

CUADERNILLO 0



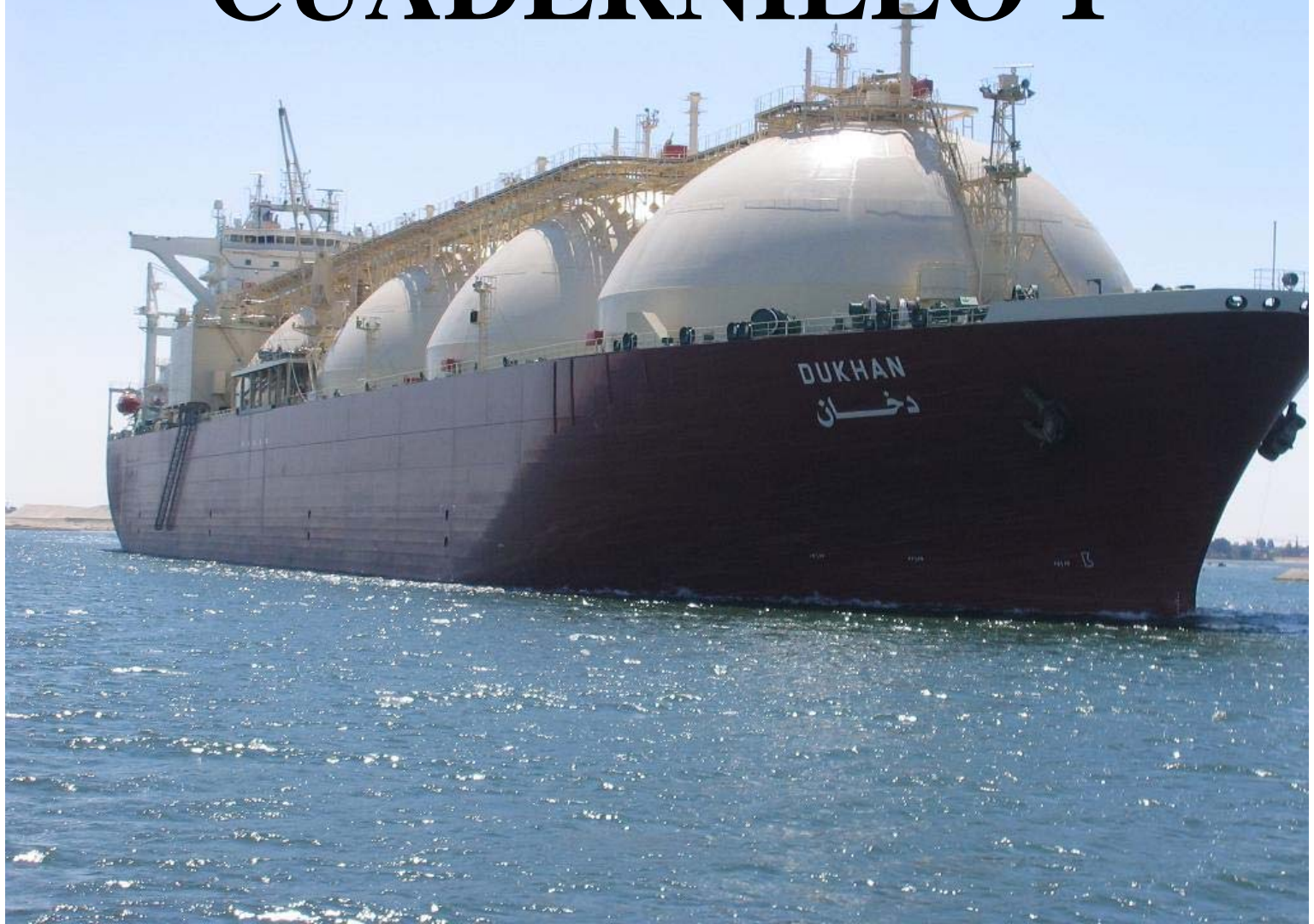
MEMORIA EXPLICATIVA DEL TIPO DE BUQUE Y SERVICIO

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 1



DIMENSIONAMIENTO

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 2



CALCULO JUSTIFICATIVO DE LOS TANQUES DE CARGA

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 3



DEFINICIÓN DE FORMAS

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 4



DISPOSICIÓN GENERAL

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 5



CALCULO DE ARQUITECTURA NAVAL

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 6



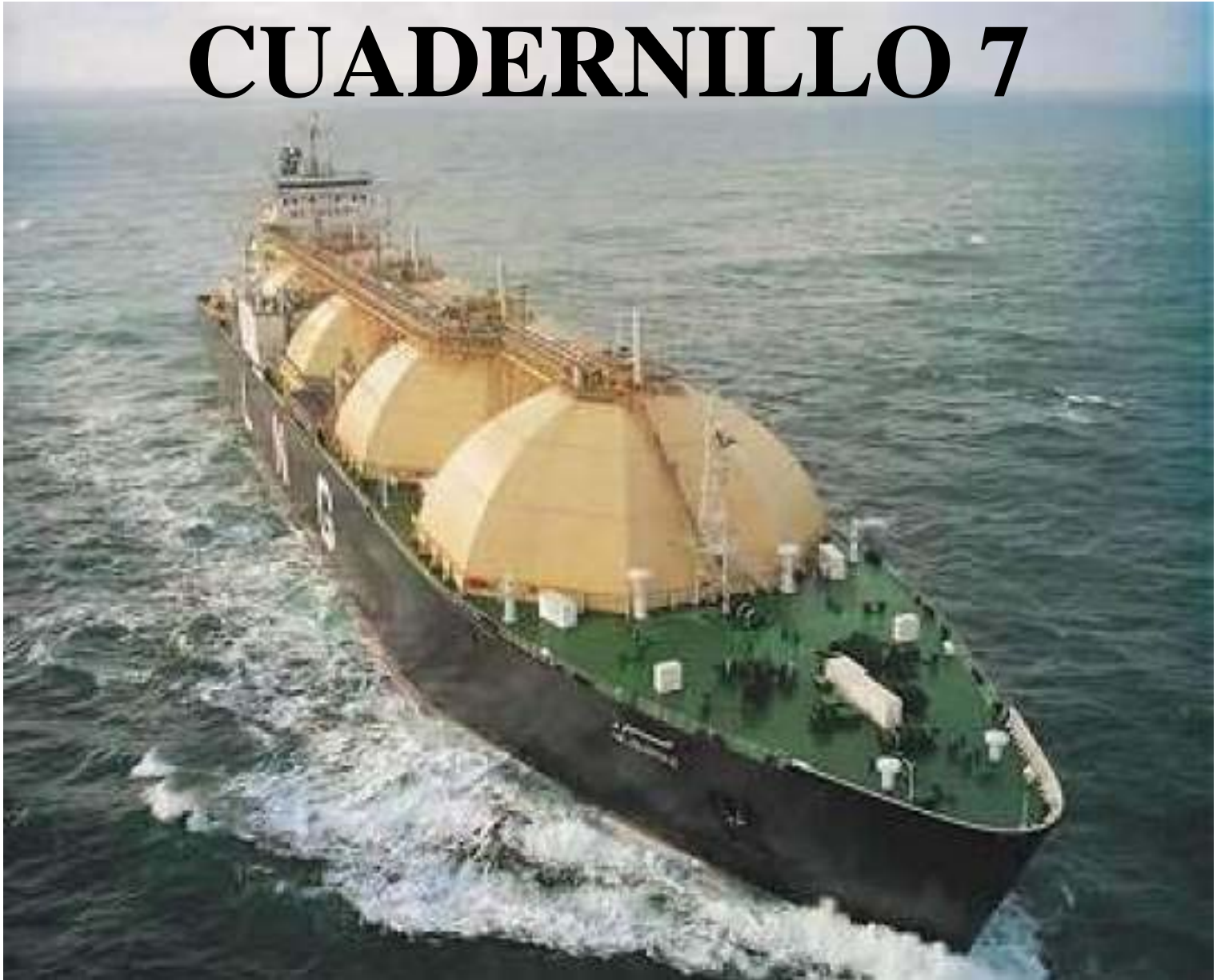
PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 7



CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

CUADERNILLO 8



RESISTENCIA ESTRUCTURAL

DANIEL VICENTE FERRER

10/12/2011

UPCT

INDICE

1.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	1
2.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE.....	1
3.- TIPO DE BUQUE.....	2
3.1.- GASEROS LPG.....	2
3.2.- GASEROS LNG.....	3
4.- IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE DE GAS.....	7
5.- ALMACENAMIENTO DEL GAS NATURAL.....	9
6.- PROBLEMAS DEL MATERIAL USADO Y DISEÑO DE RECIPIENTES DE CONTENCION DE GARGA.....	11
7.- BIBLIOGRAFÍA.....	12

INDICE

0.- DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE.....	P-1
1.- LIMITACIONES DIMENSIONALES.....	P-1
2.- PREDIMENSIONAMIENTO MEDIANTE REGRESIONES.....	P-1
3.- PREDIMENSIONAMIENTO MEDIANTE FORMULACIÓN.....	P-8
4.- ESTUDIO DE LA ELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.	P-12
5.- ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD INICIAL.....	P-15
5.1.- ALTURA METACENTRICA, GM.....	P-15
5.2.- CONCLUSIONES.....	P-16

INDICE

0.- INTRODUCCION.....	P-1
1.- JUSTIFICACION DE LAS FORMAS DE LOS DEPOSITOS.....	P-3
1.1.- CARACTERÍSTICAS DEL ACERO.....	P-3
1.2.- CALCULO DE ESPESORES, PESOS Y VOLUMENES DE LOS DEPOSITOS.....	P-5
1.3.- TABLA COMPARATIVA.....	P-15
1.4.- CALCULO DE LA BARRERA SECUNDARIA.....	P-15
1.5.- AISLANTE.....	P-18
2.- CONCLUSION ESTIMACION INICIAL.....	P-21
3.- CALCULO DE LOS SOPORTES.....	P-28
3.1.- CALCULO DE LAS CARGAS.....	P-28
3.2.- CALCULO DE LOS SOPORTES.....	P-30
3.3.- COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS TANQUES EN LA ZONA DE APOYO.....	P-39

INDICE

0.- INTRODUCCION.....	P-1
1.- CARTILLA DE TRAZADO.....	P-2
2.- INTRODUCCIÓN DE LA CARTILLA DE TRAZADO EN EL PROGRAMA.....	P-4
3.- DIBUJO DEL PLANO Y HACER PASAR LOS PUNTOS DE CONTROL POR LOS PUNTOS DE REFERENCIA.....	P-5
4.- TRANSFORMACION AFIN DEL BUQUE DE REFERENCIA HASTA CONSEGUIR LAS FORMAS DESEADAS.....	P-7
5.- ZONA DE PROA.....	P-8
5.1.- NECESIDAD DE BULBO.....	P-8
5.2.- TIPO DE BULBO.....	P-8
5.3.- PARAMETROS GEOMETRICOS QUE CARACTERIZAN AL BULBO..	P-9
6.- BULBO DE POPA.....	P-11
7.- ZONA DE POPA.....	P-11
8.- LAS CUADERNAS EN POPA.....	P-13
7.- ANALISIS DE LAS FORMAS OBTENIDAS.....	P-13
8.- PLANO DEL PLANO DE FORMAS	
9.- PLANO DE LA DISPOSICIÓN GENERAL	

INDICE

0.- INTRODUCCION.....	P-1
1.- ESPACIADO DE CUADERNAS, BULARCAMAS Y MAMPAROS.....	P-1
2.- POSICION DEL PIQUE DE PROA.....	P-3
3.- POSICION DEL PIQUE DE POPA.....	P-4
4.- DIMENSIONAMIENTO DEL DOBLE FONDO Y DEL DOBLE CASCO.....	P-5
4.1.- ALTURA DEL DOBLE CASCO.....	P-5
4.2.- MANGA DEL DOBLE CASCO.....	P-5

INDICE

0.- INTRODUCCION.....	P-1
1.- TABLA DE CARENAS INCLINADAS.....	P-1
1.1.- TRIMADO FIJO=0.....	P-2
1.2.- TRIMADO FIJO=1.....	P-3
1.3.- TRIMADO FIJO=2.....	P-4
1.4.- TRIMADO FIJO=3.....	P-5
1.5.- TRIMADO FIJO=-1.....	P-6
1.6.- TRIMADO FIJO=-2.....	P-7
1.4.- TRIMADO FIJO=-3.....	P-8
1.5.- TRIMADO LIBRE.....	P-9
2.- DETERMINACION DEL ANGULO DE INUNDACION PROGESIVA.....	P-10
3.- TABLA DE ESPACIOS, CAPACIDADES Y CENTROS DE GRAVEDAD.....	P-12
4.- CALCULO DEL FRANCOBORDO.....	P-15
5.- CACLULO DEL ARQUEO.....	P-21
5.1.- ARQUEO BRUTO.....	P-21
5.2.- ARQUEO NETO.....	P-22

INDICE

0.- INTRODUCCION.....	P-1
1.- PESO DE LA ESTRUCTURA.....	P-2
1.1.- CONTABILIZACION DE LOS PESOS DE ESTRUCTURA.....	P-2
1.2.- PESO MAMPAROS.....	P-8
1.3.- PESO TANQUES DE LOS PIQUES DE POPA Y DE PROA.....	P-9
1.4.- TAQUES CAMARA DE MAQUINAS.....	P-10
1.5.- PESO DE LOS ESFUERZOS ESTRUCTURALES EN CAMARA DE MAQUINAS.....	P-11
1.6.- PESO CODASTE.....	P-11
1.4.- PESO DE LA SUPERESTRUCTURA.....	P-12
1.5.- RESUMEN DEL PESO DEL ACERO.....	P-13
2.- PESO DE LA MAQUINARIA.....	P-14
3.- PESO DEL MOTOR.....	P-15
4.- PESO DEL EQUIPO.....	P-19
4.1.- CONTABILIZACION DE LOS PESOS INCLUIDOS EN EL EQUIPO.....	P-19
5.- PESO DEL SISTEMA DE CARGA.....	P-24
6.- RESUMEN PESO EQUIPOS.....	P-28
7.- PESO HABILITACION.....	P-29
8.- RESUMEN PESO EN ROSCA.....	P-30

INDICE

0.- INTRODUCCION.....	P-1
1.- CONDICIONES DE ESTABILIDAD A CUMPLIR POR EL BUQUE.....	P-1
1.1.- DISTINTAS CONDICIONES DE CARGA.....	P-1
1.2.- CALCULO DE LOS CALADOS Y ASIENOS MINIMOS PARA LA NAVEGABILIDAD.....	P-2
2.- CALCULOS PARA LAS DISTINTAS SITUACIONES DE CARGA.....	P-4
2.1.- SITUACION DE CARGA 1.....	P-4
2.2.- SITUACION DE CARGA 2.....	P-8
2.3.- SITUACION DE CARGA 3.....	P-12
2.4.- SITUACION DE CARGA 4.....	P-16
3.- ESFUERZO LONGITUDINAL.....	P-20
3.1.- SITUACION DE CARGA 1.....	P-20
3.2.- SITUACION DE CARGA 2.....	P-24
3.3.- SITUACION DE CARGA 3.....	P-28
3.4.- SITUACION DE CARGA 4.....	P-32
4.- ESTABILIDAD EN AVERIAS.....	P-36
4.1.- CALCULOS.....	P-39

INDICE

0.- INTRODUCCION.....	P-1
1.- TIPO DE ESTRUCTURA SEGÚN BUQUE.....	P-2
1.1.- ZONA CENTRAL.....	P-2
1.2.- ZONA DE CAMARA DE MAQUINAS.....	P-3
1.3.- ZONA DE PROA Y POPA.....	P-3
1.4.- CONCLUSION Y RESUMINEDO.....	P-3
2.- MATERIALES EMPLEADOS.....	P-4
3.- SITUACION DE CARGA.....	P-4
4.- CALCULO DE RESISTENCIA LONGITUDINAL BASADO EN EL REGLAMENTO DE LLOYD´S REGISTER OF SHIPPING.....	P-5
4.1.- MOMENTO FLECTOR EN AGUAS TRANQUILAS.....	P-5
4.2.- MOMENTO FLECTOR EN OLAS.....	P-6
4.3.- MODULO RESISTENTE MINIMO.....	P-8
4.4.- MOMENTO DE INERCIA.....	P-8
4.5.- FUERZAS CORTANTES EN AGUAS TRANQUILAS.....	P-9
4.6.- FUERZAS CORTANTES EN OLAS.....	P-9
5.- CALCULO DE LA CUADERNA MAESTRA.....	P-11
6.- ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA, FONDO Y COSTADO.....	P-12
6.1.- CUBIERTA.....	P-12
6.2.- FONDO.....	P-12
6.3.- COSTADOS.....	P-13

7.- ESCANTILLONADO DE LAS PLANCHAS DE CUBIERTA, COSTADO Y

FONDO.....P-14

7.1.- PLANCHAS DE CUBIERTA.....P-14

7.2.- PLACHAS DE COSTADO.....P-15

7.3.- ZONA DE UNION COSTADO-PANTOQUE.....P-16

7.4.- ZONA INTERMEDIA ENTRE LA TRACA DE CINTA Y $d/2$P-17

7.5.- ZONA TRACA DE CINTA.....P-17

7.6.- ESCANTILLONADO DE FONDO.....P-18

7.7.- ESCANTILLONADO DE PLANCHAS DE PANTOQUE.....P-19

**8.- ESCANTILLONADO DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES DE CUBIERTA,
COSTADO Y FONDO.....P-20**

8.1.- LONGITUDINALES DE CUBIERTA.....P-20

8.2.- LONGITUDINALES DE COSTADO.....P-21

8.3.- LONGITUDINALES DE FONDO.....P-23

8.4.- QUILLA.....P-25

9.- PLANO DE LA CUADERNA MAESTRA



1. Especificaciones de diseño

Tipo de buque..... LNG de 145.000m³
Clasificación y cota..... Lloyd´s Register of Shipping. LMC, UMS
Construcción y carga..... Transporte de gas natural licuado a –163°
Tanques tipo esféricos
Velocidad.....20 nudos al 90% MCR
Otros requerimientos 35 personas de tripulación

2. Características principales del buque proyecto

Eslora entre perpendiculares (L_{bp})	277,47 m
Manga (B)	45,92 m
Puntal (D)	25,12 m
Calado (T)	11,84 m
Volumen de carga (C.C.)	145.000 m ³
Peso en rosca (W_L)	44251,63 t
Peso muerto (DWT)	82028,76 t
Desplazamiento	126550,39 t
Coeficiente Prismático	0,7819
Coeficiente de la flotación	0,997
Velocidad	20 Kn
Número de Froude	0,1979
Coeficiente de bloque	0,7776
Potencia (EHP)	31839,39 Kw



3. TIPO DE BUQUE

El buque de dicho proyecto es un gasero dedicado al transporte de LNG; Gas licuado natural, mediante tanques tipo esféricos. Este es un tipo de gasero dentro los diversos tipo de gaseros que existen.

La clasificación de los gaseros se hará según el tipo de gas a transportar, así tendremos;

- 1.- Gaseros LPG, transporte de gas licuado derivados del petróleo.
- 2.- Gaseros LNG, transporte de gas natural licuado.

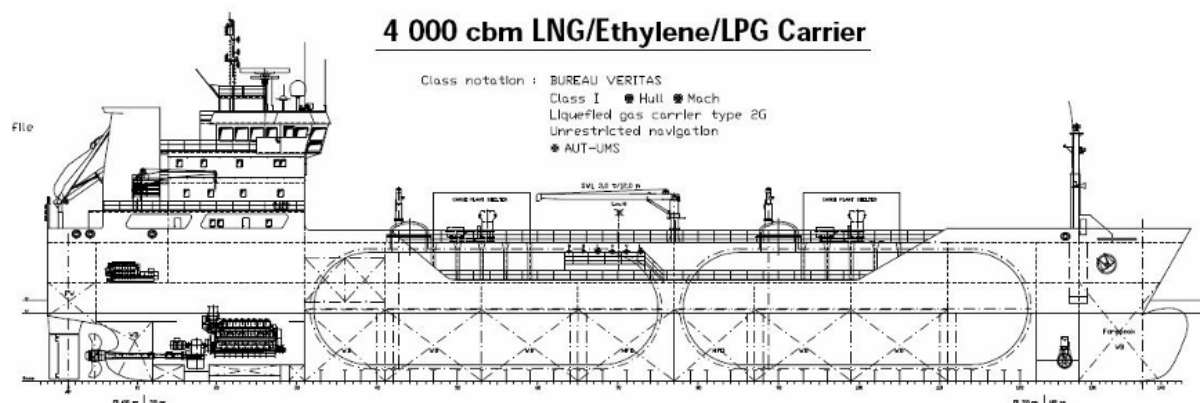
3.1.- Gaseros LPG .

Como se dijo antes estos gaseros transportan gas licuado cuyo origen es el petróleo. Este gas es un hidrocarburo cuyo mayor porcentaje de gas es propano y butano. Estos se obtienen del refinado del petróleo, o como subproducto de la destilación fraccionada catalítica

Este gas es transportado a un presión de 18 Kg/cm² y a una temperatura de -50°C. Debido a esta condición de transporte, los barcos LPG son unos barcos de menor porte que los LNG, ya que debido a las altas presiones de transporte requerirán tanques de grandes espesores para soportar las mismas y a medida que se aumenta el diámetro para aumentar la capacidad de carga hace incrementarr los espesores de los tanques. Aumentando así el peso en rosca y disminuyendo el peso muerto.

Para solventar este problema lo que se ha hecho es subdividir los tanques de carga en varios depósitos, generalmente cilíndricos o en forma de botellones de cuerpo cilíndrico y fondos esféricos o toriesféricos.

La eslora de este tipo de buque rara vez supera los 100 metros, comparándolo con los LNG que ya se encuentran con esloras de unos 300 metros





Gasero LPG

3.2.- Gaseros LNG .

Este tipo de gaseros llevan gas natural licuado, el porque de llevar este gas licuado es la reducción de su volumen de hasta 600 veces respecto a su volumen original.

La temperatura de transporte es de unos -163°C , y una presión no superior a $0,3 \text{ Kg/cm}^2$. Debido a la poca presión de transporte, dichos tanques podrán tener mayor capacidad que los LPG.

La razón de llevar el LNG a estas temperaturas tan bajas, es que dicha es la temperatura de licuefacción del metano, que es el componente mayoritario. Por esa razón dichos buques también son llamados metaneros.

Estos buques los dividiremos en dos tipos;

- 1.- Los tanques tipo membrana.
- 2.- Los tanques tipo esféricos

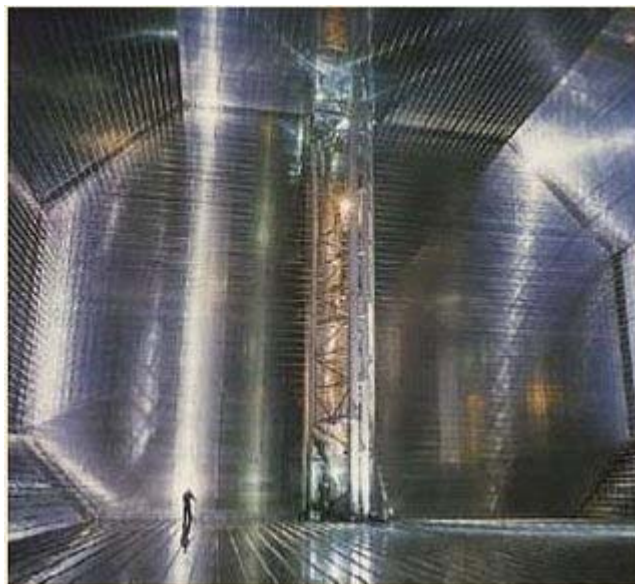
3.2.1.- Los tanques tipo membrana,

Son unos buques que no requieren doble tanque, siendo el doble casco y fondo los que soportan sus posibles dilataciones. Ya que la posibilidad de dilatación de los tanques, diferencia estos tanques de los tipo esféricos

Este tipo de tanques tienen una membrana de acero corrugado y expandible, son de formas rectas y se distinguen por los tipo esférico porque por cubierta sobresale una estructura normalmente prismática.



Sección transversal de un gasero LNG en construcción



Interior tanque tipo membrana



Gasero LNG

3.2.2.- Los tanques tipo esféricos.

Dentro de este tipo hay que decir, que se refiere a aquellos tanques completamente esféricos, o aquellos que tienen formas esféricas.

Este tipo de tanques han de ser independientes de la estructura del buque, han de ser auto-portantes y necesitarán de doble tanque.

Según el código CIG 83/90, este tipo de tanques se pueden diseñar según un código de diseño de recipientes a presión de contrastada calidad, con las restricciones impuestas por el código CIG. España esta suscrita a este Código CIG, con lo cual dicha normativa será aplicable en España para la fabricación de gaseros.

Este tipo de buque se suelen diferenciar de los LNG tipo membrana, porque sobre cubierta sobresalen los fondos superiores de forma semiesférica.



Gasero LNG tanques esféricos



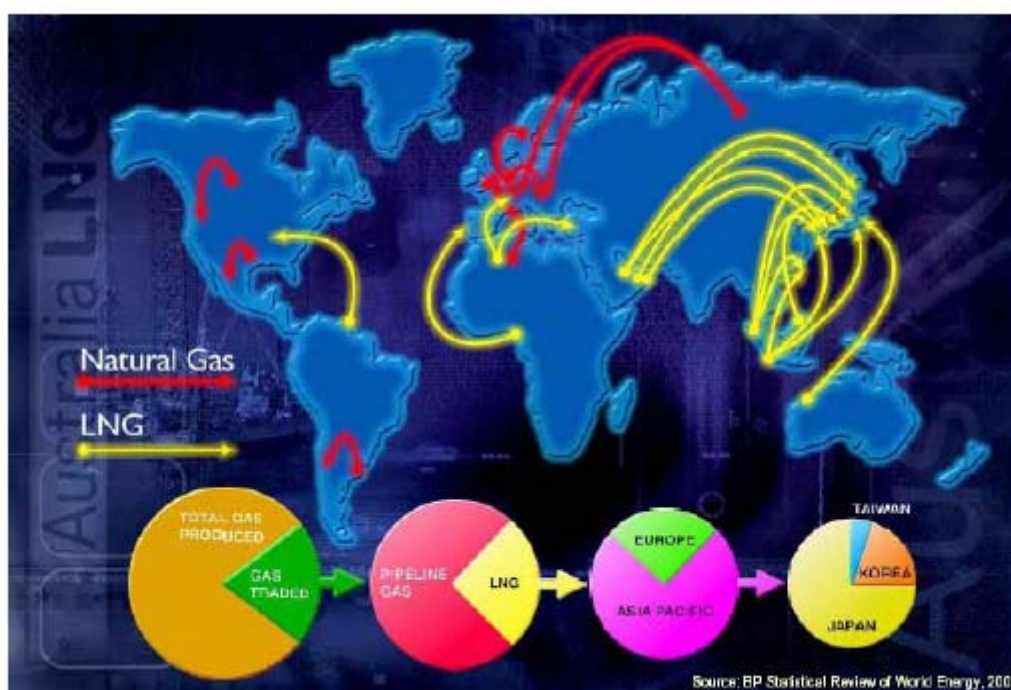
Montaje tanques gasero, cuerpo cilíndrico, fondo superior esférico

4. IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE DE GAS

La importancia del transporte del gas a nivel mundial, y la incipiente demanda de este tipo de buques en los últimos años, ha sido uno de los motivos de la elección de dicho proyecto.

El mercado actual esta demandando cada vez más barcos de este tipo y con mayor capacidad de carga. Ya que los países con mayor demanda de dicho gas, no tienen yacimientos de los cuales abastecerse.

En el siguiente gráfico se muestra la situación actual del transporte de gas, y que es un reflejo de los países con mayor desarrollo industrial.



En dicho gráfico se muestra las grandes distancias de llevar el gas desde sus puntos de extracción, a sus puntos de consumo. Esta gran distancia hace inviable la creación de gaseoductos, ya que el gaseoducto sólo es viable con respecto al transporte por barco para distancias menores a 3000 kilómetros. Se muestra el gráfico que relaciona la rentabilidad del gasero respecto al gaseoducto.

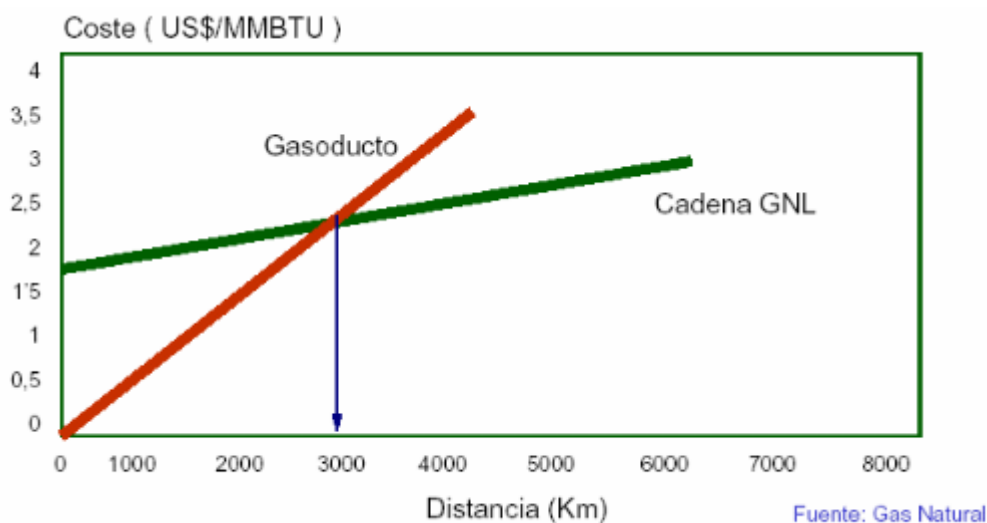


Ilustración 20

La tecnología en dichos buques es un punto fundamental, no sólo para llevar las mercancías según las condiciones de transporte sino por las necesidades de seguridad en dichos buques. Este es un punto fundamental, ya que la catástrofe que supondría un accidente muy grave de un barco de este tipo con las bodegas llenas, en el puerto de descarga, podría suponer el mayor accidente naval de la historia

Hagamos la siguiente comparativa,

No pocas veces se dan noticias debidas a la explosión de una bombona de butano y los daños generados por la explosión de la misma, llegando a ocasionar víctimas mortales.

Sin ánimo de menospreciar dichos accidentes, ni mucho menos, pero pensemos en el daño que genera la explosión de una bombona de butano que tiene un volumen de $0,04 \text{ m}^3$ Imaginemos el daño que puede ocasionar un gasero como el de estudio del presente proyecto, con un volumen de carga de 145.000 m^3 Creo que todos estarán de acuerdo conmigo que dicho daño ni siquiera puede imaginarse.

