en lastre al 100% de combustible.
4. Llegada en lastre al 10% de combustible.

Para el estudio de las distintas situaciones de carga, se ha usado el módulo *HIDROMAX* del programa *MAXSURF*.

1. SITUACIONES DE CARGA ESTUDIADAS.

1. Salida a plena carga de plátano más contenedores, 100% consumos

Se carga el buque con el peso necesario para dar el peso muerto máximo, distribuyendo uniformemente la carga de las bodegas. El valor del coeficiente de estiba correspondiente es de 3,077 m³/t.

Así pues, la densidad de carga será $1/3,077 = 0,325$ t/m³.

Se colocan los 50 contenedores sobre la cubierta principal tal como se indica en la disposición general, considerando un peso medio neto máximo de 20 t por contenedor contemplando así la posibilidad de cualquier tipo de carga. Las bodegas y entrepuentes se considerarán con un grado de llenado del 100 %, los tanques de fuel-oil, aceite y demás consumibles al 100 %, los tanques de reboses, aceite sucio y lodos al 20%. Así como unos pertrechos con una carga máxima de 60 T.

2. Llegada plena carga de plátano más contenedores, 10% consumos.

Ahora los tanques de fuel-oil y aceite y demás consumibles se consideran al 10%, el tanque de lodos al 80% y el aceite sucio al 80%. Así como consideramos que el peso de pertrechos se queda en 10 T.

3.Salida lastre, 100% consumos.

En esta situación todas las bodegas están vacías. Los tanques de fuel-oil se consideran al 100%, los tanques de reboses y aceite sucio al 20% y el tanque de lodos al 20%. Se llenan completamente al 100 % los tanques de lastre de proa y del doble fondo. El peso de los pertrechos es de 60 T.

4. Llegada en lastre, 10% consumos.

Esta situación es similar a la anterior pero con unos consumos al 10%. Los tanques de lodos y de reboses se consideran al 80% y el de aceite sucio al 80%. Se llenan todos los tanques de lastre, consiguiendo así un calado de popa suficiente, que nos asegure una inmersión completa de la hélice.

2.RECOMENDACIONES PARA LAS SITUACIONES DE CARGA

En el análisis de las situaciones de carga se tendrán en cuenta las siguientes restricciones o recomendaciones:

- De acuerdo con las recomendaciones de MARPOL y OMI, el calado de trazado en el centro del buque (calado medio), expresado en metros, no será inferior a:

$$T_m = 2 + 0,02 \cdot L$$

Donde L = eslora de francobordo = 119 m $\Rightarrow T_m = 4,38$ m

- De acuerdo con las recomendaciones de la OMI, el asiento apopante no será superior a:

$$\Delta T = 0,015 \cdot L$$

Donde L = eslora de francobordo = 119 m $\Rightarrow \Delta T = 1,785$ m

- El calado en la perpendicular de popa, no será en ningún caso inferior al necesario para garantizar la inmersión total del propulsor. Basta con que la línea de flotación se encuentre un 10% del diámetro del propulsor por encima de su borde superior.

$$T_{pp} = H + R + 0,1 \cdot D$$

H = altura del eje sobre la línea de base = 2,45 m

R = radio del propulsor = 2,1 m

D = diámetro del propulsor = 4,2 m

$$\Rightarrow T_{pp} = 4,85 \text{ m}$$

Por tanto, las situaciones de carga deben cumplir.

Tm >	4,38 m
TΔ <	1,785 m
Tpp >	4,85 m

Condición de Carga	Desp (t)	Tpr (m)	Tpp (m)	Tm (m)	Trimado pp (m)
Salida a plena carga al 100% de combustible	11317,1	6,539	7,844	7,191	-1,305
Llegada a plena carga al 10% de combustible	9453	5,818	6,22	6,019	-0,401
Salida en lastre al 100% de combustible	8992	5,016	6,594	5,805	-1,578
Llegada en lastre al 10% de combustible	7193	4,869	5,073	4,971	-0,204

A la vista de los resultados se observa:

- En ninguna de las cuatro situaciones de carga, se supera el máximo asiento (1,785 m) establecido por las reglas.
- La inmersión del propulsor es en todos los casos mayor que la recomendada, calculada con anterioridad (4,85 m).
- El calado medio se mantiene también por encima del mínimo recomendado (4,38m).

3.ESTABILIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA

CRITERIOS DE ESTABILIDAD SEGÚN IMO.

Para aceptar cada situación de carga, es necesario que se cumplan las recomendaciones de la OMI “criterios de estabilidad en averías aplicables a los buques de pasaje y a los buques de carga”, y los de la Administración Española que coinciden con los anteriores y que como ya se han enumerado son:

- El área bajo la curva de brazos adrizantes (GZ) no será inferior a 0,055 m.rad hasta un ángulo de escora de 30°.
- El área bajo la curva de brazos adrizantes (GZ) no será inferior a 0,090 m.rad hasta un ángulo de escora de 40°.
- La diferencia entre ambos valores no será inferior a 0,030 m.rad.

Los resultados obtenidos, son los que se muestran a continuación:

Condición de Carga	Área 30° (m · rad)	Área 40° (m · rad)	Diferencia (m · rad)
Requisito OMI	superior a 0,055	superior a 0,09	superior a 0,03
Salida a plena carga al 100% de combustible	0,232	0,414	0,182
Llegada a plena carga al 10% de combustible	0,198	0,4	0,202
Salida en lastre al 100% de combustible	0,235	0,386	0,151
Llegada en lastre al 10%	0,268	0,413	0,145

de combustible			
----------------	--	--	--

- El valor máximo del brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m para un ángulo de escora igual o superior a 30°.
- El valor máximo del brazo adrizante GZ corresponderá a un ángulo superior a 25° de escora.
- La altura metacéntrica inicial GM_0 , no será inferior a 0,15 m.

Los resultados obtenidos en relación a las tres últimas reglas se indican en la tabla siguiente:

Condición de Carga	GZ (30°) (m)	GZ _{máx} (°)	GM0 corr (m)
Requisito OMI	superior a 0,2	mayor que 25	superior a 0,15
Salida a plena carga al 100% de combustible	0,65	61,134	0,61
Llegada a plena carga al 10% de combustible	0,61	60,322	0,621
Salida en lastre al 100% de combustible	0,75	71,621	1,232
Llegada en lastre al 10% de combustible	0,85	73,201	1,46

ANEXO VI

Trimados, Calados y Desplazamientos

Plena Carga Salida- 100% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight (t)	Long. m	Vert. m	Trans. m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,9	0
Viveres y pertrechos	1	60	0,708	7,9	0
Contenedores	50	1000	53,75	13,05	0
Tank popa comb e	100%	703	30,66	6,167	4,641
Tank popa comb b	100%	703	30,66	6,167	-4,641
Tank servic. diar. fuel	100%	54,9	23,536	9,122	-6,785
tank sed fuel central	100%	74,7	24,165	9,1	0
Tank Diesel e	100%	29,12	19,985	9,138	6,596
tank sed diesel e	100%	47,73	23,536	9,122	6,785
Tank aceite estrb ab	100%	35,5	21,801	0,915	4,214
Tank aceite babor ab	100%	23,94	20,449	0,931	-4,004
Tank aceite estrr ar	100%	57,8	22,029	3,229	5,825
tank agua dulce ab b	100%	62,8	22,029	3,229	-5,825
tank agua dulce arr b	100%	35,5	19,985	9,138	-6,596
Derrame fuel	20%	4,646	24,215	0,162	0
Iodos	20%	5,34	14,38	0,222	0
Sentina	20%	6,09	10,668	0,244	0
Derrame diesel	20%	2,017	24,632	0,236	-4,149
Aguas oleosas	20%	12,09	19,243	0,165	0
bodega 1.1	100%	183,4	93,444	3,154	0
bodega 1.2	100%	209,8	93,569	6,128	0
Bodega 1.3	100%	236,7	93,791	9,138	0
bodega 2.1	100%	298,2	77,521	3,126	0
Bodega 2.2	100%	314	77,646	6,107	0
Bodega 2.3	100%	320,8	77,728	9,105	0
Bodega 3.1	100%	333,6	60,913	3,102	0
Bodega 3.2	100%	334,4	60,928	6,1	0
Bodega 3.3	100%	334,5	60,929	9,1	0
Bodega 4.1	100%	330,4	44,005	3,102	0
Bodega 4.2	100%	331,4	43,989	6,1	0
Bodega 4.3	100%	331,7	43,984	9,1	0
d fond lastre 1 e	0%	0	91,938	0,985	3,242
d fond lastre 1 b	0%	0	91,938	0,985	-3,242
d fond lastre 2 e	0%	0	76,676	0,91	5,363
d fond lastre 2 b	0%	0	76,676	0,91	-5,363
d fond lastre 3 e	0%	0	60,803	0,829	4,866
d fond lastre 3 b	0%	0	60,803	0,829	-4,866
d fond lastre 4 e	0%	0	44,071	0,827	4,871
d fond lastre 4 b	0%	0	44,071	0,827	-4,871
d fond lastre F e	0%	0	30,781	0,838	3,943
d fond lastre F b	0%	0	30,781	0,838	-3,943
Tank proa lastre 1 arr	0%	0	105,537	8,602	0
Tank proa lastre 1 ab	0%	0	105,492	2,922	0
Tank proa lastre 2	0%	0	113,544	5,944	0
Tank ppa. last (7,6)	0%	0	-1,635	9,201	0
Tank ppa diesel e (7,6)	100%	14,59	0,551	9,624	3,956

Tank ppa diesel b (7,6)	100%	14,59	0,551	9,624	-3,956
Tank ppa diesel e (4,6)	100%	30,88	4,876	6,728	1,364
Tank ppa diesel b (4,6)	100%	30,88	4,876	6,728	-1,364
Tank proa 1 comb b	100%	31,04	94,295	0,821	1,341
Tankproa 1 comb e	100%	31,04	94,295	0,821	-1,341
Tankproa 2 comb e	100%	67,5	77,878	0,801	2,025
Tank proa 2 comb b	100%	67,5	77,878	0,801	-2,025

Resultados para la condición de carga:” *Salida a plena carga al 100% de combustible*”

Draft Amidsh. m	7,191
Displacement tonne	11317,1
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	6,539
Draft at AP m	7,844
Draft at LCF m	7,25
Trim (+ve bow down) m	-1,305
WL Length m	120,72
WL Beam m	19,4
Wetted Area m ²	3050,82
Waterpl. Area m ²	1770,99
Prismatic Coeff.	0,656
Block Coeff.	0,612
Midship Area Coeff.	0,982
Waterpl. Area Coeff.	0,756
LCB to Amidsh. m	3,906 Aft
LCF to Amidsh. m	5,336 Aft
KB m	3,814
KG m	7,468
BMt m	3,965
BML m	127,634
GMt m	0,64
GML m	124,494
KMt m	8,108
KML m	131,448
Immersion (TPc) tonne/cm	18,156
MTc tonne.m	119,479
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	164,389

Plena Carga Llegada- 10% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight (t)	Long. m	Vert. m	Trans. m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,9	0
Viveres y pertrechos	1	10	0,708	7,9	0
Contenedores	50	1000	53,75	13,05	0
Tank popa comb e	10%	70,1	30,731	2,079	4,383
Tank popa comb b	10%	70,1	30,731	2,079	-4,383
Tank servic. diar. fuel	10%	5,49	23,548	7,757	-6,685
tank sed fuel central	10%	7,47	24,165	7,75	0
Tank Diesel e	10%	2,898	19,993	7,762	6,434
tank sed diesel e	10%	4,765	23,548	7,757	6,685
Tank aceite estrb ab	10%	3,545	22,441	0,163	3,721
Tank aceite babor ab	10%	2,389	20,99	0,181	-3,53
Tank aceite estrr ar	10%	5,83	22,461	1,806	5,615
tank agua dulce ab b	10%	6,34	22,461	1,806	-5,615
tank agua dulce arr b	10%	3,532	19,993	7,762	-6,434
Derrame fuel	80%	18,58	24,215	0,641	0
Iodos	80%	21,43	14,376	0,722	0
Sentina	80%	24,34	10,594	0,738	0
Derrame diesel	80%	8,06	24,624	0,735	-4,566
Aguas oleosas	80%	48,36	19,222	0,643	0
bodega 1.1	100%	183,4	93,444	3,154	0
bodega 1.2	100%	209,8	93,569	6,128	0
Bodega 1.3	100%	236,7	93,791	9,138	0
bodega 2.1	100%	298,2	77,521	3,126	0
Bodega 2.2	100%	314	77,646	6,107	0
Bodega 2.3	100%	320,8	77,728	9,105	0
Bodega 3.1	100%	333,6	60,913	3,102	0
Bodega 3.2	100%	334,4	60,928	6,1	0
Bodega 3.3	100%	334,5	60,929	9,1	0
Bodega 4.1	100%	330,4	44,005	3,102	0
Bodega 4.2	100%	331,4	43,989	6,1	0
Bodega 4.3	100%	331,7	43,984	9,1	0
d fond lastre 1 e	0%	0	91,938	0,985	3,242
d fond lastre 1 b	0%	0	91,938	0,985	-3,242
d fond lastre 2 e	0%	0	76,676	0,91	5,363
d fond lastre 2 b	0%	0	76,676	0,91	-5,363
d fond lastre 3 e	0%	0	60,803	0,829	4,866
d fond lastre 3 b	0%	0	60,803	0,829	-4,866
d fond lastre 4 e	0%	0	44,071	0,827	4,871
d fond lastre 4 b	0%	0	44,071	0,827	-4,871
d fond lastre F e	0%	0	30,781	0,838	3,943
d fond lastre F b	0%	0	30,781	0,838	-3,943
Tank proa lastre 1 arr	0%	0	105,556	9,194	0
Tank proa lastre 1 ab	0%	0	105,488	4,319	0
Tank proa lastre 2	0%	0	113,544	5,944	0
Tank ppa. last (7,6)	0%	0	-1,635	9,201	0
Tank ppa diesel e (7,6)	10%	1,449	1,22	8,314	3,436

Tank ppa diesel b (7,6)	10%	1,449	1,22	8,314	-3,436
Tank ppa diesel e (4,6)	10%	3,085	6,521	5,127	0,632
Tank ppa diesel b (4,6)	10%	3,085	6,521	5,127	-0,632
Tank proa 1 comb b	10%	3,073	93,278	0,102	1,289
Tankproa 1 comb e	10%	3,073	93,278	0,102	-1,289
Tankproa 2 comb e	10%	6,74	77,86	0,082	2,022
Tank proa 2 comb b	10%	6,74	77,86	0,082	-2,022

Resultados para la condición de carga:” *Llegada a plena carga al 10% de combustible*”.

Draft Amidsh. m	6,019
Displacement tonne	9453
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	5,818
Draft at AP m	6,22
Draft at LCF m	6,029
Trim (+ve bow down) m	-0,401
WL Length m	117,101
WL Beam m	19,4
Wetted Area m ²	2713,185
Waterpl. Area m ²	1658,324
Prismatic Coeff.	0,67
Block Coeff.	0,644
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,73
LCB to Amidsh. m	2,736 Aft
LCF to Amidsh. m	2,906 Aft
KB m	3,161
KG m	7,523
BMt m	4,569
BML m	129,23
GMt m	0,65
GML m	125,161
KMt m	8,173
KML m	132,391
Immersion (TPc) tonne/cm	17,001
MTc tonne.m	97,831
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	81,041

Lastre Salida- 100% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight (t)	Long. m	Vert. m	Trans. m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,9	0
Viveres y pertrechos	1	60	0,708	7,9	0
Tank popa comb e	100%	703	30,66	6,167	4,641
Tank popa comb b	100%	703	30,66	6,167	-4,641
Tank servic. diar. fuel	100%	54,9	23,536	9,122	-6,785
tank sed fuel central	100%	74,7	24,165	9,1	0
Tank Diesel e	100%	29,12	19,985	9,138	6,596
tank sed diesel e	100%	47,73	23,536	9,122	6,785
Tank aceite estrb ab	100%	35,5	21,801	0,915	4,214
Tank aceite babor ab	100%	23,94	20,449	0,931	-4,004
Tank aceite estrr ar	100%	57,8	22,029	3,229	5,825
tank agua dulce ab b	100%	62,8	22,029	3,229	-5,825
tank agua dulce arr b	100%	35,5	19,985	9,138	-6,596
Derrame fuel	20%	4,646	24,215	0,162	0
Iodos	20%	5,34	14,38	0,222	0
Sentina	20%	6,09	10,668	0,244	0
Derrame diesel	20%	2,017	24,632	0,236	-4,149
Aguas oleosas	20%	12,09	19,243	0,165	0
bodega 1.1	0%	0	93,444	3,154	0
bodega 1.2	0%	0	93,569	6,128	0
Bodega 1.3	0%	0	93,791	9,138	0
bodega 2.1	0%	0	77,521	3,126	0
Bodega 2.2	0%	0	77,646	6,107	0
Bodega 2.3	0%	0	77,728	9,105	0
Bodega 3.1	0%	0	60,913	3,102	0
Bodega 3.2	0%	0	60,928	6,1	0
Bodega 3.3	0%	0	60,929	9,1	0
Bodega 4.1	0%	0	44,005	3,102	0
Bodega 4.2	0%	0	43,989	6,1	0
Bodega 4.3	0%	0	43,984	9,1	0
d fond lastre 1 e	100%	44,94	91,938	0,985	3,242
d fond lastre 1 b	100%	44,94	91,938	0,985	-3,242
d fond lastre 2 e	100%	99,1	76,676	0,91	5,363
d fond lastre 2 b	100%	99,1	76,676	0,91	-5,363
d fond lastre 3 e	100%	231,1	60,803	0,829	4,866
d fond lastre 3 b	100%	231,1	60,803	0,829	-4,866
d fond lastre 4 e	100%	229,7	44,071	0,827	4,871
d fond lastre 4 b	100%	229,7	44,071	0,827	-4,871
d fond lastre F e	100%	126,5	30,781	0,838	3,943
d fond lastre F b	100%	126,5	30,781	0,838	-3,943
Tank proa lastre 1 arr	100%	167,7	105,556	9,194	0
Tank proa lastre 1 ab	100%	259,5	105,488	4,319	0
Tank proa lastre 2	100%	344	113,544	5,944	0
Tank ppa. last (7,6)	0%	0	-1,635	9,201	0
Tank ppa diesel e (7,6)	100%	14,59	0,551	9,624	3,956

Tank ppa diesel b (7,6)	100%	14,59	0,551	9,624	-3,956
Tank ppa diesel e (4,6)	100%	30,88	4,876	6,728	1,364
Tank ppa diesel b (4,6)	100%	30,88	4,876	6,728	-1,364
Tank proa 1 comb b	100%	31,04	94,295	0,821	1,341
Tankproa 1 comb e	100%	31,04	94,295	0,821	-1,341
Tankproa 2 comb e	100%	67,5	77,878	0,801	2,025
Tank proa 2 comb b	100%	67,5	77,878	0,801	-2,025

Resultados para la condición de carga:” *Salida en lastre al 100% de combustible*”

Draft Amidsh. m	5,805
Displacement tonne	8992
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	5,016
Draft at AP m	6,594
Draft at LCF m	5,851
Trim (+ve bow down) m	-1,578
WL Length m	120,305
WL Beam m	19,4
Wetted Area m ²	2669,903
Waterpl. Area m ²	1672,197
Prismatic Coeff.	0,635
Block Coeff.	0,577
Midship Area Coeff.	0,977
Waterpl. Area Coeff.	0,716
LCB to Amidsh. m	4,064 Aft
LCF to Amidsh. m	3,412 Aft
KB m	3,076
KG m	6,27
BMt m	4,726
BML m	138,598
GMt m	1,324
GML m	136,215
KMt m	7,601
KML m	141,673
Immersion (TPc) tonne/cm	17,143
MTc tonne.m	102,916
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	367,664

Lastre Llegada - 10% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,9	0
Viveres y pertrechos	1	60	0,708	7,9	0
Tank popa comb e	10%	70,1	30,731	2,079	4,383
Tank popa comb b	10%	70,1	30,731	2,079	-4,383
Tank servic. diar. fuel	10%	5,49	23,548	7,757	-6,685
tank sed fuel central	10%	7,47	24,165	7,75	0
Tank Diesel e	10%	2,898	19,993	7,762	6,434
tank sed diesel e	10%	4,765	23,548	7,757	6,685
Tank aceite estrb ab	10%	3,545	22,441	0,163	3,721
Tank aceite babor ab	10%	2,389	20,99	0,181	-3,53
Tank aceite estrr ar	10%	5,83	22,461	1,806	5,615
tank agua dulce ab b	10%	6,34	22,461	1,806	-5,615
tank agua dulce arr b	10%	3,532	19,993	7,762	-6,434
Derrame fuel	80%	18,58	24,215	0,641	0
lodos	80%	21,43	14,376	0,722	0
Sentina	80%	24,34	10,594	0,738	0
Derrame diesel	80%	8,06	24,624	0,735	-4,566
Aguas oleosas	80%	48,36	19,222	0,643	0
bodega 1.1	0%	0	93,444	3,154	0
bodega 1.2	0%	0	93,569	6,128	0
Bodega 1.3	0%	0	93,791	9,138	0
bodega 2.1	0%	0	77,521	3,126	0
Bodega 2.2	0%	0	77,646	6,107	0
Bodeba 2.3	0%	0	77,728	9,105	0
Bodega 3.1	0%	0	60,913	3,102	0
Bodega 3.2	0%	0	60,928	6,1	0
Bodega 3.3	0%	0	60,929	9,1	0
Bodega 4.1	0%	0	44,005	3,102	0
Bodega 4.2	0%	0	43,989	6,1	0
Bodega 4.3	0%	0	43,984	9,1	0
d fond lastre 1 e	100%	44,94	91,938	0,985	3,242
d fond lastre 1 b	100%	44,94	91,938	0,985	-3,242
d fond lastre 2 e	100%	99,1	76,676	0,91	5,363
d fond lastre 2 b	100%	99,1	76,676	0,91	-5,363
d fond lastre 3 e	100%	231,1	60,803	0,829	4,866
d fond lastre 3 b	100%	231,1	60,803	0,829	-4,866
d fond lastre 4 e	100%	229,7	44,071	0,827	4,871
d fond lastre 4 b	100%	229,7	44,071	0,827	-4,871
d fond lastre F e	100%	126,5	3078%	0,838	3,943
d fond lastre F b	100%	126,5	3078%	0,838	-3,943
Tank proa lastre 1 arr	100%	167,7	105,556	9,194	0
Tank proa lastre 1 ab	100%	259,5	105,488	4,319	0
Tank proa lastre 2	100%	344	113,544	5,944	0
Tank ppa. last (7,6)	100%	14,43	-1,635	9,201	0
Tank ppa diesel e (7,6)	10%	1,449	1,22	8,314	3,436

Tank ppa diesel b (7,6)	10%	1,449	1,22	8,314	-3,436
Tank ppa diesel e (4,6)	10%	3,085	6,521	5,127	0,632
Tank ppa diesel b (4,6)	10%	3,085	6,521	5,127	-0,632
Tank proa 1 comb b	10%	3,073	93,278	0,102	1,289
Tankproa 1 comb e	10%	3,073	93,278	0,102	-1,289
Tankproa 2 comb e	10%	6,74	77,86	0,082	2,022
Tank proa 2 comb b	10%	6,74	77,86	0,082	-2,022

Resultados para la condición de carga:” *Llegada en lastre al 10% de combustible*”.