Según información del Colegio de Ingenieros Navales,

“Un accidente de un gasero de 100.000 m^3 de gas natural licuado, este originaría una bola de fuego de más de 5000 m, dentro de la cual quedaría calcinada todo resto de vida”



5.- ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL

En este punto se explicará el proceso desde que el gas es extraído hasta que es usado.

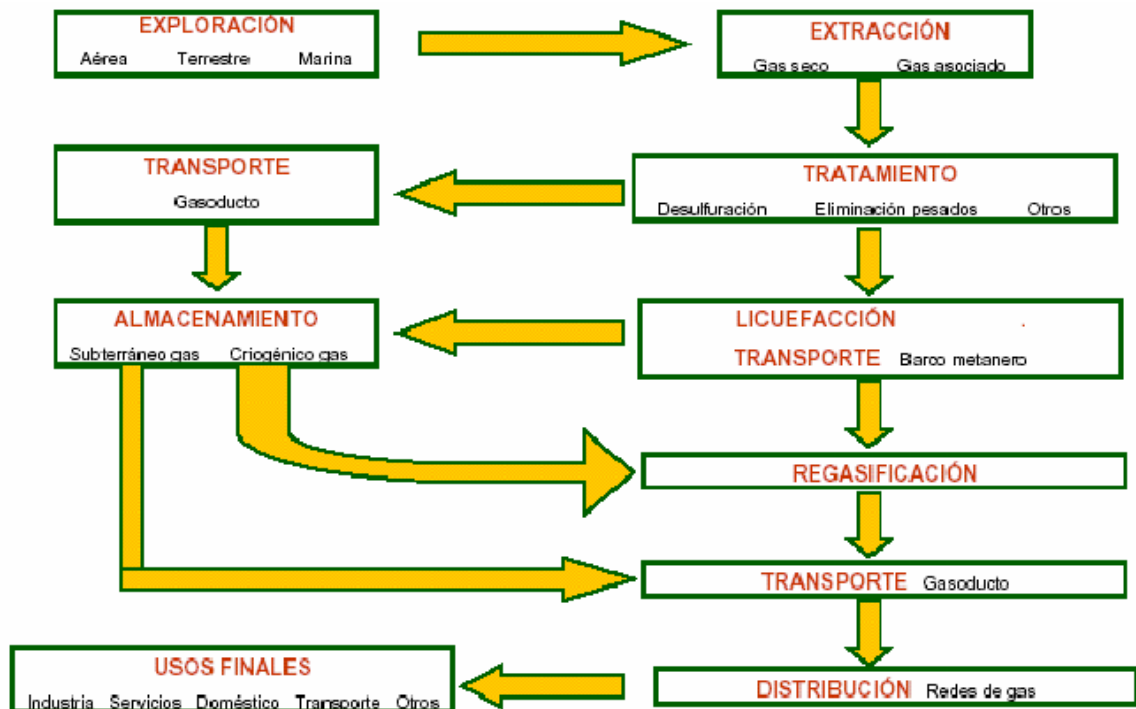


Ilustración 1³

Excluyendo la producción del gas, los procesos dentro de la cadena del LNG son;

- Licuefacción
- Transporte
- Regasificación
- Transporte y distribución

LICUEFACCIÓN

Proceso por el cual el gas extraído sufre el proceso de licuefacción, esto es causado porque el volumen que ocupa ese gas licuado es 600 veces menor.

Para dicho enfriamiento se emplean muchos métodos, pero el más usado es aquel que usa propano pre-enfriado. Para poder licuar el gas hace falta bajar su temperatura hasta -163°C ,

Durante este proceso también se eliminan todas aquellas sustancias, o bien se reducen sus porcentajes hasta valores que sean admisibles según los límites establecidos.

Una vez completado el proceso de enfriamiento y limpieza se procederá a su almacenaje en tanques con doble pared, y aislante para mantener su temperatura.



TRANSPORTE

El transporte de grandes cantidades de gas se puede hacer por gaseoductos o barcos. No explicaremos el transporte por gaseoductos porque sería desviarnos del tema del proyecto, y del transporte por barco nos remitiremos a lo ya dicho.

REGASIFICACIÓN

Este proceso es devolver el calor perdido por el gas en el proceso de licuefacción, para así volverlo otra vez gas.

Esto ocurre una vez descargado el gas. El proceso de descarga es llevado mediante unos “brazos” de descarga que unen los tanques de contención del gas, con doble pared y aislante, con el gasero. Una vez unidos comienza el bombeo.

En el tanque de almacenamiento es donde se produce la vaporización, usando normalmente el agua de mar como agente intercambiador.

TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

El gas se transporta en estado gaseoso y a mayor presión, para ello sufre un proceso de presurización. Un ejemplo es el gas transportado por los gaseoductos, el cual se suele llevar a una presión de 80 bars



6.- PROBLEMATICAS DEL MATERIAL USADO Y DISEÑO DE RECIPIENTES DE CONTENCIÓN DE CARGA

La mayor problemática de dicho proyecto ha sido el diseño de los tanques de contención de carga, por un lado había que elegir un acero adecuado para resistir las temperaturas tan bajas de transporte del gas, y por otro lado saber que necesidades de espesor requería dicha pared del tanque.

Para las necesidades de espesores de los tanques se optó por usar el código de diseño ASME, ya que el código CIG 83/90 permite el libre uso de un código de diseño, con la única condición de que sea un código de contrastado prestigio.

La elección de dicho código cumple sobradamente dicho requisito. Ya que dicho código tuvo su origen en USA en el siglo XIX, como una necesidad de llevar a la práctica el conocimiento teórico adquirido en el diseño de calderas. Desde entonces ha ido evolucionando según ha ido avanzando el conocimiento y ha sido usado, es usado y seguirá siendo usado; además de ser tenido como código de referencia en el campo de los recipientes a presión.

En cuanto al acero usado, es un inoxidable 304L, este es un acero permitido para trabajar a esas temperaturas tanto por el código CIG 83/90, como por el código ASME.

El acero 304L, es llamado inoxidable por su mayor resistencia a la oxidación, con respecto a los demás aceros. Esta mayor resistencia es aportada por la mayor presencia de níquel, molibdeno y cromo, es este el que le da el color tan característico al acero inoxidable



7-IBLIOGRAFIA

- “Rules and regulations for the Construction and Classification of Ships for de Carriage of Liquefied Gases in Bulk”, Lloyd`s Register of Shipping, July 2004.
- “CIG 83/90”
- Convenio de 23 de junio de 1.969 sobre arqueo de buques
- Convenio Internacional de Líneas de Carga, 1966
- Convenio SOLAS. Última edición y enmiendas en vigor
- MARPOL 73/78 y enmiendas
- SIGTTO “Recommendations for the Insulation of Cargo Strainers”.
- Código ISO
- Procedimientos / guías de diseño para el proyecto básico de buques transporte de GPL refrigerados y a presión. Octubre 2.001. M. Meizoso
- “Cargo Operating Manual”, Naviera F. Tapias Gas
- Código ASME II-VIII div. 1
- Apuntes asignatura “calculo de estructuras avanzado” ETSIN, Alfonso Martínez García
- “Manual de recipientes a presión”, Eugene F. Megyesey
- “Teoría y problemas de resistencia de materiales” McGraw-Hill
- “Resistencia de materiales” Luis Ortiz Berrocal
- Apuntes de la asignatura “ Hidrodinámica, resistencia y propulsión” ETSIN, Domingo García López



0. DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE

Durante las primeras fases del desarrollo del proyecto del buque es esencial realizar un dimensionamiento del mismo. El dimensionamiento consiste en obtener las dimensiones y características principales del buque a partir de alguna o algunas especificaciones.

En muchos casos, el proceso de dimensionamiento se comienza con la determinación de la eslora, a partir de las especificaciones del proyecto con las restricciones que imponga la característica más crítica del proyecto, para luego obtener el resto de dimensiones principales.

1. LIMITACIONES DIMENSIONALES

Las limitaciones dimensionales pueden imponer una restricción en la eslora, manga, calado o puntal, o bien en varias de estas dimensiones.

Pueden presentarse limitaciones genéricas en la eslora, por las necesidades de maniobra en un puerto determinado, en la manga, por el tránsito por un canal o en el calado, por la profundidad disponible en puerto.

También puede haber limitaciones específicas del astillero constructor, por dimensiones de las gradas o diques de construcción o por obstáculos en el recorrido del buque durante la botadura o salida al mar.

Igualmente se tendrán en cuenta las restricciones que pueden introducir los distintos reglamentos (Sociedades de Clasificación, Autoridades Nacionales u Organismos Internacionales).

2. PREDIMENSIONAMIENTO MEDIANTE REGRESIONES

La búsqueda de información sobre gaseros está hecha por Internet, la base de esta búsqueda está hecha con barcos de dimensiones parecidas y dedicados al mismo uso, pero con distinto sistema de contención de carga, para así tener un suficiente número de barcos, contención de carga mediante tanques esféricos o de membrana..

La condición de capacidad de carga es requisito indispensable, y para cumplir el mismo se han dispuesto cinco tanques de carga con fondo superior esféricos, inferior toris esférico y cuerpo cilíndrico. Esto requerirá una gran eslora de carga, con lo cual a partir de la necesidad de eslora para la capacidad de carga se obtendrá la eslora entre perpendiculares. Con ella se irán sacando las demás dimensiones.



Estas dimensiones se irán obteniendo mediante una regresión lineal de los buques de la base de datos, introduciendo las variables que nos interesen en cada caso.

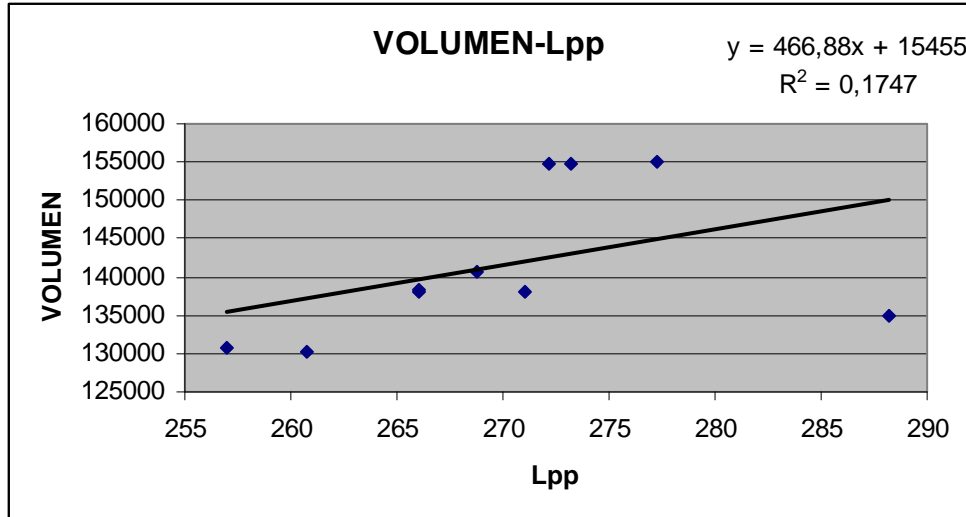
Los buques obtenidos a través de diferentes fuentes de Internet, se representan a continuación.

Los barcos se eligieron con un margen de 15000 m³ de capacidad de carga, es decir, si se necesitan 145000 m³ de capacidad de carga, se aceptarán para la base de datos todos aquellos que tengan una capacidad de carga comprendida entre 130000 m³ y 160000 m³. Al igual que también se aceptarán todos aquellos barcos con una eslora entre perpendiculares superior a 260 metros o manga superior a 41 metros, ya que el barco del proyecto se estima que debe tener unas dimensiones cercanas a las mencionadas.

Nombre	Lpp (m)	LOA (m)	Manga (m)	t (m)	d (m)	DWT	Vol (M3)	GT
Golar free	274	287,51	43,44	11,523		66200		95879
golar freest	274	288	48,09	12,328		79894		115156
Tangguh	272,2	285,1	43,4				154800	
Mudaraz	288,2	300					135000	
Gross River		289	49	9				
MHI Launches	277,3	288	49	11,5			155000	
Virgo	273,4	285,3	45,7			94620		
Jupiter		289,5	49	12,43		81950		121675
Tanggua Foja	273,2	285,1	43,4				154800	30346
Inigo Tapias	271		42,5	11,4	25,4	68200	138000	
Berge Everett	266		43,4	11,4	26	70300	138000	
British Trader	266		42,6	11,35	26	68100	138200	
Fernando Tapias	268,8		43,4	11,42	26	72367	140627	
Puteri Intan	260,8		43,3	10,86	25,4	62265	130300	
Hanjin Pyeong Taek	257		43	11	27	61436	130637	



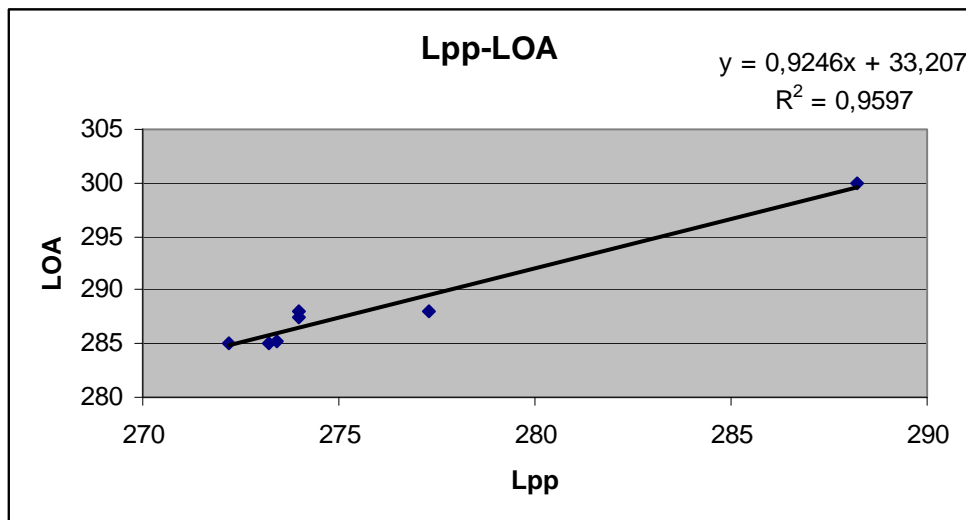
En el primer gráfico se hará la **tendencia volumen de carga-Lpp**, con esto **se obtendrá** una aproximación de **Lpp**. Introduciendo la capacidad de carga en la variable Y de la ecuación de la regresión lineal, y despejando la variable X se obtendrá la eslora entre perpendiculares.



Volumen 145.000 m³, Lpp= 277,47 metros

$$Y = 466,88 \cdot X + 15455 \rightarrow 145000 = 466,88 \cdot X + 15455 \rightarrow X = 277,47m$$

En el segundo gráfico se hará la **tendencia eslora total (LOA)-Lpp**, Introduciendo la eslora entre perpendiculares en la variable X de la ecuación de la regresión lineal, **se obtendrá la eslora**.

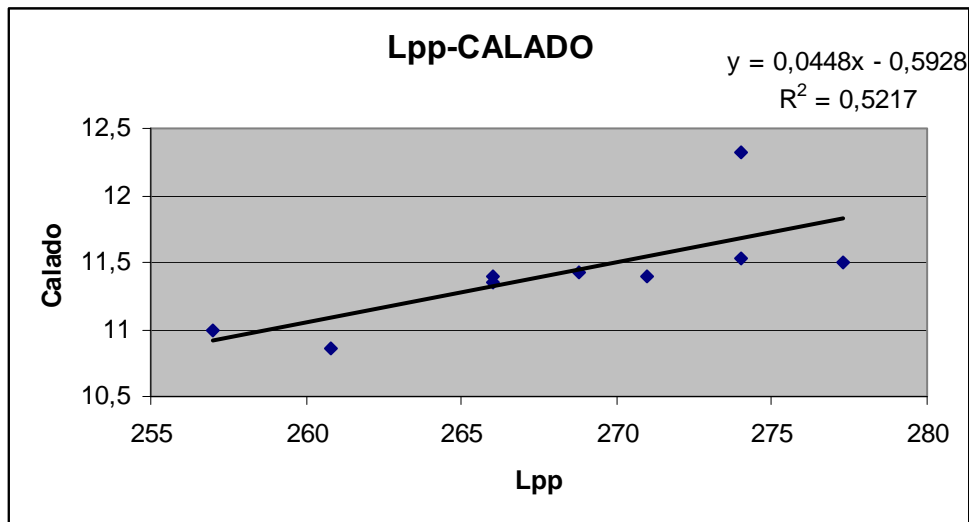


Lpp= ±277,47 metros, LOA= 288,23 metros

$$Y = 0,9246 \cdot x + 33,207 = 0,9246 \cdot 277,47 + 33,207 = 288,23m$$



En el tercer gráfico se hará **la tendencia Calado-Lpp**, Poniendo el valor de la eslora entre perpendiculares en la X de la ecuación de la regresión lineal, **se obtendrá el calado**

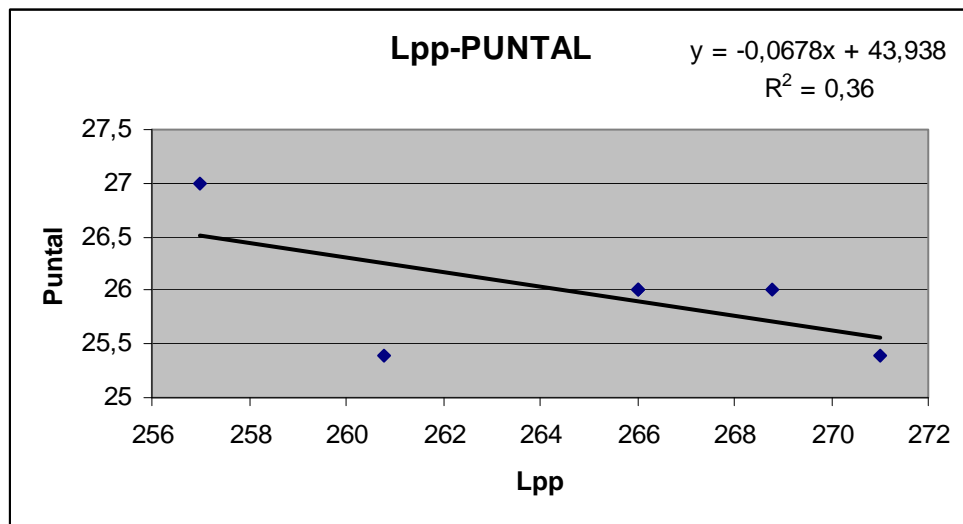


Lpp= ±277,47 metros, **Calado 11,84 m**

$$Y = 0,0448 \cdot x - 0,5928 = 0,0448 \cdot 277,47 - 0,5928 = 11,84m$$



En el cuarto gráfico se hará la **tendencia puntal-Lpp**. Introduciendo la Lpp en la variable X de la ecuación de la regresión lineal **se obtendrá el puntal**.



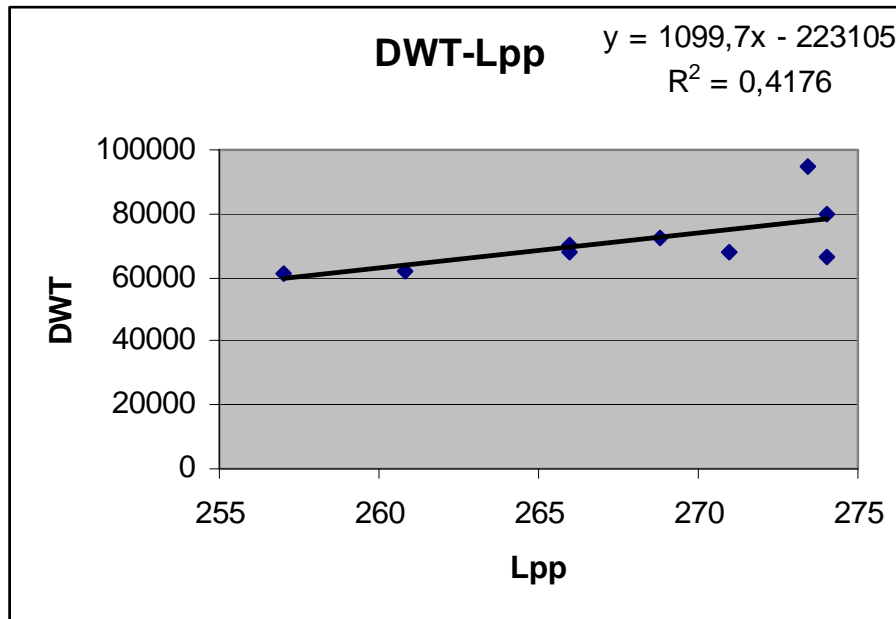
Lpp= ±277,47 metros, **Puntal 25,12 m**

En la base de datos no se disponen de barcos con una eslora entre perpendiculares igual o superior a la obtenida, pero de todas formas tendremos en cuenta el valor obtenido ya que el barco que más se aproxima en dimensiones de eslora es sólo un 2,3% menor, con lo cual el valor obtenido podrá ser tomado como válido

$$Y = -0,0678 \cdot x + 43,938 = -0,0678 \cdot 277,47 + 43,938 = 25,12m$$



En el quinto gráfico se hará la **tendencia Peso muerto-Lpp**, Introduciendo el valor de la eslora entre perpendiculares en la X de la ecuación de la regresión lineal **se obtendrá el peso muerto**.



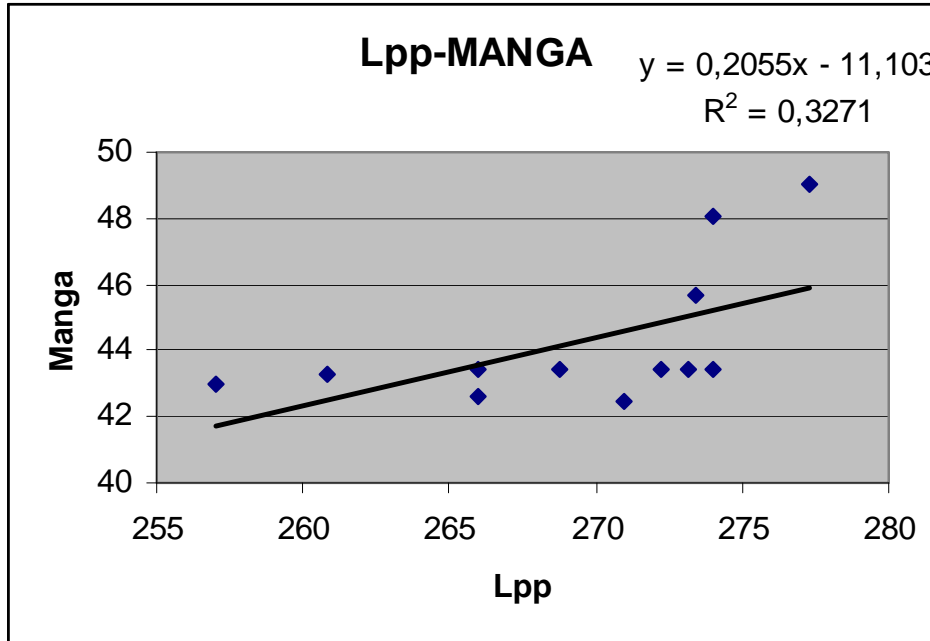
Lpp= ±277,47 metros, **Peso muerto= 82028,76 t**

En la base de datos no se disponen de barcos con una eslora entre perpendiculares igual o superior a la obtenida, y de la que se obtenga también el peso muerto. Aún así se tomará como válido el resultado obtenido ya si hay barcos con una eslora entre perpendiculares de 274 metros, muy próxima a la obtenida de 277,47 metros.

$$Y = 1099,7 \cdot x - 223105 = 1099,7 \cdot 277,47 - 223105 = 82028,76t$$



En el sexto gráfico se hará la **tendencia Lpp-manga**. Introduciendo el valor de la eslora entre perpendiculares en la X de la ecuación de la regresión lineal se **obtendrá la manga**.



Lpp= ±277,47 metros, Manga= ±45,92 metros

$$Y = 0,2055 \cdot x - 11,103 = 0,2055 \cdot 277,47 - 11,103 = 45,92$$

Valores obtenidos por regresión

Volumen	145000 m ³
Eslora entre perpendiculares	277,47 m
Eslora total	288,23 m
Calado	11,84 m
Puntal	25,12 m
Manga	45,92 m
Peso muerto	82028,76 t



3.- PREDIMENSIONAMIENTO MEDIANTE FORMULACIÓN

Para aplicar dicho método será necesario definir un buque de referencia, para a través de las modificaciones pertinentes definir el buque de proyecto. Para ello se elegirá el buque “Iñigo Tapias”, ya que es el barco del que poseemos más características y estas son:

Capacida de carga	138000 m ³
Eslora entre perpendiculares	271 m
Manga	42,5 m
Puntal	25,4 m
Peso muerto	68200 t
Desplazamiento	97948 t
Coefficiente de flotación	0,8687
Coefficiente prismático	0,7348

Para aplicar dicho método, **se basará en la formulación** dada por los apuntes del profesor **MANUEL MEIZOSO FERNÁNDEZ**, de la Universidad de Madrid, según los cuales se obtiene;

*Se definirá con el subíndice cero cuando se refiera al buque de proyecto, y con subíndice b cuando se refiera al buque de referencia

- Se hallará el desplazamiento a partir de la capacidad de carga;

$$disw_0 = \frac{c.c_0}{c.c_b} \cdot disw_b = \frac{145000}{138000} \cdot 97948 = 102916,38t$$

C.C₀ → Capacidad de carga del buque de proyecto
C.C_b → Capacidad de carga del buque de referencia
DISW₀ → Desplazamiento del buque de proyecto
DISW_b → Desplazamiento del buque de referencia

- Se hallará el peso muerto a partir de la capacidad de carga;

$$PM_0 = \frac{c.c_0}{c.c_b} \cdot PM_b = \frac{145000}{138000} \cdot 68200 = 71659,42t$$

C.C₀ → Capacidad de carga del buque de proyecto
C.C_b → Capacidad de carga del buque de referencia
PM₀ → Desplazamiento del buque de proyecto
PM_b → Desplazamiento del buque de referencia



- Cálculo de la eslora entre perpendiculares, L_{pp}

$$L_{pp_0} = L_{pp_b} \cdot \left(\frac{CC_0}{CC_b} \right)^{1/3} = 271 \cdot \left(\frac{145000}{138000} \right)^{1/3} = 275,51 \text{ m}$$

L_{pp_0} → Eslora entre perpendiculares del buque de proyecto

L_{pp_b} → Eslora entre perpendiculares del buque de referencia

- Cálculo de la manga, B

$$B_0 = B_b \cdot \frac{L_{pp_0}}{L_{pp_b}} = 42,5 \cdot \frac{275,51}{271} = 43,21 \text{ m}$$

B_0 → Manga entre perpendiculares del buque de proyecto

B_b → Manga entre perpendiculares del buque de referencia

- Cálculo del coeficiente prismático, CP

$$CP_0 = 1,2 - 2,12 \cdot FN_0 = 1,2 - 2,12 \cdot 0,1979 = 0,78$$

$$FN_0 = \frac{V_0}{\sqrt{g \cdot L_0}} = \frac{20 \cdot 0,51445}{\sqrt{9,81 \cdot 275,51}} = 0,1979 \text{ Se aplicará la fórmula de Troost,}$$

- Coeficiente de la maestra, CM ;

$$CM_0 = 1 - 2 \cdot FN_0^4 = 1 - 2 \cdot 0,1979^4 = 0,9969$$

- Cálculo del coeficiente de bloque

$$CB_0 = CP_0 \cdot CM_0 = 0,78 \cdot 0,9969 = 0,7836$$

- Cálculo del calado

$$T_0 = \frac{disw_0}{(1,025 \cdot L_0 \cdot B_0 \cdot CB_0)} = \frac{102916,38}{1,025 \cdot 275,51 \cdot 43,21 \cdot 0,7776} = 10,85 \text{ m}$$



- Cálculo coeficiente de la flotación, CF_0

$$CF_0 = CF_b - CP_b + CP_0 = 0,8687 - 0,7348 + 0,78 = 0,9139$$

- Posición longitudinal del centro de gravedad, LCB

$$LCB_0 = \frac{(17,5 \cdot CP_0 - 12,5) \cdot L_{PP0}}{100} = \frac{(17,5 \cdot 0,78 - 12,5) \cdot 275,55}{100} = 3,17m$$

- Cálculo de puntal, D.

$$\frac{C.C_0}{C.C_b} = \frac{L_{PP0} \cdot B_0 \cdot D_0}{L_{PPb} \cdot B_b \cdot D_b} \rightarrow \frac{145000}{138000} = \frac{275,55 \cdot 43,21 \cdot D_0}{271 \cdot 42,50 \cdot 25,4} \rightarrow D_0 = 25,81m$$

- Cálculo del peso en rosca,

El peso en rosca es la suma de;

- 1.- Peso de la estructura
- 2.- Peso del equipo restante

1- El peso de la estructura, WST, se obtiene por medio de la expresión de A. Osorio;

$$WST_0 = 1000 \cdot \left(\frac{L_0}{10}\right)^{1,3761} \cdot \left(\frac{B_0 \cdot D_0}{100}\right)^{0,74495} \cdot (0,058244 - 0,0116 \cdot CB_0)$$
$$WST_0 = 35251,02t$$

2.- Peso del equipo restante

$$WER_0 = 0,048 \cdot L_0^{1,4} \cdot B_0^{0,8} \cdot D_0^{0,3}$$
$$WER_0 = 4251,18t$$

De esta forma se obtiene el peso en rosca de nuestro buque.

$$W_{L0} = WST_0 + WER_0 = 35251,02 + 4251,18 = 39502,20t$$



Valores obtenidos mediante formulación.

Capacidad de carga	145000 m ³
Desplazamiento	111161,60 t
Peso muerto	71659,42 t
Eslora entre perpendiculares	275,55 m
Manga	43,21 m
Coefficiente prismático (Cp)	0,78
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,9969
Coefficiente de bloque (Cb)	0,7836
Calado	10,85 m
Coefficiente de flotación (Cf)	0,9139
Centro de gravedad longitudinal (LCB)	3,17 m respecto crujía
Puntal (D)	25,81 m
Peso de rosca	39502,20 t



4.- ESTUDIO DE LA ELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

Como era de esperar hay diferencias de las características principales del buque obtenidas por dos procedimientos. En este apartado se estudiará que dimensiones tomar.