Draft Amidsh. m	4,971
Displacement tonne	7193
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	4,869
Draft at AP m	5,073
Draft at LCF m	4,975
Trim (+ve bow down) m	-0,204
WL Length m	115,714
WL Beam m	19,4
Wetted Area m ²	2454,423
Waterpl. Area m ²	1610,86
Prismatic Coeff.	0,669
Block Coeff.	0,648
Midship Area Coeff.	0,982
Waterpl. Area Coeff.	0,718
LCB to Amidsh. m	2,561 Aft
LCF to Amidsh. m	1,992 Aft
KB m	2,614
KG m	6,45
BMt m	5,425
BML m	148,479
GMt m	1,492
GML m	145,537
KMt m	7,952
KML m	151,093
Immersion (TPc) tonne/cm	16,515
MTc tonne.m	92,249
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	326,918

ANEXO VII

Estabilidad.

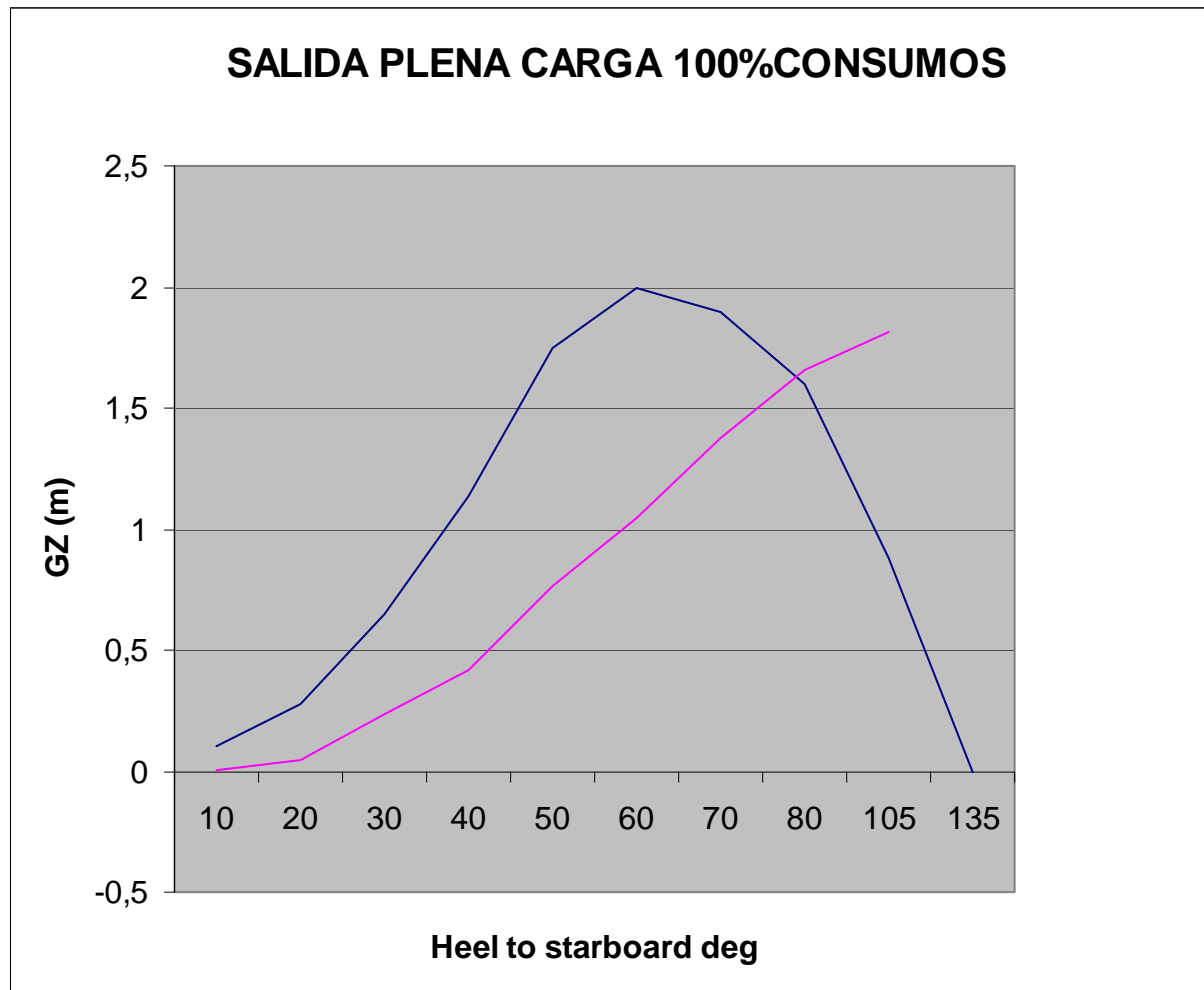
Plena Carga Salida- 100% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight (t)	Long. m	Vert. m	Trans. m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,911	0
Viveres y pertrechos	1	60	0,708	7,9	0
Contenedores	50	1000	53,75	13,05	0
Tanque popa comb. estribor	98%	548,5	31,751	6,111	4,516
Tanque popa comb. Babor	98%	548,5	31,751	6,111	-4,516
Tanquer proa comb.	98%	703	100,758	6,03	0
Tanque serv.diario Fuel	98%	63,7	25,659	9,096	-6,717
Tanque sed. fuel	98%	70,8	25,644	9,07	0
Tanque diesel estribor arriba	98%	34,24	22,833	9,113	6,561
Tanque diesel estribor abajo	98%	42,53	28,84	3,12	2,01
Tanque diesel babor abajo	98%	42,53	28,84	3,12	-2,01
Tanque sed.diesel	98%	63,7	25,659	9,096	6,717
Tanque aceite estrb. Inferior	98%	23,19	23,203	1,053	3,956
Tanque aceite babor inferior	98%	11,14	20,834	1,086	-3,616
Tanque aceite estrb. Superior	98%	19,36	21,34	3,338	5,284
Tanque agua dulce inferior bab.	98%	49,16	23,662	3,25	-5,634
Tanque agua dulce Sup. bab.	98%	34,24	22,833	9,113	-6,561
Derrame fuel babor	50%	6,29	25,407	0,73	-4,056
Lodos	50%	8,66	14,366	0,705	0
Derrame diesel	50%	6,14	25,99	0,636	0
Aguas oleosas	50%	4,893	24,22	0,636	0
bodega 1.1	98%	210,47	89,132	3,122	0
bodega 1.2	98%	234,47	89,244	6,086	0
Bodega 1.3	98%	248,57	89,361	9,085	0
bodega 2.1	98%	273,87	74,713	3,088	0
Bodega 2.2	98%	281,87	74,799	6,072	0
Bodeba 2.3	98%	283,47	74,824	9,071	0
Bodega 3.1	98%	297,87	59,633	3,072	0
Bodega 3.2	98%	298,27	59,635	6,07	0
Bodega 3.3	98%	298,27	59,635	9,07	0
Bodega 4.1	98%	294,17	44,117	3,077	0
Bodega 4.2	98%	297,17	44,082	6,071	0
Bodega 4.3	98%	297,87	44,072	9,07	0
d fond lastre 1 estribor	0%	0	88,802	1,025	3,041
d fond lastre 1 babor	0%	0	88,802	1,025	-3,041
d fond lastre 2 estribor	0%	0	74,457	0,993	4,365
d fond lastre 2 babor	0%	0	74,457	0,993	-4,365
d fond lastre 3 estribor	0%	0	59,625	0,977	4,876
d fond lastre 3 babor	0%	0	59,625	0,977	-4,876
d fond lastre 4 estribor	0%	0	44,205	0,98	4,72
d fond lastre 4 babor	0%	0	44,205	0,98	-4,72
d fond lastre f estribor	0%	0	31,889	0,992	4,005

d fond lastre f babor	0%	0	31,889	0,992	-4,005
Tanque pique de proa lastre	0%	0	112,828	6,049	0
Tanque ppa lastre central sup.	0%	0	-0,756	9,385	0
Tanque ppa lastre estribor sup.	50%	13,5	4,076	8,919	3,904
Tanque ppa lastre babor sup.	0%	0	3,954	9,526	-4,154
Tanque ppa lastre estribor inf.	50%	11,8	6,058	6,167	0,737
Tanque ppa lastre babor inf.	0%	0	5,256	6,75	-1,008
Tanque lastre Caja cad .	98%	230,7	106,622	6,208	0

Resultados

Angulo °	0	5	10	15	20	25	30	45	75	105	135
Displacement tonne	11810	11810	11810	11810	11810	11811	11811	11811	11809	11811	11811
Draft at FP m	7,126	7,128	7,139	7,157	7,177	7,205	7,11	6,925	3,095	-14,118	-10,828
Draft at AP m	8,292	8,282	8,246	8,186	8,102	7,861	7,451	7,114	1,756	-16,001	-11,059
WL Length m	121,782	121,792	121,805	121,822	121,845	121,916	121,998	122,051	128,111	129,433	125,706
Immersed Depth m	7,911	8,151	8,691	9,206	9,663	10,379	10,757	10,773	9,48	9,798	10,716
WL Beam m	19,4	19,474	19,699	20,084	20,645	22,374	23,395	22,69	16,611	16,611	21,103
Wetted Area m ²	3112,452	3113,419	3116,179	3122,052	3132,543	3170,855	3260,03	3312,877	3424,226	3394,426	3549,342
Waterpl. Area m ²	1796,379	1802,395	1820,484	1853,232	1903,911	2062,586	2256,711	2316,28	2015,222	1820,494	2137,894
Prismatic Coeff.	0,659	0,66	0,661	0,664	0,668	0,679	0,697	0,706	0,694	0,706	0,802
Block Coeff.	0,616	0,596	0,552	0,511	0,474	0,407	0,375	0,386	0,454	0,547	0,405
LCB to Amidsh. m	2,041 Aft	2,046 Aft	2,044 Aft	2,042 Aft	2,039 Aft	2,032 Aft	2,024 Aft	2,020 Aft	2,010 Aft	1,995 Aft	2,008 Aft
VCB from DWL m	3,506	3,503	3,495	3,482	3,467	3,435	3,385	3,327	3,384	3,625	3,533
GZ m	0,021	0,062	0,102	0,191	0,283	0,491	0,654	1,423	1,765	0,879	-0,001
LCF to Amidsh. m	4,077 Aft	4,056 Aft	3,979 Aft	3,885 Aft	3,811 Aft	3,657 Aft	3,424 Aft	3,119 Aft	1,116 Fwd	0,431 Aft	1,010 Aft
TCF to zero pt. m	0	0,78	1,555	2,318	3,066	4,571	6,495	7,547	8,651	8,316	6,432



GZ máx = 2,005m en 61,13°

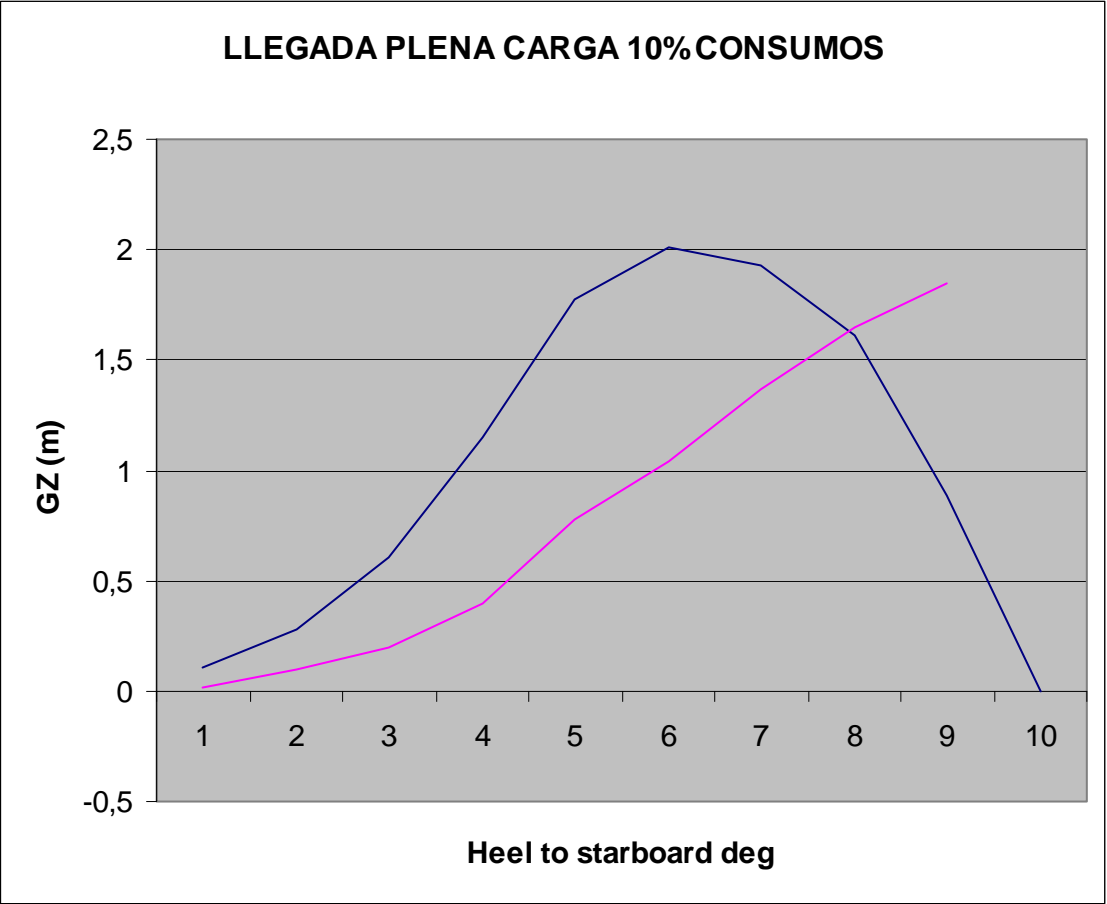
Plena Carga Llegada- 10% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,911	0
Viveres y pertrechos	1	10	0,708	7,9	0
Contenedores	50	1000	53,75	13,05	0
Tanque popa comb. estribor	10%	55,86	31,825	2,094	4,139
Tanque popa comb. Babor	10%	55,86	31,825	2,094	-4,139
Tanquer proa comb.	10%	71,7	100,661	1,285	0
Tanque serv.diario Fuel	10%	6,5	25,666	7,759	-6,596
Tanque sed. fuel	10%	7,22	25,644	7,75	0
Tanque diesel estribor arriba	10%	3,494	22,842	7,764	6,382
Tanque diesel estribor abajo	10%	4,339	28,84	3,12	2,01
Tanque diesel babor abajo	10%	4,339	28,84	3,12	-2,01
Tanque sed.diesel	10%	6,5	25,666	7,759	6,596
Tanque aceite estrb. Inferior	10%	2,359	24,088	0,456	3,56
Tanque aceite babor inferior	10%	1,134	21,584	0,498	-3,283
Tanque aceite estrb. Superior	10%	1,971	21,885	1,892	5,051
Tanque agua dulce inferior bab.	10%	5,02	24,245	1,831	-5,404
Tanque agua dulce Sup. bab.	10%	3,47	22,842	7,764	-6,382
Derrame fuel babor	80%	10,07	25,397	0,917	-4,056
Lodos	80%	13,86	14,365	0,894	0
Derrame diesel	80%	9,82	25,99	0,829	0
Aguas oleosas	80%	7,83	24,22	0,829	0
bodega 1.1	98%	210,47	89,132	3,122	0
bodega 1.2	98%	234,47	89,244	6,087	0
Bodega 1.3	98%	248,57	89,361	9,086	0
bodega 2.1	98%	273,87	74,713	3,088	0
Bodega 2.2	98%	281,87	74,799	6,072	0
Bodeba 2.3	98%	283,47	74,824	9,071	0
Bodega 3.1	98%	297,87	59,633	3,072	0
Bodega 3.2	98%	298,27	59,635	6,07	0
Bodega 3.3	98%	298,27	59,635	9,07	0
Bodega 4.1	98%	294,17	44,117	3,077	0
Bodega 4.2	98%	297,17	44,082	6,071	0
Bodega 4.3	98%	297,87	44,072	9,07	0
d fond lastre 1 estribor	0%	0	88,802	1,025	3,041
d fond lastre 1 babor	0%	0	88,802	1,025	-3,041
d fond lastre 2 estribor	0%	0	74,457	0,993	4,365
d fond lastre 2 babor	0%	0	74,457	0,993	-4,365
d fond lastre 3 estribor	0%	0	59,625	0,977	4,876
d fond lastre 3 babor	0%	0	59,625	0,977	-4,876
d fond lastre 4 estribor	0%	0	44,205	0,98	4,72
d fond lastre 4 babor	0%	0	44,205	0,98	-4,72
d fond lastre f estribor	0%	0	31,889	0,992	4,005
d fond lastre f babor	0%	0	31,889	0,992	-4,005
Tanque pique de proa lastre	0%	0	112,828	6,049	0

Tanque ppa lastre central sup.	0%	0	-0,756	9,385	0
Tanque ppa lastre 2 estr sup.	0%	0	3,954	9,526	4,154
Tanque ppa lastre 2 babor sup.	0%	0	3,954	9,526	-4,154
Tanque ppa lastre estribor sinf.	0%	0	5,256	6,75	1,008
Tanque ppa lastre babor inf.	0%	0	5,256	6,75	-1,008
Tanque lastre Caja cad .	80%	188,3	106,618	5,39	0

Resultados

Angulo °	0	5	10	15	20	25	30	45	75	105	135
Displacement tonne	9697	9696	9696	9696	9696	9696	9697	9696	9696	9697	9697
Draft at FP m	6,317	6,32	6,327	6,339	6,353	6,357	6,203	5,979	0,448	-16,916	-11,767
Draft at AP m	6,765	6,754	6,722	6,669	6,595	6,365	5,9	5,487	-3,815	-22,107	-12,956
WL Length m	117,69	117,618	117,466	117,229	116,9	117,213	119,238	120,252	127,484	129,5	126,998
Immersed Depth m	6,424	6,893	7,492	8,042	8,538	9,35	9,813	9,867	8,435	8,848	9,866
WL Beam m	19,4	19,474	19,699	20,084	20,645	21,863	21,621	21,472	16,611	16,611	19,448
Wetted Area m ²	2770,053	2773,072	2780,421	2791,327	2805,407	2850,902	2908,669	2943,064	3068,355	3059,803	3209,899
Waterpl. Area m ²	1677,139	1685,946	1710,068	1749,339	1802,632	1935,085	2055,326	2129,963	1957,775	1748,712	1969,367
Prismatic Coeff.	0,673	0,674	0,676	0,68	0,686	0,697	0,696	0,692	0,659	0,677	0,781
Block Coeff.	0,645	0,599	0,546	0,5	0,459	0,395	0,374	0,371	0,397	0,497	0,388
LCB to Amidsh. m	0,998 Aft	0,998 Aft	0,997 Aft	0,995 Aft	0,993 Aft	0,988 Aft	0,981 Aft	0,976 Aft	0,949 Aft	0,915 Aft	0,935 Aft
VCB from DWL m	2,966	2,968	2,973	2,983	3	3,052	3,074	3,039	2,932	3,127	3,184
GZ m	0,032	0,058	0,108	0,196	0,282	0,428	0,61	1,433	1,742	0,891	-0,005
LCF to Amidsh. m	1,405 Aft	1,475 Aft	1,618 Aft	1,802 Aft	1,987 Aft	2,322 Aft	2,378 Aft	2,187 Aft	1,736 Fwd	0,514 Aft	0,662 Aft
TCF to zero pt. m	0	0,663	1,322	1,975	2,625	4,073	6,105	7,271	9,005	8,178	6,171