Por regresión se ha obtenido;

Volumen	145000 m ³
Eslora entre perpendiculares	277,47 m
Eslora total	288,23 metros
Calado	11,84 m
Puntal	25,12 m
Manga	45,92 m
Peso muerto	82028,76 t

Por formulación se ha obtenido

Capacidad de carga	145000 m ³
Desplazamiento	111161,60 t
Peso muerto	71659,42 t
Eslora entre perpendiculares	275,55 m
Manga	43,21 m
Coficiente prismático (Cp)	0,78
Coficiente de la maestra (Cm)	0,9969
Coficiente de bloque (Cb)	0,7776
Calado	10,85 m
Coficiente de flotación (Cf)	0,9139
Centro de gravedad longitudinal (LCB)	3,17 m respecto crujía
Puntal (D)	25,81 m
Peso de rosca	39502,20 t

- Se cogerá la mayor **eslora** de las tablas, debido a la necesidad de una gran eslora en la zona de carga, **277,47m**.

-Para la **manga** se cogerá el valor mayor, **45,92 m**, ya que los tanques tienen un diámetro de 39,06m, al que hay que añadir un mínimo de 1,52m para el doble casco, y una distancia a determinar para los soportes laterales y se ve que el valor de 43,21m es un poco justo.



-Se cogerá un **puntal** de **25,12m**, el obtenido mediante regresión, el cual es menor que el obtenido por formulación, 25,81 m. Esta suposición se refuerza con la gráfica eslora-puntal, la cual muestra que a un aumento de eslora se produce una disminución de puntal.

-Para el **peso en rosca** se cogerá el valor dado por formulación **39502,20 t**, ya que es el único que hemos podido estimar. Al no disponer de dicho dato de suficientes buques según necesidades para hacer una estimación por regresión.

A dicho peso en rosca **se le incrementará el peso debido al doble tanque**. Esto es debido a que los tanques tipo esférico requieren doble tanque, cosa que no requieren los tipo membrana, siendo el buque de referencia uno tipo membrana.

Habiendo estimado en el cuadernillo 2 el peso de dicho doble tanque, se incrementará en 5019,43 t, quedando así un peso de 44521,63 t

-Para el **peso muerto** se cogerá el valor dado por regresión, ya que al tener una mayor manga, eslora y peso muerto que el valor dado por formulación, cabe pensar que necesitará una mayor cantidad de peso muerto para poder propulsar al buque a la misma velocidad, **82028,76 t**

-Se cogerá un **calado** cuyo valor es el mayor de los obtenidos, ya que al valor del peso en rosca se le suma el peso debido al doble tanque, no tenido en cuenta a la hora de calcular el calado, **11,84m**.

-Para la **eslora total** se cogerá el valor obtenido por regresión, **288,23 metros**, ya que es el único valor del cual se tiene información.

-Con el razonamiento anterior quedan unos valores como primera iteración, según tabla

-En cuanto los **coeficientes de bloque, prismáticos y de flotación**, al ser dependientes de los valores anteriormente obtenidos se obtendrán en función de ellos,

$$Cb = \frac{\text{Desplazamiento}}{\rho \cdot L \cdot B \cdot T} = \frac{126550,39}{1,025 \cdot 288,23 \cdot 25,12 \cdot 45,92} = 0,778$$

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} = \frac{20 \cdot 0,51445}{\sqrt{9,81 \cdot 277,47}} = 0,1972$$

$$Cm = 1 - 2 \cdot Fn^4 = 0,9969$$

$$Cp = 1,2 - 2,12 \cdot Fn = 0,7819$$

**Teniendo finalmente**

Capacidad de carga	145000 m ³
Eslora total	288,23 m
Eslora entre perpendiculares	277,47 m
Calado	11,84 m
Manga	45,92 m
Puntal	25,12m
Peso rosca	44251,63 t
Peso muerto	82028,76 t
Desplazamiento	126550,39 t
Coefficiente de flotación	0,997
Coefficiente prismático	0,7819
Coefficiente de bloque	0,7776



5.- ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD INICIAL

Para ver la viabilidad de los valores obtenidos mediante formulación, se hará un estudio de la estabilidad inicial, si así lo requiriera se harán las modificaciones oportunas, sino se seguirá con los valores antes obtenidos.

5.1.- La altura metacéntrica, GM

La altura metacéntrica define la estabilidad inicial y determinará si la alternativa elegida es o no viable;

5.1.1.-Altura metacéntrica del buque de proyecto,

$$GM = KB + BM - KG = KM - KG = 19,65 - 18,25 = 1,40 \text{ m}$$

$$KM = KB + BM = 6,13 + 13,52 = 19,65 \text{ m}$$

GM: Altura metacéntrica.

KB: Altera centro del carena

BM: Radio metacéntrico transversal.

KG: Ordenada del centro de gravedad.

Siendo;

GM > 0; estabilidad positiva

GM = 0; indiferente

GM < 0; estabilidad negativa

Mediante la fórmula de Euler se calcula la altura del centro de carena;

$$KB_0 = \frac{T_0}{1 + \frac{CB_0}{CF_0}} = \frac{11,345}{1 + \frac{0,7775}{0,9139}} = 6,13m$$

Obtención del BM, radio metacéntrico transversal mediante la fórmula de Normand

$$BM_0 = \frac{Lpp_0 * B_0^3 * (0.894 * C_{wp0}^2 + 0.096)}{\left(12 * \frac{DISW_0}{1.025}\right)} = \frac{275,55 * 43,21^3 * (0.894 * 0,9139^2 + 0.096)}{\left(12 * \frac{118305,05}{1,025}\right)} = 13,52m$$

Obtención de KG, ordenada del centro de gravedad.

$$KG_0 = \frac{0.9 * D_0 * PR_0 + 0.65 * D_0 * DWT_0}{DISW_0} = \frac{0.9 * 25,12 * 36276,29 + 0.65 * 25,12 * 82028,76}{118305,05} = 18,25m$$



5.1.2.- Cálculo de la altura metacéntrica del buque de referencia.

$$KB_b = \frac{T_b}{1 + \frac{CB_b}{CF_b}} = 6,57m$$

$$BM_b = \frac{Lpp_b * B_b^3 * (0.894 * C_{wpb}^2 + 0.096)}{\left(12 * \frac{DISW_b}{1.025}\right)} = 13,98m$$

$$KG_b = \frac{0.9 * D_b * PR_b + 0.65 * D_b * DWT_b}{DISW_b} = 18,442m$$

$$GM = KB + BM - KG = KM - KG = 20,55 - 18,44 = 2,11m \geq 0; \text{ estabilidad positiva}$$

$$KM = KB + BM = 6,57 + 13,98 = 20,55m$$

5.2.- Conclusiones

	KG (m)	KM (m)	GM (m)
Buque de proyecto	18,25	19,65	1,40
Buque base	18,44	20,55	2,11

Valores muy próximos entre sí, tomaremos como válidos los valores del primer dimensionamiento.



0-INTRODUCCIÓN

En el presente cuadernillo se estudiará las necesidades de los tanques de carga según su geometría, para ello lo primero será definir las capacidades de los mismos, las cuales vendrán definidas por sus formas.

Los espesores de dichos depósitos se determinaran por el material empleado, por las condiciones de transporte de la carga, necesidades de navegación, así como limitaciones de las dimensiones de barco.

La capacidad viene determinada por condiciones de proyecto, 145.000 m³. Estos han de ser transportados en unas condiciones de temperatura de -163°C, siendo la de proyecto -170°C, en unas condiciones de presión ligeramente superiores a la atmosférica, definidas en el Código CIG 83/90.

Como primera aproximación de la forma más idónea, se escogerá aquella que requiera menor peso de acero para cumplir las necesidades de transporte.

Un tema fundamental en este estudio es la elección del material, ya que los comportamientos de los mismos varían según la temperatura. El CODIGO CIG 83/90, para temperaturas tan bajas exige el uso de dos aceros, el 316L o el 304L, debido a su buen comportamiento a dichas temperaturas. Se elegirá el 304L, debido a que este tiene una mayor tensión a bajas temperaturas, con lo cual requerirá un menor espesor de pared para los depósitos. El código de diseño usado permite el uso de estos materiales a temperaturas de -170°C, según el apartado ULT del CÓDIGO ASME VII, div.1.

Las formas a estudio de los tanques serán tres,

Tanque esférico, de las tres formas es el que requiere un menor espesor para igual diámetro e igual presión, pero tiene el inconveniente de que es el que menor volumen a igual diámetro. Así que penalizará su peso al tener que aumentar el diámetro para contener el mismo volumen que los otros, cosa que hará aumentar el espesor para una misma presión.

Tanque con fondo superior esférico, cuerpo cilíndrico y fondo inferior toriesférico, este es el tanque con mayor volumen a igual diámetro de los 3, pero requiere un mayor espesor a igual diámetro-presión. El estudio es si este menor diámetro hace que las necesidades de espesor de chapa sean menores, consiguiendo un menor peso en comparación con los otros.

Tanque está de fondos esféricos, y cuerpo cilíndrico. Este es una mezcla de los dos anteriores, será el segundo de mayor volumen a igualdad de diámetro, y el segundo en requerimientos de espesor a igualdad de presión-diámetro.



Ya sabiendo las necesidades de diseño, hará falta un código o norma que permita comprobar estos cálculos. Como siempre nos remitiremos al CÓDIGO CIG, el cual no es un código que permita hacer un estudio de los espesores, sólo nos orienta sobre las condiciones mínimas que deben de soportar los tanques según condiciones de trabajo y hacer referencia a normativas aceptadas. Según el CODIGO CIG los códigos de diseño aceptados para el cálculo de espesores son todos aquellos de reconocido prestigio. Con ello se justifica el uso de la norma ASME, norma de reconocido prestigio a nivel internacional, y ampliamente usada.

En concreto para el cálculo de los tanques a presión se usa la norma ASME VIII, div. 1, y para conocer las propiedades del acero a las diferentes temperaturas, así como su composición química nos remitiremos al ASME II, excepto en los casos de temperaturas inferiores a -20°C , en tal caso se remitirá al ASME VIII, div. 1 apartado ULT para conocer sus propiedades.

El Código CIG 83/90 si interviene en la normativa de seguridad y debido al gas transportado, y al ser el barco de eslora superior a 150 metros se clasifica el barco como 2G, esto implica la necesidad de doble tanque, con capacidad de soportar la presión de carga, para así evitar fugas en caso de posibles fisuras del tanque interior. Así como doble casco y fondo



1.- JUSTIFICACIÓN DE LAS FORMAS DE LOS DEPÓSITOS

1.1.- Características del acero

Para saber la composición química del acero inoxidable elegido nos remitiremos al código ASME II, se adjunta tabla.

Sin embargo, para saber cuales son sus propiedades a la temperatura de diseño, -170°C, se remitirá al Código ASME VIII, div. 1 en su apartado ULT, se adjunta tabla. Así como tabla en la cual se indica la idoneidad de la temperatura de trabajo de distintos aceros..

TABLE 1
CHEMICAL COMPOSITION REQUIREMENTS^(A)

Type	UNS Designation	Composition, % ^(B)							
		Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Other Elements
201	S20100	0.15	5.5-7.5	0.060	0.030	0.75	16.0-18.0	3.5-5.5	N 0.25
201L	S20103	0.03	5.5-7.5	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	3.5-5.5	N 0.25
201LN	S20153	0.03	6.4-7.5	0.045	0.015	0.75	16.0-17.5	4.0-5.0	N 0.10-0.25 Cu 1.00
202	S20200	0.15	7.5-10.0	0.060	0.030	0.75	17.0-19.0	4.0-6.0	N 0.25
...	S20400	0.030	7.0-9.0	0.040	0.030	1.00	15.0-17.0	1.50-3.00	N 0.15-0.30
205	S20500	0.12-0.25	14.0-15.0	0.060	0.030	0.75	16.5-18.0	1.00-1.75	N 0.32-0.40
301	S30100	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	N 0.10
301L	S30103	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	N 0.20
301LN	S30153	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	N 0.07-0.20
302	S30200	0.15	2.00	0.045	0.030	0.75	17.0-19.0	8.0-10.0	...
304	S30400	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-10.5	N 0.10
304L	S30403	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-12.0	N 0.10
304N	S30451	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-10.5	N 0.10-0.16
304LN	S30453	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-12.0	N 0.10-0.16
316	S31600	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	10.0-14.0	Mo 2.00-3.00
316L	S31603	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	10.0-14.0	Mo 2.00-3.00
316N	S31651	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	10.0-14.0	Mo 2.00-3.00 N 0.10-0.16
XM-11	S21904	0.04	8.0-10.0	0.060	0.030	0.75	19.0-21.5	5.5-7.5	N 0.15-0.40
XM-14	S21460	0.12	14.0-16.0	0.060	0.030	0.75	17.0-19.0	5.0-6.0	N 0.35-0.50

NOTES:

(A) Types XM-10 and XM-19, which appeared in Specification A 412, do not appear as XM-10 is no longer produced and XM-19 is covered in Specification A 240/A 240M.

(B) Maximum unless otherwise indicated.

TABLE ULT-23

MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR 5%, 8%, AND 9% NICKEL STEELS, TYPE 304 STAINLESS STEEL, AND 5083-0 ALUMINUM ALLOY AT CRYOGENIC TEMPERATURES FOR WELDED AND NONWELDED CONSTRUCTION (CONT'D)

Type 304 Stainless Steel, SI Units

Spec. No.	Grade	Specified Minimum Strengths at Room Temperature		Maximum Allowable Stress, MPa, for Temperatures, °C, Not Exceeding								
		Tensile, MPa	Yield, MPa	-195	-170	-145	-120	-95	-70	-45	-20	40
SA-240 nonwelded construction	304	515	205	243	234	223	212	199	187	173	137	137
SA-240 welded construction	304	515	205	161	159	157	155	153	151	149	137	137



Tabla 6.3

Chapas, perfiles y piezas forjadas¹ destinados a tanques de carga, barreras secundarias y recipientes de elaboración a presión, para temperaturas de proyecto inferiores a -55 °C, hasta -165 °C² Espesor máximo, 25 mm ³		
Temperatura de proyecto mínima (°C)	Composición química ⁴ y termotratamiento	Temperatura de la prueba al choque (°C)
-60	Acero al níquel (1,5%) normalizado	-65
-65	Acero al níquel (2,25%) normalizado o normalizado y revenido ⁵	-70
-90	Acero al níquel (3,5%) normalizado o normalizado y revenido ⁵	-95
-105	Acero al níquel (5%) normalizado o normalizado y revenido ^{5,6}	-110
-165	Acero al níquel (9%) doblemente normalizado y revenido o templado y revenido	-196
-165	Aceros austeníticos tales como los de los tipos 304, 304L, 316, 316L, 321 y 347 Termotratados por solubilización ⁷	-196
-165	Aleaciones de aluminio tales como la del tipo 5083 recocidas	No se exige
-165	Aleación austenítica de Fe-Ni (36% níquel) Termotratamiento según se haya convenido	No se exige
PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS PRUEBAS A LA TRACCION Y DE TENACIDAD (AL CHOQUE)		
Chapas		Una prueba por "pieza"
Perfiles y piezas forjadas		Prueba por lotes
Prueba Charpy con entalla en V		
Chapas		Probetas transversales. Valor medio mínimo de energía (E) 27 J
Perfiles y piezas forjadas		Probetas longitudinales. Valor medio mínimo de energía (E) 41 J



1.2.- CALCULOS DE ESPEORES, PESOS Y VOLUMENES DE LOS DEPOSITOS.

Esférico completamente

-Cálculo de diámetro

Se verá la posibilidad de instalar 5 depósitos completamente esféricos. Esta forma es la que mejor soporta las presiones, por lo cual requerirá un menor espesor para una misma presión, el problema es que necesita un mayor diámetro que las otras formas para un mismo volumen con lo que penalizará en su peso, a mayor diámetro, se requiere un mayor espesor.

$$Vol = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \times 3.1416 \times \left(\frac{38.15}{2}\right)^3 = 29072.56 \times 5 \text{ depositos} = 145362.8 m^3$$

Diámetro = 38150 mm

- Cálculo de las presiones

$$P_D = P_0 + P_{gd} = 0,5 + p_{dg}$$

$$P_{gd} = 1.5 * h * \left(\frac{450}{10200}\right)$$

Esfera superior, h=19,075 m, Pgd=1.262 bar.

Presión de diseño, 1.262+0.5= 1.762; 1.8 bar

Esfera inferior, h=38,15 m, Pgd= 2.53 bar.

Presión de diseño, 2.53+0.5= 3.03; 3.1 bar



- Cálculo de espesores

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO SUPERIOR			
A.S.M.E. VIII - APENDICE 1 (1-3)				Temperatura	
$t=(R0*y^{0,33-1})/(y^{0,33})$				-170	°C
				-274	°F
presión de diseño	P	1,8	kp/cm2		
calculo de Y	Y	1,001	cm	$S=(Table1A*1000)/14,2$	
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	159	Kpa
eficiencia de la soldadura	E	0,95		1613,640	kp/cm2
Radio exterior	R0	1907,5	cm		
Tiene que ser menor a:		1,119	cm		
12	$t=$	11,19	mm		

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO INFERIOR			
A.S.M.E. VIII - APENDICE 1 (1-3)				$°F=((9*°C)/5)+32$	
$t=(R0*y^{0,33-1})/(y^{0,33})$				-170	°C
				-274	°F
presión de diseño	P	3,1	kp/cm2		
calculo de Y	Y	1,0	cm	$S=(Table1A*1000)/14,2$	
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	159	Kpa
eficiencia de la soldadura	E	0,95		1613,640	kp/cm2
Radio exterior	R0	1907,5	cm		
Tiene que ser menor a:		1,92	cm		
20	$t=$	19,26	mm		

**-Cálculo de pesos**

Siendo la densidad del acero de 7.8 T/m^3 ,

Peso= volumen x Densidad;

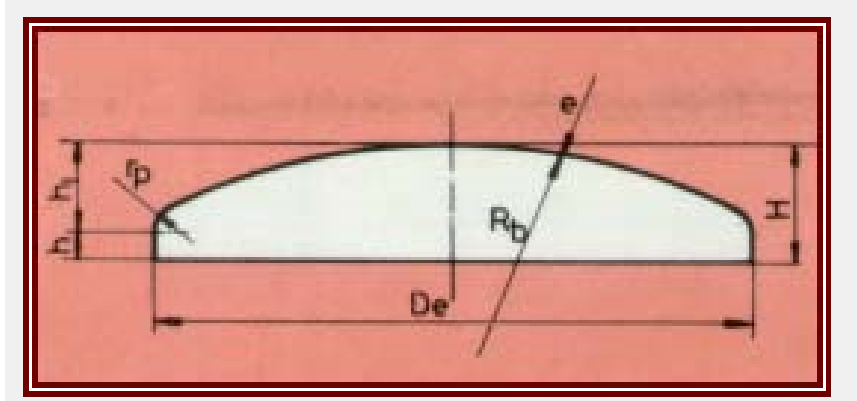
$$Peso \text{ sup} = \frac{2}{3} x \pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] x 7.8 x 5 = 714.5T$$

$$Peso \text{ inf} . = \frac{2}{3} x \pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] x 7.8 = 428.51T$$

Peso total de los 5 depósitos, $714,5 + 428,51 = 1143,01 \text{ T}$



Esférico en la parte superior, cilíndrica en el centro y toriesférica en el fondo inferior.



Fondo toriesférico

-Cálculo del diámetro;

Se verá la posibilidad de instalar 5 depósitos.

Esta forma es la que a un mismo diámetro tiene más capacidad de carga, por lo cual penalizará menos en cuanto a diámetro requerido, pero sin embargo penalizará más por el espesor. Se estudiará si las necesidades de espesor para este menor diámetro son menores que la de las otras formas.

$$Vol = \frac{2}{3} \pi R^3 + h \pi R^2 + 0.1 \pi D^3 = 29072.56 \times 5 \text{ depósitos} = 145362.8 \text{ m}^3$$

Diámetro = 34600 mm

- Calculo de las presiones

$$P_D = P_0 + P_{gd} = 0,5 + P_{dg}$$

$$P_{gd} = 1.5 * h * \left(\frac{450}{10200} \right)$$

Esfera superior, h=17.3 m, Pgd=1.145 bar.

Presión de diseño, 1.145+0.5= 1.645; 1.7 bar

Esfera inferior, h=32,3m, Pgd= 2.14 bar.

Presión de diseño, 4.12+0.5= 2.64; 2.7 bar

Toriesférico inferior inferior, h=45,1m, Pgd= 2.00 bar.

Presión de diseño, 2.98+0.5= 3,48; 3.5 bar



- Cálculo de espesores

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO	
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-3)		$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (R0 * y^{0,33} - 1) / (y^{0,33})$		-170 °C	
		-274 °F	
presión de diseño	P	1,7	kp/cm2
calculo de Y	Y	1,001664374	cm
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2
eficiencia de la soldadura	E	0,95	
Radio exterior	R0	1730	cm
Tiene que ser menor a:			
		0,95	cm
10	t=	9,58	mm

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO TORIESFERICO		INTERIOR	
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-4)		$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$			
$t = (P * L * M) / ((2 * S * E) - (0,2 * P))$				-50 °C	
				-58 °F	
espesor mínimo	t	23,04	cm		
presión de diseño	P	3,5	kp/cm2		
Radio interior PARA KLOPER ZIC-SAL	L	3434	cm	S=(Table1A*1000)/14,2	
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	2213,4	kp/cm2	159	
eficiencia de la soldadura	E	1		2213,400	
MIRAR ZIC-SAL Y A1 MANDATORIO P317	M	1,54		kp/cm2	
Tiene que ser menor a:					
		4,18	cm		
42	t=	41,81	mm		



CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		CUERPO CENTRAL	
A.S.M.E. VIII -UG-27 (1),		°F=((9°C)/5)+32	
t=(P*R)/((S*E)-(0,6*P))		-50 °C	
		-58 °F	
Esesor mínimo	t		
Presión de diseño	P	2,7	kp/cm2
Radio interior	R	1907,5	cm
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,640	kp/cm2
Eficiencia de la soldadura	E	1	-
Tiene que ser menor a:			
22	t=	2,010	cm
		20,10	mm
NOTA: Se tiene que cumplir una u otra		t<=1'5*R	
CORRECTO		2595	t
CORRECTO		P<=0,385*(S*E)	
	CORRECTO	852,159	P
A.S.M.E. VIII -UG-27 (2),		°F=((9°C)/5)+32	
t=(P*R)/((2*S*E)+(0,4*P))		-50 °C	
		-58 °F	
Esesor mínimo	t		
Presión de diseño	P	2,7	kp/cm2
Radio interior	R	1730	cm
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	2213,4	kp/cm2
Eficiencia de la soldadura	E	1	-
Tiene que ser menor a:			
22	t=	1,05	cm
		10,54	mm

**-Cálculo de pesos**

Siendo la densidad del acero de 7.8 T/m^3 ,

Peso= volumen x Densidad;

$$Pesoesfera = \frac{2}{3} \times \pi \times \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] \times 7.8 \times 5 = 293.7T$$

$$Pesocilindro = h \times \pi \times \left[\left(\frac{De}{2} \right)^2 - \left(\frac{Di}{2} \right)^2 \right] \times 7.8 \times 5 = 222.73T$$

$$Pesotoriesferico = 0.1 \times [De^3 - Di^3] \times 7.8 = 808.41T$$

Peso total de los 5 depósitos, $293.7+222.73+808.41 = 1324,84T$



Esféricos en los fondos y cilíndrica en el centro.

- Cálculo del diámetro.

$$Vol = \frac{4}{3} \pi R^3 + h \pi R^2 = \frac{4}{3} \times 3.1416 \times \left(\frac{34.2}{2}\right)^3 + 8.8 \times 3.1416 \times \left(\frac{34.2}{2}\right)^2 = 29028.87 \times 5 \text{ depositos} = 145144.35 m^3$$

Diámetro = 34200 mm

-Cálculo de presiones

$$Pgd = 1.5 * h * \left(\frac{450}{10200}\right)$$

Esfera superior, h=17.1 m, Pgd=1.132 bar.

Presión de diseño, 1.132+0.5= 1.632; 1.7 bar

Esfera inferior, h=25.9 m, Pgd= 1.714 bar.

Presión de diseño, 1.714+0.5= 2.214; 2.3 bar

Esfera superior, h=43 m, Pgd= 2.845 bar.

Presión de diseño, 2.845+0.5= 3.345; 3.4 bar

- Cálculo de espesores

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO SUPERIOR	
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-3)		°F=((9*°C)/5)+32	
t=(R0*y^0,33-1)/(y^0,33)		-170	°C
		-274	°F
presión de diseño	P	1,7	kp/cm2
calculo de Y	Y	1,00	cm
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2
eficiencia de la soldadura	E	0,95	
			S=(Table1A*1000)/14,2
			159
			Mpa
Radio exterior	R0	1710	cm
			1613,640
			kp/cm2
Tiene que ser menor a:		0,94	cm
10	t=	9,47	mm



CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		CUERPO CENTRAL			
A.S.M.E. VIII -UG-27 (1),				°F=((9°C)/5)+32	
t=(P*R)/((S*E)-(0,6*P))				-50	°C
				-58	°F
Espesor mínimo	t				
Presión de diseño	P	2,3	kp/cm2	S=(Table1A*1000)/14,2	
Radio interior	R	1710	cm	159	Mpa
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,640	kp/cm2	1613,640	kp/cm2
Eficiencia de la soldadura	E	1	-		
Tiene que ser menor a:		2,72	cm		
28	t=	27,24	mm		
NOTA: Se tiene que cumplir una u otra		t<=1'5*R			
CORRECTO		2565	t		
CORRECTO		P<=0,385*(S*E)			
	CORRECTO	852,159	P		
A.S.M.E. VIII -UG-27 (2),				°F=((9°C)/5)+32	
t=(P*R)/((2*S*E)+(0,4*P))				-50	°C
				-58	°F
Espesor mínimo	t				
Presión de diseño	P	2,3	kp/cm2	S=(Table1A*1000)/14,2	
Radio interior	R	1710	cm	159	Mpa
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	2213,4	kp/cm2	2213,400	kp/cm2
Eficiencia de la soldadura	E	1	-		
Tiene que ser menor a:		0,888267551	cm		
28	t=	8,882675508	mm		



CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO INFERIOR	
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-3)		°F=((9*°C/5)+32)	
t=(R0*y^0,33-1)/(y^0,33)		-170 °C	
		-274 °F	
presión de diseño	P	3,4	kp/cm2
calculo de Y	Y	1,00	cm
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2
eficiencia de la soldadura	E	0,95	
Radio exterior	R0	1710	cm
Tiene que ser menor a:		1,89	cm
20	t=	18,94	mm

-Cálculo de pesos

Suponiendo un densidad del acero de 7.8 T/m³,

Peso= volumen x Densidad;

Volumen ocupado por el acero;

$$Peso_{esferaSUP} = \frac{2}{3} \times \pi \times \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] \times 7.8 \times 5 = 286.95T$$

$$Peso_{cilindro} = h \times \pi \times \left[\left(\frac{De}{2} \right)^2 - \left(\frac{Di}{2} \right)^2 \right] \times 7.8 \times 5 = 230.82T$$

$$Peso_{esferaINF} = \frac{2}{3} \times \pi \times \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] \times 7.8 \times 5 = 574.57T$$

Peso total de los depósitos, 286,95+230,82+574.57 = 1092,34T



1.3.- TABLA COMPARATIVA.

TIPO DEPOSITO	PESOS (t)
Esféricos completamente	1143.01
Esférico, cilíndrico, toriesférico	1324.84
Esférico, cilíndrico, esférico	1092.34

Como se ve la elección más idónea es la tercera, la formada por fondos con esferas de diámetro 34,2 metros, y unido por un cuerpo cilíndrico de 8.8 metros de alto.

Según el código CIG, este tanque ha de tener una barrera secundaria capaz de soportar la presión interior, esta es una barrera que en caso de fallo de la primera facilite ir al puerto de descarga, y realizar la reparación de la fuga del tanque primario.

1.4.- Cálculo de la barrera secundaria.

- Dimensiones

Teniendo en cuenta que el aislante ha de tener un espesor de 530 mm, el diámetro se verá incrementado en $530 \times 2 = 1060$ mm, más el espesor máximo del deposito interior $28 \times 2 = 56$ quedando un total de $34.2 + 1.06 + 0.056 = \mathbf{35.316}$ m de diámetro interior, considerando las mismas presiones de diseño que para el recipiente interno.

- Cálculo de espesores;

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO SUPERIOR	
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-3)		$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (R0 \cdot y^{0,33} - 1) / (y^{0,33})$		-170	°C
		-274	°F
presión de diseño	P	1,7	kp/cm2
calculo de Y	Y	1,00	cm
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2
eficiencia de la soldadura	E	0,95	
Radio exterior	R0	1765,8	cm
Tiene que ser menor a:		0,97	cm
10	t=	9,78	mm



CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO INFERIOR			
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-3)				$^{\circ}F=((9^{\circ}C)/5)+32$	
$t=(R0*y^{0,33}-1)/(y^{0,33})$				-170	$^{\circ}C$
				-274	$^{\circ}F$
presión de diseño	P	3,4	kp/cm2		
calculo de Y	Y	1,00	cm	$S=(Table1A*1000)/14,2$	
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	159	Mpa
eficiencia de la soldadura	E	0,95		1613,640	kp/cm2
Radio exterior	R0	1765,8	cm		
Tiene que ser menor a:		1,95	cm		
20	t=	19,56	mm		



CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		CUERPO CENTRAL	
A.S.M.E. VIII -UG-27 (1),		°F=((9°C/5)+32)	
t=(P*R)/((S*E)-(0,6*P))		-50	°C
		-58	°F
Espesor mínimo	t	2,3	kp/cm2
Presión de diseño	P	1765,8	cm
Radio interior	R	1613,640	kp/cm2
Tensión max. ad. a temp. de diseño	S	1	-
Eficiencia de la soldadura	E	S=(Table1A*1000)/14,2	
		159	Mpa
		1613,640	kp/cm2
Tiene que ser menor a:		2,51	cm
26	t=	25,19	mm
NOTA: Se tiene que cumplir una u otra		t<=1'5*R	
CORRECTO		2648,7	t
CORRECTO		P<=0,385*(S*E)	
	CORRECTO	621,25	P
A.S.M.E. VIII -UG-27 (2),			
t=(P*R)/((2*S*E)+(0,4*P))			
Espesor mínimo	t	26	
Eficiencia de la soldadura	E	1	
Tiene que ser menor a:		1,25	cm
26	t=	12,58	mm

- Cálculo de pesos

Suponiendo un densidad del acero de 7.8 T/m³,

Peso= volumen x Densidad;

$$Pesocilindro = hx\pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^2 - \left(\frac{Di}{2} \right)^2 \right] x 7.8 x 5 = 198.15T$$

$$Pesoesfera. = \frac{4}{3} x \pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] x 7.8 x 5 = 1225.4T$$



Peso total de La segunda barrera, $1225.4+198.15 = 1423,55$ t

1.5.- Aislante

Características del aislante

Las láminas de Invar correspondientes a la barrera primaria, están soportadas por unas cajas paralelepípedicas de madera contrachapada (“plywood”) rellenas de perlita de forma granular. La perlita es un óxido de silicio y de aluminio que posee unas excelentes propiedades en cuanto al coeficiente de conductividad térmica se refiere (0,04 W/mK). Estas cajas configuran el aislamiento primario. El espesor del aislamiento nos determinara la cantidad de metano que se producirá por el “Boil-off”.