$GZ_{\text{máx}} = 2,01\text{m}$ en $60,32^\circ$

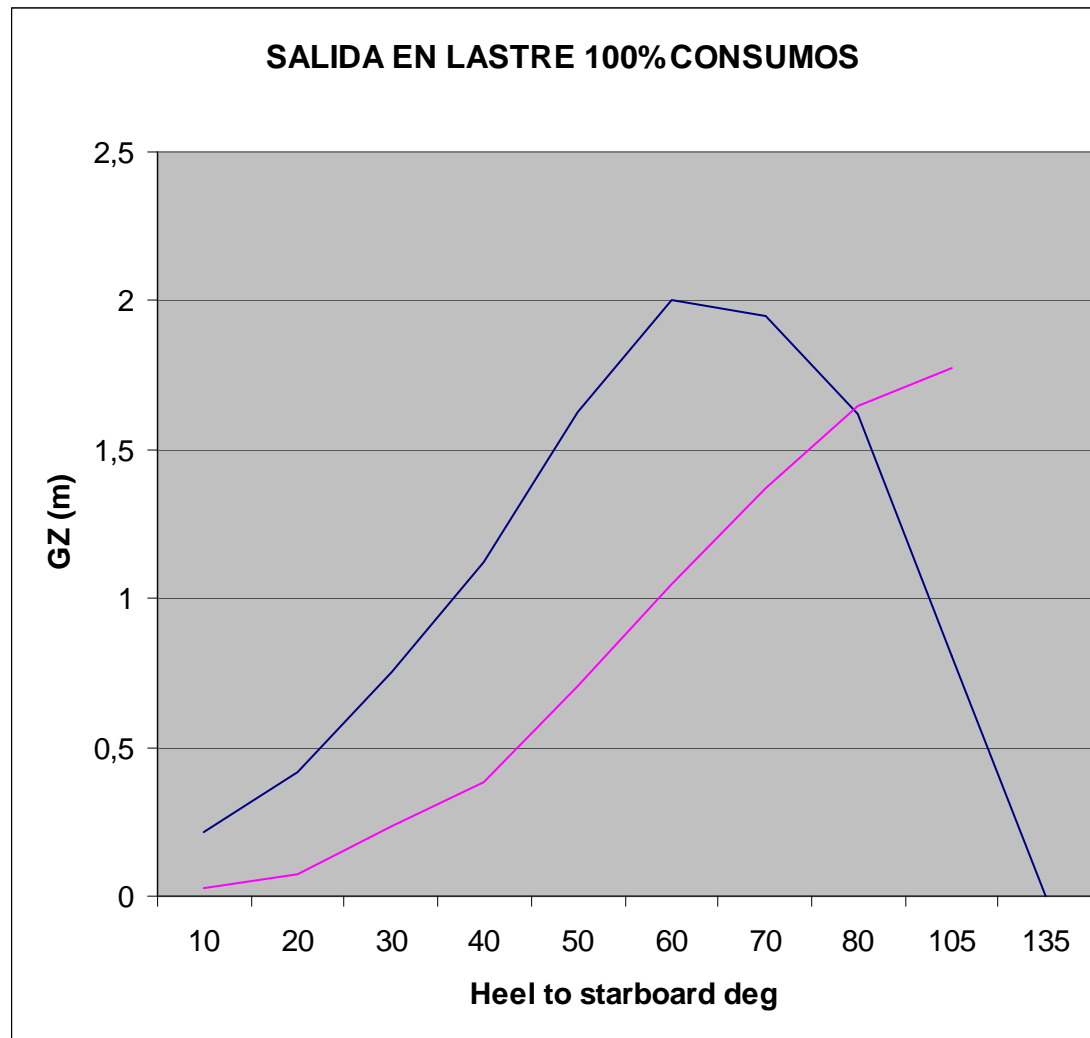
Lastre Salida- 100% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight (t)	Long. m	Vert. m	Trans. m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,911	0
Viveres y pertrechos	1	60	0,708	7,9	0
Tanque popa comb. estribor	98%	548,5	31,751	6,111	4,516
Tanque popa comb. Babor	98%	548,5	31,751	6,111	-4,516
Tanquer proa comb.	98%	703	100,758	6,03	0
Tanque serv.diario Fuel	98%	63,7	25,659	9,096	-6,717
Tanque sed. fuel	98%	70,8	25,644	9,07	0
Tanque diesel estribor arriba	98%	34,24	22,833	9,113	6,561
Tanque diesel estribor abajo	98%	42,53	28,84	3,12	2,01
Tanque diesel babor abajo	98%	42,53	28,84	3,12	-2,01
Tanque sed.diesel	98%	63,7	25,659	9,096	6,717
Tanque aceite estrb. Inferior	98%	23,19	23,203	1,053	3,956
Tanque aceite babor inferior	98%	11,14	20,834	1,086	-3,616
Tanque aceite estrb. Superior	98%	19,36	21,34	3,338	5,284
Tanque agua dulce inf. bab.	98%	49,16	23,662	3,25	-5,634
Tanque agua dulce Sup. bab.	98%	34,24	22,833	9,113	-6,561
Derrame fuel babor	50%	6,29	25,407	0,73	-4,056
Lodos	50%	8,66	14,366	0,705	0
Derrame diesel	50%	6,14	25,99	0,636	0
Aguas oleosas	50%	4,893	24,22	0,636	0
bodega 1.1	0%	0	89,134	3,151	0
bodega 1.2	0%	0	89,245	6,117	0
Bodega 1.3	0%	0	89,362	9,116	0
bodega 2.1	0%	0	74,714	3,118	0
Bodega 2.2	0%	0	74,799	6,102	0
Bodeba 2.3	0%	0	74,824	9,101	0
Bodega 3.1	0%	0	59,633	3,102	0
Bodega 3.2	0%	0	59,635	6,1	0
Bodega 3.3	0%	0	59,635	9,1	0
Bodega 4.1	0%	0	44,116	3,107	0
Bodega 4.2	0%	0	44,082	6,101	0
Bodega 4.3	0%	0	44,072	9,1	0
d fond lastre 1 estribor	98%	83,1	88,799	1,013	3,032
d fond lastre 1 babor	98%	83,1	88,799	1,013	-3,032
d fond lastre 2 estribor	98%	138,1	74,455	0,981	4,357
d fond lastre 2 babor	98%	138,1	74,455	0,981	-4,357
d fond lastre 3 estribor	98%	167,4	59,625	0,964	4,871
d fond lastre 3 babor	98%	167,4	59,625	0,964	-4,871
d fond lastre 4 estribor	98%	160,8	44,206	0,968	4,714
d fond lastre 4 babor	98%	160,8	44,206	0,968	-4,714
d fond lastre f estribor	98%	77,3	31,89	0,98	3,998
d fond lastre f babor	98%	77,3	31,89	0,98	-3,998
Tanque pique de proa lastre	98%	353,3	112,827	5,956	0

Tanque ppa lastre central sup.	0%	0	-0,756	9,385	0
Tanque ppa lastre 2 estr. sup.	98%	26,47	3,957	9,505	4,146
Tanque ppa lastre 2 bab. sup.	0%	0	3,954	9,526	-4,154
Tanque ppa lastre estribor sinf.	98%	23,12	5,28	6,733	0,998
Tanque ppa lastre babor inf.	0%	0	5,256	6,75	-1,008
Tanque lastre Caja cad .	98%	230,7	106,622	6,208	0

Resultados

Angulo °	0	5	10	15	20	25	30	45	75	105	135
Displacement tonne	8741	8740	8740	8740	8740	8740	8741	8740	8740	8739	8740
Draft at FP m	5,326	5,326	5,332	5,34	5,348	5,332	5,134	4,895	1,994	-24,659	-20,081
Draft at AP m	6,619	6,61	6,582	6,533	6,462	6,229	5,721	5,269	1,09	-33,773	-23,15
WL Length m	118,017	117,977	117,852	117,639	117,374	117,688	120,278	121,489	125,299	128,101	129,384
Immersed Depth m	6,231	6,44	6,995	7,544	8,045	8,871	9,343	9,407	8,666	6,942	8,17
WL Beam m	19,4	19,474	19,699	20,084	20,645	21,433	20,765	20,546	17,704	16,106	16,611
Wetted Area m ²	2627,485	2629,674	2636,768	2647,831	2661,974	2703,05	2733,418	2756,938	2880,287	2859,312	2897,358
Waterpl. Area m ²	1658,811	1666,707	1690,462	1728,784	1779,21	1888,625	1967,752	2029,761	2011,02	1728,444	1703,447
Prismatic Coeff.	0,656	0,657	0,659	0,664	0,67	0,682	0,679	0,674	0,653	0,649	0,671
Block Coeff.	0,598	0,576	0,525	0,478	0,437	0,381	0,365	0,363	0,288	0,595	0,486
LCB to Amidsh. m	1,954 Aft	1,955 Aft	1,954 Aft	1,953 Aft	1,952 Aft	1,950 Aft	1,948 Aft	1,937 Aft	1,919 Aft	1,888 Aft	1,871 Aft
VCB from DWL m	2,701	2,706	2,719	2,742	2,775	2,865	2,915	2,894	2,707	2,778	2,902
GZ m	0,092	0,137	0,214	0,352	0,505	0,624	0,751	1,276	1,694	0,809	0,002
LCF to Amidsh. m	1,112 Aft	1,167 Aft	1,330 Aft	1,565 Aft	1,830 Aft	2,266 Aft	2,551 Aft	2,513 Aft	1,322 Aft	1,336 Aft	1,246 Aft
TCF to zero pt. m	0	0,609	1,219	1,829	2,448	3,918	5,96	7,056	9,027	9,183	8,117



GZ máx = 1,95m en 71,62°

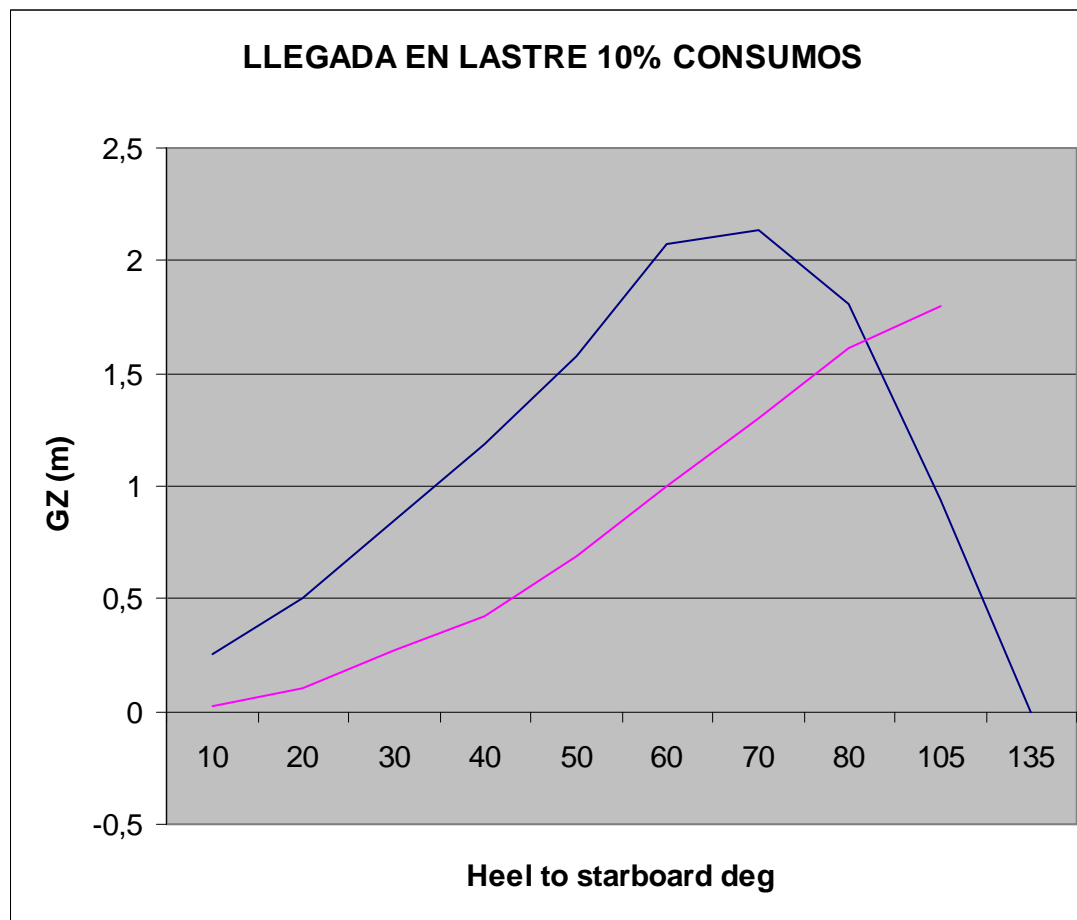
Lastre Llegada - 10% Consumos.

Concepto	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m
Peso en rosca	1	4552	49,54	7,911	0
Viveres y pertrechos	1	10	0,708	7,9	0
Tanque popa comb. estribor	10%	55,86	31,825	2,094	4,139
Tanque popa comb. Babor	10%	55,86	31,825	2,094	-4,139
Tanquer proa comb.	10%	71,7	100,661	1,285	0
Tanque serv.diario Fuel	10%	6,5	25,666	7,759	-6,596
Tanque sed. fuel	10%	7,22	25,644	7,75	0
Tanque diesel estribor arriba	10%	3,494	22,842	7,764	6,382
Tanque diesel estribor abajo	10%	4,339	28,84	3,12	2,01
Tanque diesel babor abajo	10%	4,339	28,84	3,12	-2,01
Tanque sed.diesel	10%	6,5	25,666	7,759	6,596
Tanque aceite estrb. Inferior	10%	2,359	24,088	0,456	3,56
Tanque aceite babor inferior	10%	1,134	21,584	0,498	-3,283
Tanque aceite estrb. Superior	10%	1,971	21,885	1,892	5,051
Tanque agua dulce inf. bab.	10%	5,02	24,245	1,831	-5,404
Tanque agua dulce Sup. bab.	10%	3,47	22,842	7,764	-6,382
Derrame fuel babor	80%	10,07	25,397	0,917	-4,056
Lodos	80%	13,86	14,365	0,894	0
Derrame diesel	80%	9,82	25,99	0,829	0
Aguas oleosas	80%	7,83	24,22	0,829	0
bodega 1.1	0%	0	89,134	3,151	0
bodega 1.2	0%	0	89,245	6,117	0
Bodega 1.3	0%	0	89,362	9,116	0
bodega 2.1	0%	0	74,714	3,118	0
Bodega 2.2	0%	0	74,799	6,102	0
Bodeba 2.3	0%	0	74,824	9,101	0
Bodega 3.1	0%	0	59,633	3,102	0
Bodega 3.2	0%	0	59,635	6,1	0
Bodega 3.3	0%	0	59,635	9,1	0
Bodega 4.1	0%	0	44,116	3,107	0
Bodega 4.2	0%	0	44,082	6,101	0
Bodega 4.3	0%	0	44,072	9,1	0
d fond lastre 1 estribor	98%	83,1	88,799	1,013	3,032
d fond lastre 1 babor	98%	83,1	88,799	1,013	-3,032
d fond lastre 2 estribor	98%	138,1	74,455	0,981	4,357
d fond lastre 2 babor	98%	138,1	74,455	0,981	-4,357
d fond lastre 3 estribor	98%	167,4	59,625	0,964	4,871
d fond lastre 3 babor	98%	167,4	59,625	0,964	-4,871
d fond lastre 4 estribor	98%	160,8	44,206	0,968	4,714
d fond lastre 4 babor	98%	160,8	44,206	0,968	-4,714
d fond lastre f estribor	98%	77,3	31,89	0,98	3,998
d fond lastre f babor	98%	77,3	31,89	0,98	-3,998
Tanque pique de proa lastre	98%	353,4	112,827	5,957	0

Tanque ppa lastre central sup.	98%	87,2	-0,754	9,361	0
Tanque ppa lastre 2 estrib. sup.	98%	26,47	3,957	9,505	4,146
Tanque ppa lastre 2 babor sup.	98%	26,47	3,957	9,505	-4,154
Tanque ppa lastre estribor sinf.	98%	23,12	5,28	6,733	0,998
Tanque ppa lastre babor inf.	98%	23,12	5,28	6,733	-1,008
Tanque lastre Caja cad .	98%	230,7	106,622	6,209	0

Resultados

Angulo °	0	5	10	15	20	25	30	45	75	105	135
Displacement tonne	6847	6846	6846	6846	6846	6846	6847	6846	6846	6846	6846
Draft at FP m	4,477	4,473	4,466	4,454	4,433	4,318	3,975	3,656	-0,03	-35,83	-23,863
Draft at AP m	5,207	5,206	5,192	5,167	5,122	4,896	4,295	3,782	-1,382	-47,683	-27,947
WL Length m	116,741	116,746	116,751	116,76	116,778	116,955	117,773	118,668	120,4	127,136	129,076
Immersed Depth m	4,851	5,233	5,841	6,422	6,961	7,841	8,347	8,438	7,722	5,856	7,122
WL Beam m	19,4	19,474	19,699	20,084	20,391	19,885	18,674	18,556	17,704	16,106	16,61
Wetted Area m ²	2350,087	2350,807	2353,383	2358,775	2368,355	2377,528	2360,388	2367,231	2496,751	2517,076	2571,07
Waterpl. Area m ²	1611,515	1617,575	1635,218	1663,08	1694,558	1729,973	1751,985	1792,11	1869,097	1639,969	1613,078
Prismatic Coeff.	0,658	0,658	0,659	0,662	0,666	0,675	0,67	0,662	0,634	0,616	0,646
Block Coeff.	0,608	0,561	0,497	0,443	0,403	0,366	0,364	0,359	0,406	0,557	0,437
LCB to Amidsh. m	1,555 Aft	1,562 Aft	1,561 Aft	1,560 Aft	1,560 Aft	1,557 Aft	1,550 Aft	1,545 Aft	1,517 Aft	1,481 Aft	1,474 Aft
VCB from DWL m	2,154	2,165	2,2	2,256	2,331	2,499	2,593	2,597	2,372	2,299	2,438
GZ m	0,093	0,127	0,254	0,372	0,505	0,68	0,85	1,343	1,961	0,942	-0,005
LCF to Amidsh. m	0,020 Aft	0,045 Aft	0,124 Aft	0,279 Aft	0,506 Aft	1,004 Aft	1,434 Aft	1,581 Aft	1,591 Aft	1,895 Aft	1,654 Aft
TCF to zero pt. m	0	0,492	0,992	1,516	2,117	3,733	5,704	6,662	9,439	9,402	8,007



GZ máx = 1,963 m en 73,2°

ANEXO VIII

KN

Tabla de valores de KN

Trimado fijo = 0

	Displacement Tonne	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 40°	KN 50°	KN 60°	KN 70°	KN 80°
1	3000	2,318	4,214	5,448	6,329	6,985	7,524	8,281	9,155
2	4100	1,932	3,729	5,095	6,132	7,007	7,838	8,792	9,385
3	5200	1,702	3,381	4,841	6,008	7,038	8,112	9,061	9,49
4	6300	1,561	3,145	4,654	5,934	7,094	8,322	9,2	9,532
5	7400	1,476	2,99	4,515	5,896	7,174	8,449	9,259	9,537
6	8500	1,427	2,896	4,42	5,887	7,272	8,521	9,264	9,518
7	9600	1,405	2,848	4,365	5,899	7,378	8,557	9,242	9,479
8	10700	1,401	2,834	4,343	5,928	7,462	8,57	9,204	9,426
9	11800	1,41	2,844	4,351	5,971	7,518	8,564	9,158	9,368
10	12900	1,427	2,872	4,382	6,027	7,549	8,546	9,108	9,309
11	14000	1,449	2,913	4,433	6,092	7,557	8,518	9,057	9,25

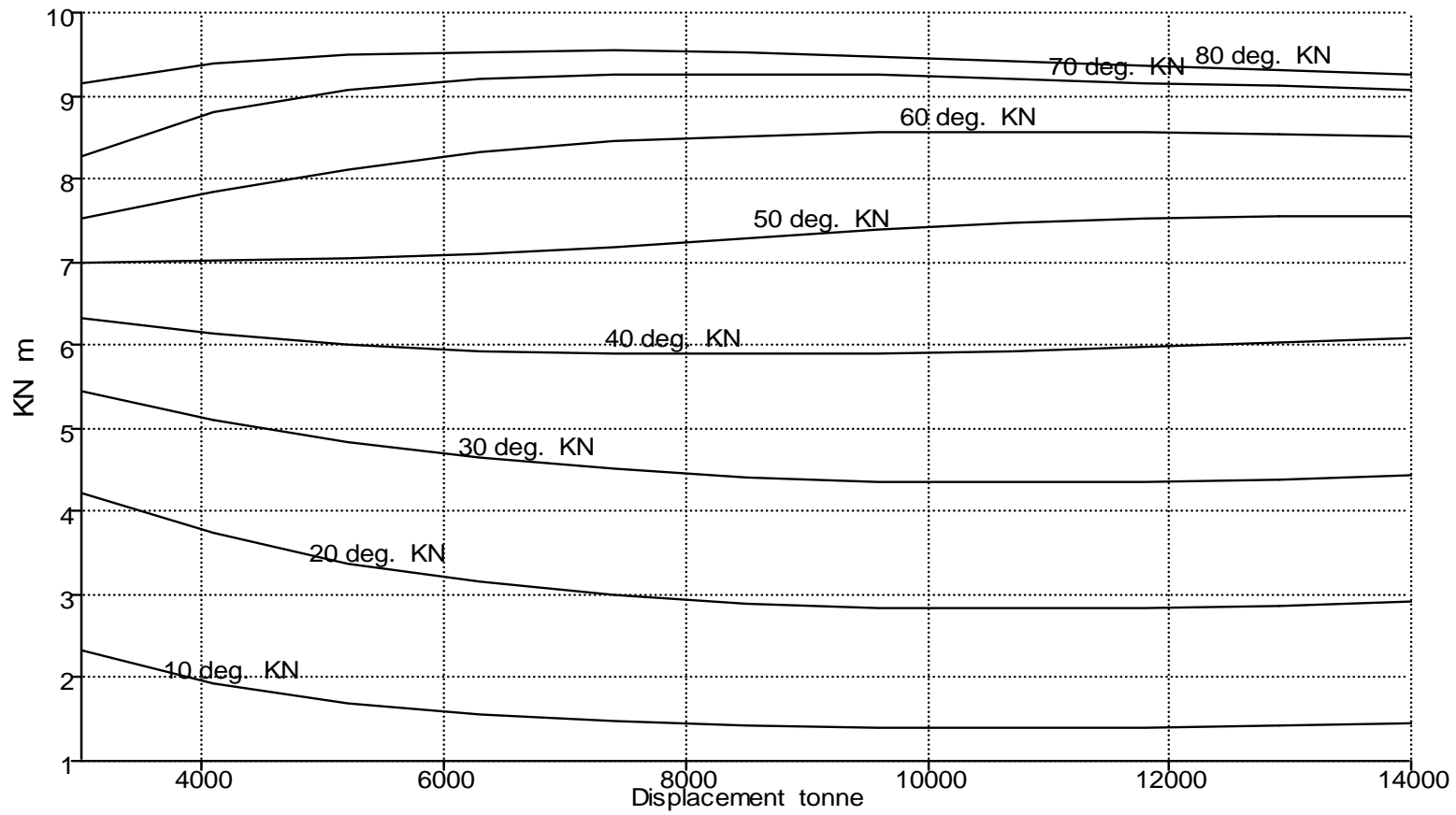


Tabla de valores de KN

Trimado fijo = -1,5

	Displacement Tonne	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 40°	KN 50°	KN 60°	KN 70°	KN 80°
1	3000	2,309	4,211	5,456	6,338	6,998	7,566	8,338	9,206
2	4100	1,929	3,729	5,11	6,165	7,048	7,891	8,848	9,435
3	5200	1,703	3,385	4,862	6,051	7,105	8,175	9,121	9,534
4	6300	1,564	3,154	4,679	5,983	7,171	8,399	9,256	9,567
5	7400	1,481	3,004	4,544	5,951	7,255	8,534	9,309	9,564
6	8500	1,435	2,915	4,453	5,942	7,352	8,598	9,314	9,537
7	9600	1,416	2,87	4,401	5,953	7,448	8,619	9,287	9,495
8	10700	1,413	2,858	4,381	5,978	7,518	8,614	9,239	9,443
9	11800	1,422	2,868	4,387	6,016	7,557	8,594	9,181	9,385
10	12900	1,437	2,893	4,414	6,065	7,572	8,562	9,122	9,321
11	14000	1,457	2,93	4,46	6,119	7,567	8,522	9,065	9,26

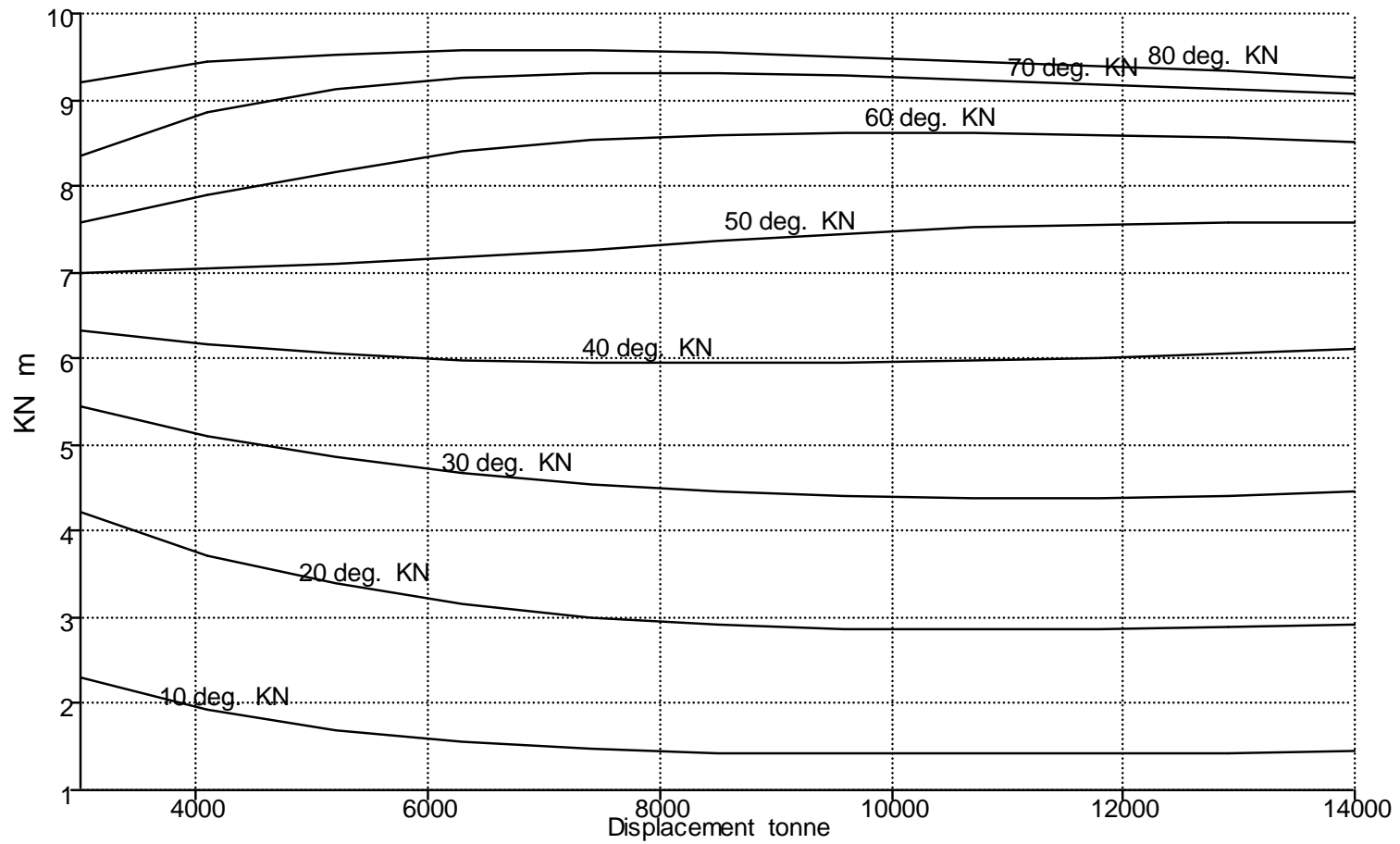


Tabla de valores de KN

Trimado fijo = -1

	Displacement Tonne	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 40°	KN 50°	KN 60°	KN 70°	KN 80°
1	3000	2,313	4,214	5,457	6,342	6,998	7,553	8,313	9,19
2	4100	1,93	3,729	5,105	6,156	7,041	7,876	8,832	9,425
3	5200	1,702	3,383	4,854	6,036	7,087	8,158	9,109	9,527
4	6300	1,563	3,15	4,669	5,967	7,148	8,384	9,25	9,564
5	7400	1,479	2,998	4,533	5,932	7,229	8,517	9,307	9,563
6	8500	1,432	2,907	4,441	5,924	7,326	8,583	9,312	9,538
7	9600	1,411	2,862	4,388	5,935	7,427	8,607	9,284	9,497
8	10700	1,409	2,849	4,368	5,961	7,503	8,605	9,234	9,445
9	11800	1,418	2,859	4,375	6	7,547	8,587	9,177	9,385
10	12900	1,433	2,886	4,403	6,051	7,567	8,557	9,119	9,32
11	14000	1,454	2,924	4,45	6,11	7,565	8,52	9,062	9,257

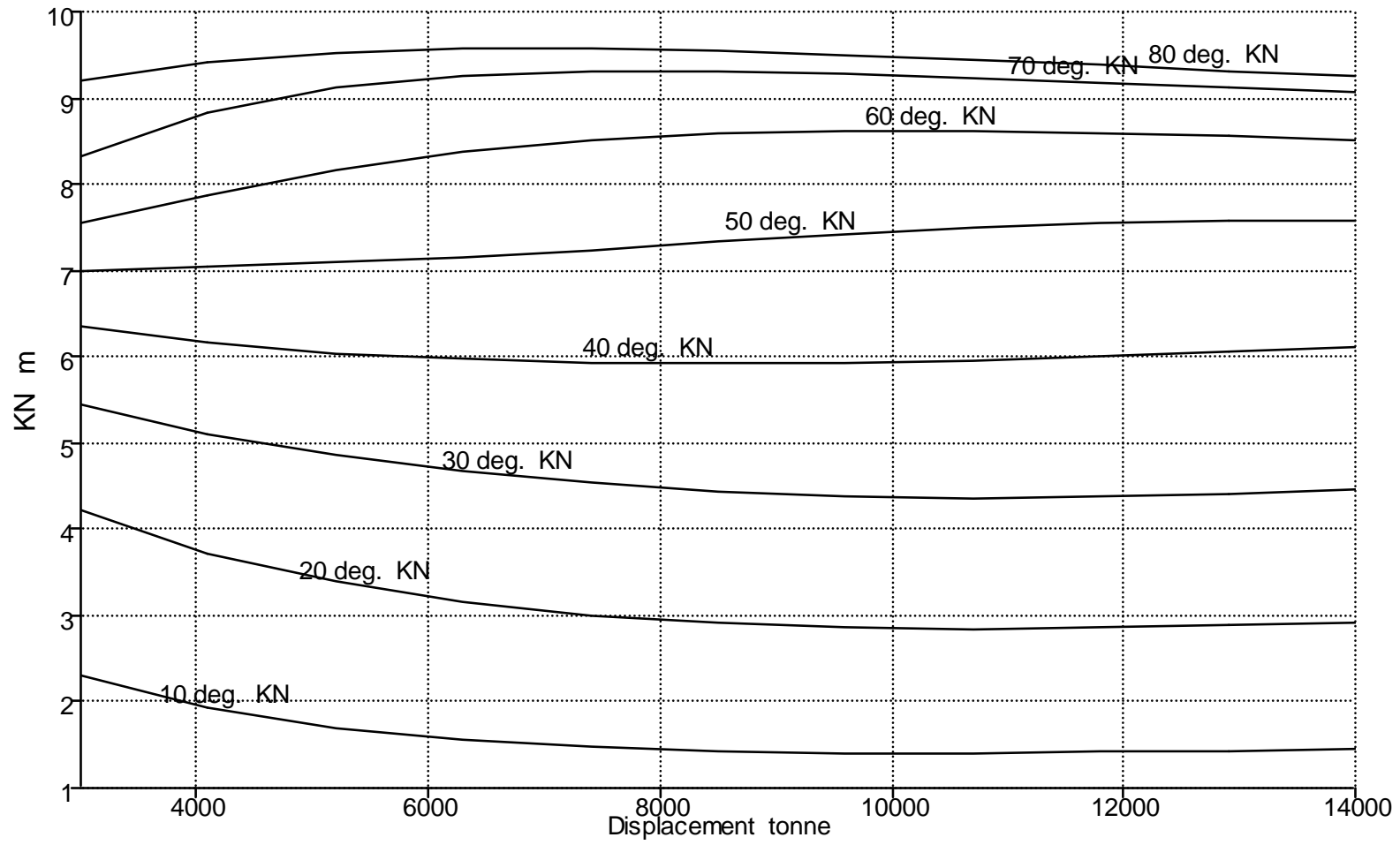


Tabla de valores de KN

Trimado fijo = -0,5

	Displacement Tonne	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 40°	KN 50°	KN 60°	KN 70°	KN 80°
1	3000	2,316	4,215	5,454	6,34	6,995	7,543	8,295	9,177
2	4100	1,931	3,729	5,1	6,146	7,032	7,863	8,818	9,414
3	5200	1,702	3,382	4,847	6,024	7,069	8,143	9,097	9,52
4	6300	1,562	3,147	4,661	5,952	7,127	8,369	9,241	9,559
5	7400	1,477	2,994	4,524	5,917	7,207	8,498	9,302	9,56
6	8500	1,429	2,901	4,431	5,908	7,304	8,567	9,308	9,538
7	9600	1,408	2,855	4,377	5,919	7,408	8,595	9,277	9,498
8	10700	1,405	2,842	4,357	5,947	7,489	8,596	9,228	9,446
9	11800	1,414	2,852	4,364	5,987	7,538	8,58	9,172	9,383
10	12900	1,43	2,879	4,394	6,04	7,562	8,554	9,115	9,317
11	14000	1,451	2,918	4,442	6,102	7,563	8,519	9,06	9,255

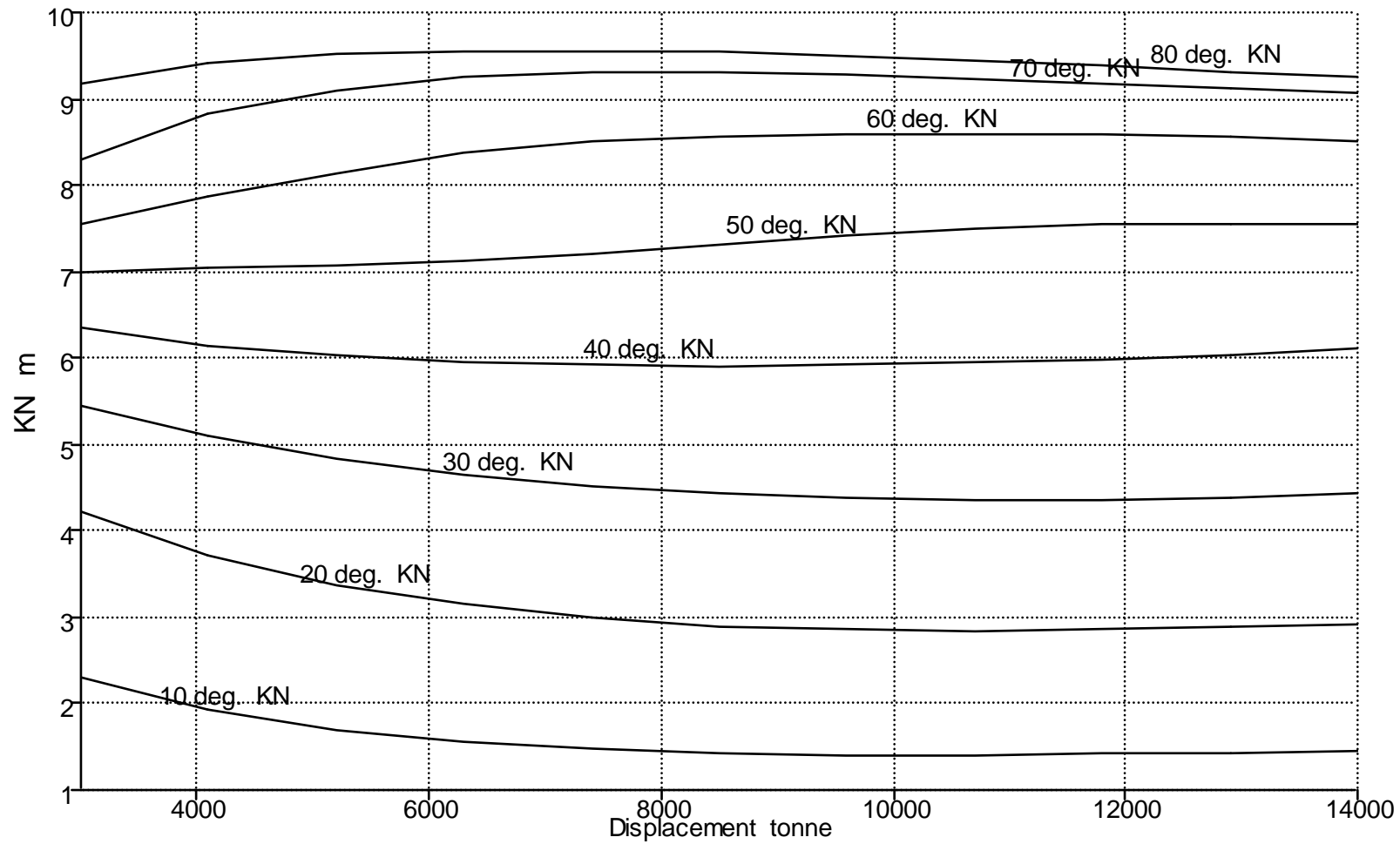


Tabla de valores de KN

Trimado fijo = 0,5

	Displacement Tonne	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 40°	KN 50°	KN 60°	KN 70°	KN 80°
1	3000	2,321	4,21	5,441	6,322	6,983	7,525	8,281	9,158
2	4100	1,933	3,729	5,089	6,125	7,005	7,841	8,797	9,394
3	5200	1,703	3,381	4,837	6,002	7,037	8,118	9,073	9,503
4	6300	1,561	3,144	4,65	5,929	7,095	8,333	9,218	9,547
5	7400	1,475	2,989	4,511	5,894	7,176	8,461	9,283	9,551
6	8500	1,426	2,894	4,417	5,886	7,275	8,533	9,288	9,532
7	9600	1,403	2,845	4,363	5,899	7,382	8,569	9,259	9,494
8	10700	1,399	2,831	4,342	5,928	7,466	8,577	9,215	9,439
9	11800	1,408	2,841	4,35	5,971	7,521	8,568	9,163	9,375
10	12900	1,425	2,87	4,381	6,027	7,551	8,548	9,11	9,311
11	14000	1,447	2,91	4,431	6,092	7,557	8,518	9,057	9,251

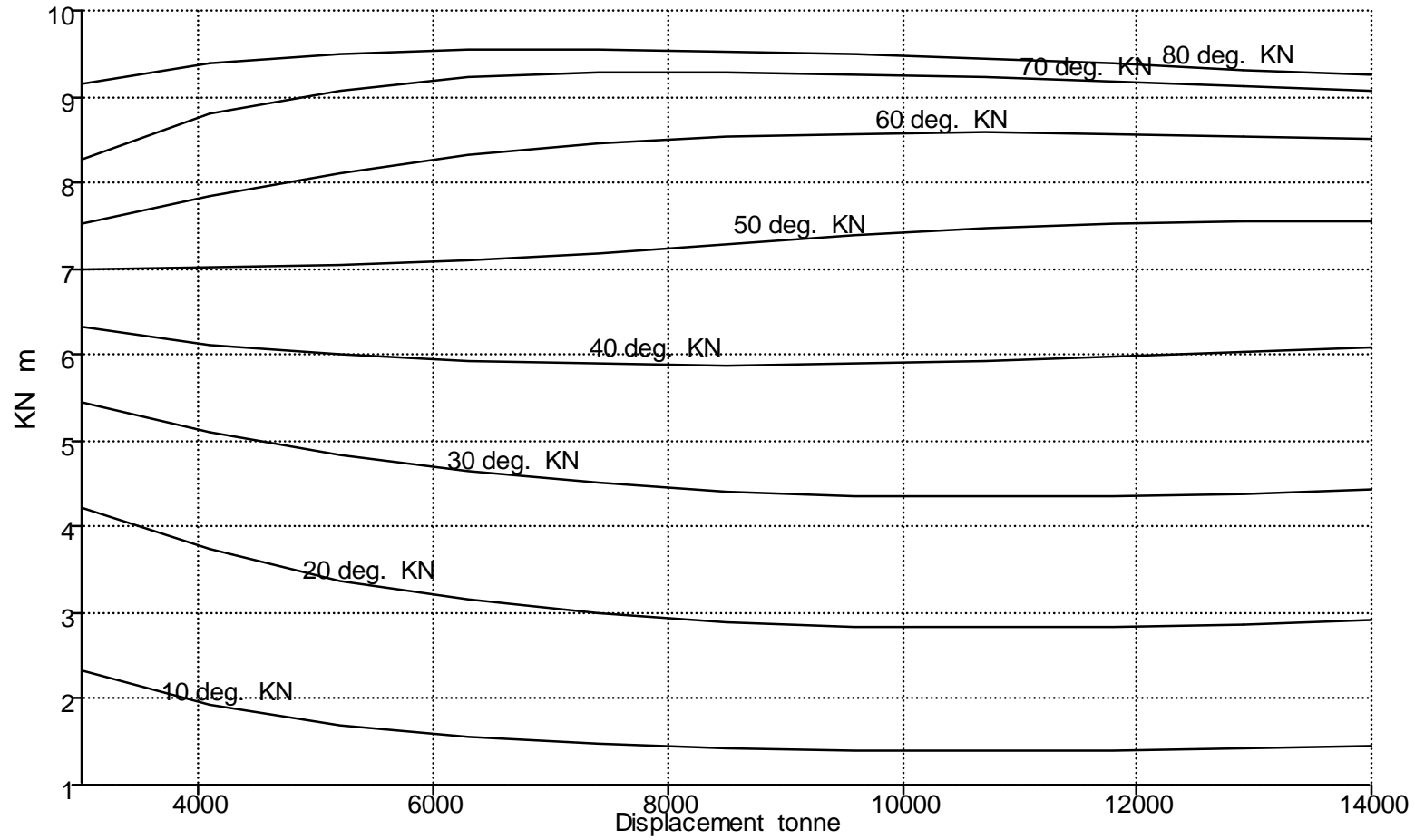


Tabla de valores de KN

Trimado fijo = 1

	Displacement Tonne	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 40°	KN 50°	KN 60°	KN 70°	KN 80°
1	3000	2,322	4,205	5,43	6,307	6,971	7,519	8,284	9,152
2	4100	1,935	3,729	5,083	6,114	6,989	7,833	8,79	9,385
3	5200	1,704	3,382	4,833	5,993	7,022	8,106	9,061	9,494
4	6300	1,562	3,144	4,646	5,921	7,083	8,315	9,205	9,539
5	7400	1,476	2,988	4,508	5,887	7,166	8,443	9,268	9,545
6	8500	1,426	2,892	4,413	5,88	7,268	8,517	9,273	9,526
7	9600	1,402	2,842	4,359	5,894	7,374	8,555	9,247	9,488
8	10700	1,397	2,827	4,338	5,924	7,457	8,568	9,207	9,432
9	11800	1,406	2,838	4,346	5,968	7,514	8,563	9,158	9,37
10	12900	1,423	2,866	4,377	6,025	7,545	8,545	9,107	9,308
11	14000	1,446	2,908	4,428	6,089	7,554	8,517	9,058	9,249