La barrea secundaria es similar a la barrea primaria y está soportada de forma análoga (mediante cajas de “plywood” rellenas de perlita). Estas cajas configuran el aislamiento secundario.

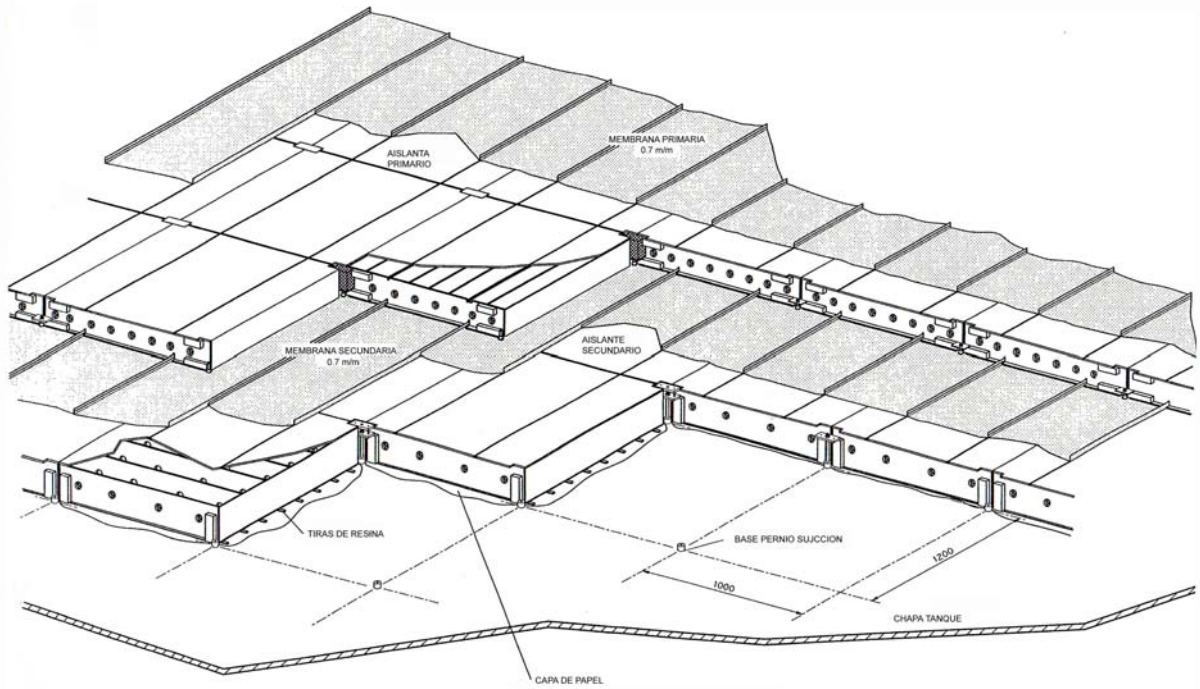
El espacio inter-barreras, así como el existente entre la cara exterior de la barrera secundaria y el casco del buque resulta drásticamente reducido requiriendo, por lo tanto, una cantidad de gas de inertización muy reducida.

El espesor de la primera capa de aislante de cajas de madera con perlita tiene un espesor de 230 mm, mientras que la segunda capa tiene un espesor de 300 mm.

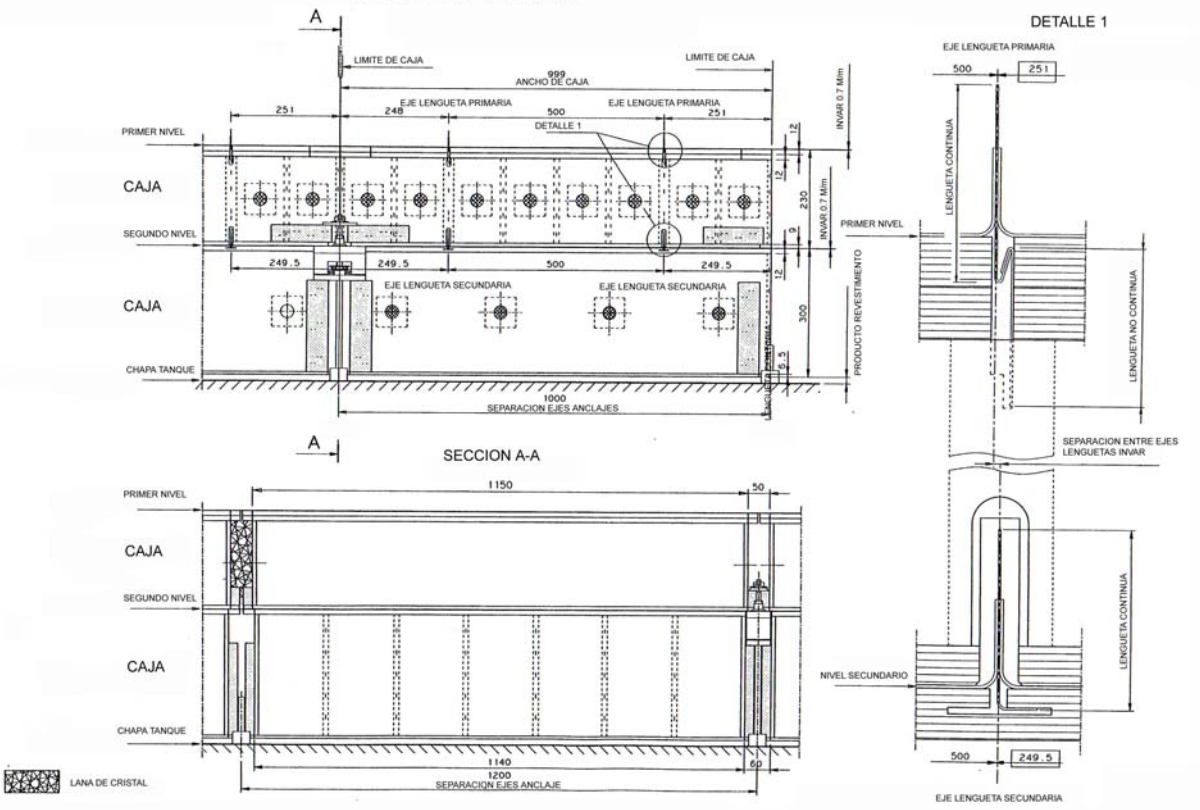
A continuación se muestran unos esquemas y gráficos donde se detallan la estructura y disposición de las membranas aislantes con sus distintos elementos.



ESQUEMA SISTEMA CONTENCIÓN FONDO TANQUE

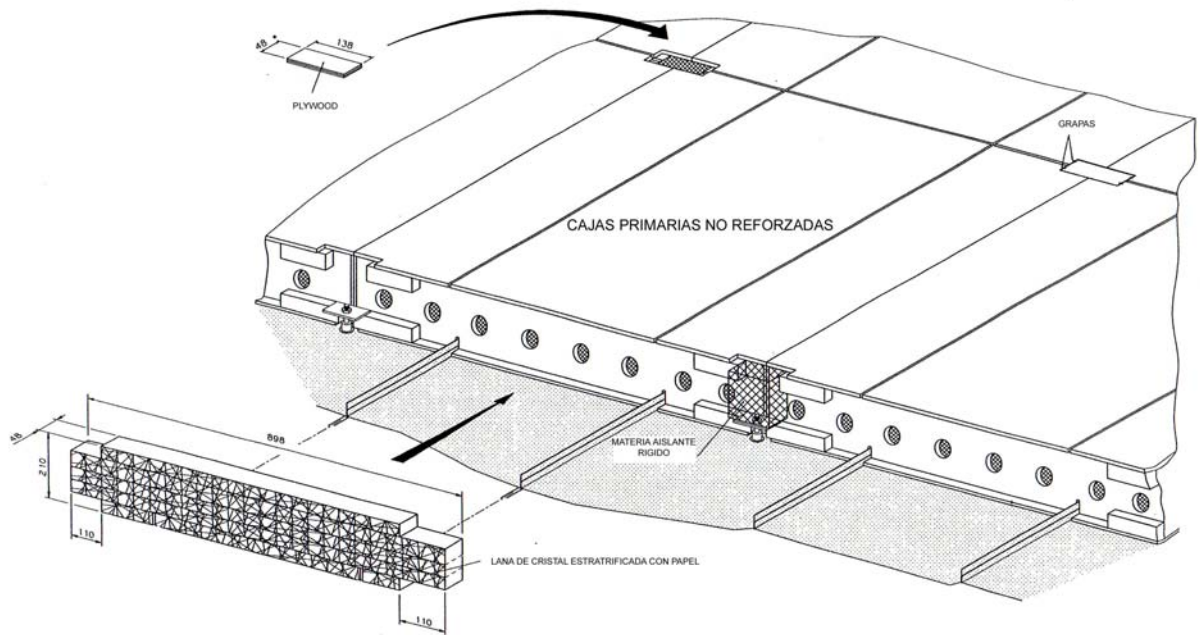


ESQUEMA CAJAS

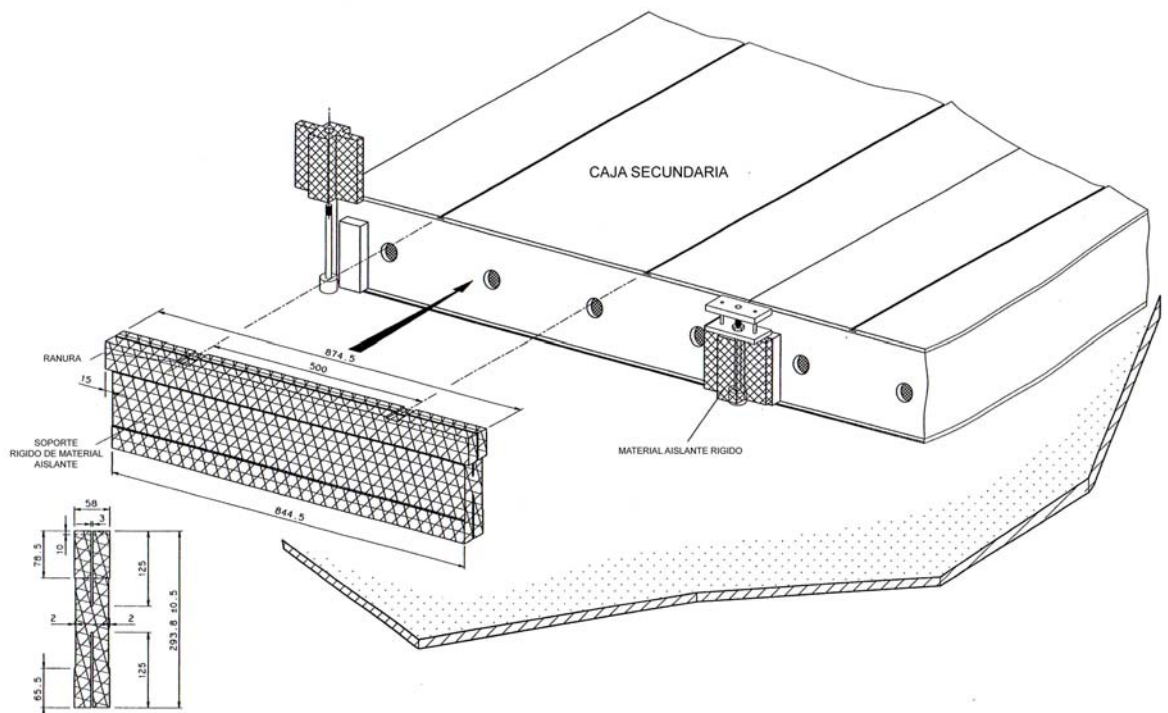




AISLANTE ENTRE CAJAS PRIMARIAS



AISLANTE ENTRE CAJAS SECUNDARIAS





- Peso del aislante

Para calcular el peso del aislante solo habrá que restar el volumen del depósito exterior el volumen del depósito interior, y multiplicarlo por la densidad del aislante

Volumen de los depósitos interiores, 145144.35 m³

Volumen de los depósitos exteriores, 158415.5 m³

Volumen del aislante; 158415.5 m³-145144.35 m³=13271.15 m³

Peso del aislante; Volumen x densidad = 13271.15 x 50 Kg/m³= 663557.5 Kg
= 663.56 t

2.- CONCLUSIÓN ESTIMACIÓN INICIAL.

La solución inicial, coger el depósito más ligero no fue la acertada. El motivo es que al ser depósitos esbeltos suben mucho el centro de gravedad, y al ser una partida muy importante del peso hace que penalice la estabilidad.

Para solventar este problema se optó por la opción de aumentar el diámetro para así bajar el centro de gravedad, y a la vez coger el tipo de depósito con un centro de gravedad más bajo. Este es el depósito con fondo superior esférico, cuerpo cilíndrico y fondo inferior toriesférico. Al ser el fondo toriesférico un fondo de formas muy llenas hará bajar el centro de gravedad considerablemente no penalizando así en la estabilidad

-Cálculo presiones

$$Pgd = 1.5 * h * \left(\frac{450}{10200} \right)$$

Fondo superior, h=19 m, Pgd= 1,26 bar.

Presion de diseño, 1.132+0.5= 1.76; 1.8 bar

Cuerpo central inferior, h=27,2 m, Pgd= 1.8 bar.

Presion de diseño, 1.8+0.5= 2.3; 2.3 bar

Fondo inferior, h= 32,2 m, Pgd= 2.13 bar.

Presion de diseño, 2.13+0.5= 2,63; 2,65 bar



-Cálculo diámetro

$$Vol = \frac{2}{3} x \pi x R^3 + h x \pi x R^2 + 0,1 \cdot D^3 =$$

$$= \frac{2}{3} x 3.1416 x \left(\frac{38}{2}\right)^3 + 8.2 x 3.1416 x \left(\frac{38}{2}\right)^2 + 0,1 \cdot 35^3 = 29152,45 x 5 \text{ depositos} = 145762.25 m^3$$

Diámetro = 38 metros

-Cálculo espesores

3.1.	CÁLCULO PARTES A PRESIÓN	Cuerpo central			
	A.S.M.E. VIII -UG-27 (1),				°F=((9*°C)/5)+32
	$t=(P \cdot R) / ((S \cdot E) - (0,6 \cdot P))$				-50 °C
					-58 °F
	Espesor mínimo	t			
	Presión de diseño	P	2,3	kp/cm2	$S=(Table1A \cdot 1000) / 14,2$
	Radio interior	R	1900	cm	158,2 Mpa
	Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,640	kp/cm2	1613,640 kp/cm2
	Eficiencia de la soldadura	E	1	-	
	Tiene que ser menor a:		2,71048094	cm	
	28	t=	27,1048094	mm	
			$t \leq 1,5 \cdot R$		
	NOTA: Se tiene que cumplir una u otra	CORRECTO	2850	t	
	CORRECTO		$P \leq 0,385 \cdot (S \cdot E)$		
		CORRECTO	621,2514	P	
	A.S.M.E. VIII -UG-27 (2),				°F=((9*°C)/5)+32
	$t=(P \cdot R) / ((2 \cdot S \cdot E) + (0,4 \cdot P))$				-50 °C
	Espesor mínimo	t			
	Presión de diseño	P	2,3	kp/cm2	$S=(Table1A \cdot 1000) / 14,2$
	Radio interior	R	1900	cm	158,2
	Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	1613,640 kp/cm2
	Eficiencia de la soldadura	E	1	-	
	Tiene que ser menor a:		1,35	cm	
	28	t=	13,53	mm	



CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO SUPERIOR			
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-3)				$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (R0 * y^{0,33} - 1) / (y^{0,33})$				-170	$^{\circ}C$
				-274	$^{\circ}F$
presión de diseño	P	1,8	kp/cm2		
calculo de Y	Y	1,001762335	cm	$S = (Table1A * 1000) / 14,2$	
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	158,2	Kpa
eficiencia de la soldadura	E	0,95		1613,640	kp/cm2
Radio exterior	R0	1900	cm	158,2	
Tiene que ser menor a:		1,11	cm		
12	t=	11,14	mm		

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO TORIESFERICO INFERIOR			
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-4)				$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (P * L * M) / ((2 * S * E) - (0,2 * P))$				-50	$^{\circ}C$
espesor mínimo	t		cm	-58	$^{\circ}F$
presión de diseño	P	2,65	kp/cm2		
Radio interior PARA KLOPER ZIC-SAL	L	3800	cm	$S = (Table1A * 1000) / 14,2$	
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	158,2	
eficiencia de la soldadura	E	1		1613,640	kp/cm2
MIRAR ZIC-SAL Y A1 MANDATORIO P317	M	1,54			
Tiene que ser menor a:		4,684944158	cm		
47	t=	46,84944158	mm		



-Cálculo de espesores del doble tanque

3.1.	CÁLCULO PARTES A PRESIÓN	CUERPO CENTRAL		
A.S.M.E. VIII -UG-27 (1),			$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (P \cdot R) / ((S \cdot E) - (0,6 \cdot P))$			-50	°C
			-58	°F
Espesor mínimo	t			
Presión de diseño	P	2,3	kp/cm2	$S = (Table1A \cdot 1000) / 14,2$
Radio interior	R	1953	cm	158,2
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	1613,64
Eficiencia de la soldadura	E	1	-	
Tiene que ser menor a:		2,78	cm	
28		t=	27,86	mm
				$t \leq 1,5 \cdot R$
NOTA: Se tiene que cumplir una u otra	CORRECTO	2929,5	t	
	CORRECTO			$P \leq 0,385 \cdot (S \cdot E)$
	CORRECTO	621,2514	P	
A.S.M.E. VIII -UG-27 (2),			$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (P \cdot R) / ((2 \cdot S \cdot E) + (0,4 \cdot P))$			-50	°C
			-58	°F
Espesor mínimo	t			
Presión de diseño	P	2,3	kp/cm2	$S = (Table1A \cdot 1000) / 14,2$
Radio interior	R	1953	cm	158,2
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	1613,64
Eficiencia de la soldadura	E	1	-	
Tiene que ser menor a:		1,39	cm	
28		t=	13,91	mm



3.1. CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO TORIESFERICO		
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-4)			$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (P * L * M) / ((2 * S * E) - (0,2 * P))$			-50	°C
espesor mínimo	t		-58	°F
presión de diseño	P	2,53	kp/cm2	
Radio interior PARA KLOPER ZIC-SAL	L	3880	cm	$S = (Table1A * 1000) / 14,2$
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	158,2
eficiencia de la soldadura	E	1		1613,640
MIRAR ZIC-SAL Y A1 MANDATORIO P317	M	1,54		kp/cm2
Tiene que ser menor a:		2,34	cm	
24	t=	23,4	mm	

CÁLCULO PARTES A PRESIÓN		FONDO ESFERICO SUPERIOR		
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-3)			$^{\circ}F = ((9^{\circ}C)/5) + 32$	
$t = (R0 * y^{0,33} - 1) / (y^{0,33})$			-170	°C
				-274
presión de diseño	P	1,8	kp/cm2	
calculo de Y	Y	1,00	cm	$S = (Table1A * 1000) / 14,2$
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1613,64	kp/cm2	158,2
eficiencia de la soldadura	E	0,95		1613,64
Radio exterior	R0	1953	cm	158,2
Tiene que ser menor a:		1,14	cm	
12	t=	11,45	mm	

**- Cálculo de los pesos****-Cálculo de peso del tanque interior**

Suponiendo un densidad del acero de 7.8 T/m³,

Peso= volumen x Densidad;

$$Pesoesfera = \frac{2}{3} x \pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] x 7.8 = 425T$$

$$Pesocilindro = hx\pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^2 - \left(\frac{Di}{2} \right)^2 \right] x 7.8 = 214T$$

$$Pesotoriesferico = 0.1x[De^3 - Di^3]x7.8 = 310T$$

Peso total del depósito, = 949T, de los cinco 4745

-Cálculo de peso del doble tanque.

Suponiendo un densidad del acero de 7.8 T/m³,

Peso= volumen x Densidad;

Volumen ocupado por el acero;

$$Pesoesfera = \frac{2}{3} x \pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^3 - \left(\frac{Di}{2} \right)^3 \right] x 7.8 = 449,19T$$

$$Pesocilindro = hx\pi x \left[\left(\frac{De}{2} \right)^2 - \left(\frac{Di}{2} \right)^2 \right] x 7.8 = 219,92T$$

$$Pesotoriesferico = 0.1x[De^3 - Di^3]x7.8 = 334,79T$$

Peso total del doble depósito, = 1003,89 t, de los cinco 5019,43 t



-Peso y dimensiones de los cinco tanques

-Peso total de los 5 tanques con doble tanques, $4745 + 5019,43 = 9764.43$ t; de cada uno 1952.89 t

Dimensiones depósitos, 38 m de diámetro, cuerpo central de 8,2 m de alto y el fondo toriesférico de 6.24 m de alto, doble tanque de 39060 mm de diámetro.

- Cálculo del peso del aislante

-Dicho peso se calculará por diferencia de volúmenes del tanque interior y exterior multiplicado por la densidad del aislante;

$$\text{Vol. tanque Ext.} - \text{Vol. tanque Int.} = 156334,1 - 145195,2 = 11138,9 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del aislante total} = \text{Vol} \cdot \rho = 11138,9 \cdot 50 = 556845 \text{ Kg} = \mathbf{556,945 \text{ t}}$$

$$\text{Para cada depósito} = 111,39 \text{ t}$$

- Cálculo del peso de la carga

-Simplemente hay que multiplicar el volumen por la densidad de la misma.

$$' \quad \text{Peso} = \text{Vol.carga} \cdot \rho = 29039,04 \cdot 0,45 = 13067,57 \text{ t}$$



3.- CÁLCULO DE LOS SOPORTES

3.1.- Cálculo de las cargas

Los tanques tipo esféricos son tanques autoportantes, es decir, requerirán unos soportes para su sustentación. Dichos soportes han de estar diseñados para soportar las siguientes cargas:

- 1.- Cargas debidas a la presión interior.
- 2.- Cargas debidas a la presión exterior.
- 3.- Cargas dinámicas debidas al movimiento del buque.
- 4.- Cargas térmicas.
- 5.- Cargas debidas a la flexión del buque.
- 6.- Peso del tanque y su contenido.

Respecto a los puntos 1, 4.- Las **cargas** debidas a **la presión interior** y las debidas a las **cargas térmicas**, son soportadas por el tanque, ya que en el cálculo de los espesores del mismo se han tenido en cuenta todos estos factores, con lo que se puede decir, que todas estas cargas originan un sobreespesor del tanque y dicho sobreespesor hará aumentar el escantillón del soporte, así es como se reflejan estas cargas.

Respecto al punto 2, 5.- Las **cargas** debida a la **presión exterior y las cargas debidas a la flexión del buque**, son soportadas primeramente por los elementos de refuerzo estructurales del buque y posteriormente transmitidas a los elemento de apoyo de los tanques. Quedando demostrado su resistencia a estas cargas debido a que los elementos de apoyo son de igual escantillón que los elementos de refuerzo y además de menor altura.

Respecto al punto 6.- La **carga** debida al **peso y contenido del tanque**, se verá reflejada sumando dichas cargas a la debida al movimiento del buque.

Respecto al punto 3.- Las **cargas debidas al movimiento del buque**, se recogen en el código CIG 83/90, como un aumento de unas aceleraciones, en los tres ejes, se precederá al estudio de las mismas.

**-Estudio del incremento de las aceleraciones por el movimiento del buque**

$$a_z = \pm a_0 \cdot \sqrt{1 + \left(5,3 - \frac{4,5}{L_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{X}{L_0} + 0,05\right)^2 \cdot \left(\frac{0,6}{C_b}\right)} \rightarrow 1,846$$

$$a_y = \pm a_0 \cdot \sqrt{0,6 + 2,5 \cdot \left(\frac{X}{L_0} + 0,05\right)^2 + K \cdot \left(1 + 0,6 \cdot K \cdot \frac{Z}{B}\right)^2} \rightarrow 0,97$$

$$a_x = \pm a_0 \cdot \sqrt{0,06 + A^2 - 0,25 \cdot A} \rightarrow 0,026$$

Siendo;

a_x ; aceleración en la dirección longitudinal

a_y ; aceleración en la dirección transversal

a_z ; aceleración en la dirección vertical

L_0 ; Eslora del buque, 288,23

X ; distancia desde el centro de gravedad longitudinal del buque respecto a los centros longitudinales de los depósitos, se elije el más desfavorable de los cinco, el que está más lejos, 93,73 m

C_b ; coeficiente de bloque, 0,778

K , constante, para este barco tiene un valor de 1

B ; manga del buque, 45,92 m

A ; valor obtenido por la siguiente formula

$$A = \left(0,7 \cdot \frac{L_0}{1200} + 5 \cdot \frac{Z}{L_0}\right) \cdot \left(\frac{0,6}{C_b}\right)$$

a_0 ; Valor obtenido de la siguiente expresión

$$a_0 = 0,2 \cdot \frac{V}{\sqrt{L_0}} + \frac{34 - \frac{600}{L_0}}{L_0} \rightarrow 0,126$$

Para el peso de cada depósito se tendrá en cuenta, el tanque interior, el doble tanque, el aislante más el debido al peso de la carga, obteniendo así un peso de;

Peso del tanque interior; 949 t

Peso del aislante; 111,39 t

Peso del doble tanque; 1003,89 t

Peso de la carga; 13067,5 t

El peso de cada tanque con carga corresponde a la suma de los pesos antes mencionadas, está será el máximo peso de los tanques, 15131,78 t.



Según el código CIG, los soportes han de calcularse para un ángulo de escora máximo de 30°. Las cargas más desfavorables;

-**Peso vertical** máximo correspondiente a un ángulo de escora nulo, que corresponde al peso de **15131,78 t**.

-**Peso transversal** para un ángulo de escora de 30°, este peso es:

$$P' = P \cdot \sin(30) = 15131,78 \cdot 0.5 = \mathbf{7565,89 t}$$

Ahora se verá como se incrementa dicho a peso debidos a los movimientos del buque.

En los sentidos longitudinales y transversales se aplican los mismo refuerzos, con lo cual para la elección de la aceleración, se elegirá la más desfavorable de a_y a_x .

3.2.- Cálculo de los soportes.

Para el escantillonado de los soportes de los tanques se hará siguiendo los siguientes pasos,

- 1- Consideraciones
- 2- Estimación de cargas
- 3- Cálculo de esfuerzos, cortante y a pandeo.

- SOPORTES DE LA PARTE INFERIOR.

Consideraciones

Sabiendo que la carga que se aplica en los apoyos es de 15131,78 toneladas, faltará ver como se distribuyen estas en los apoyos. Para ello se tomarán las siguientes suposiciones:

-La carga se distribuye uniformemente por los apoyos.

-Los apoyos de los tanques a la hora de calcular sus esfuerzos se tomarán empotrados en los mamparos, estos están separados 40 metros.

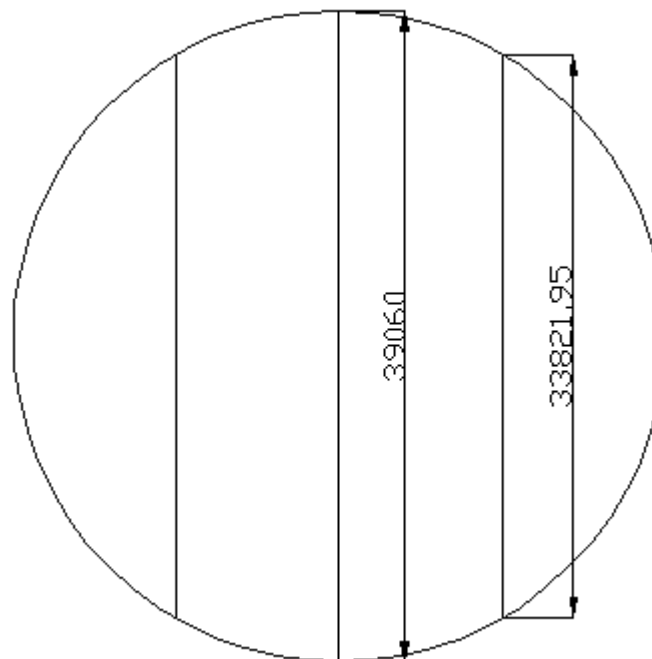


-Estimación de carga

La carga se distribuye uniformemente sobre los soportes, con lo cual se calculará;

- Longitud de los apoyos en contacto con el tanque y determinación de la carga uniformemente repartida.
- Esfuerzos y momentos máximos.
- Escantillonado de los apoyos.

La longitud de los apoyos en contacto con el tanque vienen determinados por el siguiente dibujo:



Longitud total de los soportes apoyados con el tanque,

$$L_T = 33822 \cdot 2 + 39060 = 106704 \text{ mm}$$



La carga a soportar es la determinada por el peso del equipo y su carga, más el incremento por las aceleraciones del movimiento del buque

-En el sentido vertical;

$$P = 15131,78 \text{ t}$$

$$a_z = 1,846 \text{ t}$$

$$F = m \cdot (g + a_z) = 15131,78 \cdot (9,81 + 1,846) = \mathbf{176376,03 \text{ KN} \rightarrow 17979208 \text{ Kg}}$$

$$C \text{ arg } a = \frac{PESOTOTAL}{L_T} = \frac{17979208 \text{ Kg}}{10670,4 \text{ cm}} = 1685 \text{ kg / cm}$$

De las tres vigas de apoyo se cogerá la más desfavorable, si se cumple para este caso se cumple para los otros. Esta es la viga media ya que es la que más carga soporta.