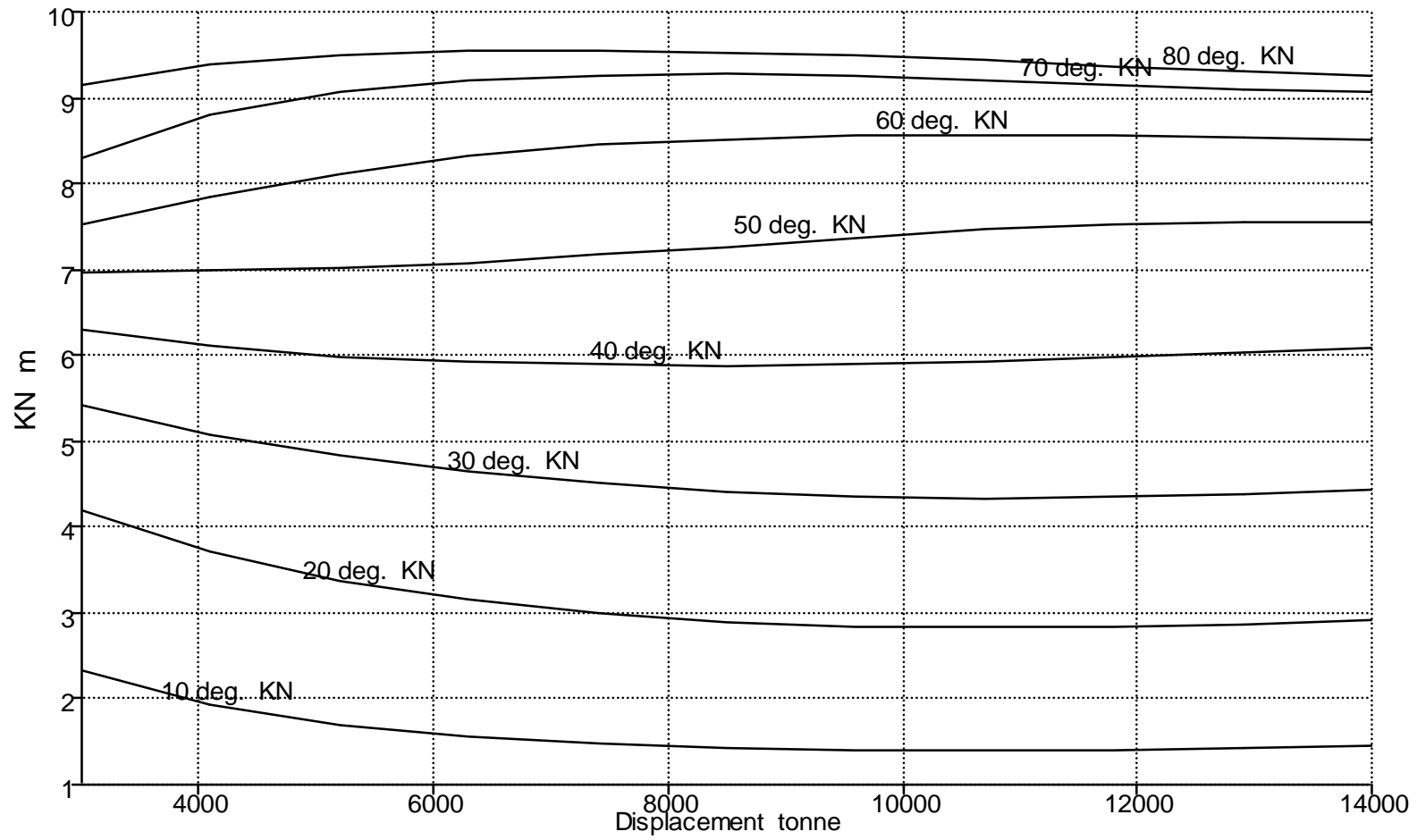
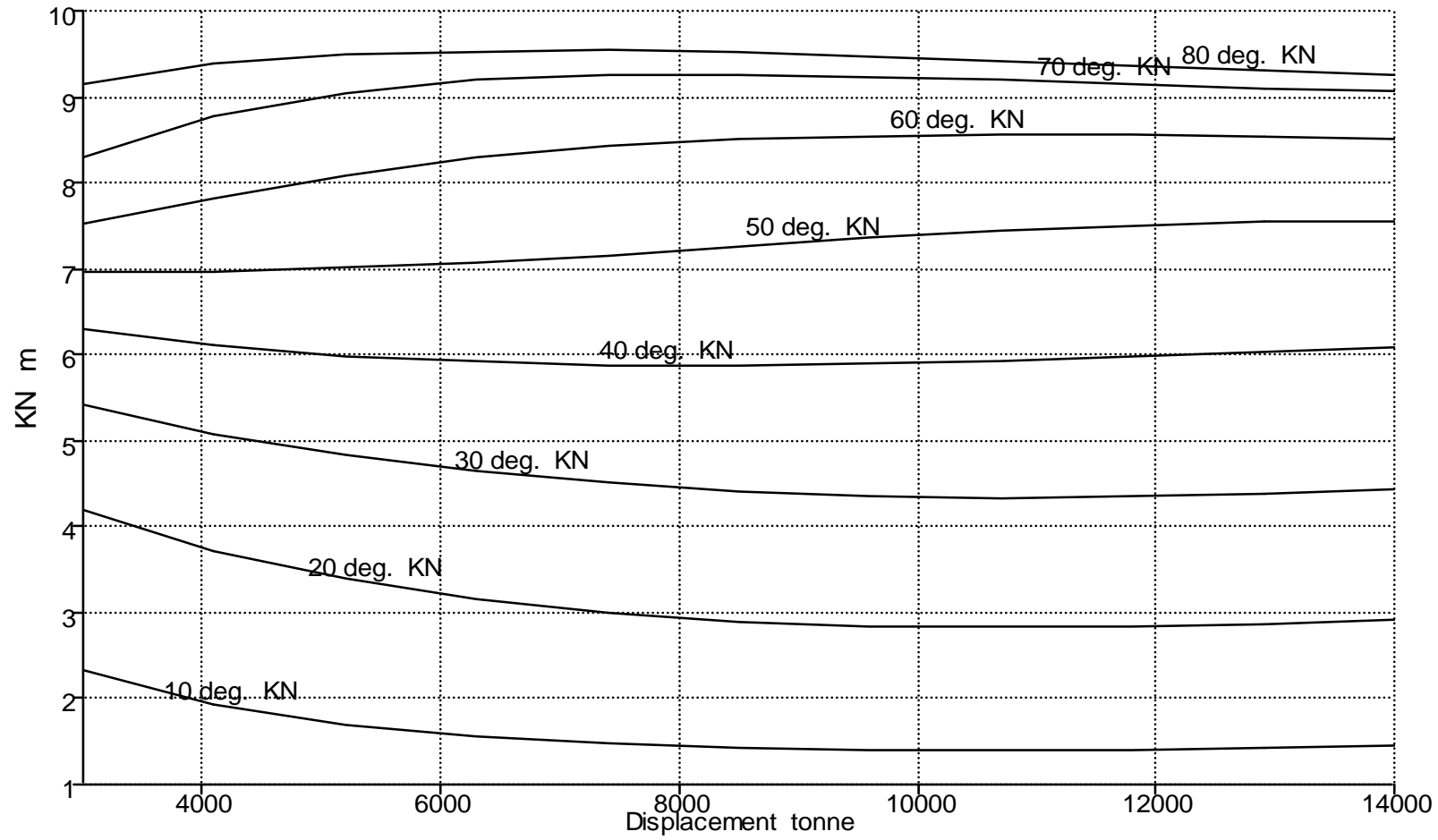


Tabla de valores de KN

Trimado fijo = 1,5

	Displacement Tonne	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 40°	KN 50°	KN 60°	KN 70°	KN 80°
1	3000	2,323	4,198	5,416	6,288	6,955	7,513	8,292	9,15
2	4100	1,937	3,729	5,077	6,102	6,97	7,825	8,784	9,377
3	5200	1,706	3,384	4,83	5,985	7,009	8,094	9,05	9,485
4	6300	1,563	3,146	4,645	5,916	7,074	8,298	9,19	9,53
5	7400	1,476	2,989	4,507	5,882	7,161	8,427	9,248	9,537
6	8500	1,426	2,892	4,412	5,876	7,266	8,502	9,255	9,519
7	9600	1,401	2,841	4,357	5,891	7,37	8,543	9,234	9,479
8	10700	1,396	2,825	4,336	5,923	7,452	8,559	9,198	9,423
9	11800	1,404	2,835	4,344	5,968	7,508	8,558	9,153	9,363
10	12900	1,422	2,864	4,376	6,027	7,54	8,542	9,106	9,304
11	14000	1,445	2,906	4,428	6,088	7,55	8,516	9,058	9,248



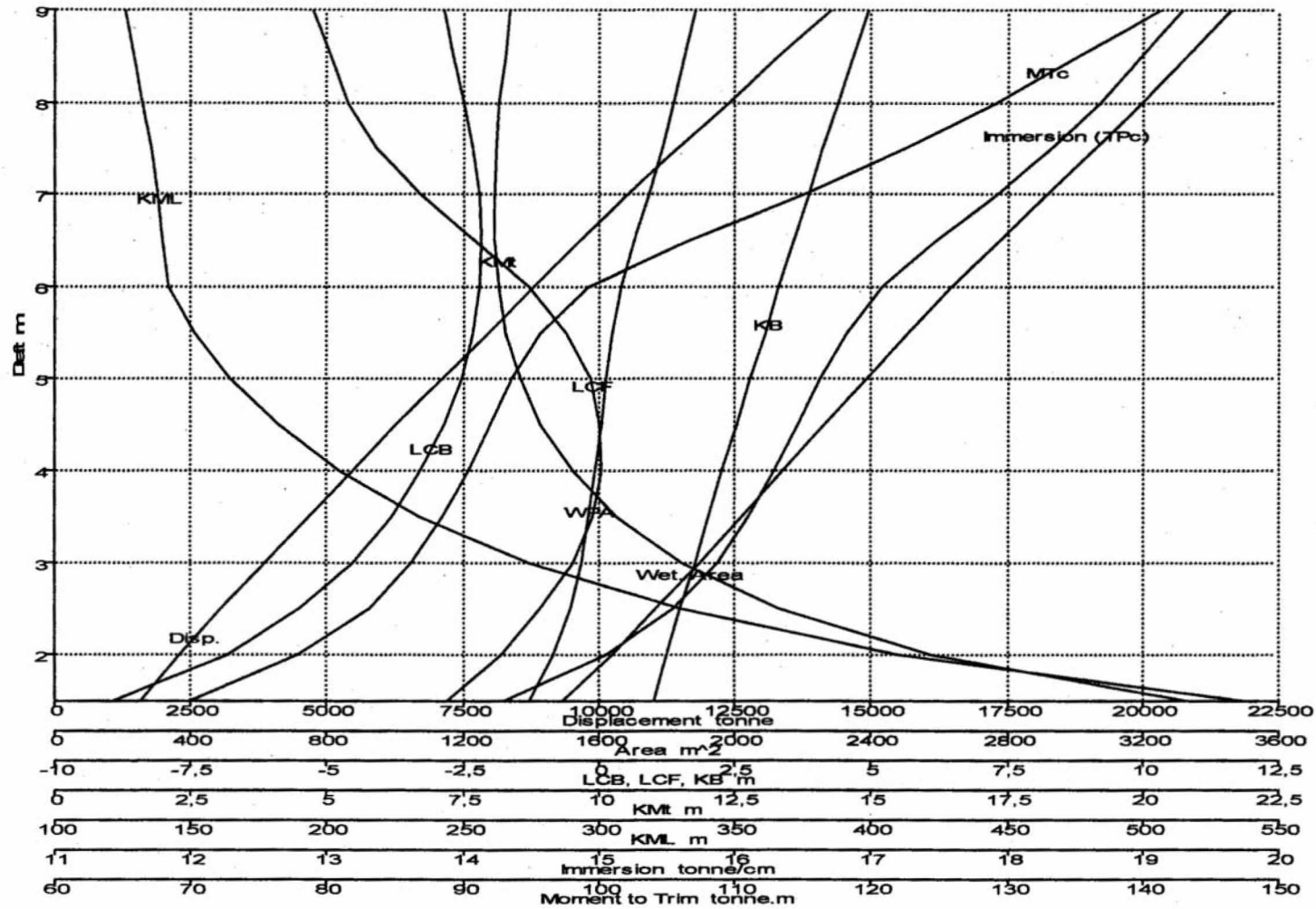
ANEXO IX

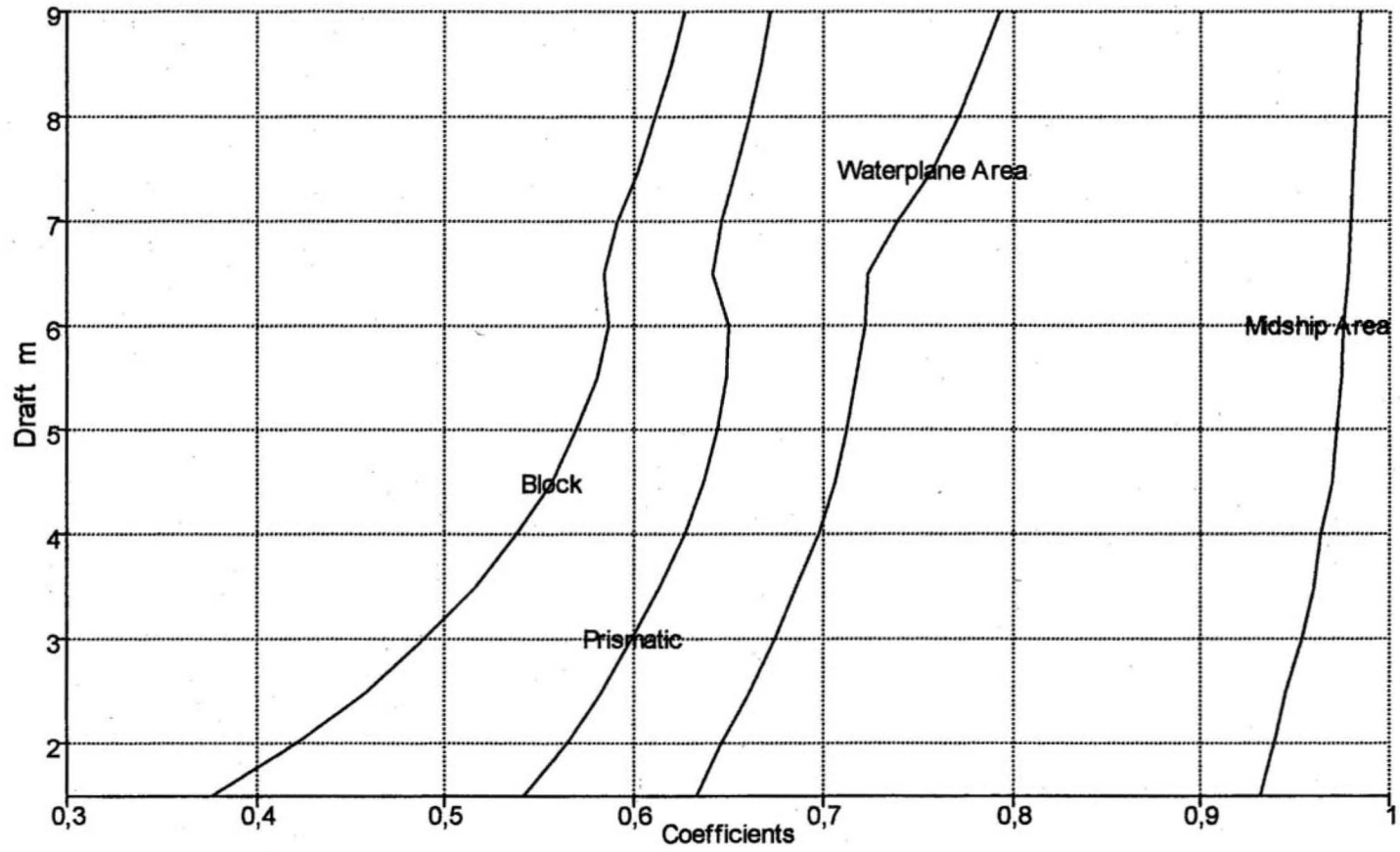
Hidrostáticas

Fixed Trim = -1,5 m
Specific Gravity = 1,025

Displ. (t)	1567	2302	3068	3854	4654	5463	6282	7110
Head of Staircase (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at SP (m)	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25
Draft at Aft (m)	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75
Draft at LCF (m)	1,535	2,023	2,514	3,006	3,501	4	4,5	5,002
Trim (Eye down) (m)	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
WL Length (m)	115,211	117,237	118,174	118,358	117,986	117,471	117,256	117,33
WL Beam (m)	19,107	19,373	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area (m ²)	1493,062	1636,783	1769,275	1897,152	2021,024	2142,112	2262,263	2382,87
Waterpl. Area (m ²)	1394,469	1468,529	1516,457	1547,616	1570,165	1589,428	1605,661	1621,436
Prismatic Coeff.	0,541	0,565	0,582	0,598	0,613	0,626	0,637	0,644
Block Coeff.	0,375	0,421	0,458	0,489	0,515	0,538	0,555	0,569
Midship Area Coeff.	0,931	0,938	0,945	0,954	0,959	0,964	0,969	0,972
Waterpl. Area Coeff.	0,633	0,647	0,661	0,674	0,686	0,697	0,706	0,712
LCB to Amidships (m)	8,944 Aft	6,837 Aft	5,503 Aft	4,551 Aft	3,828 Aft	3,276 Aft	2,854 Aft	2,539 Aft
LCF to Amidships (m)	2,814 Aft	1,793 Aft	1,072 Aft	0,469 Aft	0,104 Aft	0,034 Fwd	0,010 Fwd	0,173 Aft
KB (m)	0,997	1,248	1,503	1,759	2,016	2,274	2,531	2,79
KC (m)	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMT (m)	19,851	14,845	11,791	9,753	8,307	7,232	6,405	5,757
BML (m)	537,093	408,612	328,47	272,395	231,81	202,362	179,51	161,682
GM (m)	12,974	8,245	5,463	3,693	2,514	1,703	1,139	0,753
GML (m)	530,216	402,012	322,142	266,335	226,017	196,833	174,244	156,678
KM (m)	20,848	16,092	13,294	11,512	10,324	9,506	8,936	8,547
KML (m)	538,09	409,86	329,973	274,154	233,826	204,636	182,041	164,471
Immersion of 1st Symmetrical (m)	14,296	15,055	15,547	15,866	16,097	16,295	16,461	16,623
M/T (tonnes)	69,832	77,78	83,063	86,262	88,384	90,369	91,989	93,605
RIM at 10% CML Disp. (t)	354,875	331,284	292,539	248,418	204,159	162,376	124,863	93,428

Displacement tonne	7945	8792	9655	10540	11447	12373	13316	14271
Heel to Starboard degree	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25
Draft at AP m	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25	8,75	9,25	9,75
Draft at LCF m	5,507	6,016	6,529	7,042	7,551	8,058	8,562	9,066
Trim (five bow down) m	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
WL Length m	117,735	118,751	121,452	121,877	121,748	121,848	122,1	122,399
WL Beam m	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area m ²	2506,324	2636,178	2777,227	2921,108	3060,833	3196,651	3330,736	3455,394
Waterpl. Area m ²	1639,732	1664,834	1704,848	1749,145	1788,168	1822,322	1852,714	1882,574
Prismatic Coeff	0,649	0,65	0,642	0,646	0,654	0,661	0,667	0,672
Block Coeff	0,58	0,586	0,583	0,592	0,602	0,611	0,62	0,627
MidShip Area Coeff	0,974	0,976	0,978	0,979	0,98	0,982	0,983	0,984
Waterpl. Area Coeff	0,718	0,723	0,724	0,74	0,757	0,771	0,782	0,793
LCB to Amidsh. m	2,319 Aft	2,190 Aft	2,157 Aft	2,219 Aft	2,345 Aft	2,503 Aft	2,674 Aft	2,833 Aft
LCF to Amidsh. m	0,589 Aft	1,267 Aft	2,290 Aft	3,309 Aft	4,077 Aft	4,602 Aft	4,955 Aft	5,239 Aft
KB m	3,049	3,31	3,575	3,845	4,119	4,395	4,672	4,949
KC m	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BML m	5,243	4,829	4,498	4,225	3,988	3,778	3,589	3,42
EBL m	148,058	138,866	135,595	133,884	131,064	127,611	123,901	120,706
GML m	0,501	0,35	0,285	0,28	0,316	0,38	0,466	0,572
GM m	143,317	134,387	131,381	129,94	127,391	124,212	120,777	117,858
KML m	8,292	8,14	8,074	8,07	8,107	8,173	8,261	8,369
KMI m	151,108	142,176	139,17	137,729	135,183	132,005	128,573	125,655
Immersion (TTC) tonne/m	16,811	17,068	17,478	17,932	18,332	18,682	18,994	19,3
MTC tonne/m	95,686	99,285	106,592	115,091	122,543	129,15	135,147	141,338
RM at 1deg - GML Disp sin(1) tonne/m	69,441	53,774	47,956	51,596	63,095	81,955	108,184	142,399

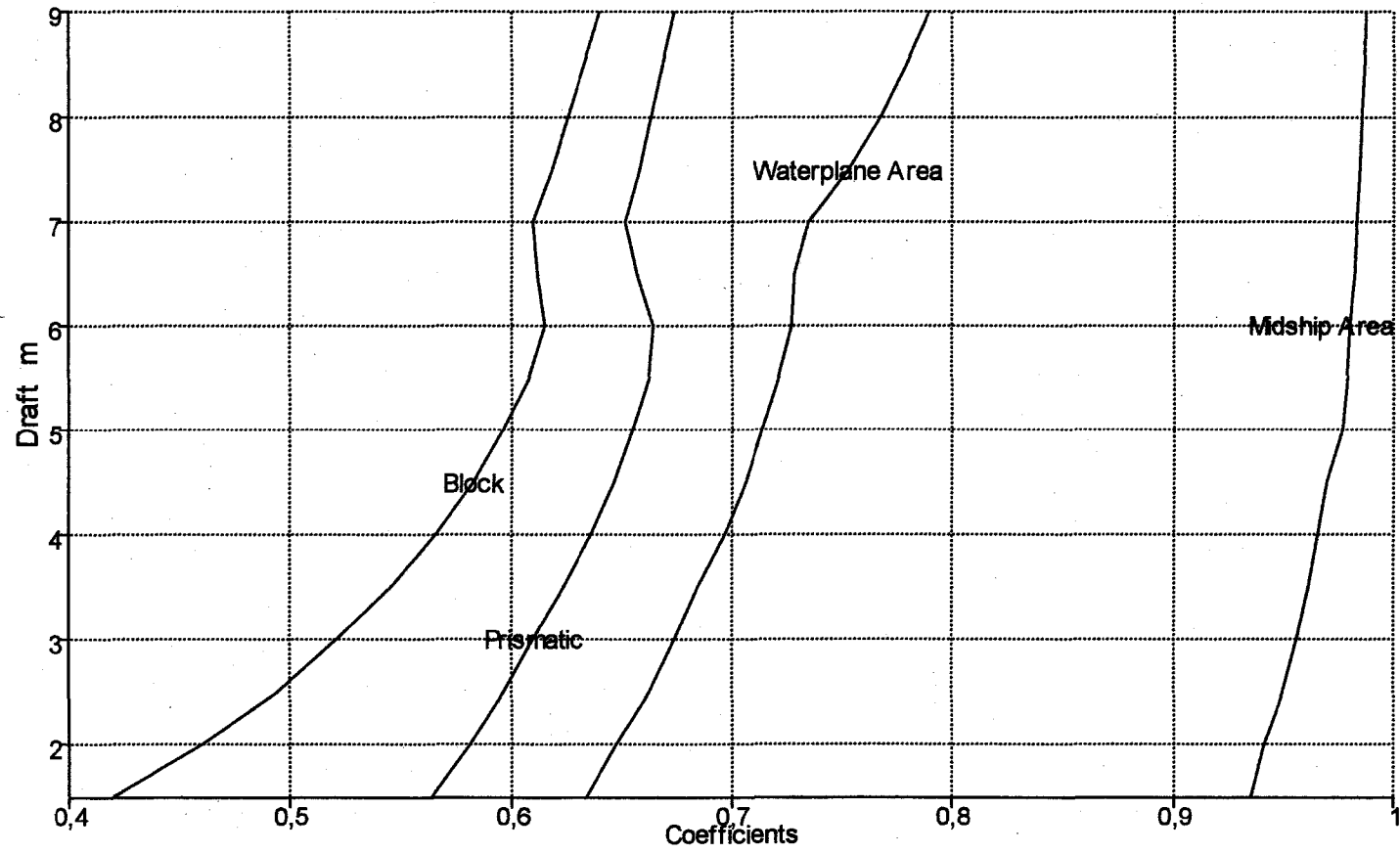




Fixed Trim = -1 m
Specific Gravity = 1,025

Displacement (tonne)	1552	2292	3062	3851	4653	5464	6282	7108
Heel to Starboard (degrees)	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at SP (m)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Draft at AP (m)	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
Draft at LCF (m)	1,518	2,012	2,507	3,003	3,5	3,999	4,499	5,001
Trim (Fore bow down) (m)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
WL Length (m)	116,078	117,821	118,674	118,869	118,423	117,677	117,132	116,844
WL Beam (m)	19,095	19,37	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area (m ²)	1501,034	1642,518	1773,804	1900,6	2024,624	2145,921	2265,867	2386,165
Waterpl. Area (m ²)	1405,84	1477,064	1523,917	1553,501	1573,208	1589,764	1604,229	1617,309
Prismatic Coeff.	0,563	0,582	0,596	0,609	0,623	0,636	0,647	0,655
Block Coeff.	0,419	0,46	0,494	0,521	0,544	0,565	0,583	0,596
Midship Area Coeff.	0,935	0,941	0,949	0,956	0,961	0,966	0,97	0,977
Waterpl. Area Coeff.	0,634	0,647	0,662	0,674	0,685	0,696	0,706	0,713
LGB to Amidsh. (m)	6,692 Aft	5,117 Aft	4,117 Aft	3,401 Aft	2,852 Aft	2,425 Aft	2,102 Aft	1,863 Aft
LGF to Amidsh. (m)	2,200 Aft	1,387 Aft	0,811 Aft	0,342 Aft	0,006 Aft	0,118 Fwd	0,077 Fwd	0,116 Aft
KG (m)	0,968	1,226	1,486	1,746	2,006	2,265	2,523	2,782
KG (m)	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BML (m)	20,129	14,969	11,852	9,782	8,319	7,235	6,404	5,753
BML (m)	559,475	419,034	335,079	276,266	233,326	202,323	178,757	159,973
GML (m)	13,279	8,39	5,542	3,737	2,539	1,717	1,148	0,758
GML (m)	552,625	412,455	328,769	270,222	227,546	196,806	173,501	154,978
KML (m)	21,097	16,194	13,338	11,528	10,324	9,5	8,928	8,535
KML (m)	560,443	420,26	336,565	278,013	235,332	204,588	181,281	162,755
Immersion (TPC) (tonne/cm)	14,413	15,143	15,623	15,926	16,129	16,298	16,447	16,581
MTC (tonne m)	72,062	79,437	84,589	87,449	88,967	90,357	91,596	92,571
RM at 1deg - GM Disp. (tonne m)	359,61	335,577	296,128	251,197	206,139	163,763	125,869	93,975

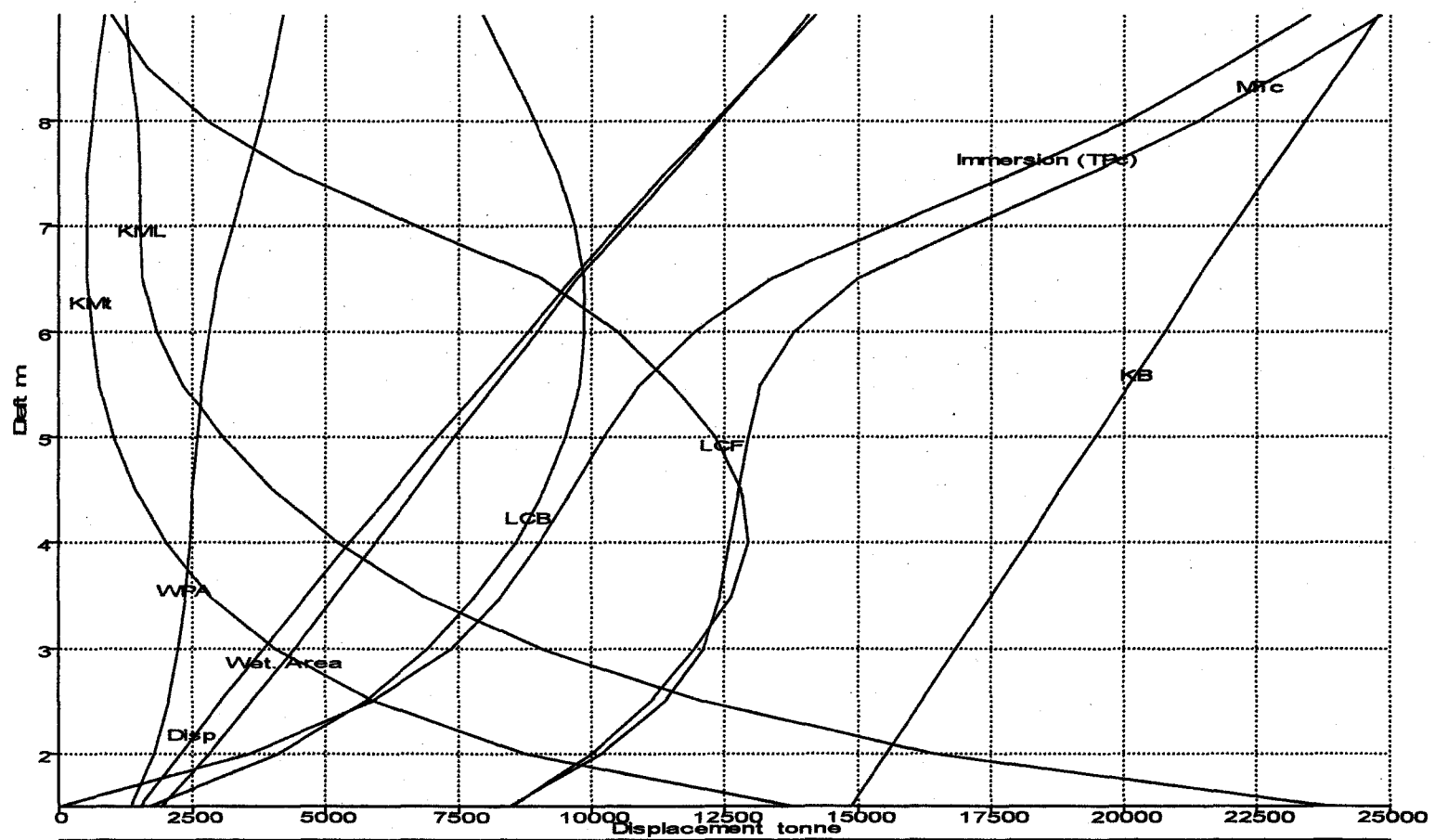
	calado 5,5 m	calado 6 m	calado 6,5 m	calado 7 m	calado 7,5 m	calado 8 m	calado 8,5 m	calado 9 m
Displacement (t)	7941	8783	9639	10517	11417	12338	13277	14232
Head to Starboard (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at LCF (m)	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
Draft at AP (m)	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
Draft at LCB (m)	5,504	6,008	6,515	7,024	7,531	8,036	8,539	9,041
Trim (ave bow down) (m)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
WL Length (m)	116,71	117,221	119,546	121,735	121,737	121,929	122,21	122,519
WL Beam (m)	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area (m ²)	2507,798	2633,25	2766,842	2910,619	3051,961	3189,547	3324,569	3458,214
Waterpl. Area (m ²)	1632,684	1654,717	1688,417	1733,907	1776,814	1814,038	1846,757	1876,578
Prismatic Coeff	0,662	0,665	0,657	0,651	0,658	0,664	0,669	0,674
Block Coeff	0,608	0,615	0,612	0,609	0,618	0,626	0,633	0,64
Midship Area Coeff	0,979	0,981	0,982	0,983	0,984	0,985	0,986	0,987
Waterpl. Area Coeff	0,721	0,728	0,728	0,734	0,752	0,767	0,779	0,79
LCB to Amidsh. (m)	1,702 Aft	1,613 Aft	1,596 Aft	1,661 Aft	1,793 Aft	1,962 Aft	2,146 Aft	2,331 Aft
LCF to Amidsh. (m)	0,472 Aft	1,004 Aft	1,790 Aft	2,830 Aft	3,678 Aft	4,262 Aft	4,657 Aft	4,907 Aft
KB (m)	3,041	3,302	3,565	3,832	4,104	4,379	4,655	4,933
KG (m)	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMT (m)	5,236	4,82	4,483	4,21	3,976	3,769	3,583	3,416
BML (m)	145,65	135,939	131,23	130,329	128,886	126,345	123,219	119,959
GMt (m)	0,501	0,346	0,272	0,267	0,303	0,369	0,458	0,567
GML (m)	140,915	131,466	127,02	126,386	125,213	122,945	120,094	117,111
KML (m)	8,277	8,122	8,048	8,042	8,08	8,148	8,238	8,348
KML (m)	148,692	139,241	134,795	134,162	132,99	130,724	127,874	124,892
Immersion (TPC) (tonne/cm)	16,738	16,964	17,31	17,776	18,216	18,598	18,933	19,239
MTC (tonne.m)	94,033	97,032	102,89	111,693	120,128	127,465	133,986	140,059
RM at 1 deg - GM (Diso. sin(1)) (tonne.m)	69,405	53,059	45,828	48,918	60,372	79,526	106,227	140,767



Fixed Trim = -0,5 m
Specific Gravity = 1,025

Displacement tonne	1540	2284	3057	3849	4653	5464	6283	7107
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75
Draft at AP m	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25
Draft at LCF m	1,507	2,004	2,502	3,001	3,5	3,999	4,5	5
Trim (ave bow down) m	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Wt. Length m	116,577	118,189	119,031	119,211	118,788	117,933	117,055	116,373
WL Beam m	19,082	19,366	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area m ²	1507,742	1647,531	1777,832	1903,647	2027,707	2149,46	2269,521	2389,209
Waterpl. Area m ²	1414,528	1483,68	1529,09	1558,343	1576,37	1590,072	1602,674	1613,89
Prismatic Coeff	0,587	0,598	0,609	0,619	0,631	0,643	0,655	0,664
Block Coeff	0,48	0,51	0,537	0,558	0,578	0,596	0,612	0,626
Midship Area Coeff	0,94	0,946	0,954	0,962	0,967	0,972	0,975	0,978
Waterpl. Area Coeff	0,636	0,648	0,662	0,674	0,684	0,695	0,706	0,715
LCB to Amidsh. m	4,330 Aft	3,349 Aft	2,703 Aft	2,235 Aft	1,868 Aft	1,575 Aft	1,352 Aft	1,194 Aft
LCF to Amidsh. m	1,615 Aft	1,004 Aft	0,562 Aft	0,237 Aft	0,053 Fwd	0,174 Fwd	0,118 Fwd	0,074 Aft
KB m	0,948	1,212	1,476	1,738	2	2,26	2,519	2,778
KG m	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BML m	20,341	15,059	11,895	9,803	8,327	7,236	6,403	5,75
BML m	576,95	427,23	339,606	279,421	234,922	202,246	177,885	158,531
GML m	13,509	8,495	5,598	3,77	2,557	1,727	1,154	0,76
GML m	570,118	420,666	333,308	273,388	229,152	196,737	172,636	153,542
KML m	21,289	16,271	13,371	11,542	10,327	9,496	8,922	8,527
KML m	577,898	428,442	341,081	281,159	236,921	204,506	180,404	161,309
Immersion (TPC) tonne/m	14,502	15,211	15,676	15,976	16,161	16,301	16,431	16,546
W.T.C tonne/m	73,776	80,74	85,623	88,423	89,593	90,339	91,146	91,701
RM at 1 deg = GMI Disp 3m(1) tonne m	363,052	338,629	298,642	253,263	207,632	164,734	126,543	94,312

Displacement tonne	7938	8776	9628	10497	11390	12305	13240	14193
Heel to Starboard, degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP, m	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25	8,75
Draft at AP, m	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25	8,75	9,25
Draft at LCF, m	5,502	6,003	6,506	7,01	7,514	8,016	8,518	9,019
Trim (Eye bow down), m	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
WL Length, m	115,821	116,135	117,629	120,767	121,772	122,032	122,328	122,648
WL Beam, m	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area, m ²	2509,857	2632,18	2759,756	2900,018	3042,536	3181,962	3318,168	3452,946
Waterpl. Area, m ²	1626,949	1646,664	1675,476	1718,907	1764,56	1804,981	1840,296	1872,406
Prismatic Coeff.	0,673	0,676	0,672	0,66	0,66	0,665	0,67	0,675
Block Coeff.	0,637	0,643	0,642	0,633	0,635	0,641	0,647	0,653
Midship Area Coeff.	0,98	0,982	0,983	0,985	0,986	0,987	0,987	0,988
Waterpl. Area Coeff.	0,724	0,731	0,734	0,734	0,747	0,762	0,775	0,787
LCB to Amidsh. m	1,095 Aft	1,047 Aft	1,052 Aft	1,119 Aft	1,252 Aft	1,427 Aft	1,621 Aft	1,818 Aft
LCF to Amidsh. m	0,385 Aft	0,801 Aft	1,382 Aft	2,326 Aft	3,225 Aft	3,884 Aft	4,332 Aft	4,604 Aft
KB, m	3,036	3,296	3,558	3,823	4,092	4,366	4,641	4,918
KG, m	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMI, m	5,23	4,812	4,471	4,196	3,963	3,759	3,577	3,412
BML, m	143,661	133,638	127,852	126,779	126,428	124,857	122,396	119,666
GMI, m	0,5	0,341	0,262	0,252	0,288	0,357	0,449	0,56
GML, m	138,931	129,168	123,643	122,835	122,753	121,454	119,268	116,814
KMI, m	8,267	8,108	8,028	8,019	8,056	8,125	8,218	8,33
KML, m	146,697	136,934	131,409	130,602	130,521	129,222	127,037	124,584
Immersion (TPC) tonne/cm	16,679	16,882	17,177	17,622	18,09	18,505	18,867	19,196
MTC tonne/m	92,671	95,264	100,033	108,354	117,493	125,591	132,7	139,319
RM at 1 deg - GMI Disp. sin(1°) tonne.m	69,29	52,258	44,018	46,191	57,316	76,636	103,768	138,808



1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4400	4800	5200
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5
100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5
40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140