Cálculo de cargas (Q) y momentos

$$R_a = R_b = Q_{\max} = \frac{P \cdot L}{2} = \frac{1685 \cdot 3906}{2} = 3290728,86 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$M = \frac{P \cdot L^2}{12} = \frac{1685 \cdot 3906^2}{12} = 2,1 \times 10^9 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2$$

Cálculo de esfuerzos y cortantes.

$$\sigma = \frac{M \cdot Y_{\min}}{I} = \frac{2,1 \times 10^9 \cdot 25}{2,97 \cdot 10^7} = 1625,05 \text{ Kg / cm}^2 \leq 2500 \text{ Kg / cm}^2 \rightarrow Ok$$

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot Y_{\max}^2}{2 \cdot I} = \frac{32,9 \cdot 10^5 \cdot 25^2}{2 \cdot 2,97 \cdot 10^7} = 112,33 \text{ Kg / cm}^2 \leq \frac{2500}{\sqrt{3}} = 1443,37 \text{ Kg / cm}^2 \rightarrow Ok$$

Siendo;

σ , Esfuerzo a soportar por la viga

M, Momento máximo

Y, Mínima distancia al eje neutro

I, Momento de inercia

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A \cdot d^2 = \frac{1}{12} \cdot 3906 \cdot 45^3 + 0 = 29661188 \text{ cm}^4$$

$$Y = 25 \text{ cm}$$



Suponiendo una viga inicialmente de longitud 40000mm x 45 mm de altura mínima, pero de la cual se tomarán sólo una longitud efectiva de 39060 mm, ya que es donde se aplica carga y es más restrictiva que si se supone toda la viga.

*Por simplicidad se ha suprimido la parte curva de los apoyos, y se ha supuesto un viga recta con altura máxima la mínima del apoyo. Al ser este un caso más desfavorable, cumplirá el caso real.

*Se supone la viga es recta inicialmente y de sección uniforme y que los módulos de elasticidad a tracción y a compresión son iguales.



-Cálculo de resistencia al pandeo

Debido a la combinación de cargas, a compresión y a cortante, se emplea la siguiente formulación;

$$C.S. = \frac{\sigma_c}{(\sigma_c)_{CR}} + \left(\frac{\tau_s}{(\tau_s)_{CR}} \right)^\alpha \leq 1, \text{ si cumple esta condición no pandea}$$

Siendo;

t, 2 cm

a, 3906 cm

b, 45 cm

α , 2,9

T_y , 1443,38 kg/cm²

σ_y , 2500 kg/cm²

$(\sigma_c)_{CR}$, dado por la fórmula

$$\begin{aligned} (\sigma_c)_{CR} &= K \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{b \cdot t} = K \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2 = K \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2 = 0,909 \cdot K \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2 = \\ &= 1,9 \cdot 10^6 \cdot K \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2 = 12160 \geq \frac{\sigma_y}{2} \rightarrow (\sigma_c)_{CRreal} = \sigma_y \cdot \left(1 - \frac{\sigma_y}{4 \cdot (\sigma_c)_{cr}} \right) = 2371,50 \end{aligned}$$

$$K = 4$$

$(T_s)_{CR}$, dado por la fórmula

$$\tau = K_s \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{b^2 \cdot t} = 1,9 \cdot 10^6 \cdot K_s \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2 = 27301,99 \geq \frac{\tau_y}{2} \rightarrow (\tau_s)_{CRreal} = \tau_y \cdot \left(1 - \frac{\tau_y}{4 \cdot (\tau_s)_{cr}} \right) = 1424,30$$

$$K_s = 8,98 + 5,6 \cdot \left(\frac{b}{a} \right)^2 = 8,41$$

Quedando,

$$C.S. = \frac{1625,05}{2371,50} + \left(\frac{112,33}{1424,30} \right)^{2,9} = 0,69 \leq 1$$

No pandea



-En sentido lateral y frontal

Los soportes de la carga lateral y frontal es la misma, ya que para ambos casos apoya sobre las mismas cubiertas y a la misma distancia respecto a los apoyos.

La situación más desfavorable y la de estudio es para una inclinación de 30°, y al ser la más desfavorable será también válida para la situación de apoyo frontal.

Carga a aplicar,

-La carga más desfavorable ocurre en el sentido vertical;

$$P=7565,89$$

$$a_y = 0,97$$

$$F = m \cdot (g + a_y) = 7565,89 \cdot (9.81 + 0.97) = \mathbf{81560,29 \text{ KN}} \rightarrow \mathbf{831400 \text{ Kg}}$$

Consideraciones

Sabiendo que la **carga que se aplica** en los apoyos es de **831400 Kilogramos**, faltará ver como se distribuyen estas en los apoyos. Para ello se tomarán las siguientes suposiciones:

-La carga se distribuye de forma triangular, máxima en el centro y nula en los extremos.

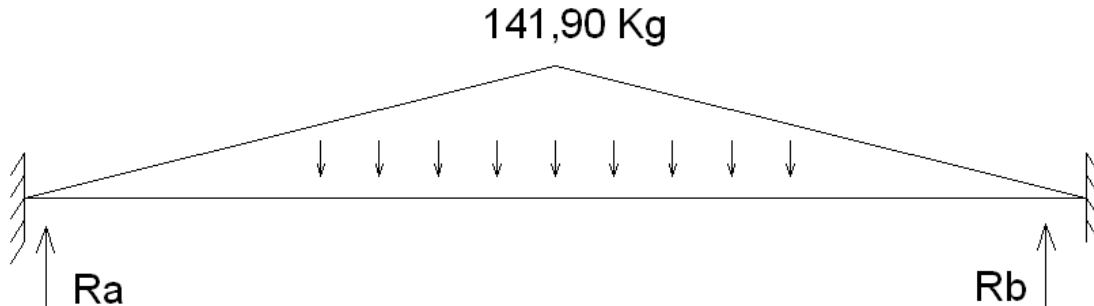
-Los apoyos de los tanques a la hora de calcular sus esfuerzos se tomarán empotrados en el doble casco, estos están separados 40 metros.

-Se supone que la carga se distribuye uniformemente por 2 cubiertas, independientemente de donde esté ubicado el centro de gravedad del tanque.

- Se considera que el tanque en el momento de escora solo apoya en un lado de cubierta, dejando el otro libre de toda carga.



Estimación de la carga en cada cubierta



Cálculo de cargas (Q) y momentos

$$R_a = R_b = Q_{\max} = \frac{\text{Peso}}{2 \cdot 3} = \frac{831400}{2 \cdot 3} = 138566,67 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{\text{Peso}}{L} = \frac{831400}{3 \cdot 3906} = 70,95 \text{ Kg/cm}$$

$$M = \frac{P \cdot L^2}{12} = \frac{70,95 \cdot 3906^2}{12} = 9,02 \times 10^7 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

Cálculo de esfuerzos y cortantes.

$$\sigma = \frac{M \cdot Y_{\min}}{I} = \frac{9,02 \times 10^7 \cdot 1953}{4,31 \cdot 10^8} = 409,44 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2500 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot Y_{\max}^2}{2 \cdot I} = \frac{138566,67 \cdot 1953^2}{2 \cdot 4,31 \cdot 10^8} = 613 \text{ Kg/cm}^2 \leq \frac{2500}{\sqrt{3}} = 1443,37 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Siendo;

σ , Esfuerzo a soportar por la viga

M, Momento máximo

Y, Mínima distancia al eje neutro

I, Momento de inercia

A, área de cubierta,

D, diámetro de la circunferencia

t, espesor de la plancha, 1,2 cm

d, distancia al eje neutro



$$A = L \cdot t - D \cdot t = 4000 \cdot 1,2 - (3906 \cdot 1,2) = 112,8 \text{ cm}^2$$
$$d = 2000 - 47 = 1953 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A \cdot d^2 = \frac{1}{12} \cdot 1,2 \cdot 47^3 + 112,8 \cdot 1953^2 = 4,31 \cdot 10^8 \text{ cm}^4$$

Siendo;

b, el espesor, 1,2 cm

h, la longitud de la semicircunferencia donde apoya,

$$h = \pi \cdot R = 3,1416 \cdot \frac{3906}{2} = 6135,53 \text{ cm}$$

*Por simplicidad se ha suprimido la parte curva de los apoyos, y se ha supuesto un viga recta con longitud máxima la mínima del apoyo. Al ser este un caso más desfavorable, cumplirá el caso real.

*Se supone la viga es recta inicialmente y de sección uniforme y que los módulos de elasticidad a tracción y a compresión son iguales

Cálculo de resistencia al pandeo

Debido a la combinación de cargas, a compresión y a cortante, se emplea la siguiente formulación;

$$C.S. = \frac{\sigma_c}{(\sigma_c)_{CR}} + \left(\frac{\tau_s}{(\tau_s)_{CR}} \right)^\alpha \leq 1, \text{ si cumple esta condición no pandea}$$

Siendo;

t, 1,2 cm

a, 3906 cm

b, 47 cm

α , 2,9

T_y , 1443,38 kg/cm²

σ_y , 2500 kg/cm²

$(\sigma_c)_{CR}$, dado por la fórmula



$$\begin{aligned}(\sigma_c)_{CR} &= K \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{b \cdot t} = K \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = K \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 0,909 \cdot K \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = \\ &= 1,9 \cdot 10^6 \cdot K \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 13761,88 \geq \frac{\sigma_y}{2} \rightarrow (\sigma_c)_{CRreal} = \sigma_y \cdot \left(1 - \frac{\sigma_y}{4 \cdot (\sigma_c)_{cr}}\right) = 2386,46\end{aligned}$$

$$K = 4$$

$(T_s)_{CR}$, dado por la fórmula

$$\tau = K_s \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{b^2 \cdot t} = 1,9 \cdot 10^6 \cdot K_s \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 30895,43 \geq \frac{\tau_y}{2} \rightarrow (\tau_s)_{CRreal} = \tau_y \cdot \left(1 - \frac{\tau_y}{4 \cdot (\tau_s)_{cr}}\right) = 1426,52$$

$$K_s = 8,98 + 5,6 \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2 = 8,98$$

Quedando,

$$C.S. = \frac{409,44}{2386,46} + \left(\frac{613}{1426,52}\right)^{2,9} = 0,258 \leq 1$$

No pandea



3.3.- Comprobación de la resistencia de los tanques en la zona de apoyo.

Para ello se aplicará las fórmulas de dadas en el libro de Eugene F. Megyesy, "Manual de recipientes a presión, diseño y cálculo", el motivo de dicha elección es que el código ASME no tiene un apartado específico para la realización del mismo, sólo se remite a aceptar propuestas válidas de otros métodos contrastados.

Se ha tomado dicho libro porque en el se hace un introducción del cálculo de recipientes a presión por el código ASME, complementando dichos cálculos con normas aceptadas por el código ASME.

En el se han calculado;

- Flexión longitudinal.

-Parte a compresión en el apoyo de los soportes, mediante la fórmula;

$$S = \frac{A \cdot Q \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2 \cdot A \cdot L} \right)}{1 + \frac{4 \cdot H}{3 \cdot L}} = 513,33 \leq \text{Eficiencia} \cdot 2500 = 2375; OK$$

-En la mitad del claro, de apoyo entre los soportes

$$S = \frac{\frac{Q \cdot L}{4} \cdot \left(\frac{1 + 2 \cdot \frac{R^2 - H^2}{L^2}}{1 + \frac{4 \cdot H}{3 \cdot L}} - \frac{4 \cdot L}{L} \right)}{\pi \cdot R^2 \cdot t_s} = 513,89 \leq 0.5E = 867, OK$$

-Esfuerzo cortante tangencial

1 - En el casco

$$S = \frac{K_4 \cdot Q}{R \cdot t_s} = 90,31 \leq \frac{2500}{1,25} = 2000, OK$$



-Esfuerzo cortante Circunferencial

1- Donde apoya el recipiente con el soporte en su parte circunferencial.

$$S = \frac{Q}{4 \cdot t_s \cdot (b + 1,56 \cdot \sqrt{R \cdot t_s})} - \frac{3 \cdot K_6 \cdot Q}{2 \cdot t_s^2} = 1102,65 \leq 1,5 \cdot \sigma = 1,5 \cdot 2500 = 3750, OK$$

2- En la parte inferior del soporte

$$S = \frac{K_7 \cdot Q}{t_s \cdot (b + 1,56 \cdot \sqrt{R \cdot t_s})} = 967 \leq 0,5 \cdot E = 0,5 \cdot 3500 = 1750, OK$$

Siendo;

- Q, carga vertical $32,9 \cdot 10^5$ Kg / cm
- D, diámetro fondo, 3906 cm
- R, Radio fondo, 1923 cm
- σ , esfuerzo del material 2500 Kg/cm²
- K, constante = 0,718
- t, espesor del fondo del tanque, 4,85 cm
- Ángulo de contacto 180°
- A, distancia entre refuerzos 4000 cm
- H, longitud del cup
- E, límite elástico, 3500 Kg/cm²
- K2 = 0,577
- K3 = 0,319
- K4 = 0,26
- K5 = 0,216
- K6 = 0,0044
- K7 = 0,224
- L, longitud de apoyo 10670,4 m
- b, Espesor del soporte 20 mm



0.- INTRODUCCIÓN

En el presente cuadernillo se pretende definir las formas del buque, e introducirlo en los programas respectivos para la realización de los cálculos.

De forma estimada se obtuvieron las formas en el cuadernillo 1, con lo cual se procederá a dibujar un barco con dichos requerimientos.

El procedimiento será el siguiente;

- 1.- Del proyecto de partida se obtuvo el plano de formas de un gasero LNG de tanques de membrana. De dicho plano de formas se obtendrán los puntos más característicos, puntos de referencia, que permita definir la superficie del buque a través del cual poder realizar las transformaciones a fines hasta obtener el barco de proyecto
- 2.- Una vez obtenidos dichos puntos de referencia se introducirán en el programa de dibujo, Maxsurf.
- 3.- Dibujar un plano como superficie NURBS, la cual está definida por puntos de control que definirán su forma. Habrá que ubicar dichos puntos de control de forma que la superficie NURBS pase por los puntos de referencia. Este es un proceso reiterativo hasta la definición de la superficie. Es posible que sea necesario definir varias superficies por lo complejo de las formas, y luego unirlas.
- 4- Se hará solo una parte, debido a que es un buque simétrico, luego por simetría se obtendrá la otra parte.
- 5.-Obtenido las formas del buque de referencia se procederán a hacer los cambios paramétricos para la obtención del barco de proyecto.



1.- CARTILLA DE TRAZADO

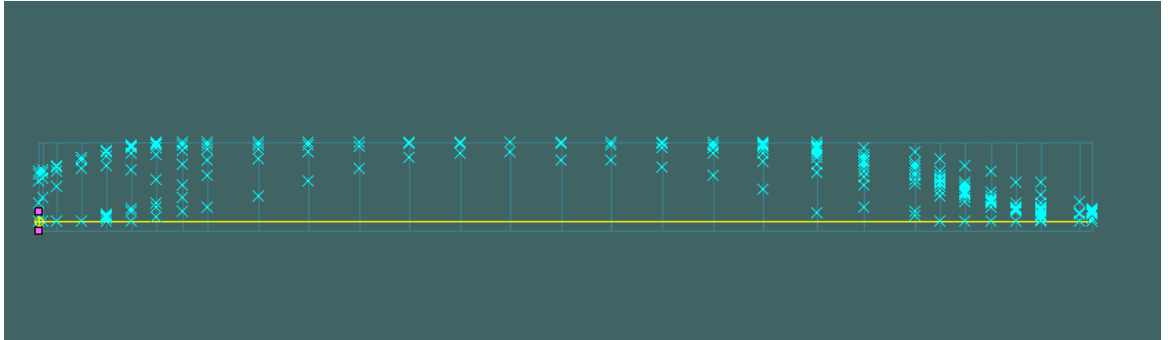
		LONGITUD	ANCHO	ALTO			LONGITUD	ANCHO	ALTO
C.E	L.6	0	13160	24860	C.2	L.0	30660	20500	24860
	L.7	0	12190	16340		L.1	30660	20500	16340
	L.8	0	10420	14530		L.2	30660	20500	14530
	L.9	0	4690	12710		L.3	30660	20500	12710
	CUBIERTA	0	0	12170		L.4	30660	19950	10900
C.-1/4	L.6	1200	13160	24860	L.5	30660	18860	9080	
	L.7	1200	12690	16340	L.6	30660	16070	7260	
	L.8	1200	11120	14530	L.7	30660	9820	5450	
	L.9	1200	5980	12710	L.8	30660	5750	3630	
	CUBIERTA	1200	0	12050	L.9	30660	4560	1810	
C.0	L.6	4490	14410	24860	CUBIERTA	30660	1890	0	
	L.7	4490	13990	16340	C.3	L.0	37210	20500	24860
	L.8	4490	12800	14530		L.1	37210	20500	16340
	L.9	4490	8800	12710		L.2	37210	20500	14530
	CUBIERTA	4490	0	11720		L.3	37210	20500	12710
C.1/2	L.6	11030	16600	24860		L.4	37210	20310	10900
	L.7	11030	16380	16340	L.5	37210	19600	9080	
	L.8	11030	15740	14530	L.6	37210	18080	7260	
	L.9	11030	13730	12710	L.7	37210	14510	5450	
	CUBIERTA	11030	0	10890	L.8	37210	9220	3630	
C.1	L.0	17580	18420	24860	L.9	37210	6920	1810	
	L.1	17580	18230	16340	CUBIERTA	37210	2130	0	
	L.2	17580	17940	14530	C.5	L.0	56860	20500	24860
	L.3	17580	17000	12710		L.1	56860	20500	16340
	L.4	17580	14300	10900		L.2	56860	20500	14530
	L.5	17580	1600	9080		L.3	56860	20500	12710
	L.6	17580	800	7260		L.4	56860	20500	10900
	L.7	17580	1030	5450		L.5	56860	20500	9080
	L.8	17580	1630	3630		L.6	56860	2350	7260
	L.9	17580	1570	1820		L.7	56860	19800	5450
CUBIERTA	17580	0	160	L.8		56860	18480	3630	
C.1+1/2	L.0	24120	19700	24860		L.9	56860	16050	1810
	L.1	24120	19610	16340	CUBIERTA	56860	6360	0	
	L.2	24120	19380	14530	C.7	L.0	83080	20500	24860
	L.3	24120	18870	12710		L.1	83080	20500	16340
	L.4	24120	17680	10900		L.2	83080	20500	14530
	L.5	24120	13170	9080		L.3	83080	20500	12710
	L.6	24120	3230	7260		L.4	83080	20500	10900
	L.7	24120	2360	5450		L.5	83080	20500	9080
	L.8	24120	2540	3630		L.6	83080	20500	7260
	L.9	24120	2540	1810		L.7	83080	20500	5450
CUBIERTA	24120	450	0	L.8		83080	20320	3630	
				L.9		83080	19380	1810	
				CUBIERTA	83080	13750	0		



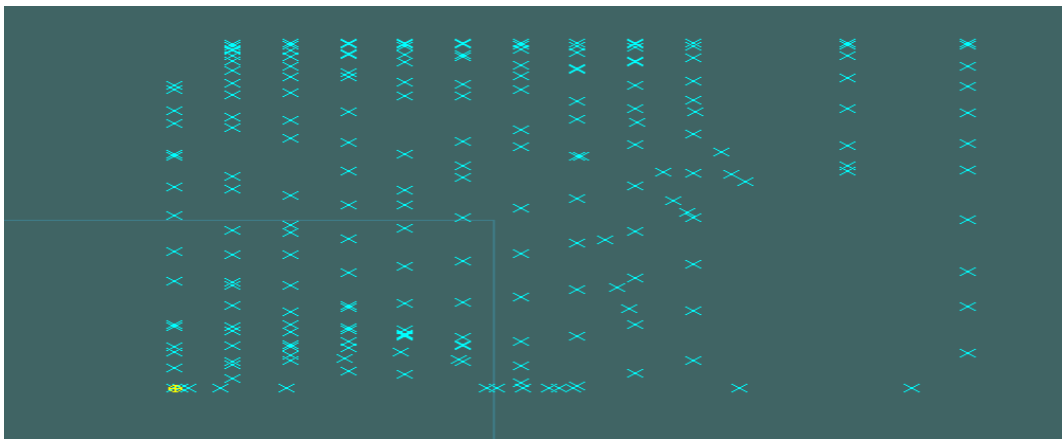
		LONGITUD	ANCHO	ALTO			LONGITUD	ANCHO	ALTO
C.10	L.0	122410	20500	24860	C.19	L.0	246960	12460	24860
	L.1	122410	20500	16340		L.1	246960	7370	16340
	L.2	122410	20500	14530		L.2	246960	6520	14530
	L.3	122410	20500	12710		L.3	246960	5850	12710
	L.4	122410	20500	10900		L.4	246960	5340	10900
	L.5	122410	20500	9080		L.5	246960	5060	9080
	L.6	122410	20500	7260		L.6	246960	4990	7260
	L.7	122410	20500	5450		L.7	246960	4880	5450
	L.8	122410	20500	3630		L.8	246960	4520	3630
	L.9	122410	20380	1810		L.9	246960	3640	1810
CUBIERTA	122410	17980	0	CUBIERTA	246960	480	0		
C.12	L.0	148630	20500	24860	C.19+1/2	L.0	260060	9970	24860
	L.1	148630	20500	16340		L.1	260060	4590	16340
	L.2	148630	20500	14530		L.2	260060	3740	14530
	L.3	148630	20500	12710		L.3	260060	3100	12710
	L.4	148630	20500	10900		L.4	260060	2760	10900
	L.5	148630	20500	9080		L.5	260060	3020	9080
	L.6	148630	20500	7260		L.6	260060	3460	7260
	L.7	148630	20500	5450		L.7	260060	3570	5450
	L.8	148630	20370	3630		L.8	260060	3320	3630
	L.9	148630	19710	1810		L.9	260060	2480	1810
CUBIERTA	148630	158000	0	CUBIERTA	260060	0	0		
C.15	L.0	187960	20500	24860	C.20	L.0	260060	6890	24860
	L.1	187960	20500	16340		L.1	260060	1660	16340
	L.2	187960	20400	14530		L.2	260060	910	14530
	L.3	187960	20300	12710		L.3	260060	290	12710
	L.4	187960	20110	10900		L.4	260060	100	10900
	L.5	187960	19800	9080		L.5	260060	2590	9080
	L.6	187960	19340	7260		L.6	260060	3280	7260
	L.7	187960	18650	5450		L.7	260060	3110	5450
	L.8	187960	17510	3630		L.8	260060	2470	3630
	L.9	187960	15470	1810		L.9	260060	1400	1810
CUBIERTA	187960	7260	0	CUBIERTA	260060	0	350		
C.16	L.0	201770	20350	24860	C.20+1/4	L.0	269880	5000	24860
	L.1	201770	19600	16340		L.1	269880	0	17730
	L.2	201770	19310	14530		L.2	269880	0	10080
	L.3	201770	18940	12710		L.3	269880	2490	9080
	L.4	201770	18500	10900		L.4	269880	3060	7260
	L.5	201770	18000	9080		L.5	269880	2750	5450
	L.6	201770	17320	7260		L.6	269880	1960	3630
	L.7	201770	16370	5450		L.7	269880	580	1810
	L.8	201770	14760	3630		CUBIERTA	269880	0	350
	L.9	201770	12590	1810		C.20+1/2	L.0	273150	20700
CUBIERTA	201770	5190	0	L.1	273150		0	23110	
				L.2	273150		0	9780	
				L.3	273150		1660	9080	
				L.4	273150		2200	7260	
				L.5	273150		1790	5450	
				L.6	273150		300	3630	
				L.7	273150		0	1450	



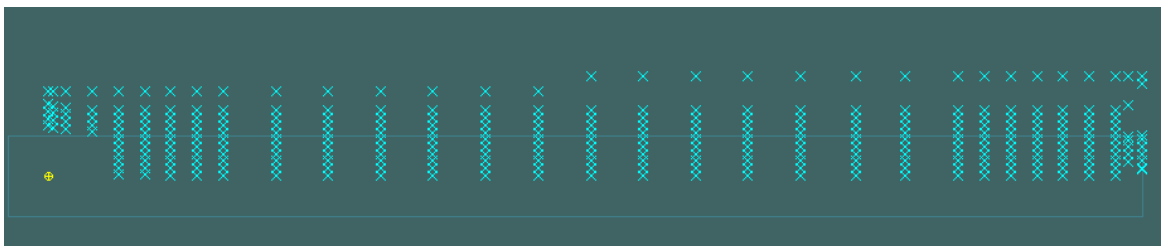
2.- INTRODUCCIÓN DE LA CARTILLA DE TRAZADO EN EL PROGRAMA.



PLANTA



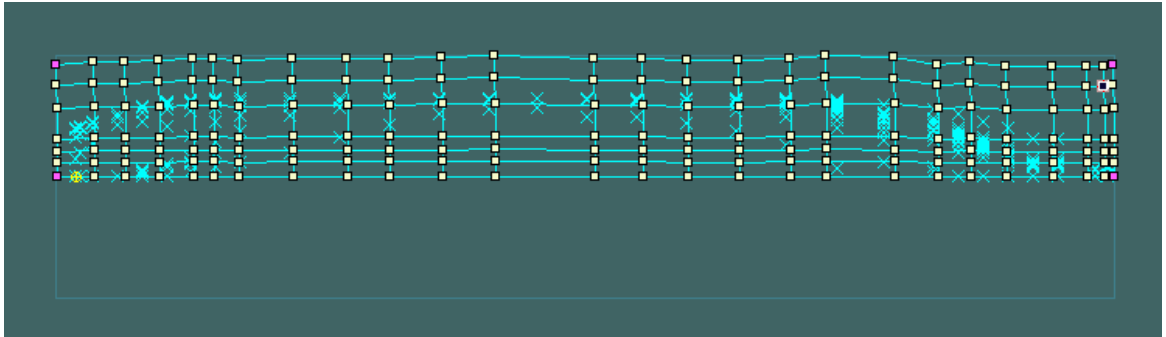
FRONTAL



ALZADO

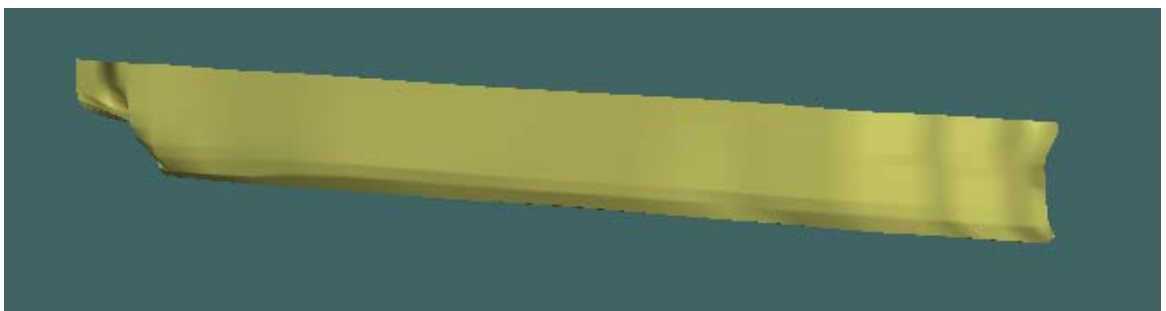
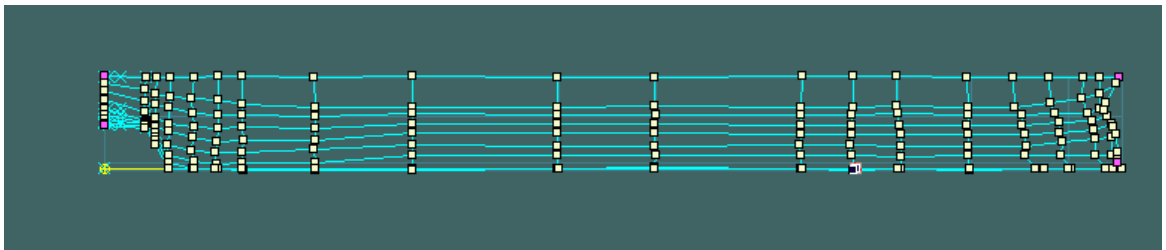


3.- DIBUJAR UN PLANO Y HACER PASAR LOS PUNTOS DE CONTROL POR LOS PUNTOS DE REFERENCIA



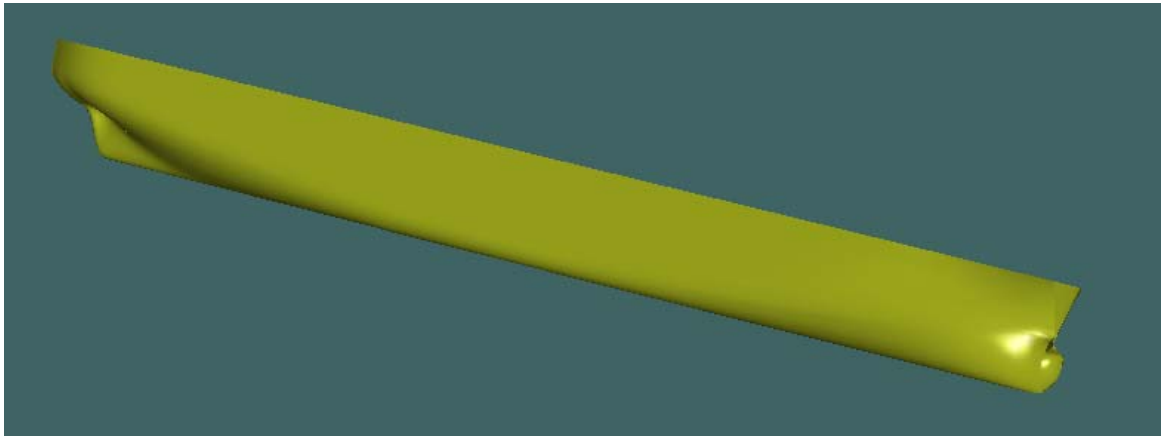
PLANO DE REFERENCIA, CON LOS PUNTOS DE CONTROL

Se irán ajustando los puntos de control a los puntos dados por la cartilla de trazado hasta la obtención de las formas del buque de referencia. Esta vista corresponde al perfil en uno de los procesos de ajuste.





Quedando finalmente;



Dicho dibujo está formado por la unión de 4 superficies.

- Forro lateral
- Bulbo
- Cierre de popa
- Cierre de proa

Una vez compuestas las mismas se procederá a hacer una simetría uniendo las dos partes, para formar un todo cerrado.

Trabajando así solo es necesario realizar la mitad del trabajo para la realización del buque, y esto sólo es posible en barcos que sean simétricos.



4.- TRANSFORMACIÓN AFÍN DEL BUQUE DE REFERENCIA HASTA CONSEGUIR LAS FORMAS DESEADAS.