Displacement tonne

Area m²

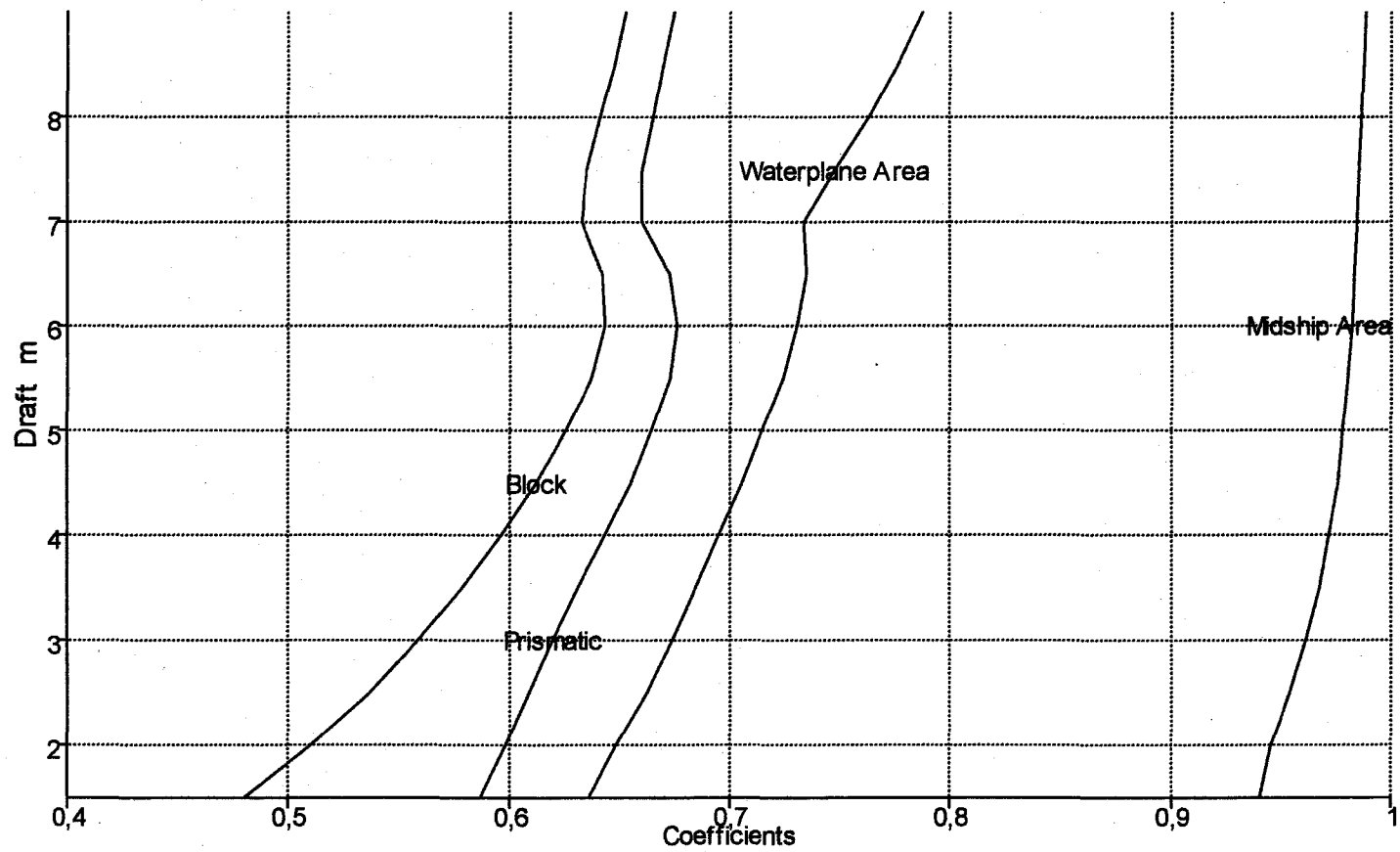
LCB, LCF, KB m

KMT m

KMIL m

Immersion tonne/cm

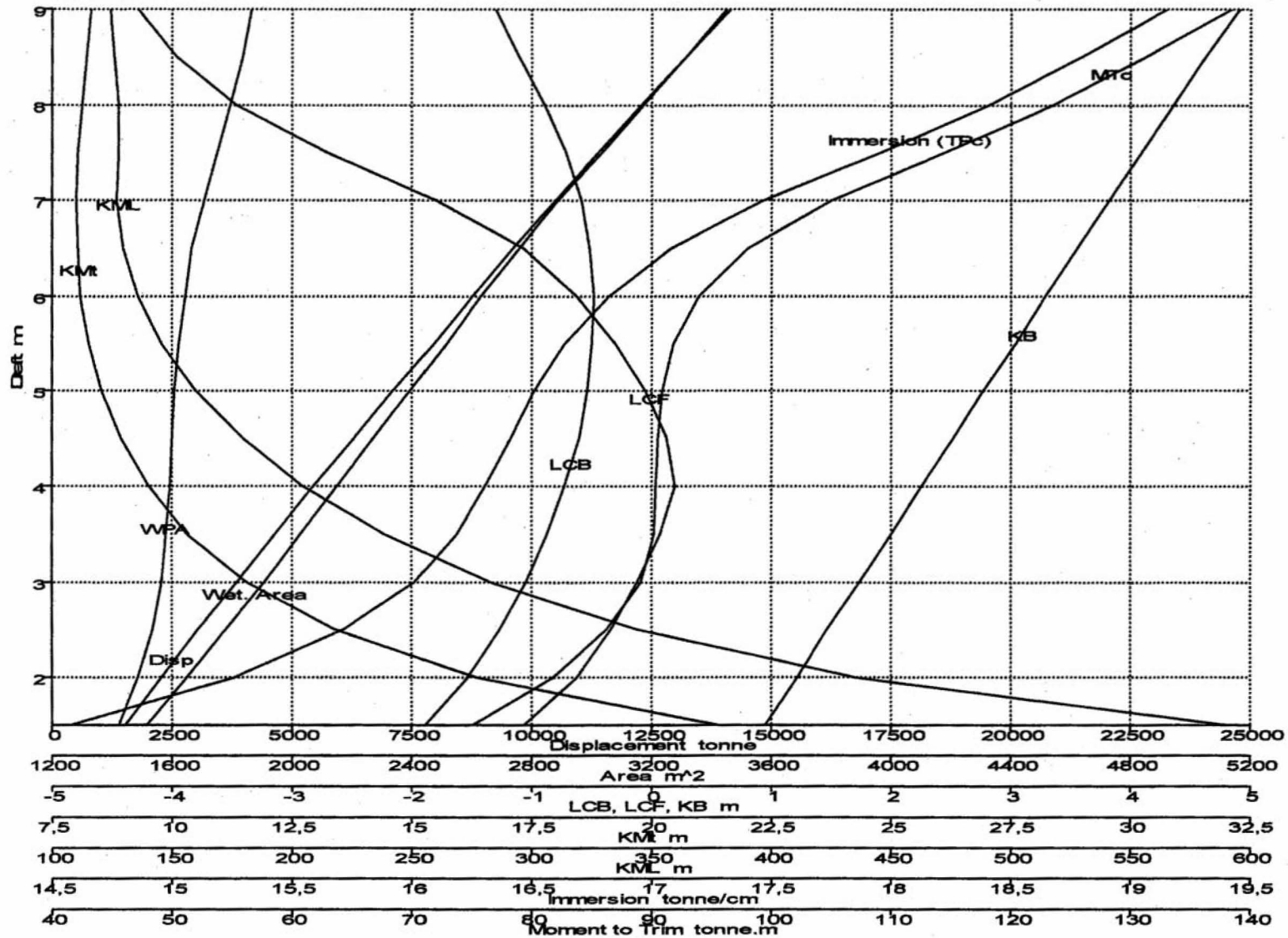
Moment to Trim tonne.m

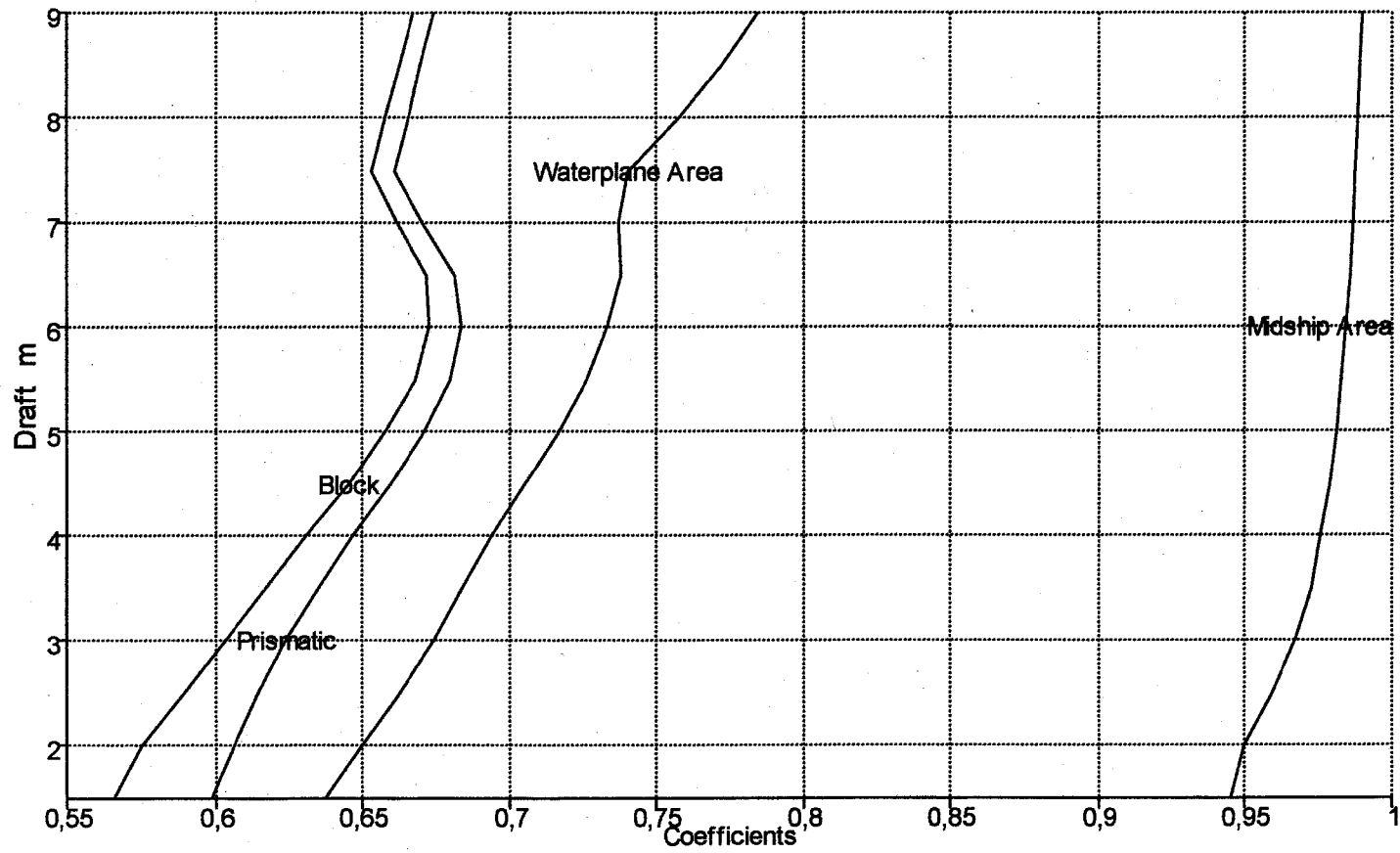


Fixed Trim = 0 m
Specific Gravity = 1,025

Displacement tonne	1532	2279	3054	3848	4653	5466	6284	7107
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Draft at AP m	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Draft at LCF m	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Trim (eye bow down) m	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	116,909	118,371	119,23	119,41	119,044	118,18	117,015	115,883
WL Beam m	19,07	19,363	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area m ²	1513,472	1652,099	1781,533	1906,735	2030,49	2152,759	2273,3	2392,668
Waterpl. Area m ²	1421,025	1488,772	1532,6	1561,691	1579,066	1590,492	1600,593	1610,557
Prismatic Coeff	0,599	0,606	0,614	0,624	0,635	0,647	0,659	0,671
Block Coeff	0,566	0,576	0,589	0,603	0,617	0,631	0,645	0,658
Midship Area Coeff	0,945	0,949	0,959	0,967	0,972	0,976	0,979	0,981
Waterpl. Area Coeff	0,637	0,65	0,663	0,674	0,684	0,694	0,705	0,716
LCB to Amidsh. m	1,886 Aft	1,543 Aft	1,271 Aft	1,056 Aft	0,877 Aft	0,724 Aft	0,606 Aft	0,531 Aft
LCF to Amidsh. m	1,063 Aft	0,629 Aft	0,335 Aft	0,130 Aft	0,077 Fwd	0,196 Fwd	0,123 Fwd	0,061 Aft
KB m	0,94	1,206	1,472	1,735	1,998	2,258	2,518	2,776
KG m	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMT m	20,488	15,117	11,923	9,818	8,333	7,237	6,402	5,747
BML m	590,154	433,819	342,588	281,576	236,241	202,189	176,663	157,042
GMI m	13,666	8,561	5,633	3,791	2,568	1,733	1,157	0,761
GML m	583,332	427,263	336,297	275,549	230,477	196,685	171,418	152,056
KMI m	21,429	16,323	13,395	11,553	10,33	9,495	8,919	8,523
KML m	591,094	435,025	344,059	283,311	238,239	204,447	179,18	159,818
Immersion (TPe) tonne/cm	14,568	15,263	15,712	16,01	16,189	16,306	16,409	16,511
MTc tonne.m	75,082	81,816	86,306	89,092	90,118	90,335	90,514	90,807
RM at 1deg = GMI Disp sin(1) tonne.m	365,326	340,473	300,223	254,556	208,57	165,341	126,893	94,418

Displacement (tonne)	7935	8771	9619	10482	11367	12277	13207	14156
Heel to Starboard (degree)	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP (m)	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
Draft at AP (m)	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
Draft at LOF (m)	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
Trim (ave bow down) (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length (m)	115,17	115,315	116,433	119,173	121,856	122,146	122,456	122,789
WL Beam (m)	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area (m ²)	2511,817	2631,853	2756,021	2889,285	3032,346	3173,776	3311,466	3447,523
Waterpl. Area (m ²)	1622,808	1640,767	1666,256	1703,664	1750,967	1794,898	1833,162	1867,77
Prismatic Coef.	0,68	0,683	0,681	0,67	0,661	0,665	0,67	0,674
Block Coef.	0,668	0,673	0,672	0,662	0,653	0,658	0,663	0,667
Midship Area Coef.	0,983	0,984	0,986	0,987	0,988	0,988	0,989	0,99
Waterpl. Area Coef.	0,726	0,733	0,738	0,737	0,741	0,757	0,772	0,784
LCB to Amidsh. (m)	0,494 Aft	0,489 Aft	0,519 Aft	0,592 Aft	0,722 Aft	0,900 Aft	1,101 Aft	1,307 Aft
LCF to Amidsh. (m)	0,300 Aft	0,617 Aft	1,075 Aft	1,795 Aft	2,717 Aft	3,465 Aft	3,972 Aft	4,278 Aft
KB (m)	3,034	3,293	3,554	3,817	4,085	4,356	4,63	4,907
KG (m)	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BML (m)	5,226	4,805	4,461	4,181	3,949	3,748	3,569	3,407
BM (m)	142,278	132,019	125,541	123,136	123,546	123,079	121,402	119,243
GML (m)	0,498	0,336	0,252	0,236	0,272	0,342	0,437	0,552
GMI (m)	137,551	127,551	121,332	119,191	119,868	119,673	118,271	116,388
KMI (m)	8,26	8,098	8,015	7,998	8,034	8,104	8,199	8,314
KML (m)	145,313	135,313	129,094	126,953	127,63	127,435	126,033	124,15
Immersion (TPC) (tonne/cm)	16,637	16,821	17,082	17,466	17,951	18,401	18,794	19,148
MTC (tonne/m)	91,723	94,017	98,072	104,987	114,503	123,46	131,26	138,455
RM at 1deg - GMI Disp (m ³) (tonne/m)	68,984	51,425	42,387	43,115	53,929	73,258	100,734	136,324

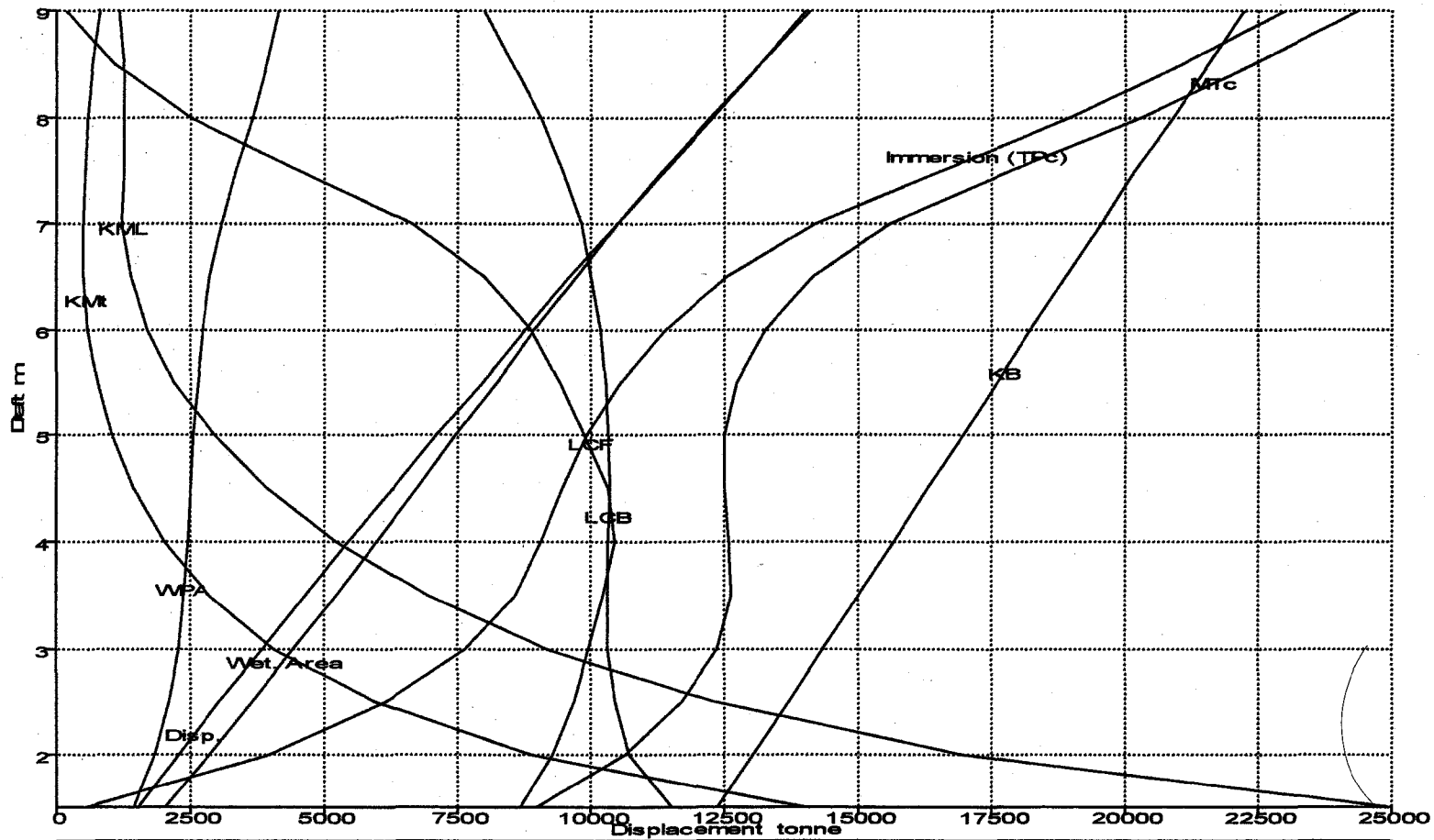




Fixed Trim = 0,5 m
Specific Gravity = 1,025

Displacement tonne	1527	2276	3053	3847	4654	5467	6285	7106
Heel to Starboard degree	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25
Draft at AP m	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75
Draft at LCF m	1,498	1,999	2,499	3	3,5	4,001	4,5	5
Trim (rise bow down) m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
WL Length m	117,088	118,419	119,25	119,477	119,182	118,356	116,984	115,482
WL Beam m	19,075	19,364	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area m ²	1518,139	1656,008	1784,96	1909,86	2033,01	2155,655	2276,502	2396,089
Waterpl. Area m ²	1425,219	1492,045	1534,881	1563,497	1581,193	1591,034	1598,912	1607,791
Prismatic Coeff	0,587	0,599	0,609	0,62	0,631	0,643	0,657	0,671
Block Coeff	0,475	0,508	0,535	0,558	0,577	0,595	0,613	0,631
Midship Area Coeff	0,943	0,95	0,958	0,965	0,971	0,975	0,978	0,98
Waterpl. Area Coeff	0,638	0,651	0,663	0,675	0,684	0,693	0,705	0,718
LCB to Amidshp m	0,614 Fwd	0,289 Fwd	0,172 Fwd	0,130 Fwd	0,118 Fwd	0,126 Fwd	0,134 Fwd	0,126 Fwd
LCF to Amidshp m	0,544 Aft	0,284 Aft	0,124 Aft	0,013 Aft	0,085 Fwd	0,177 Fwd	0,118 Fwd	0,055 Aft
KB m	0,944	1,209	1,474	1,738	2	2,26	2,519	2,777
KG m	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMT m	20,571	15,154	11,941	9,826	8,336	7,237	6,4	5,746
BML m	598,744	437,672	344,312	282,604	237,265	202,198	175,65	155,763
GML m	13,75	8,6	5,653	3,801	2,573	1,734	1,157	0,76
GML m	591,923	431,118	338,023	276,579	231,503	196,696	170,407	150,778
KMl m	21,515	16,363	13,415	11,564	10,335	9,497	8,92	8,523
KML m	599,688	438,881	345,786	284,341	239,265	204,459	178,169	158,541
Immersion (I/Pc) tonne/cm	14,611	15,296	15,736	16,029	16,21	16,311	16,392	16,483
M/Tc tonne/m	75,946	82,451	86,708	89,416	90,533	90,364	89,993	90,041
RM at 1deg = GMT Disp sin(1) tonne/m	366,395	341,587	301,144	255,212	208,971	165,482	126,904	94,312

Displacement (tonne)	7934	8768	9612	10471	11349	12252	13177	14123
Heel to Starboard (degrees)	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FF (m)	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25	8,75	9,25
Draft at AP (m)	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25	8,75
Draft at LCF (m)	5,499	5,998	6,497	6,994	7,491	7,987	8,485	8,983
Trim (Pic bow down) (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
WL Length (m)	114,725	114,718	115,616	117,599	120,99	122,263	122,592	122,942
WL Beam (m)	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area (m ²)	2514,089	2632,113	2753,757	2881,644	3022,359	3164,932	3304,721	3441,905
Waterpl. Area (m ²)	1619,563	1636,006	1659,41	1691,592	1737,341	1783,814	1825,53	1862,639
Prismatic Coeff.	0,68	0,685	0,684	0,677	0,663	0,662	0,666	0,671
Block Coeff.	0,643	0,651	0,653	0,648	0,637	0,637	0,643	0,649
Midship Area Coeff.	0,982	0,984	0,985	0,986	0,987	0,988	0,989	0,989
Waterpl. Area Coeff.	0,728	0,735	0,74	0,741	0,74	0,752	0,768	0,781
LGB to Amidstl. (m)	0,102 Fwd	0,063 Fwd	0,005 Fwd	0,079 Aft	0,206 Aft	0,381 Aft	0,585 Aft	0,798 Aft
LCF to Amidstl. (m)	0,235 Aft	0,455 Aft	0,812 Aft	1,334 Aft	2,191 Aft	3,000 Aft	3,570 Aft	3,929 Aft
KB (m)	3,035	3,293	3,553	3,815	4,08	4,35	4,623	4,898
KG (m)	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BML (m)	5,222	4,798	4,452	4,167	3,935	3,736	3,56	3,402
BML (m)	141,157	130,723	123,891	120,332	120,59	120,992	120,264	118,672
GMI (m)	0,495	0,329	0,243	0,22	0,254	0,325	0,423	0,541
GML (m)	136,43	126,254	119,682	116,385	116,909	117,581	117,128	115,811
KMI (m)	8,257	8,092	8,005	7,982	8,016	8,086	8,183	8,3
KML (m)	144,193	134,016	127,444	124,146	124,67	125,341	124,887	123,57
Immersion (TPC) (tonne/cm)	16,604	16,772	17,012	17,342	17,811	18,288	18,715	19,096
MTC (tonne/m)	90,955	93,023	96,672	102,404	111,497	121,056	129,698	137,446
RM at 1 deg - GMT Disp (tonne/m)	68,532	50,412	40,761	40,28	50,395	69,575	97,321	133,421



1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4400	4800	5200
-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5
100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5
40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140