Se quiere obtener un barco con las siguientes características;

Capacidad de carga	145000 m ³
Eslora entre perpendiculares	277,47 m
Calado	11,345 m
Manga	45,92 m
Puntal	25,12m
Peso rosca	36276,29 t
Peso muerto	82028,76 t
Desplazamiento	118305,05 t
Coeficiente de flotación	0,9139
Coeficiente prismático	0,7348
Coeficiente de bloque	0,7776

Partiendo del buque de referencia que tiene las siguientes;

Capacidad de carga	138000 m ³
Eslora entre perpendiculares	271 m
Manga	42,5 m
Puntal	25,4 m
Peso rosca	29748
Peso muerto	68200
Desplazamiento	97948
Coeficiente de flotación	0,8687
Coeficiente prismático	0,7348
Coeficiente de bloque	0,6383

Procedimiento,

Mediante la opción parametric transformations del programa MAXSURF se realizará los siguientes procesos

- 1- Se pincha la opción de tener una de eslora 288,23 m.
- 2- Manteniendo la opción de la eslora actual señalada, se aumenta la manga hasta un valor de 45,92 m, así la eslora no se modifica.
- 3- Manteniendo las opciones de manga y eslora señaladas, se activará la opción del calado. Reduciéndolo hasta un valor de 11,345 m.
- 4- Manteniendo todas las anteriores opciones señaladas, se modificará el coeficiente de bloque hasta un valor de 0,778

Con dichas transformaciones dará un desplazamiento de 116270,68 t, muy próximo a lo estimado 118305,05 t. Comprobado la gran similitud tomaremos dichas formas obtenidas como buenas y empezaremos a hacer el cálculo justificativo de la validez de dichas formas.



5.- ZONA DE PROA

5.1.- NECESIDAD DE BULBO

Al diseñar las formas de proa del buque, hay que estudiar la necesidad de ubicar bulbo, y si este fuera necesario que forma debe tener.

Habrá que tener en cuenta que la instalación de bulbo en la zona de proa incrementa los costes de construcción, pero mejora la resistencia al avance en buques de gran tonelaje, con lo cual parece que será óptimo la instalación de bulbo.

Ahora se hará un estudio de las formas para la elección del más idóneo, para ello se tendrá en cuenta,

- Mejoras propulsivas en las distintas situaciones de carga.
- Mejora de comportamiento en la mar; reducción de pantocazos, potencia requerida con olas...
- Incremento del coste estructural.

Lo primero que se hará es demostrar si es ventajoso dicho bulbo, para ello si cumple con las condiciones siguientes será ventajoso la inclusión de bulbo,

$$0.65 < C_b < 0.815 \rightarrow C_b = 0.75$$

$$5.5 < L/B < 7,0 \rightarrow L/B = 291.19/43 = 6.76$$

$$0.16 < F_n < 0.57 \rightarrow F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot Dh}} = \frac{19.5 \cdot 0.51445}{\sqrt{9.81 \cdot 283}} = 0.1904$$

Al encontrarse todos los datos obtenidos del buque de estudio entre los márgenes establecidos, se afirma la suposición inicial de que la instalación de bulbo es ventajoso para el buque.

5.2.- TIPO DE BULBO

El buque navegará en dos suposiciones de carga claramente diferenciadas, a plena carga y en lastre. Debido a la diferencia de estas dos situaciones, la suposición que se tome será una solución de compromiso, ya si es buena para una condición de carga, penalizará más para la otra.

La opción que se ha tomado es diseñar el bulbo para la situación de plena carga, con lo que será mucho menos beneficioso para la situación de lastre. Se ha optado por dicha opción porque es en la que el barco desplaza más peso, y un ahorro en la resistencia al avance será mucho más notoria que en la situación de carga en lastre.



Dicho bulbo será un bulbo alto, puesto que desde el punto de vista hidrodinámico, minimiza la ola rompiente, con lo cual resultará efectivo en los viajes con carga.

Al quedar la nariz del bulbo por encima de la línea de flotación en los viajes en lastre, su efecto en este caso será despreciable por no generar ola rompiente.

5.3.- PARAMETROS GEOMETRICOS QUE CARACTERIZAN AL BULBO

Debido a que no se conocen los calados en las distintas situaciones de carga, no es recomendable hacer un diseño detallado del bulbo de proa, por lo que nos basaremos a hacer una estimación de las características básicas del mismo, las cuales estarán sujetas a posibles modificaciones mas adelante.

Los parámetros más característicos del bulbo son los siguientes;

- La altura del bulbo, la distancia entre la nariz y la línea base. Se suele adimensionalizar con el calado en proa, es decir h/T
- La protuberancia del bulbo. La distancia entre la nariz y la perpendicular de proa. Se adimensionaliza con la eslora. X_b/L
- El área del bulbo, área transversal del bulbo por debajo de la flotación. Se adimensionaliza con el área de la cuaderna maestra A_{20}/A_M

- Cálculo de la altura, h

La altura del bulbo queda condicionada por;

- La condición de carga del proyecto.
- La inmersión del bulbo debe ser aquella cuya distancia a la superficie libre sea la mayor posible porque así el sistema de olas amortiguadoras será mayor que en el caso de un bulbo demasiado sumergido.

El criterio para fijar h , de forma que el bulbo esté lo suficientemente cerca de la flotación es:

$$0.55 T_F < h < 0.75 T_F$$

Siendo $T_F = 11,35$ m, la altura del bulbo que está comprendida entre los valores, 6.38 m y 8.70 m. Se cogerá un valor intermedio, 7.40 m



- Cálculo de la protuberancia (X_b)

Esta medida define la distancia entre la “esfera” y el barco. Influye en el desfase entre los dos sistemas de olas.

El definir la protuberancia una vez definido la altura del bulbo, equivale a definir el volumen del bulbo, que es lo mismo que la intensidad de la perturbación producida por el mismo.

Dado a que disponemos de un buque similar, se puede usar la siguiente fórmula.

$$100 \cdot X_{bp} = 100 \cdot X_b + K_1 \cdot (C_{bp} - C_b) - K_2 \cdot \left(\frac{L_p}{B_p} - \frac{L}{B} \right)$$

-Con el subíndice “P” se hace referencia a datos del buque de proyecto.

-Los coeficientes K_1 y K_2 , se tomarán como valores 8 y 0,4 respectivamente, ya que con dichos valores se suelen obtener mejores resultados, tal que la fórmula queda:

$$100 \cdot X_{bp} = 100 \cdot 8,17 + 8 \cdot (0,75 - 0,74) - 0,4 \cdot \left(\frac{288,43}{43} - \frac{271}{42,5} \right) \rightarrow 8,17$$

- Definición del área transversal (S_b)

Dicho valor se ha obtenido mediante gráficas, la fuente de dichas gráficas es la tesis doctoral de Manuel Carlier de Lavalle, “Análisis Hidrodinámico y proyecto del bulbo de proa”. En ella se encuentra una gráfica que relaciona el coeficiente de bloque con la relación eslora-manga. Al introducir dichos valores en la gráfica se permite obtener el valor del área transversal.

$$S_b = 9.7\%$$

Esto quiere decir que el área que le corresponde es un 9.7% del área de la maestra

$$\text{Área de la maestra} = 1117,71 \text{ m}^2$$

$$S_b = 0.097 \cdot 1117.71 = 108,42 \text{ m}^2$$

Parámetros finales del bulbo.

Altura	7,4 m.
Protuberancia	8,17 m.
Área transversal	108,42 m ²



6.- BULBO DE POPA

Dado que el buque base, y el de proyecto son muy similares, adoptaremos el mismo perfil de popa.

-Bulbo de popa con el fin de mejorar la interacción entre hélice y carena al evitar las desigualdades circunferenciales. Por tratarse de un buque de alto coeficiente de bloque, el bulbo de popa proporciona mejoras en la zona de flujo hacia el propulsor.

-Codaste abierto con el fin de evitar la disipación de energía que produce la proximidad del talón de la hélice en el casco de los codastes cerrados,

-Bovedilla con inclinación ascendente hacia popa con el fin de amortiguar los movimientos de cabeza y disminuir el coeficiente de succión.

En el proyecto se ha establecido una distancia de, 20,009 m

7.- ZONA DE POPA

La forma de popa influye de manera decisiva en el rendimiento propulsivo por dos motivos,

-Influencia en el fenómeno de separación del flujo, y por lo tanto en la resistencia viscosa.

-Rendimiento del propulsor, este se ve influenciado por la estela, aumenta si esta es homogénea, y las formas de popa influyen de forma decisiva en dicha homogenización.

En el diseño de la popa además de tener en cuenta la mejora del rendimiento propulsivo, habrá que tener en cuenta, capacidad para albergar los equipos necesarios en dicha zona, como el motor principal, a la hélice dándole una inmersión adecuada, así como distancias mínimas entre elementos como codaste, timón...

Por general este tipo de barcos cuentan con una popa de espejo. Dicha popa de espejo puede reducir la resistencia al avance e implica una mayor facilidad constructiva.

Para un número de Frode menor de 0,30, se recomienda que la popa de espejo comience en la línea de flotación permitiendo una ligera inmersión en la flotación, que es nuestro caso.

$$Fn \leq 0,30 \rightarrow Fn = 0,1904 \leq 0.30$$



El trazado final de las líneas de agua ha de hacerse de manera que se minimice la separación y por tanto la resistencia viscosa. Para ello se recomienda que en ningún caso el semiángulo de entrada de estas líneas supere los 30°.

El coeficiente de afinamiento de la línea de agua correspondiente a la flotación es:

$$C_{WP} \cdot \frac{B}{L_{bp}} \rightarrow 0.882 \cdot \frac{45,92}{277,47} = 0.1345 \geq 0.1$$

Al ser un valor mayor de 0,1 se producirán torbellinos a popa. Aún así no resulta preocupante puesto que si lo comparamos con el buque base da resultados parecidos.

El buque base es un buque que se encuentra navegando, y asumimos dicho inconveniente por ser asumido por el astillero de fabricación. Si fuera defecto grave no habría sido asumido por el astillero, ya que son barcos de alto coste.

$$C_{WP} \cdot \frac{B}{L_{bp}} \rightarrow 0.8689 \cdot \frac{42.50}{271} = 0.1362 \geq 0.1$$

Como se ve en la fórmula, para eliminar dichos torbenillos habría que aumentar la eslora, manteniendo constantes coeficientes de flotación y manga, a un valor de 373,24 metros. Con lo cual supone un aumento de coste de construcción importante al incrementar el peso de la estructura.



8.- LAS CUADERNAS EN POPA

Ventajas e inconvenientes de las cuadernas en “V” y en “U”

.- Cuaderna en “U”

- En popa tienen tendencia de producir fenómenos de “slamming”
- De uso frecuente en barcos grandes, ya que se mueven menos y estas son más baratas de fabricar.
- Malas formas para popa porque pueden producir torbellinos.

-Cuadernas en “V”

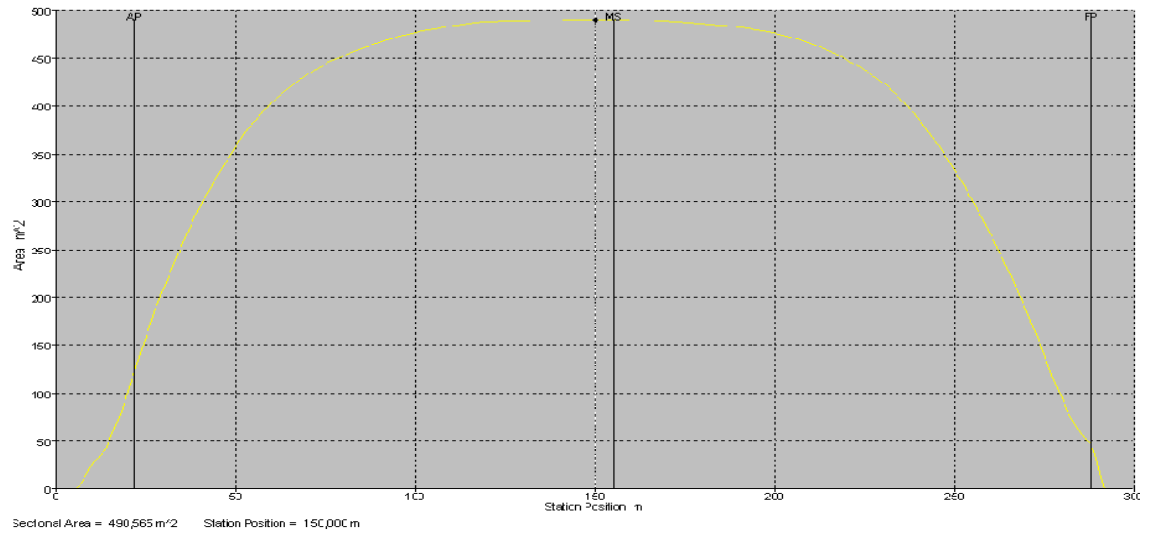
- Mejoran respecto las cuadernas en “U” al estar más afiladas por abajo.
- Su construcción es más barata.
- Suelen ponerse en barcos que se piensa que van a tener más movimiento en el mar, por lo general barcos pequeños.
- Buenas formas para popa puesto que el flujo de partículas discurre más perpendicularmente en este tipo de cuadernas que en las cuaderna tipo “U”, pero tienen problema en la configuración de estela, lo que producirá que la hélice trabaje mal y pueda producir vibraciones. Para reducir este problema, se diseñan en popa unas cuadernas de forma intermedia “U”-“V”

La solución adoptada, se emplearán cuadernas en “U” en la parte baja, que se encuentra más cerca del propulsor y a medida que ganan en altura la configuración de las cuadernas pasará a cuadernas en “V”



9.- ANALISIS DE LAS FORMAS OBTENIDAS

Se han introducido las formas obtenidas en el programa Hidromax, una vez en dicho programa se ha obtenido la curva de áreas, la cual representa la posición de las cuadernas hasta el calado en ordenadas, por lo que podemos conocer cómo está repartido el desplazamiento.





0.- INTRODUCCIÓN

En el cuadernillo dos se obtuvieron una aproximación de las formas del buque, ahora se van a definir;

- 1.-Cuadernas
- 2.-Espaciado de cuadernas, bulárcamas y mamparos.
- 3.-Posicionamiento del pique de popa y proa.
- 4.-Dimensionamiento del doble fondo y doble casco.

1.- ESPACIADO DE CUADERNAS, BULÁRCAMAS Y MAMPAROS

El buque viga consta de cubierta tronco, doble casco y doble fondo en la zona de tanques de carga. Los tanques de combustible también están dotados de doble casco.

Su estructura es longitudinal excepto en;

- La zona de cámara de máquinas donde tiene estructura mixta.
- En los extremos de proa y popa

Adicionalmente se sitúan cofferdams transversales;

- Entre cada tanque de carga
- Entre el tanque N°1 y la proa del buque
- Entre el tanque N°5 y la cámara de máquinas

En el interior de los cofferdams, que son secos, hay aire y su principal función es proporcionar una partición entre dos tanques de carga mientras se refuerza la estructura.

Se ha empleado en la estructura del buque, acero estándar al carbono de calidad naval homologado por Lloyd's.

En cuanto al espaciado de los diferentes refuerzos se han elegido los siguientes.

- 1- En la zona de carga, espacio comprendido entre el mamparo de proa de la cámara de máquinas y el mamparo de proa del primer tanque situado a proa, se ha dado un espaciado de 800mm.
- 2- El espacio correspondiente a la zona tanto de proa como de popa del buque. Estas dos zonas abarcan desde la popa del buque hasta el mamparo de popa de la cámara de máquinas y desde el mamparo de proa del primer tanque de carga hasta la proa del buque. El espaciado se reduce respecto al anterior debido a las características que presenta las formas del buque en dichas zonas, las cuales presentan un mayor



- 3- número de elementos estructurales, y además ha de soportar los efectos debidos a la hélice y al timón, así como sus vibraciones. Se ha dado un espaciado de 750 mm

- 4- El espacio correspondiente a la zona de la cámara de máquinas. Se suele considerar un incremento de 50 mm respecto al espacio anterior. Este espaciado será el necesario para soportar los esfuerzos de los motores y el equipo presente.

Para la posición de las bulárcamas, se ha considerado la construcción de una de ellas cada 4 cuadernas, lo cual habrá de tenerse en cuenta para la distribución de los tanques de carga como en la popa y proa de cámara de máquinas para reforzar más la estructura y en inicios y finales del motor principal. Y en los reductores.

En el doble fondo se situarán 2 varengas bajo soportes de carga a proa y popa de los tanques, más dos equidistantes desde está al doble casco y la otra equidistante a la quilla.



2.- POSICIÓN DEL PIQUE DE PROA.

Para buques con bulbo de proa y eslora superior a 200 metro, las sociedades de clasificación establecen que el mamparo del pique de proa se sitúe una distancia mínima y otra máxima a la perpendicular de proa.

Máxima; $0,08 \cdot L_{pp} - f_2$

Mínima; $10 - f_2$

Para el cálculo de f_2 se toma el menor de los siguientes:

1- $f_2 = G/2$, donde G es la protuberancia del bulbo en metros a partir de perpendicular de proa, 8,17.

$$f_2 = G/2 = 8.17/2 = \mathbf{4.085}$$

2- $f_2 = 0,015 L_{pp}$

$$f_2 = 0,015 L_{pp} = 0,015 \cdot 283 = \mathbf{4,245}$$

3- $f_2 = 3$

Por lo tanto al ser el valor menor igual a 3 metros, se coge dicho valor.

Con esto podemos decir que la posición del pique de proa queda limitada por los siguientes valores

Máxima; $0,08 \cdot L_{pp} - f_2 = 0,08 \cdot 283 - 3 = 18.84$

Mínima; $10 - f_2 = 10 - 3 = 7 \text{ m}$

Se ha cogido un valor de 7,00 metros, dentro de los límites establecidos. Se ha cogido el valor menor por las necesidades de eslora de la capacidad de carga.



3.- POSICIÓN DEL PIQUE DE POPA

La posición del pique de popa no está sujeta a unas limitaciones como el pique de proa. Para su colocación se establecen otros criterios, como la ubicación de los tanques de carga.

En el proyecto se ha establecido una distancia de 13,843 m respecto al pique de popa.

Se ha tomado esa distancia debido a que el buque de referencia tiene una distancia de 13174 mm, haciendo una regresión lineal con la capacidad de carga y multiplicando ese factor por la distancia del pique de popa, se aumenta ese valor a 13843 mm

4.- POSICIÓN DE MAMPAROS

A continuación se especifican los mamparos transversales principales. Los cuales estarán apoyados en varengas y bulárcamas.

MAMPARO	POSICIÓN REPECTO POPA	NÚMERO DE CUADERNA
Mamparo del pique de popa	13,843 m	C. 8
Mamparo de popa del tanque 5	57,343m	C. 64
Mamparo de popa del tanque 4	97,34 m.	C. 116
Mamparo de popa del tanque 3	137,34 m.	C. 165
Mamparo de popa del tanque 2	177,34 m.	C. 215
Mamparo de popa del tanque 1	217,34 m.	C. 265
Mamparo de popa del tanque de F.O.	257,34 m.	C. 317
Mamparo de colisión	270,47 m.	C. 339



4- DIMENSIONAMIENTO DEL DOBLE FONDO Y DEL DOBLE CASCO

4.1.- ALTURA DEL DOBLE CASCO (h).

El valor exigido por normativa, según CÓDIGO CIG 83/90, ha de ser el valor mínimo obtenido de:

$$h = \frac{B}{15} = \frac{43}{15} = 2.87m$$

$$h = 2m$$

Se ha de elegir como mínimo una altura de 2 metros, se elige la altura mínima admitida ya que así se consigue dos factores fundamentales para la mejora de la navegación.

-Reducir el área de los tanques por encima de cubierta, con lo cual reducir la resistencia por acción del viento, se reduce la potencia necesaria.

-Bajar los centros de gravedad de los tanques y sus cargas, y al ser estos una partida importante del peso del barco tendrán una influencia muy considerable en la altura del centro de gravedad final del buque. Una disminución de dicha altura favorecerá la estabilidad del buque.

4.2.-MANGA DEL DOBLE CASCO.

Según normativa está en ningún caso debe ser inferior a 760 mm, se ha tomado un valor de 2,960 metros.

Esta mayor manga es necesaria por razones de flotabilidad, necesidades de tanques laterales y estabilidad.



0.- INTRODUCCIÓN

En este cuadernillo, se ha hecho uso del programa Hidromax para los cálculos de los KN y ángulo de escora progresivo. Los cálculos de francobordo y arqueos se han realizado siguiendo los desarrollos propuestos en el libro de Construcción Naval volumen IV de D. Francisco Fernández González.

En el presente cuaderno se hace un análisis de arquitectura naval del buque proyectado. El análisis parte del modelo obtenido en Maxsurf después de realizar las transformaciones paramétricas y adaptarlo así a las del buque de proyecto. Una vez se tiene este modelo se exporta a Hidromax para realizar los cálculos. Se ha realizado un análisis de hidrostáticas, de carenas inclinadas, KG máximo, capacidad y centros de gravedad de los tanques.

En los diferentes cálculos se han considerado distintos trimados fijos y trimado libre.

1.- TABLA DE CARENAS INCLINADAS

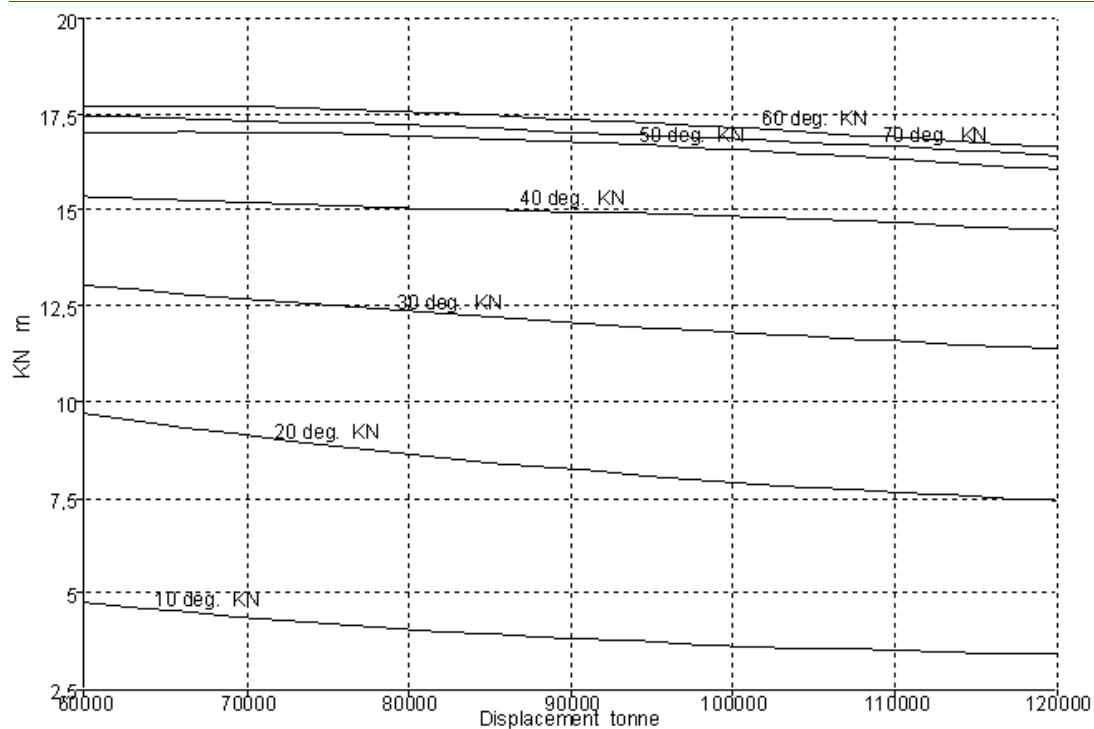
En este apartado se va a realizar un análisis de los valores del KN para los distintos ángulos de escora. Dicho análisis se realiza con ayuda de Hydromax siguiendo un proceso similar al cálculo anterior de hidrostáticas. Se parte del modelo del buque proyectado obtenido en Maxsurf después de realizar las transformaciones paramétricas.

Los cálculos de KN se han realizado para diferentes condiciones de trimado fijado y para la condición de libre trimado. Para el análisis se ha partido de un ángulo de escora de 10° hasta una escora de 70°. Se han tomado incrementos de escora de 10°.



HIDROSTÁTICAS- LNG TANQUES ESFÉRICOS 145.000 m³

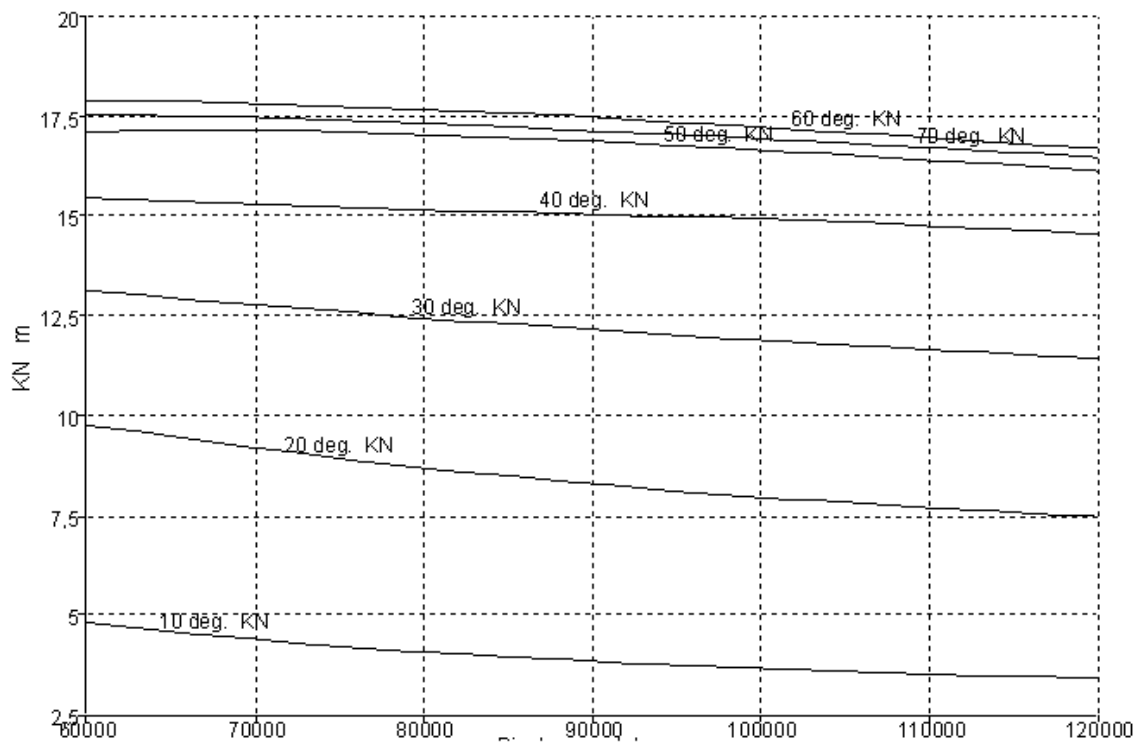
1.1.- Trimado Fijo = 0, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
63158	4,639	9,52	12,93	15,295	17,017	17,743	17,415
66316	4,508	9,337	12,812	15,245	17,027	17,73	17,386
69474	4,389	9,162	12,7	15,198	17,027	17,706	17,352
72632	4,281	8,996	12,592	15,154	17,014	17,672	17,314
75789	4,182	8,839	12,489	15,112	16,991	17,632	17,271
78947	4,089	8,691	12,389	15,073	16,958	17,584	17,226
82105	4,005	8,552	12,294	15,036	16,918	17,531	17,178
85263	3,931	8,421	12,202	15,002	16,871	17,473	17,127
88421	3,86	8,297	12,114	14,969	16,818	17,411	17,073
91579	3,796	8,182	12,028	14,936	16,758	17,346	17,017
94737	3,734	8,073	11,946	14,901	16,694	17,277	16,959
97895	3,68	7,972	11,866	14,863	16,626	17,205	16,899
101053	3,631	7,877	11,789	14,822	16,555	17,13	16,838
104211	3,585	7,788	11,714	14,775	16,48	17,053	16,775
107368	3,543	7,704	11,641	14,724	16,403	16,974	16,711
110526	3,503	7,627	11,571	14,667	16,322	16,895	16,646
113684	3,467	7,554	11,503	14,606	16,24	16,813	16,58
116842	3,434	7,486	11,438	14,541	16,155	16,73	16,513
120000	3,404	7,422	11,374	14,472	16,069	16,645	16,445



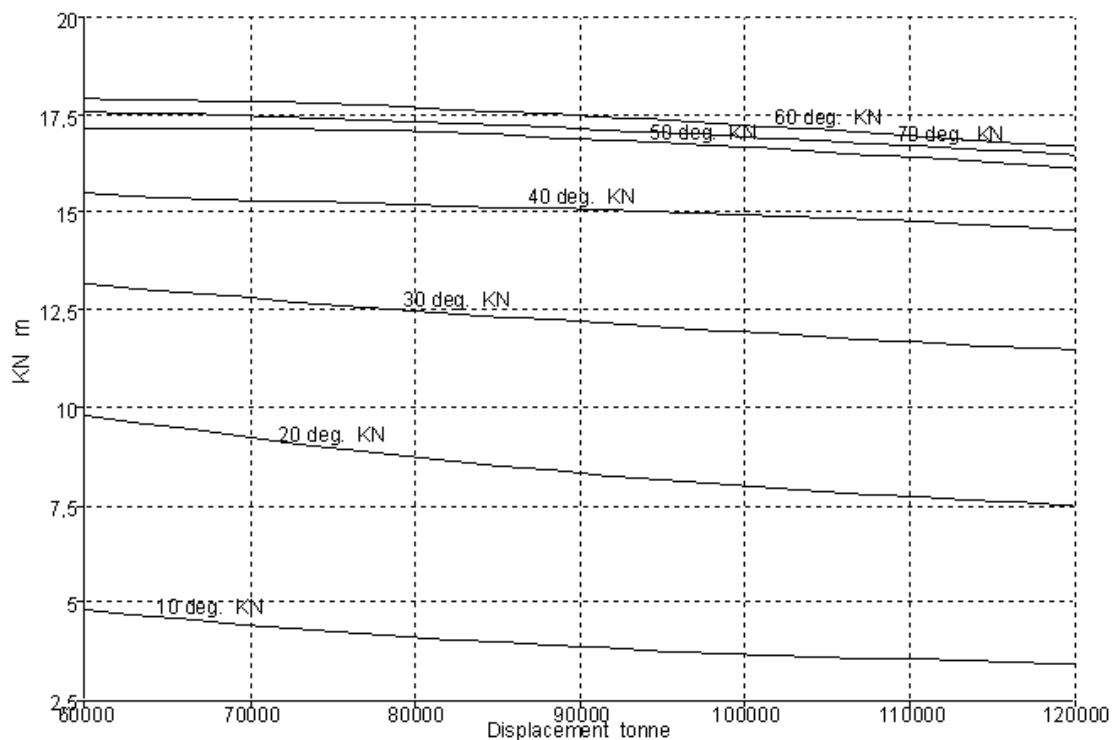
1.2.- Trimado fijo = 1, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
60000	4,81	9,775	13,142	15,449	17,118	17,885	17,559
63158	4,666	9,584	13,02	15,396	17,141	17,879	17,535
66316	4,535	9,401	12,9	15,346	17,151	17,862	17,505
69474	4,415	9,226	12,789	15,298	17,147	17,835	17,47
72632	4,306	9,061	12,683	15,253	17,13	17,797	17,429
75789	4,206	8,902	12,58	15,211	17,103	17,752	17,384
78947	4,115	8,753	12,481	15,17	17,065	17,699	17,336
82105	4,029	8,612	12,386	15,132	17,02	17,642	17,284
85263	3,954	8,48	12,293	15,096	16,97	17,578	17,229
88421	3,884	8,356	12,204	15,061	16,911	17,511	17,171
91579	3,819	8,24	12,117	15,029	16,847	17,439	17,111
94737	3,758	8,131	12,033	14,995	16,78	17,364	17,048
97895	3,704	8,029	11,951	14,957	16,709	17,286	16,983
101053	3,654	7,934	11,872	14,913	16,634	17,205	16,917
104211	3,607	7,842	11,794	14,863	16,556	17,123	16,848
107368	3,564	7,757	11,719	14,808	16,474	17,039	16,778
110526	3,524	7,677	11,646	14,748	16,39	16,954	16,707
113684	3,488	7,602	11,575	14,684	16,305	16,867	16,634
116842	3,455	7,532	11,506	14,615	16,218	16,78	16,561
120000	3,423	7,466	11,439	14,542	16,129	16,692	16,487



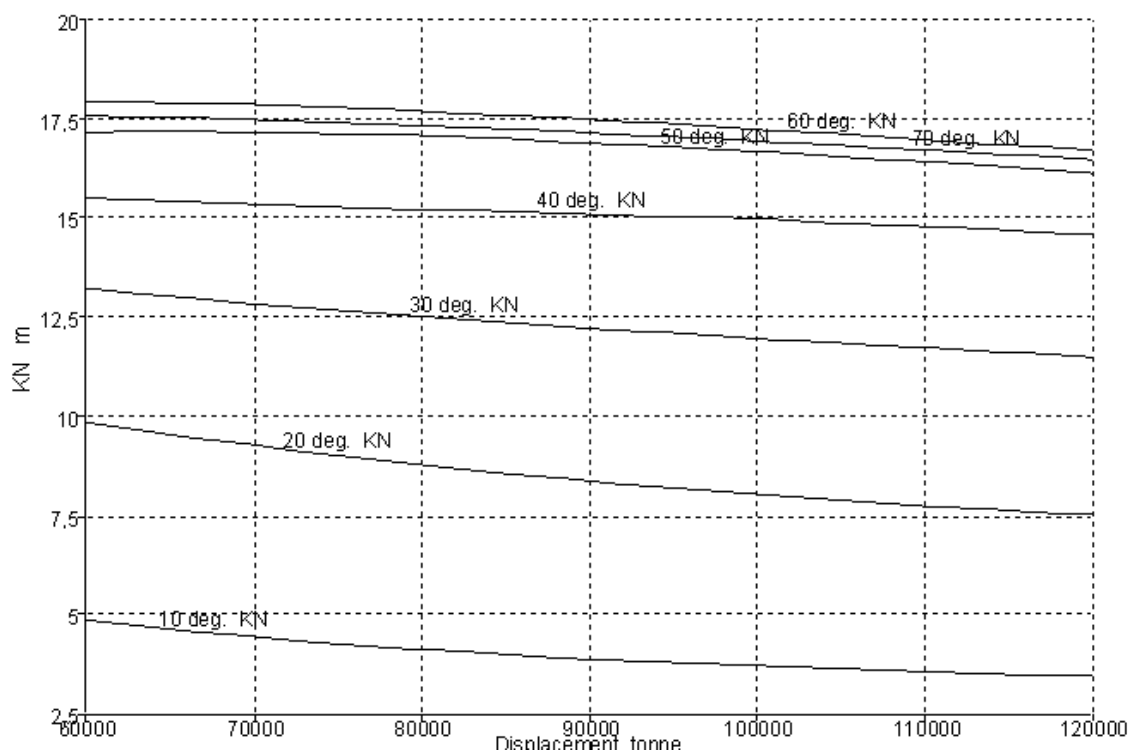
1.3.- Trimado fijo = 2, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
60000	4,832	9,812	13,176	15,481	17,143	17,902	17,572
63158	4,689	9,622	13,055	15,429	17,159	17,893	17,548
66316	4,558	9,44	12,94	15,379	17,166	17,874	17,517
69474	4,438	9,266	12,829	15,332	17,16	17,845	17,481
72632	4,327	9,098	12,723	15,287	17,143	17,808	17,44
75789	4,228	8,94	12,62	15,244	17,115	17,762	17,395
78947	4,136	8,79	12,521	15,204	17,078	17,709	17,346
82105	4,051	8,65	12,425	15,166	17,033	17,648	17,293
85263	3,975	8,517	12,332	15,13	16,981	17,584	17,237
88421	3,905	8,393	12,242	15,095	16,923	17,517	17,178
91579	3,838	8,277	12,155	15,058	16,858	17,445	17,117
94737	3,78	8,168	12,07	15,02	16,79	17,37	17,053
97895	3,724	8,064	11,987	14,978	16,718	17,291	16,988
101053	3,673	7,966	11,907	14,932	16,643	17,21	16,92
104211	3,626	7,874	11,829	14,881	16,565	17,128	16,851
107368	3,583	7,788	11,752	14,825	16,483	17,044	16,781
110526	3,543	7,707	11,678	14,763	16,399	16,958	16,71
113684	3,506	7,631	11,606	14,698	16,312	16,872	16,637
116842	3,471	7,559	11,536	14,628	16,224	16,784	16,564
120000	3,44	7,492	11,469	14,556	16,136	16,696	16,491



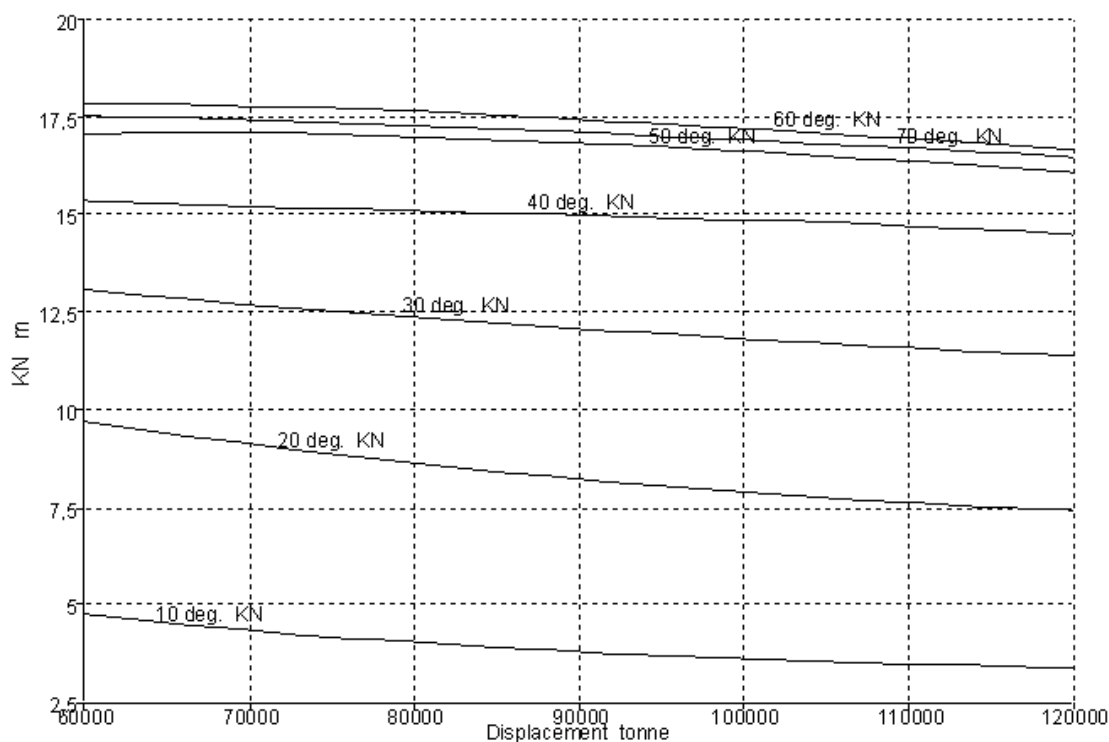
1.4.- Trimado fijo = 3, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
60000	4,857	9,848	13,211	15,51	17,162	17,911	17,581
63158	4,713	9,658	13,092	15,459	17,172	17,902	17,557
66316	4,579	9,475	12,978	15,41	17,174	17,88	17,526
69474	4,46	9,301	12,868	15,364	17,166	17,849	17,489
72632	4,349	9,136	12,762	15,32	17,148	17,811	17,447
75789	4,25	8,978	12,659	15,278	17,12	17,765	17,401
78947	4,158	8,829	12,56	15,238	17,082	17,711	17,351
82105	4,073	8,688	12,464	15,2	17,037	17,651	17,298
85263	3,998	8,556	12,371	15,163	16,985	17,584	17,241
88421	3,926	8,43	12,28	15,125	16,928	17,516	17,181
91579	3,861	8,312	12,192	15,085	16,865	17,445	17,119
94737	3,801	8,202	12,106	15,043	16,797	17,37	17,054
97895	3,745	8,098	12,023	14,998	16,725	17,292	16,988
101053	3,693	8	11,942	14,949	16,647	17,212	16,92
104211	3,647	7,907	11,863	14,895	16,568	17,129	16,851
107368	3,603	7,82	11,786	14,838	16,487	17,045	16,781
110526	3,562	7,737	11,711	14,776	16,404	16,96	16,71
113684	3,525	7,66	11,638	14,709	16,318	16,873	16,638
116842	3,489	7,587	11,568	14,638	16,229	16,786	16,565
120000	3,457	7,519	11,5	14,563	16,139	16,699	16,492



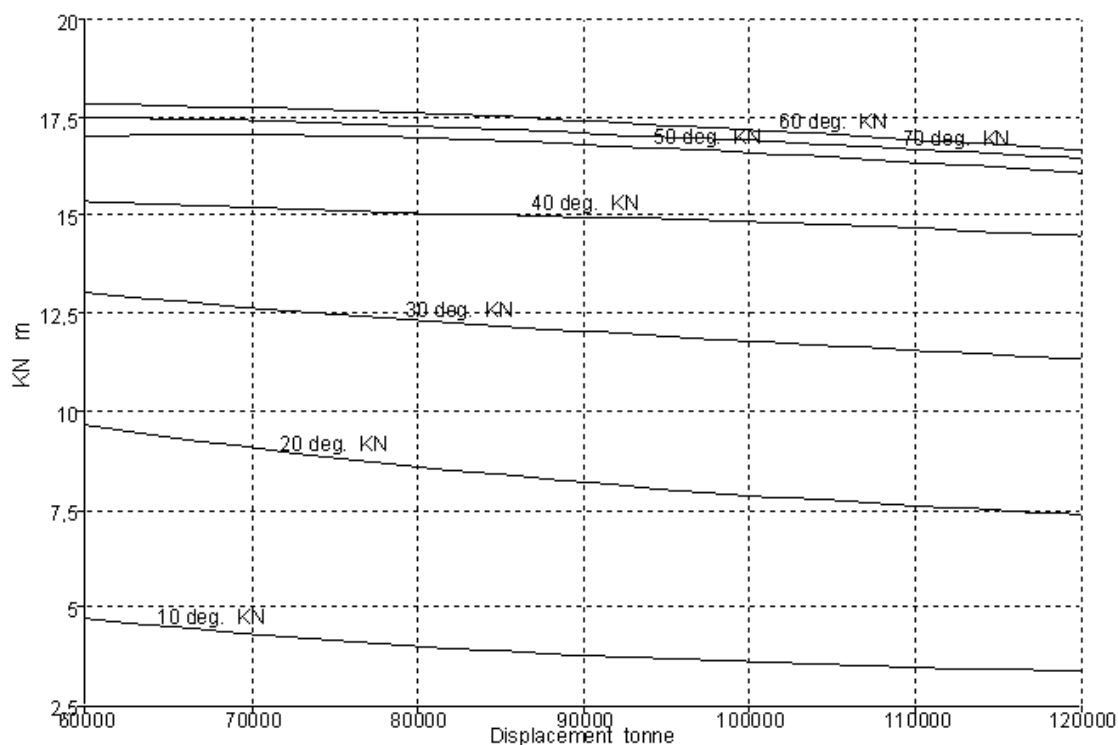
1.5.- Trimado fijo = -1, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
60000	4,767	9,697	13,065	15,381	17,055	17,838	17,522
63158	4,623	9,506	12,943	15,328	17,082	17,834	17,499
66316	4,492	9,324	12,825	15,278	17,095	17,817	17,47
69474	4,372	9,151	12,713	15,231	17,094	17,791	17,436
72632	4,264	8,985	12,606	15,186	17,08	17,757	17,397
75789	4,165	8,828	12,503	15,144	17,055	17,715	17,354
78947	4,074	8,68	12,404	15,105	17,02	17,665	17,306
82105	3,99	8,542	12,309	15,067	16,977	17,61	17,256
85263	3,915	8,411	12,215	15,032	16,926	17,547	17,203
88421	3,845	8,288	12,126	14,999	16,87	17,482	17,147
91579	3,78	8,172	12,041	14,967	16,809	17,412	17,088
94737	3,721	8,064	11,958	14,935	16,743	17,337	17,027
97895	3,666	7,962	11,878	14,899	16,673	17,26	16,964
101053	3,616	7,866	11,8	14,858	16,599	17,182	16,898
104211	3,57	7,777	11,724	14,81	16,522	17,101	16,831
107368	3,528	7,694	11,651	14,758	16,443	17,018	16,762
110526	3,49	7,616	11,58	14,7	16,361	16,934	16,691
113684	3,454	7,543	11,512	14,637	16,277	16,848	16,62
116842	3,421	7,475	11,445	14,571	16,191	16,762	16,548
120000	3,391	7,412	11,381	14,5	16,102	16,676	16,475



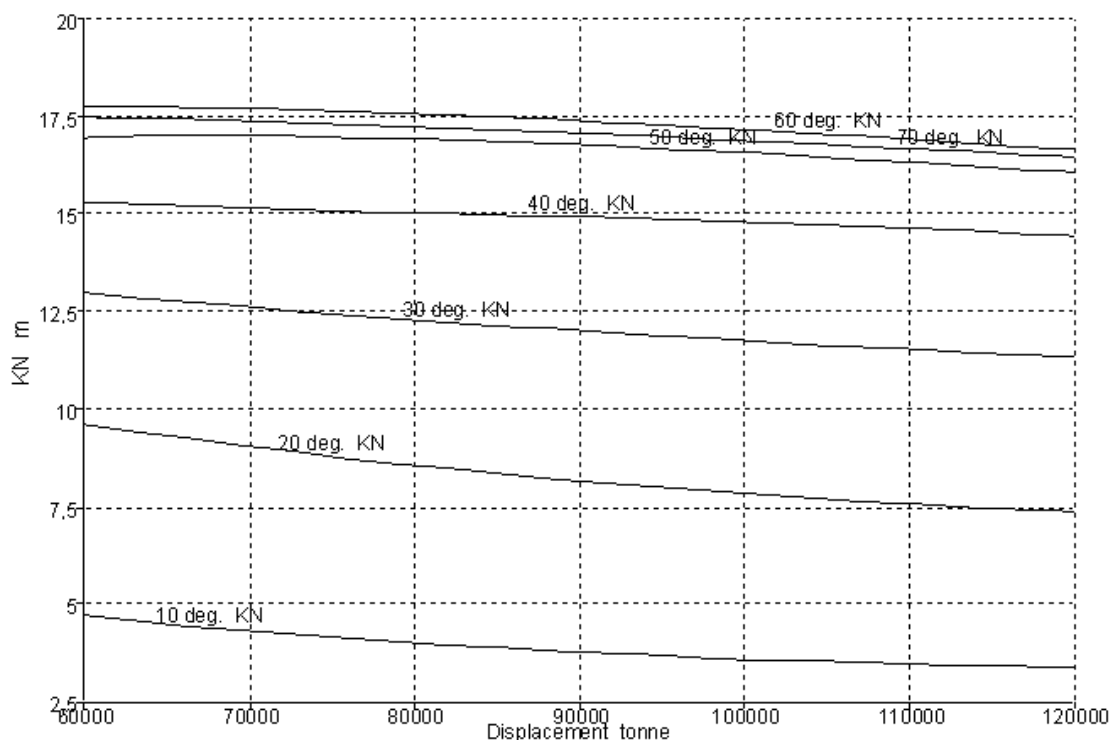
1.6.- Trimado fijo = -2, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
60000	4,746	9,656	13,024	15,344	17,018	17,805	17,498
63158	4,602	9,467	12,902	15,292	17,041	17,801	17,476
66316	4,468	9,287	12,786	15,243	17,054	17,786	17,448
69474	4,352	9,114	12,674	15,197	17,054	17,761	17,414
72632	4,244	8,949	12,567	15,153	17,042	17,728	17,375
75789	4,145	8,793	12,464	15,112	17,019	17,687	17,333
78947	4,054	8,645	12,366	15,073	16,985	17,638	17,287
82105	3,97	8,507	12,271	15,037	16,944	17,583	17,237
85263	3,896	8,377	12,177	15,002	16,896	17,522	17,184
88421	3,827	8,255	12,089	14,969	16,842	17,457	17,129
91579	3,763	8,141	12,004	14,936	16,781	17,389	17,071
94737	3,704	8,033	11,922	14,902	16,716	17,317	17,011
97895	3,65	7,932	11,843	14,864	16,647	17,241	16,948
101053	3,6	7,837	11,765	14,821	16,575	17,163	16,884
104211	3,555	7,749	11,691	14,775	16,499	17,083	16,817
107368	3,513	7,666	11,619	14,724	16,421	17,002	16,748
110526	3,475	7,589	11,549	14,667	16,339	16,919	16,679
113684	3,44	7,517	11,482	14,606	16,256	16,835	16,609
116842	3,408	7,45	11,417	14,54	16,171	16,75	16,537
120000	3,378	7,387	11,354	14,471	16,083	16,664	16,466



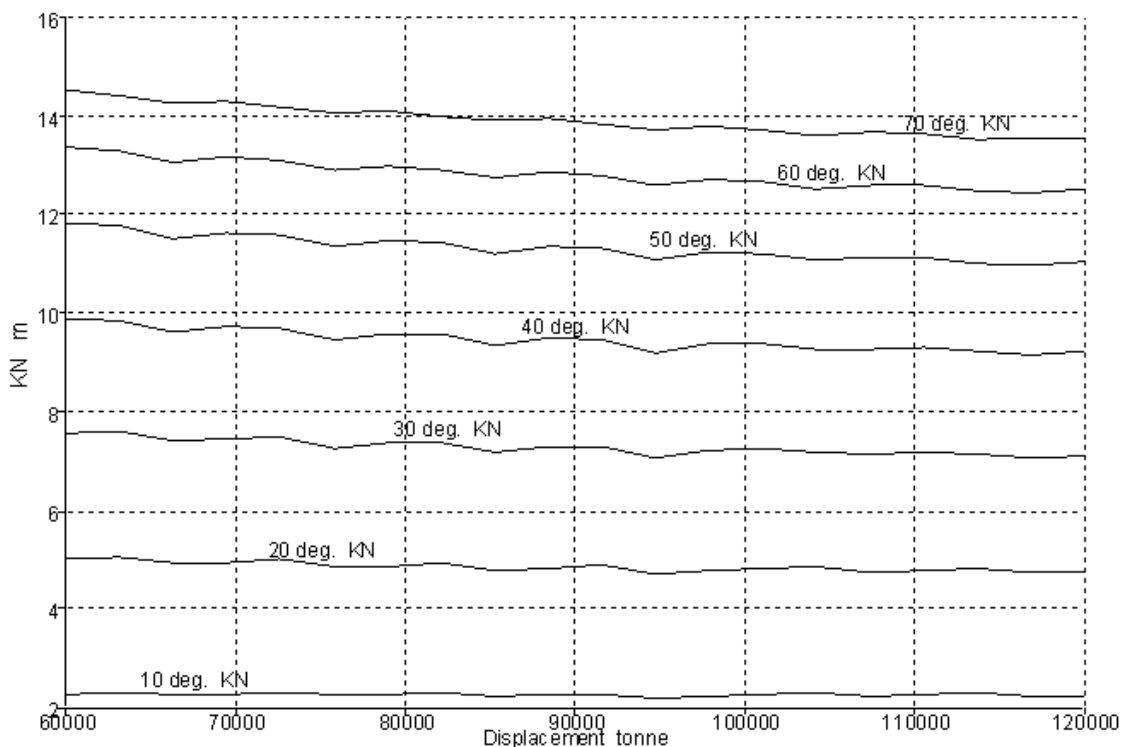
1.7.- Trimado fijo = -3, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
60000	4,722	9,612	12,983	15,305	16,976	17,765	17,471
63158	4,58	9,425	12,861	15,255	16,996	17,762	17,45
66316	4,448	9,248	12,746	15,208	17,006	17,749	17,422
69474	4,333	9,076	12,635	15,164	17,006	17,725	17,389
72632	4,224	8,912	12,529	15,121	16,996	17,693	17,351
75789	4,126	8,757	12,426	15,081	16,975	17,652	17,309
78947	4,036	8,612	12,328	15,043	16,944	17,604	17,263
82105	3,952	8,476	12,231	15,007	16,906	17,55	17,214
85263	3,878	8,346	12,14	14,973	16,859	17,491	17,162
88421	3,809	8,224	12,053	14,939	16,807	17,427	17,108
91579	3,746	8,11	11,969	14,904	16,748	17,361	17,051
94737	3,688	8,004	11,887	14,867	16,683	17,29	16,991
97895	3,634	7,904	11,808	14,827	16,617	17,217	16,929
101053	3,585	7,81	11,733	14,784	16,546	17,141	16,864
104211	3,54	7,722	11,659	14,737	16,472	17,062	16,799
107368	3,499	7,64	11,588	14,686	16,394	16,982	16,732
110526	3,461	7,563	11,52	14,63	16,314	16,901	16,664
113684	3,426	7,491	11,453	14,57	16,232	16,818	16,595
116842	3,395	7,425	11,39	14,504	16,146	16,734	16,525
120000	3,366	7,363	11,328	14,435	16,06	16,649	16,455



1.7.- Trimado libre, Densidad = 1,0252 t/m³, KN medido en metros



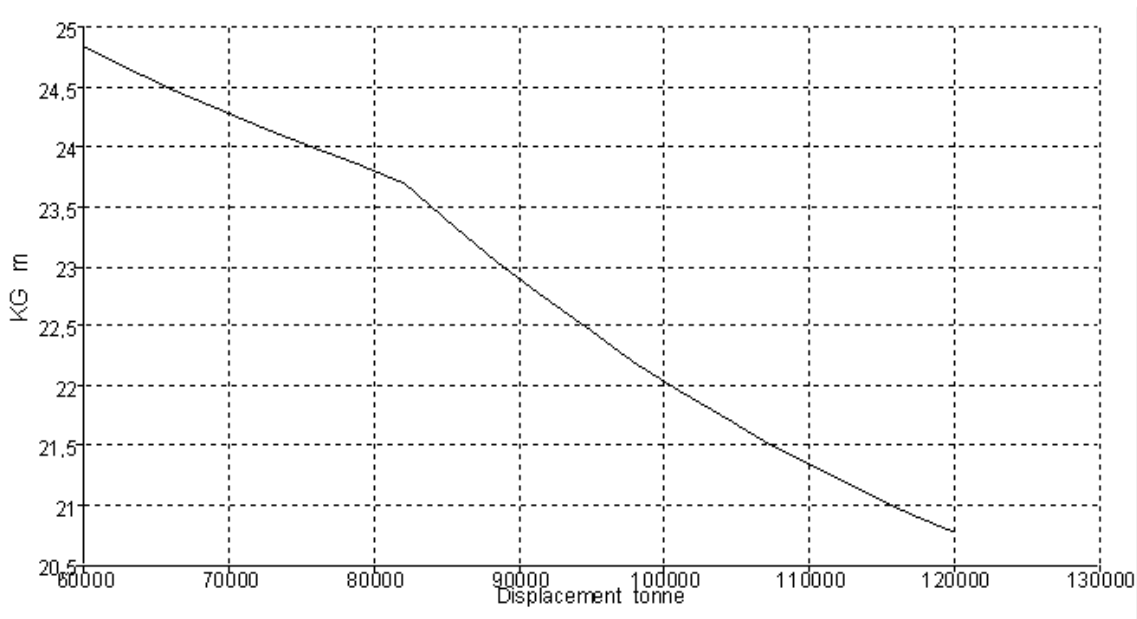
Desplazamiento t	KN 10,0 deg. Er.	KN 20,0 deg. Er.	KN 30,0 deg. Er.	KN 40,0 deg. Er.	KN 50,0 deg. Er.	KN 60,0 deg. Er.	KN 70,0 deg. Er.
60000	2,278	4,999	7,569	9,875	11,819	13,375	14,527
63158	2,32	5,065	7,6	9,856	11,776	13,304	14,399
66316	2,28	4,931	7,396	9,607	11,495	13,067	14,261
69474	2,266	4,934	7,467	9,725	11,632	13,177	14,295
72632	2,311	5,008	7,491	9,701	11,584	13,085	14,165
75789	2,253	4,843	7,27	9,459	11,349	12,916	14,077
78947	2,26	4,88	7,37	9,593	11,487	13,002	14,103
82105	2,299	4,948	7,392	9,573	11,431	12,911	13,986
85263	2,246	4,793	7,178	9,342	11,209	12,745	13,897
88421	2,252	4,835	7,286	9,486	11,354	12,852	13,943
91579	2,285	4,891	7,31	9,469	11,309	12,78	13,841
94737	2,213	4,719	7,072	9,208	11,072	12,598	13,737
97895	2,247	4,795	7,208	9,378	11,231	12,718	13,805
101053	2,271	4,839	7,241	9,385	11,216	12,674	13,731
104211	2,315	4,846	7,186	9,289	11,089	12,531	13,622
107368	2,243	4,765	7,135	9,271	11,108	12,588	13,678
110526	2,258	4,79	7,181	9,315	11,131	12,584	13,642
113684	2,295	4,817	7,145	9,233	11,027	12,473	13,532
116842	2,245	4,735	7,054	9,151	10,969	12,455	13,552
120000	2,248	4,75	7,123	9,248	11,053	12,502	13,559



2.- DETERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE INUNDACIÓN PROGRESIVA

A continuación se determina el ángulo de inundación para un punto crítico, se ha definido dicho punto como el punto ubicado en el trancañil en la mitad de la eslora a estribor, es decir, a 138,74 metros desde la popa, a 25,12 metros desde la línea base, y a 22,96 metros desde crujía.

Para ello se ha empleado el programa Hidromax, para determinar el valor límite de KG, en función del calado y del desplazamiento se ha hallado el ángulo de inclinación.



DESPLAZAMIENTO (t)	LIMITE KG (m)	ANGULO DE INCLINACIÓN
60000	24,843	60,05
63453	24,651	61,13
590	24,47	62,19
70359	24,301	63,15
73812	24,143	64,07
77264	23,995	65,07
80717	23,857	66,07
84170	23,695	67,12
87623	23,373	68,14
91076	23,049	69,18
94529	22,748	70,22
97982	22,467	71,28
101435	22,203	72,7
104888	21,956	73,68
108341	21,725	73,85
111793	21,509	73,98
115246	21,307	74,11
118699	21,118	74,26
122152	20,942	74,39
125605	20,778	74,53



Para un valor de desplazamiento correspondiente a 125605 t, muy próximo al peso de 126550,39 t estimado, se obtiene un ángulo de inundación de 74,53° valor que es superior a 40°, cumpliendo con el criterio de estabilidad.

En los criterios de estabilidad se ha considerado el criterio de estabilidad intacta según IMO, los cuales son:

- La altura metacéntrica inicial, GM, no sea inferior de 0,15 metros.
- El ángulo de 30° debe tener un brazo de palanca GZ de 0,20 metro.
- El máximo de GZ se producirá preferentemente a un ángulo mayor de 30°, pero nunca inferior de 25°.
- La estabilidad dinámica para $\sigma = 30^\circ$ debe ser mayor de 0,055 m x radian
- La estabilidad dinámica para $\sigma = 40^\circ$, o para el ángulo de inundación debe ser mayor de 0,090 m x radian.



3.- TABLA DE ESPACIOS, CAPACIDADES Y CENTROS DE GRAVEDAD.

Se adjunta la relación de espacios, capacidades y sus centros de gravedad en que se ha dividido el buque. Estos datos se han sacado de las tablas proporcionadas por Hydromax.

CARGA	VOLUMEN (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Tanque 1	29691	237,340	0	19,511
Tanque 2	29691	197,340	0	19,511
Tanque 3	29691	157,340	0	19,511
Tanque 4	29691	117,340	0	19,511
Tanque 5	29691	77,340	0	19,511
Total	148455			

Se ve una diferencia de 3310.65 m³ con respecto al valor calculado en fórmulas, un 2,2% de error, esto es el error que da el programa.

Se acepta como bueno ya que al no ser depósitos rectilíneos el error de dicho programa aumenta. Las curvaturas se aproximan mediante curvas definidas por puntos de control, dichos puntos de control dan una aproximación bastante próxima de la curva real, pero no exacta, este es el motivo del error.