Displacement tonne

Area m²

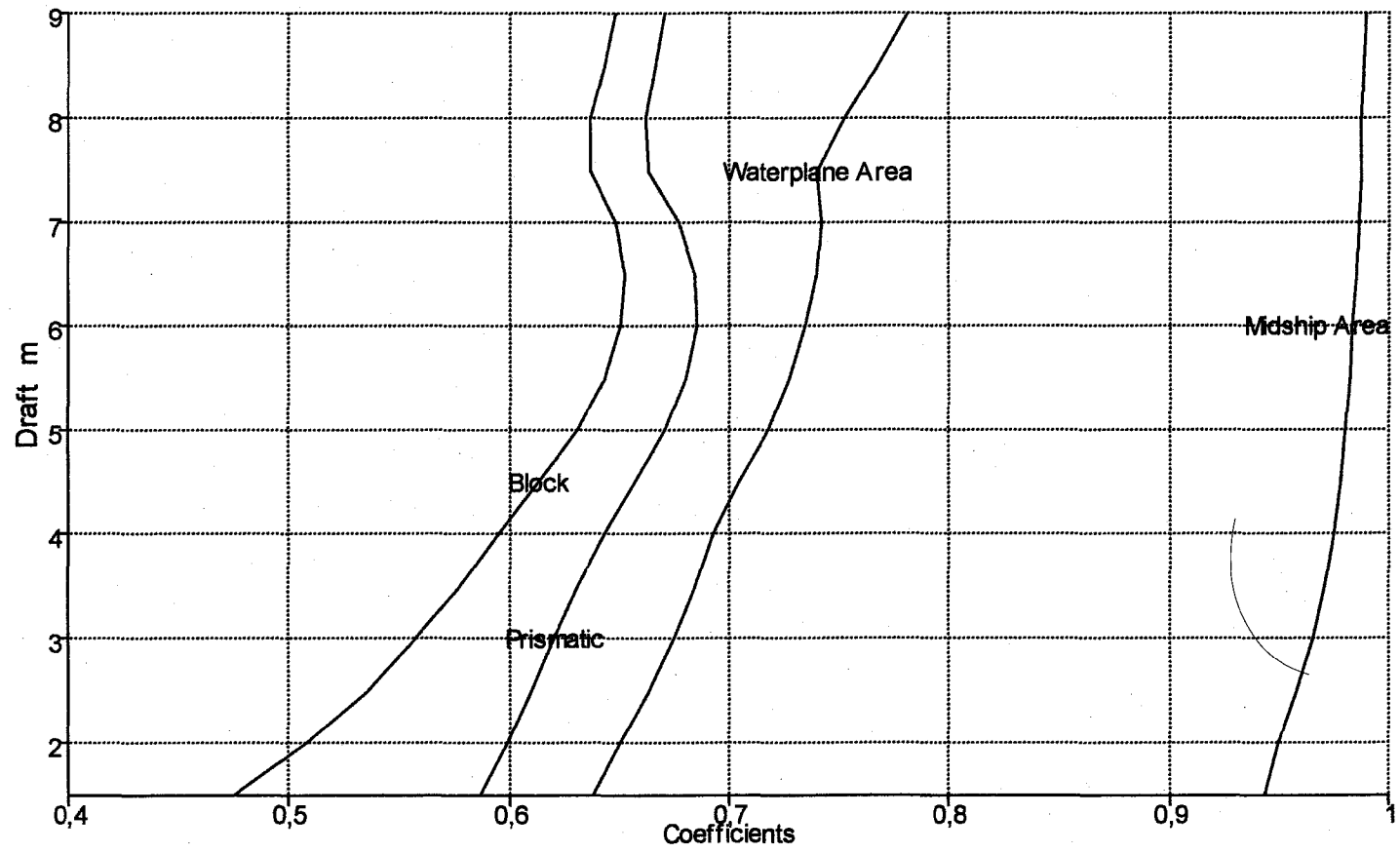
LCB, LOF, KB m

KMT m

KML m

Immersion tonne/cm

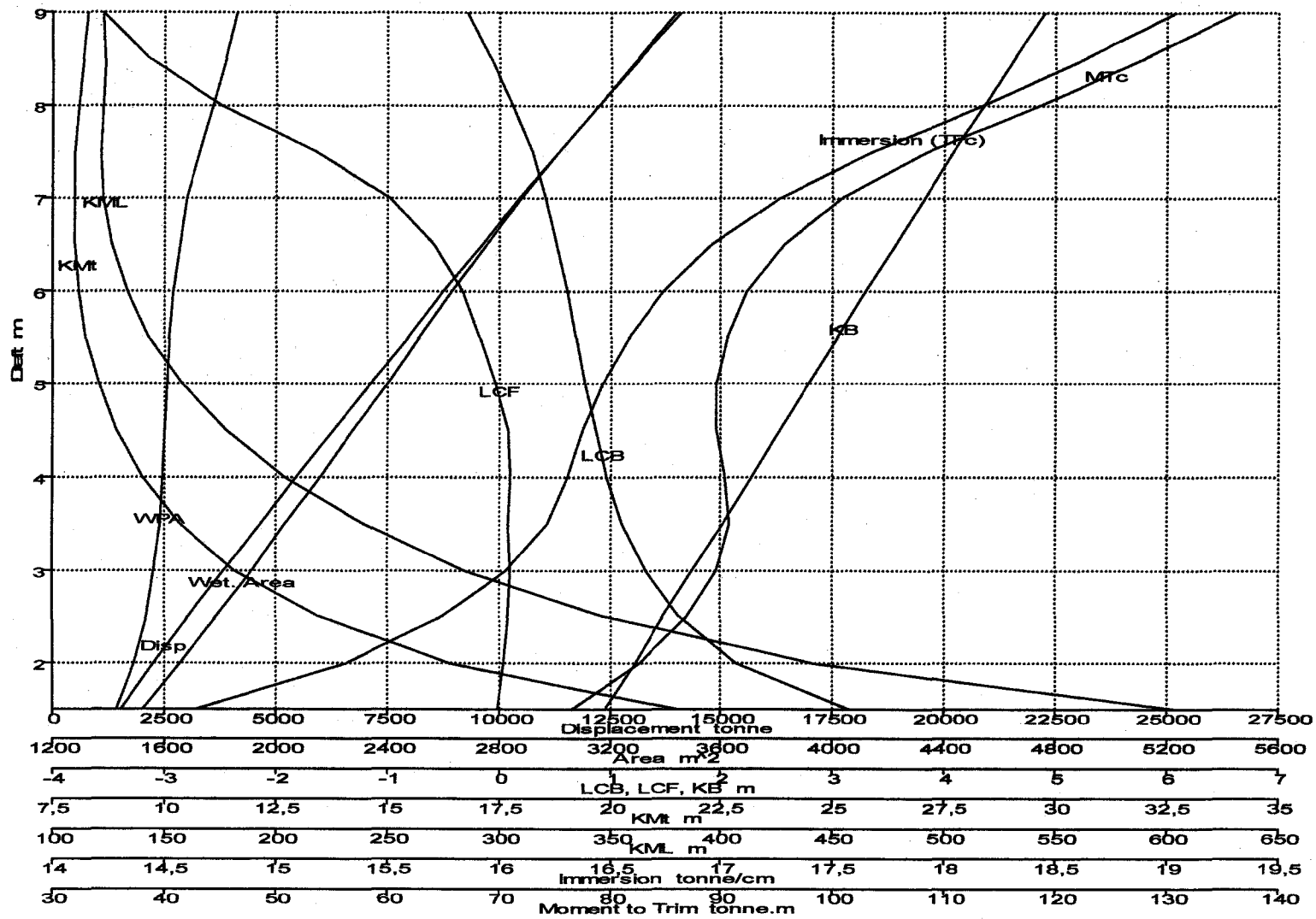
Moment to Trim tonne.m

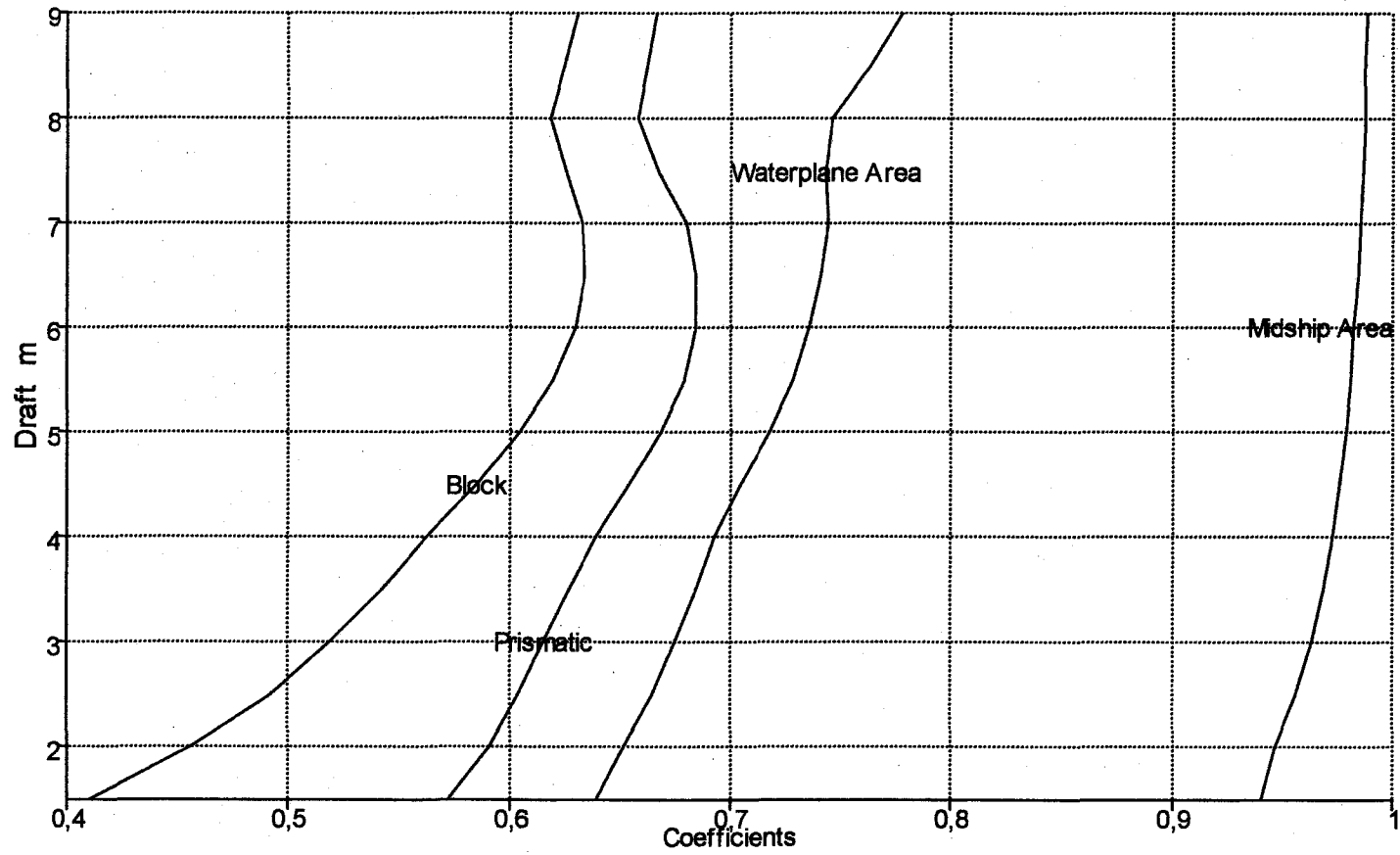


Fixed Trim = 1 m
Specific Gravity = 1,025

Displacement (tonne)	1525	2275	3053	3848	4655	5468	6285	7106
Heel to Starboard (degrees)	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP (m)	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
Draft at AP (m)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Draft at LCF (m)	1,5	2	2,501	3,001	3,501	4,001	4,501	5
Trim (rise/low down) (m)	1	1	1	1	1	1	1	1
WL Length (m)	117,127	118,346	119,126	119,421	119,198	118,393	116,892	115,296
WL Beam (m)	19,084	19,366	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area (m ²)	1522,118	1659,57	1788,175	1912,866	2035,629	2158,331	2279,681	2398,761
Waterpl. Area (m ²)	1427,618	1493,744	1536,094	1564,041	1582,214	1591,121	1597,323	1605,952
Prismatic Coeff.	0,572	0,59	0,603	0,615	0,626	0,639	0,654	0,669
Block Coeff.	0,41	0,456	0,491	0,518	0,542	0,563	0,585	0,605
Midship Area Coeff.	0,941	0,947	0,956	0,963	0,969	0,973	0,976	0,979
Waterpl. Area Coeff.	0,639	0,652	0,665	0,675	0,684	0,693	0,704	0,718
LCB to Amidsh. (m)	3,143 Fwd	2,132 Fwd	1,620 Fwd	1,317 Fwd	1,116 Fwd	0,975 Fwd	0,870 Fwd	0,779 Fwd
LCF to Amidsh. (m)	0,013 Aft	0,045 Fwd	0,082 Fwd	0,098 Fwd	0,093 Fwd	0,115 Fwd	0,082 Fwd	0,035 Aft
KB (m)	0,959	1,221	1,483	1,745	2,007	2,266	2,524	2,781
KG (m)	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMT (m)	20,592	15,169	11,95	9,829	8,335	7,235	6,398	5,744
BML (m)	603,68	439,268	344,955	282,654	237,643	201,922	174,666	154,928
GML (m)	13,762	8,61	5,658	3,801	2,571	1,731	1,153	0,757
GMI (m)	596,851	432,709	338,663	276,627	231,878	196,418	169,421	149,941
KMI (m)	21,551	16,39	13,433	11,574	10,342	9,501	8,922	8,525
RMI (m)	604,639	440,489	346,439	284,4	239,649	204,188	177,19	157,71
Immersion (TPC) (tonnes/cm)	14,636	15,314	15,748	16,035	16,221	16,312	16,376	16,464
MT (tonne/m)	76,505	82,737	86,877	89,445	90,697	90,258	89,487	89,541
RM at 1deg = GMI Disp (m ²) (tonne/m)	366,367	341,905	301,427	255,263	208,832	165,175	126,49	93,882

Displacement tonne	7932	8765	9608	10462	11335	12231	13151	14093
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
Draft at AP m	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
Draft at LCF m	5,499	5,997	6,495	6,992	7,486	7,979	8,474	8,97
Trim (ave bow down) m	1	1	1	1	1	1	1	1
WL Length m	114,448	114,332	115,043	116,645	119,566	122,367	122,736	123,106
WL Beam m	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area m ²	2515,987	2633,367	2752,622	2877,56	3012,596	3155,355	3297,456	3436,173
Waterpl. Area m ²	1617,554	1632,781	1654,01	1683,182	1723,726	1771,608	1817,03	1857,111
Prismatic Coeff	0,679	0,684	0,684	0,68	0,668	0,658	0,662	0,667
Block Coeff	0,62	0,629	0,634	0,633	0,625	0,619	0,625	0,631
Midship Area Coeff	0,981	0,982	0,984	0,985	0,986	0,987	0,988	0,988
Waterpl. Area Coeff	0,729	0,736	0,741	0,744	0,743	0,746	0,763	0,778
LCB to Amidsh. m	0,694 Fwd	0,610 Fwd	0,523 Fwd	0,423 Fwd	0,297 Fwd	0,127 Fwd	0,077 Aft	0,293 Aft
LCF to Amidsh. m	0,163 Aft	0,324 Aft	0,574 Aft	0,974 Aft	1,652 Aft	2,482 Aft	3,131 Aft	3,545 Aft
KB m	3,039	3,296	3,555	3,815	4,079	4,347	4,618	4,893
KG m	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BML m	5,22	4,794	4,444	4,157	3,922	3,724	3,551	3,396
BML m	140,492	129,852	122,624	118,466	117,559	118,549	118,862	117,98
GML m	0,49	0,323	0,233	0,207	0,237	0,308	0,408	0,529
GML m	135,762	125,381	118,412	114,516	113,873	115,133	115,719	115,113
KMI m	8,258	8,09	7,999	7,972	8,001	8,071	8,169	8,289
KML m	143,53	133,148	126,178	122,282	121,638	122,896	123,48	122,872
Immersion (TPC) tonne/cm	16,583	16,739	16,957	17,256	17,672	18,163	18,628	19,039
MTC tonne m	90,498	92,354	95,6	100,683	108,467	118,335	127,884	136,328
RM at 1deg = GML Disp sim 1 tonne m	67,878	49,345	39,025	37,732	46,828	65,671	93,591	130,147

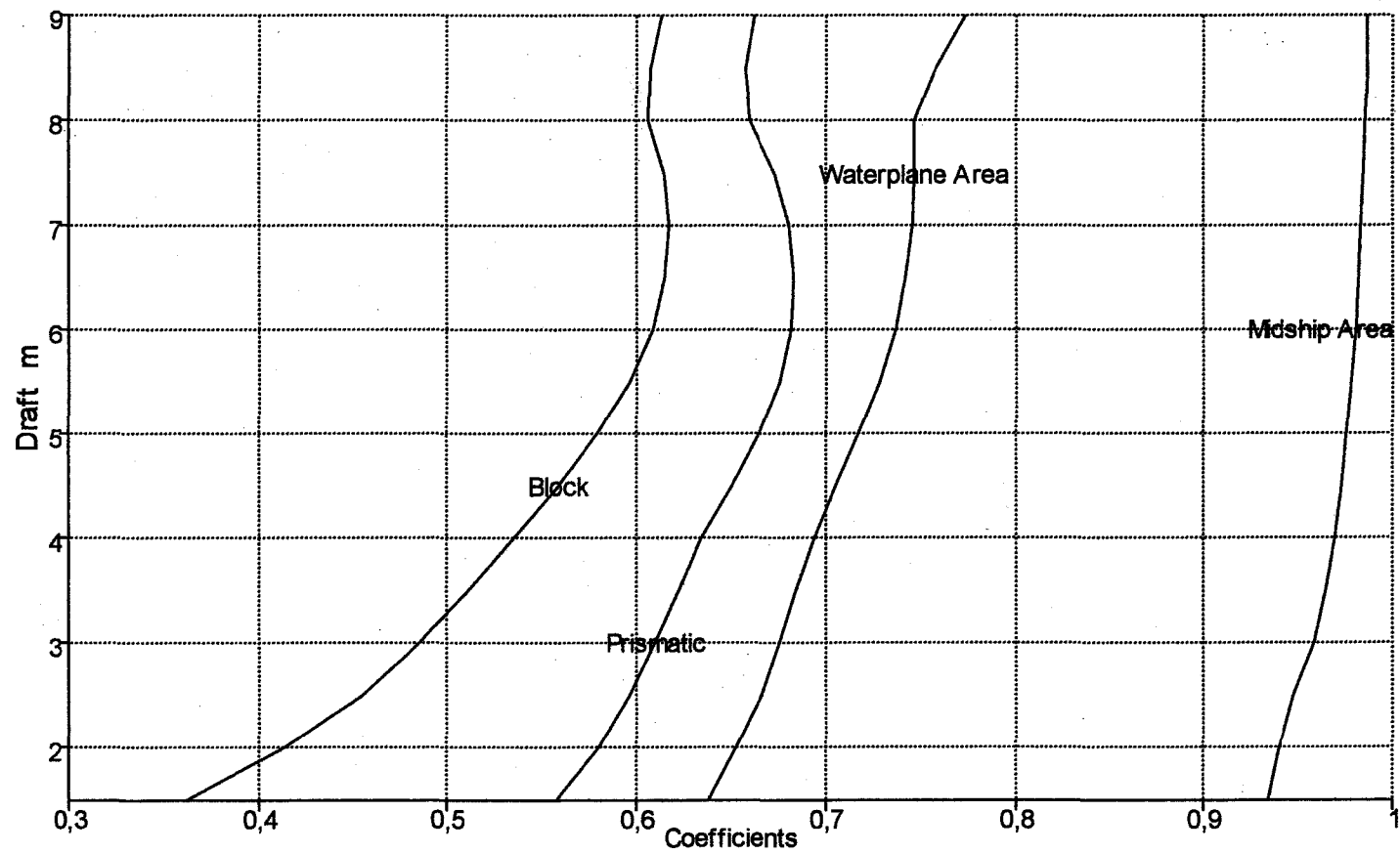




**Fixed Trim = 1,5 m
Specific Gravity = 1,025**

Displacement (t) in air	1527	2277	3054	3849	4656	5469	6286	7107
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP (m)	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75
Draft at AP (m)	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25
Draft at LOF (m)	1,507	2,005	2,504	3,003	3,501	4,001	4,5	5
Trim (five bow down) (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
WL Length (m)	117,027	118,168	118,882	119,243	119,072	118,259	116,785	115,309
WL Beam (m)	19,097	19,368	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area (m ²)	1524,301	1662,558	1791,11	1915,72	2038,415	2160,427	2282,409	2401,303
Waterpl. Area (m ²)	1426,479	1493,614	1535,952	1563,584	1581,63	1591,233	1596,482	1604,472
Prismatic Coeff.	0,557	0,581	0,597	0,609	0,621	0,635	0,65	0,664
Block Coeff.	0,361	0,413	0,454	0,485	0,511	0,535	0,558	0,58
Midship Area Coeff.	0,934	0,94	0,947	0,959	0,965	0,97	0,973	0,976
Waterpl. Area Coeff.	0,638	0,653	0,666	0,676	0,685	0,694	0,705	0,717
LCB to Amidsh. (m)	5,672 Fwd	3,975 Fwd	3,068 Fwd	2,504 Fwd	2,114 Fwd	1,823 Fwd	1,603 Fwd	1,429 Fwd
LCF to Amidsh. (m)	0,526 Fwd	0,372 Fwd	0,290 Fwd	0,208 Fwd	0,117 Fwd	0,052 Fwd	0,027 Fwd	0,021 Aft
KB (m)	0,986	1,241	1,499	1,758	2,017	2,275	2,532	2,788
KG (m)	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMI (m)	20,524	15,153	11,944	9,824	8,332	7,232	6,396	5,742
BML (m)	601,957	438,628	344,401	282,029	237,048	201,736	174,056	154,234
GML (m)	13,677	8,582	5,643	3,789	2,561	1,723	1,146	0,751
GML (m)	595,11	432,056	338,1	275,994	231,277	196,227	168,806	149,242
KMI (m)	21,51	16,393	13,443	11,582	10,349	9,507	8,928	8,53
KMI (m)	602,943	439,868	345,9	283,788	239,065	204,012	176,588	157,022
Immersion (TPC) (tonnes/cm)	14,624	15,313	15,747	16,03	16,215	16,313	16,367	16,449
M to tonne (t)	76,381	82,676	86,78	89,276	90,486	90,188	89,175	89,128
RM at 1deg - GM Disp (sin(1) tonne (t)	364,579	341,046	300,783	254,55	208,073	164,453	125,75	93,116

Displacement tonne	7932	8764	9605	10457	11325	12215	13129	14067
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25	8,75	9,25	9,75
Draft at AP m	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25
Draft at LCF m	5,499	5,997	6,495	6,992	7,485	7,976	8,467	8,961
Trim (Eye low down) m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
WL Length m	114,336	114,154	114,671	115,994	118,161	121,497	122,89	123,279
WL Beam m	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Wetted Area m ²	2517,954	2634,634	2752,492	2875,149	3004,938	3146,364	3289,557	3430,676
Waterpl. Area m ²	1616,109	1630,761	1650,296	1676,902	1712,122	1759,571	1807,473	1851,144
Prismatic Coeff.	0,675	0,681	0,683	0,68	0,673	0,66	0,658	0,662
Block Coeff.	0,597	0,608	0,615	0,617	0,614	0,606	0,607	0,614
Midsip Area Coeff.	0,978	0,98	0,982	0,983	0,984	0,985	0,986	0,987
Waterpl. Area Coeff.	0,729	0,736	0,742	0,745	0,747	0,747	0,758	0,774
LCB to Amidsh. m	1,283 Fwd	1,155 Fwd	1,037 Fwd	0,919 Fwd	0,787 Fwd	0,623 Fwd	0,425 Fwd	0,208 Fwd
LCF to Amidsh. m	0,098 Aft	0,202 Aft	0,360 Aft	0,663 Aft	1,162 Aft	1,940 Aft	2,649 Aft	3,116 Aft
KB m	3,045	3,301	3,559	3,819	4,081	4,347	4,617	4,89
KG m	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762	7,762
BMT m	5,217	4,789	4,438	4,148	3,909	3,712	3,541	3,389
BML m	140,001	129,342	121,791	117,117	115,04	116,094	117,144	117,167
GMT m	0,484	0,314	0,222	0,193	0,218	0,289	0,391	0,515
GML m	135,267	124,867	117,575	113,163	111,35	112,672	113,994	114,293
KM m	8,262	8,091	7,997	7,967	7,99	8,059	8,158	8,28
KML m	143,045	132,644	125,35	120,936	119,121	120,441	121,761	122,057
Immersion (TPe) tonne/cm	16,568	16,719	16,919	17,192	17,553	18,039	18,53	18,978
MTC tonne.m	90,163	91,961	94,897	99,442	105,971	115,651	125,767	135,105
RM at 1 deg - GM Disp. m ³ /1 tonne.m	66,968	48,1	37,283	35,268	43,156	61,662	89,557	126,46



PRESUPUESTO

- 0. Introducción.**
- 1. Costes de Construcción.**
- 2. Inversión Total.**

0.INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de este tema se limitará a las primeras evaluaciones o estimaciones del presupuesto. El coste de construcción del buque se puede estimar siguiendo los apuntes de proyectos del Sr. Meizoso Fernández, septiembre 1997, recogidos en el libro El Proyecto Básico Del Buque Mercante. En ellos también se basa el cálculo de la inversión total.

1.COSTE DE CONSTRUCCIÓN.

Para su cálculo se aplica la siguiente expresión:

$$CC = CMg + CEq + CMo + Cva$$

Siendo:

CMg: Coste materiales a granel.

CEq: Coste de los equipos.

CMo: Coste de la mano de obra.

CVa: otros costes aplicados.

CmM: Coste del montaje del material a granel.

CmE: Coste del montaje de los equipos.

CEc: coste de los equipos de manipulación y manejo de la carga.

CEp: Coste de los equipos de propulsión y sus auxiliares, incluido montaje.

CHf : Coste de habilitación y fonda.

CEr: Coste del equipo restante instalado.

- Coste de la mano de obra C_{Mo}.

$$C_{Mo} = C_{mM} + C_{mE}$$

$$C_{mM} = 3768000\text{€}$$

- Coste del material a granel C_{Mg} y de su montaje C_{mM}.

$$C_{Mg} + C_{mM} = (ccs \cdot cas \cdot cem \cdot ps + chm \cdot csh) \cdot WST = pst \cdot WST$$

ccs = 1,075; coste ponderado de las chapas y perfiles de las distintas calidades del acero.

cas = 1,09; coeficiente de aprovechamiento del acero.

cem = 1,04; relación peso bruto, peso neto y de incremento por equipo metálico.

ps = 475 euros/Ton; precio unitario del acero.

chm = 30 euros/h; coste horario medio.

csh = 50 h/Ton; coeficiente de horas por unidad de peso.

WST = 2512Tn.

$$C_{Mg} = ccs.cas.cem.ps.WST$$

$$C_{Mg} = 1454057 \text{ €}$$

$$C_{mM} = chm.csh.WST$$

$$C_{mM} = 3768000\text{€}$$

$$\mathbf{C_{Mg} + C_{mM} = 5222057 \text{ €}}$$

-Coste de los equipos C_{eq} y de su montaje C_{mE} .

$$C_{Eq} + C_{mE} = C_{Ec} + C_{Ep} + C_{Hf} + C_{Er}$$

$$C_{Ep} = c_{ep} \cdot PB$$

$$PB = 1250HP$$

$c_{ep} = 280$ euros/kW, motor de 4 tiempos

$$C_{Ep} = 350000 \text{ €}$$

$$C_{Hf} = c_{hf} \cdot n_{ch} \cdot NT$$

$c_{hf} = 36000$ euros/tripulante

$n_{ch} = 1.05$; nivel de calidad de la habilitación

NT: Número de tripulantes = 25

$$C_{Hf} = 945000\text{€}$$

$$C_{Er} = c_{pe} \cdot pst \cdot W_{er}$$

$c_{pe} = 1.3$; coeficiente de comparación del coste del equipo restante.

$pst = 2078,8 \text{ €/ Tn}$

W_{er} : Peso del equipo restante = 1101Tn

$$C_{Er} = 2975386 \text{ €}$$

C_{Ec} = coste de los equipos de manipulación y almacenamiento de la carga. Este dato se ha obtenido haciendo una estimación a partir del buque base. Se tomará igual a 4145835€.

$$C_{Eq} = 8415771 \text{ €}$$

- Costes varios aplicados CVa.

$$CVa = cva \cdot CC$$

cva = 0.075; Porcentaje sobre el coste total de construcción

$$CC = 14407486 \text{ €}$$

2. INVERSIÓN TOTAL IT.

Siguiendo los mismos apuntes que el apartado anterior:

$$IT = (1 + bi) \cdot CC / (1 + bcn - ga)$$

bi = 0.125; beneficio expresado en tanto por ciento del coste de construcción.

bcn = 0.09; primas o bonificaciones expresado en tanto por ciento de la inversión total.

ga = 0.225; gastos del armador expresado en tanto por ciento de la inversión total.

$$IT = 18738636\text{€}$$

$$IT = Ca + Ga$$

- Costes de adquisición CA.

$$CA = CC + BI - BCN$$

Siendo:

CC: Coste de construcción.

BI: Beneficio industrial.

BCN : primas y bonificaciones a la construcción naval.

$$BI = bi.CC$$

bi = 0,125; beneficio expresado en tanto por ciento del coste de construcción.

$$BI = 1728898.3$$

$$BCN = bcn.IT$$

bcn = 0.09; primas o bonificaciones expresados en tanto por ciento de la inversión total.

$$BCN = 1800935.7$$

$$\mathbf{CA = 14335449\text{€}}$$

- Gastos del armador Ga.

$$Ga = ga. IT$$

ga = 0.225; gastos del armador expresados en tanto por ciento de la inversión total.

$$\mathbf{Ga = 4216193.1\text{€}}$$