CARGA	VOLUMEN (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Tanque 1	29152	237,340	0	19,511
Tanque 2	29152	197,340	0	19,511
Tanque 3	29152	157,340	0	19,511
Tanque 4	29152	117,340	0	19,511
Tanque 5	29152	77,340	0	19,511
Total	145760			



LASTRE	VOLUMEN M ³	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
Tank DF.5	2661	82,079	0,998	-0,67
Tank DF.4	3155	121,346	0,916	-0,082
Tank DF.3	3215	161,749	0,910	-0,058
Tank DF.2	3093	202,152	0,935	-0,511
Tank DF.1	1884	240,311	1,010	-1,224
Tank DCBr. 1	1434	235,934	17,291	19,488
Tank DCEr. 1	2105	238,503	15,847	-19,534
Tank DCBr. 2	3331	202,018	14,078	19,55
Tank DCEr. 2	3540	202,404	13,550	-19,579
Tank DCBr. 3	3535	161,716	13,372	19,545
Tank DCEr. 3	3608	161,728	13,269	-19,579
Tank DCBr. 4	3487	121,338	13,437	19,464
Tank DCEr. 4	3559	121,285	13,289	-19,525
Tank DCBr. 5	3192	81,156	14,614	19,073
Tank DCEr. 5	3192	81,156	14,614	-19,165
Tank PIQUE DE PROA	8742	275,691	15,996	0
Tank PIQUE DE POPA	2310	12,395	13,216	0
TOTAL	56043			

COFFERDAM	VOLUMEN M ³	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Cofferdam 1	994	262,483	0	15,513
Cofferdam 2	1543	221,982	-0,017	14,305
Cofferdam 3	1545	181,248	0	14,622
Cofferdam 4	1122	138,515	0	14,295
Cofferdam 5	2392,718	100,485	0	14,295
Cofferdam 6	1200,124	60,175	0	14,423
TOTAL	11508,446			

D.O./G.O.	VOLUMEN M ³	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Tank G.O. Br. Diario	97,8	15,388	21,445	3,750
Tank G.O. Er. Diario	97,8	15,388	21,445	-3,750
Tank G.O. Br. Almacén	97,8	15,388	21,445	1,250
Tank G.O. Er. Almacén	97,8	15,388	21,445	-1,250
Tank D.O. Almacén	468,5	10,413	21,445	0,000
TOTAL	859,7			

AGUA	VOLUMEN M ³	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Tank agua BR Popa	613	10,497	21,551	12,624
Tank agua BR Proa	589	15,424	21,512	13,430
Tank agua destilada Er Popa	663	21,472	21,472	-13,056
Tank agua destilada Br Proa	198,3	21,445	21,445	-9,231
Tank agua destilada Er Proa	418,1	21,465	21,465	-15,852
TOTAL	2481,4			



ACEITE	VOLUMEN M³	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Tank Gravedad	32,66	18,800	18,800	-12,187
Tank Almacén	62,1	13,800	13,800	-14,475
Tank Renovación	42,07	13,800	13,800	-13,385
TOTAL	136,83			

OTROS	VOLUMEN M³	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Tank Refrigeración Bocina	163,0	4,801	4,801	-0,379
Tank Sentina	88,4	1,374	1,374	-0,065
Tank Aguas aceitosas	35,78	1,872	1,872	-1,150
Tank Aceite sucio	36,67	0,978	0,978	0,002
TOTAL	323,85			



4.- CÁLCULO DEL FRANCOBORDO

Según definiciones del reglamento al convenio internacional sobre líneas de carga, el francobordo será la distancia medida vertical hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta de francobordo hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente, la cual será la definida por la intersección del mar con el casco para una condición de carga determinada.

A continuación se define los términos utilizados para el cálculo del francobordo.

-*Cubierta de francobordo*: se tomará como cubierta de francobordo la cubierta superior, situada a 25,12 metros de la línea base.

-*Puntal de trazado*: El puntal de trazado es la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto bajo del bao de la cubierta de francobordo en el costado. En este caso toma un valor 25,12 metros.

-*Puntal de francobordo, D*: Es el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la chapa de trancañil en la cubierta de francobordo. Se considera el espesor de chapa de trancañil comprendido entre 15 mm y 35 mm, en nuestro caso se ha considerado un espesor de 35 mm. Por consiguiente

$$D = 25,12 + 0,035 = 25,155 \text{ m}$$

-*Eslora de francobordo, L*: Se toma como eslora de francobordo el 96% de la eslora total de una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del puntal mínimo de trazado o la eslora desde la cara de proa de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación, si esta fuera mayor. En nuestro caso, la eslora de flotación correspondiente del puntal mínimo de trazado.

$$\text{Puntal mínimo} = 0,85 \cdot 25,12 = 21,352 \text{ m}$$

Para un puntal de 21,352 m, la eslora total tiene un valor de

$$L_{\text{eslora total al 85\% del puntal mínimo de trazado}} = 273,45 \text{ m}$$

La eslora de flotación toma un valor de:

$$L = 0,96 \cdot 273,45 = 262,51 \text{ m}$$

- *Manga, B*: La manga B será la máxima manga del buque medida en el centro del mismo, esto es, al punto medio de la eslora L y hasta la línea de trazado de la cuaderna, en nuestro caso:

$$B = 45,92 \text{ m}$$



-Coeficiente de bloque, C_b : El coeficiente de bloque viene dado por la siguiente expresión:

$$C_b = \frac{\Delta}{1,025 \cdot (L \cdot B \cdot d)} = \frac{265317,2}{1,025 \cdot (262,51 \cdot 45,92 \cdot 25,12)} = 0,778$$

Siendo:

Δ : Volumen de desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices, tomando un calado de trazado d , se obtendrá dando el calado de trazado al barco en el programa Hydromax obteniendo el desplazamiento de la hidropáticas obtenidas, 286894 m³.

d : 85% del puntal mínimo de trazado.

L : eslora de francobordo

B : Manga

Para el cálculo del francobordo, los buques se subdividirán en tipo "A" y tipo "B"

-Típa A; Buque proyectado para transportar sólo cargas líquidas a granel, y en el cual los tanques de carga tienen solo pequeñas aberturas de acceso estancas y dotadas de frisas. Este tipo de buque presenta una gran integridad de la cubierta expuesta, y gran seguridad contra la inundación.

-Topo B; Todo buque que no sea del tipo A.

Se ha calculado el francobordo mínimo de verano siguiendo los pasos expuestos en el capítulo XXVII del libro "Construcción Naval I. VOL. IV" en el que se detalla el cálculo a partir de un francobordo tabular, correspondiente a un buque tipo "A" al que se le aplican unos coeficientes correctoras.

a) *Francobordo tabular:*

Entrando en la tabla correspondiente al francobordo en milímetros con la eslora de francobordo se obtiene:

Considerando que la eslora del barco se encuentra en un rango comprendido

$$262 < 262,51 < 263$$

Se interpolará el valor de 270,05 m de entre los valores entre los que esta comprendida la eslora de trazado del buque a estudio

Eslora (m)	Francobordo tabular (mm)
262	3084
263	3089
262,51	3086,5



b) *Corrección por puntal, C_1 :*

Aplicando la regla 31 de dicho convenio, esta corrección se aplica si el puntal del buque excede de $L/15$, entonces:

$$D = 25,12 \text{ m}$$
$$L = 262,51 \text{ m}; L/15 = 18,63$$

Tal como se ve, se puede aplicar la regla 31 de dicho convenio, el valor de C_1 será;

$$C_1 = \left(D - \frac{L}{15} \right) \cdot R = \left(25,12 - \frac{262,51}{15} \right) \cdot 250 = 1808,83 \text{ mm}$$

Siendo;

R: $L/0,48$ si $L < 120$ m. ó 250 para los demás casos

c) *Corrección por coeficiente de bloque, C_2 :*

Aplicando la Regla 30, si el coeficiente de bloque es mayor de 0,68, el francobordo tabular se multiplicará por el siguiente factor.

$$C_b = \frac{(C_b + 0.68)}{1,36} = 1,132$$

d) *Reducción por superestructuras, C_3 :*

Aplicando la Regla 37, la reducción por superestructuras vendrá dada según la longitud efectiva respecto a la eslora del buque y del tipo del buque, con ello se entrará en las tablas y se obtendrá la corrección pertinente. En caso de estar entre dos valores se interpolará, obteniendo así dicha corrección.

Se considera superestructura a la construcción cubierta dispuesta encima de la cubierta de francobordo y cuyo forro lateral no este separado del forro del costado más de un 4% de la manga. Además de tener mamparos de construcción eficiente, las aberturas provistas de medios eficientes de cierre.



La longitud de superestructuras efectiva es de 40 metros, con respecto a la eslora de francobordo es 262,51 m, con lo cual la longitud efectiva es de 0.148 L, según tabla la corrección de francobordo es de:

Eslora	Corección (%)
0,1 L	7
0,2 L	14
0,148 L	10,36

En caso de buques de eslora superior a 122 metros, la reducción será de 1070 mm, en el caso de tener una longitud efectiva de superestructuras de 1,0 L. En caso de no ser así se aplicará la corrección pertinente, indicada según tabla, quedando;

$$C_3 = 0,148 \cdot 1070 = 158,36 \text{ mm}$$

e) *Corrección por variaciones respecto a la curva de arrufo normal, C₄:*

Para el cálculo del arrufo normal se aplicará la Regla 38, y tomará como altura de superestructuras

Curva de arrufo normal;

Mitad de popa;

-Perpendicular de popa; $0,1L+10 = 37,68$

-1/6 L desde la perpendicular de popa, $0,0444 \cdot L+4,44 = 17$

-1/3 L desde la perpendicular de popa, $0,0111 \cdot L+1,11 = 4,2513$

- Centro del barco; 0

Mitad de proa

-Centro del barco, 0.

-1/3 L desde la perpendicular de proa; $0,0222 \cdot L+2,22 = 8,50$

-1/6 L desde la perpendicular de proa; $0,0888 \cdot L+8,88 = 34,01$

-Perpendicular de proa; $0,2 \cdot L+20 = 76,6$

El buque de carece de arrufo, con lo cual la corrección de arrufo será por defecto, siendo

$$0,75 - \frac{S}{2 \cdot L} = 0,75 - \frac{40}{2 \cdot 262,51} = 0,675$$

Siendo S la longitud de las superestructuras cerradas

La suma de los arrufos es 178.66, si se multiplica por 11,16. La corrección por arrufo queda

$$0,675 \cdot 11,16 = 7,58$$



-Francobordo de verano,

$$FB = (FB_{\text{Tabular}} \cdot C_2) + C_1 - C_3 + C_4 = (3086,5 \cdot 1,132) + 1808,83 - 158,36 + 7,58 = 5250,34 \text{ mm}$$

$$T_{\text{verano}} = T - Fb_{\text{verano}} = 25120 - 5250,34 = 19869,66 \text{ mm}$$

Para el francobordo de verano de agua salada se le restará 50 mm al francobordo de verano.

-Francobordo tropical;

Es el francobordo de verano, y un cuarenta y octavo de calado de verano

$$Fb - \frac{T_v}{48} = 5250,34 - \frac{19869,66}{48} = 4836,39 \text{ mm}$$

Para el francobordo tropical de agua salada se le restará 50 mm

- Francobordo de invierno

$$Fb_v + \frac{T_{\text{verano}}}{48} = 5250,34 + \frac{19869,66}{48} = 5664,29 \text{ mm}$$

-Francobordo para el Atlántico Norte, invierno

$$Fb_{\text{ATLANTICONORTE}} = 5664,29 + 50 = 5714,29 \text{ mm}$$

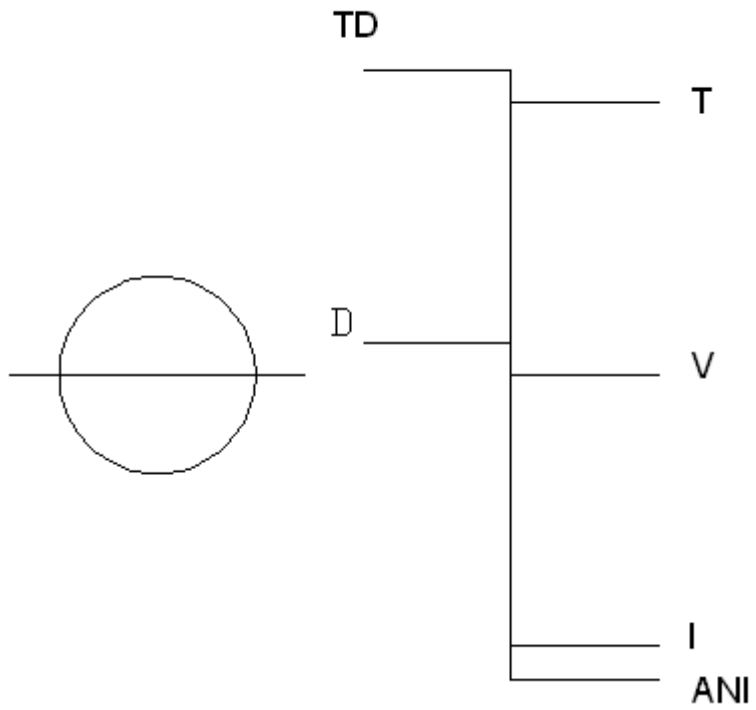
-Francobordo de agua dulce

$$Fb_{\text{aguadulce}} = Fb_{\text{verano}} - \frac{\text{caladoverano}}{48} = 5250,34 - \frac{19870}{48} = 4836,38 \text{ mm}$$

TABLA FRANCOBORDOS	
Francobordo verano	5250,34
Francobordo de verano en agua salada	5200,34
Francobordo tropical	4836,39
Francobordo tropical en agua salada	4796,39
Francobordo invierno	5664,29
Francobordo Atlántico Norte	5714,29



Disco de francobordo





5.- CÁLCULO DEL ARQUEO

El cálculo de arqueo se realiza con arreglo a anexo I del Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques del 23 de junio de 1969,

Hay que distinguir entre dos tipos de arqueo,

-Arqueo bruto; expresión del tamaño total de un buque, determinado de acuerdo con las disposiciones del Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 23 de Junio de 1969

-Arqueo neto; Expresión de la capacidad utilizable de un buque, determinado de acuerdo con las disposiciones del Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques del 23 de Junio de 1969.

5.1.- ARQUEO BRUTO.

El arqueo bruto de un buque (GT) se calcula aplicando la fórmula:

$$GT = K_1 \cdot V$$

Donde;

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$$

V = Volumen de todos los espacios cerrados del buque en m³

En el caso del buque proyectado, el volumen total toma un valor de:

$$V = 265317,2 \text{ m}^3$$

De donde

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V = 0.308$$

Por tanto

$$GT = K_1 \cdot V = 81843,81 \text{ GT}$$



5.2.-ARQUE NETO

El arqueo neto de un buque (NT) se calcula mediante la expresión;

$$NT = K_2 \cdot V_c \cdot \left(4 \cdot \frac{d}{3 \cdot D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right) = 13421,55t$$

Siendo;

V_c = Volumen total de los espacios de carga en m^3

D = Puntal de trazado en el centro del buque en m

d = Calado de trazado en el centro del buque en m

N_1 = Número de pasajeros en camarotes que no tengan más de ocho literas.

N_2 = Número de los demás pasajeros

$K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V_c$

$K_3 = 1,25 \cdot \frac{(GT + 10000)}{10000}$

Se deben de cumplir los siguientes requisitos:

-El factor $(4 \cdot d / (3 \cdot D))^2$ no se tomará superior a la unidad.

-El término $K_2 \cdot V_c \cdot (4 \cdot d / 3 \cdot D)^2$ no será inferior a 0,25 GT.

-El arqueo neto no debe ser inferior al 30% del bruto:

$$NT > 0,3 \cdot GT = 0,3 \cdot 77127 = 23138 t$$

Dando así los valores de:

$V_c = 145000 m^3$

$D = 25,12 m$

$d = 11,35 m$

$N_1 = 35$

$N_2 = 0$

$K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V_c = 0,303$

$K_3 = 1,25 \cdot \frac{(GT + 10000)}{10000} = 10,891$

El GT obtenido tiene un valor de 13421,55 t, pero se tomará un valor de 23138 t por los requisitos a cumplir.



0.- INTRODUCCIÓN

A continuación se va a realizar un desglose del peso en rosca, partiendo de la siguiente clasificación, en la cual se incluirán en cada servicio o sistema, las tuberías, polines y aparellaje eléctrico.

El peso en rosca del buque se dividirá en los siguientes sistemas.

- Elementos de la estructura
- Servicios de la máquina
- Elementos del equipo y de la habilitación

La determinación del peso del acero resulta más complicada, ya que el desconocimiento de las regiones de proa y popa, en lo que a su estructura se requiere, conlleva realizar estimaciones basadas en los datos del buque base que pueden introducir errores en el resultado.

El peso de maquinaria y de algunos elementos de equipos se ha estimado a partir de proyectos de barcos anteriores, haciendo una extrapolación a partir del buque base. Dicha extrapolación consiste en multiplicar dichos pesos por un factor obtenido de la división del volumen del buque de proyecto respecto del buque de referencia.



1.- PESO DE LA ESTRUCTURA

Para el cálculo del peso de la estructura se ha seguido el método de cálculo a partir del peso de la cuaderna maestra, teniéndose en cuenta el escantillonado de la estructura.

Se ha seguido el método desarrollado por D.S. Aldwinckle para el cálculo de los distintos pesos, publicado como método recomendado por el Lloyd's Register of Shipping para la distribución del peso en rosca. Para ello se divide el peso del acero en las siguientes partidas

- Peso longitudinal continuo.
- Resto de peso continuo, elementos transversales distribuidos homogéneamente.
- Pesos locales, mamparos, superestructuras, casetas...

1.1.- CONTABILIZACIÓN DE LOS PESOS DE ESTRUCTURA

1.1.1.- MATERIAL CONTINUO.

El peso longitudinal continuo en t/m de la sección media de buque WL_{10} , se obtiene mediante la siguiente expresión

$$WL_{10} = a \cdot L^{0,878} \cdot B^{0,963} \cdot T^{0,158} \cdot D^{-0,189} \cdot C_b^{0,197}$$

El valor "a" es un coeficiente cuyo valor dependerá de la notación con que esté clasificado el buque y el del empleo de aceros de alta resistencia. Se considerara un valor de "a", comparando con el peso longitudinal de la cuaderna maestra del buque de 0,016.

Tomando como valores;

- a; 0.016
- L; 288,23 m
- B; 45,92 m
- T; 11,345 m
- D; 25,12
- C_b; 0.778

Quedando;

$$WL_{10} = 0.016 \cdot 288,23^{0,878} \cdot 45,92^{0,963} \cdot 11,345^{0,158} \cdot 25,12^{-0,189} \cdot 0.778^{0,197} = 75,60t / m$$



El peso longitudinal continuo WL_i en t/m de la sección "i" es

$$WL_i = G_i^{mi} \cdot WL_{10} = 875,47$$

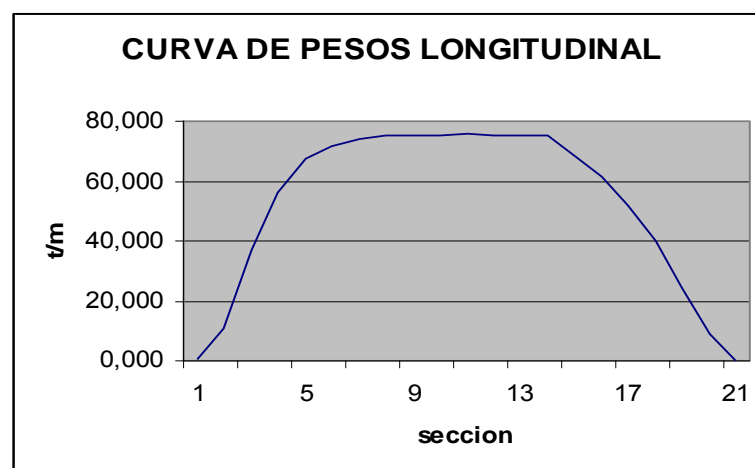
Donde;

- G_i , es el coeficiente del perímetro del casco en la sección "i" y el perímetro de la Maestra.

- mi , es el índice de la sección "i"

SECCIÓN	X (m)	ÁREA (M2)	PERÍMETRO (m)	G_i	FACTOR M_i	WL_i (t/m)
0	0,00	250,1	49,062	0,235	3,3	0,635
1	14,41	586,9	79,698	0,551	3,3	10,597
2	28,82	814,7	78,477	0,765	2,67	37,017
3	43,23	931,1	86,025	0,875	2,21	56,236
4	57,65	991,3	90,798	0,931	1,6	67,455
5	72,06	1023,5	94,572	0,961	1,29	71,865
6	86,47	1043,5	97,236	0,980	1	74,109
7	100,88	1055,3	98,124	0,991	1	74,947
8	115,29	1063	99,567	0,999	1	75,493
9	129,70	1063,3	100,344	0,999	1	75,515
10	144,12	1064,5	100,566	1,000	1	75,600
11	158,53	1063	100,455	0,999	1	75,493
12	172,94	1061	99,9	0,997	1	75,351
13	187,35	1057,5	98,124	0,993	1	75,103
14	201,76	1049,5	97,347	0,986	7	68,451
15	216,17	1032,9	96,57	0,970	6,77	61,648
16	230,58	1000	89,244	0,939	6	51,957
17	245,00	927,6	83,25	0,871	4,67	39,749
18	259,41	755,1	80,031	0,709	3,31	24,259
19	273,82	425,3	73,593	0,400	2,36	8,673
20	288,23	0	0	0,000	1,88	0,000

$WL_{10} = 75,60$ t/m





-MATERIAL TRANSVERSAL CONTINUO

El peso transversal continuo del acero WRi en t/m de la sección "i", se calcula a partir de la sección media, como:

$$WR_i = Q_i^{pi} \cdot WR_{10}$$

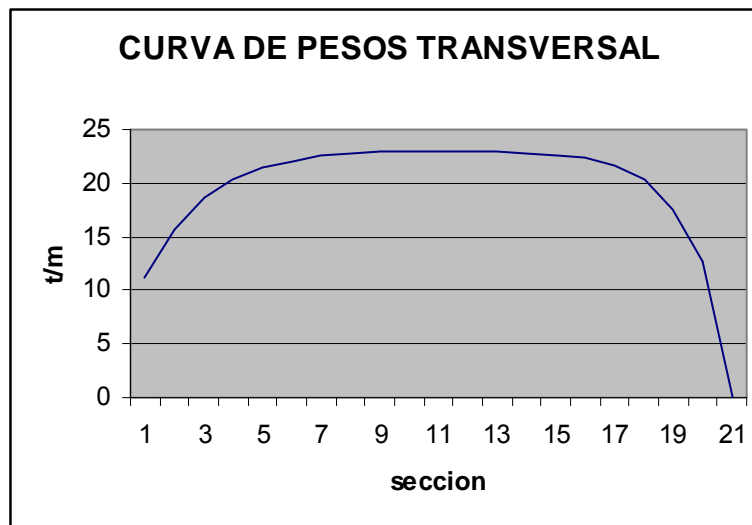
Donde:

- Qi, es el coeficiente del área del casco en la sección "i" y el área de la maestra.
- WR10; es el peso transversal continuo en t/m de la sección media del buque
- pi, es el índice de la sección "i"

Para calcular el valor de WR₁₀ se parte de un buque de similares características, y a través de una relación de áreas transversales entre ambos buques, se obtiene un valor de:

$$WR_{10} = 22,981 \text{ tn/m}$$

SECCIÓN	X (m)	ÁREA (M2)	PERÍMETRO (m)	Qi	FACTOR pi	WRi (t/m)
0	0,00	250,1	49,062	0,235	0,5	11,139
1	14,41	586,9	79,698	0,551	0,65	15,605
2	28,82	814,7	78,477	0,765	0,78	18,653
3	43,23	931,1	86,025	0,875	0,88	20,426
4	57,65	991,3	90,798	0,931	0,94	21,491
5	72,06	1023,5	94,572	0,961	0,99	22,104
6	86,47	1043,5	97,236	0,980	1	22,527
7	100,88	1055,3	98,124	0,991	1	22,781
8	115,29	1063	99,567	0,999	1	22,948
9	129,70	1063,3	100,344	0,999	1	22,954
10	144,12	1064,5	100,566	1,000	1	22,980
11	158,53	1063	100,455	0,999	1	22,948
12	172,94	1061	99,9	0,997	1	22,904
13	187,35	1057,5	98,124	0,993	1	22,829
14	201,76	1049,5	97,347	0,986	1	22,656
15	216,17	1032,9	96,57	0,970	0,99	22,305
16	230,58	1000	89,244	0,939	0,94	21,669
17	245,00	927,6	83,25	0,871	0,88	20,358
18	259,41	755,1	80,031	0,709	0,78	17,580
19	273,82	425,3	73,593	0,400	0,65	12,658
20	288,23	0	76,812	0,000	0,5	0,000
WR10	22,98					



-LA RESULTANTE

El cálculo del peso longitudinal continuo se obtendrá integrando la suma de las curvas de pesos longitudinales y transversales, por el método de Simpson

SECCIÓN	X (m)	W _{li}	W _{ri}	W (t/m)	FACTOR DE SIMPSON	FACTOR-W	FACTOR-W-SECCION
0	0,00	0,635	11,139	11,774	1	11,77360396	0
1	14,41	10,597	15,605	38,556	4	154,224	154,224
2	28,82	37,017	18,653	43,922	2	87,844	175,688
3	43,23	56,236	20,426	59,97	4	239,88	719,64
4	57,65	67,455	21,491	68,786	2	137,572	550,288
5	72,06	71,865	22,104	73,898	4	295,592	1477,96
6	86,47	74,109	22,527	77,037	2	154,074	924,444
7	100,88	74,947	22,781	77,743	4	310,972	2176,804
8	115,29	75,493	22,948	78,809	2	157,618	1260,944
9	129,70	75,515	22,954	79,361	4	317,444	2856,996
10	144,12	75,600	22,980	79,601	2	159,202	1592,02
11	158,53	75,493	22,948	79,493	4	317,972	3497,692
12	172,94	75,351	22,904	78,628	2	157,256	1887,072
13	187,35	75,103	22,829	76,824	4	307,296	3994,848
14	201,76	68,451	22,656	66,117	2	132,234	1851,276
15	216,17	61,648	22,305	63,278	4	253,112	3796,68
16	230,58	51,957	21,669	47,269	2	94,538	1512,608
17	245,00	39,749	20,358	41,038	4	164,152	2790,584
18	259,41	24,259	17,580	42,572	2	85,144	1532,592
19	273,82	8,673	12,658	38,099	4	152,396	2895,524
20	288,23	0,000	0,000	43,281	1	43,281	865,62
				1266,056		3733,577	36513,504



Finalmente el peso del acero continuo será:

$$p = \frac{h}{3} \sum f \cdot W = \frac{14,41}{3} \cdot 3733,577 = 18089,18t$$

Siendo el valor de h, la distancia entre intervalos de las cuadernas en que se ha discretizado la curva de pesos, en este caso $h = 14,535$ m

La abscisa del centro de gravedad del acero del buque;

$$Xg = \frac{h}{3} \cdot \frac{\sum f \cdot W \cdot X}{P_{acero}} = \frac{14,41}{3} \cdot \frac{36513,50}{1266,056} = 139,73m$$



La ordenada del centro de gravedad del acero continuo del buque;

SECCIÓN	X (m)	W (t/m)	Zg (m)	Zg·W (m)
0	0,00	11,774	16,78	197,568
1	14,41	38,556	13,47	519,349
2	28,82	43,922	13,25	581,967
3	43,23	59,97	12,91	774,213
4	57,65	68,786	12,68	872,206
5	72,06	73,898	12,46	920,769
6	86,47	77,037	12,23	942,163
7	100,88	77,743	12,18	946,910
8	115,29	78,809	12,12	955,165
9	129,70	79,361	12,06	957,094
10	144,12	79,601	12	955,212
11	158,53	79,493	12,06	958,686
12	172,94	78,628	12,12	952,971
13	187,35	76,824	12,23	939,558
14	201,76	66,117	12,8	846,298
15	216,17	63,278	12,59	796,670
16	230,58	47,269	14,04	663,657
17	245,00	41,038	14,83	608,594
18	259,41	42,572	15,62	664,975
19	273,82	38,099	14,37	547,483
20	288,23	43,281	13,25	573,473
		1266,056		16174,978

El valor de Zg será;

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot W_i}{\sum W_i} = \frac{16174,978}{1266,056} = 12,78m$$

Resumen;

Peso continuo del acero	
Peso total (t)	18402,12
Xg (m)	139,73
Zg (m)	12,78



1.2.-PESO MAMPAROS

Para el cálculo de los mamparos se recurrirá a la fórmula;

$$P = a \cdot B^b \cdot D^c \cdot R$$

Donde;

B; es la manga de trazado

D; es el Puntal de trazado

R; es la relación entre la superficie de cada mamparo y la de la sección de la maestra

La sección de la maestra tiene una superficie, 1064,5 m²

Los parámetros son coeficientes que para este tipo de buque tienen los valores de;

a, 0.0227

b, 1.2

c, 1.6

MAMPARO	AREA(m2)	R	PESO (t)	Zg (m)	Xg (m)	Zg-PESO	Xg-PESO
Pique de popa	625	0,559	217,71	18,9	13,843	4897,006	3586,74
CCMM	970	0,868	330,00	15,01	57,343	6035,889	23059,05
Tanque 5	1000	0,94	368,36	15	97,34	6218,42	40353,37
Tanque 4	1064.5	1	376,22	14,23	137,34	6371,145	61490,69
Tanque 3	1064.5	1	376,22	14,23	177,34	6388,842	79620,34
Tanque 2	1051	0,98	366,09	14,79	217,34	6444,062	94695,91
Tanque 1	860	0,769	299,50	16,23	257,34	5786,365	91747,63
Pique de proa	351	0,314	122,29	17,34	270,47	2523,161	39356,36
			2456,39			44664,891	433910,08

El valor de la abscisa y altura del centro de gravedad de los mamparos;

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{433910,08}{2456,39} = 149,10m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{44664,891}{2456,39} = 15,35m$$

En resumen;

MAMPAROS	
Peso total (t)	2456,39
Xg (m)	149,10
Zg (m)	15,35



1.3. PESO TANQUES DE LOS PIQUES DE POPA Y DE PROA

Para los cálculos de peso del pique de proa y de popa se usará la fórmula expuesta por LRS:

$$P = 0,043 \cdot V$$

Siendo el volumen del taque correspondiente al pique de proa o popa

	Volumen	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)	Pesos · Xg (m)	Pesos · Zg(m)
Tanque pique popa	8742	140,5	270,47	15,996	39719,35	2332,4405
Tanque pique proa	2310	87	13,843	13,216	1071,666	1159,971
		227,5			40791,016	3492,4115

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{40791,02}{227,5} = 179,30m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{3492,41}{227,5} = 15,35m$$

En resumen;

PIQUES PROA-POPA	
Peso total (t)	227,5
Xg (m)	179,30
Zg (m)	115,35



1.4.-TANQUES DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

Todos estos pesos son obtenidos del buque de referencia multiplicados por el coeficiente obtenido por la relación volumen de carga del buque de referencia respecto el buque de proyecto, 1,05.

	Volumen	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)	Pesos ·Xg (m)	Pesos · Zg(m)
Tank G.O. Br. Diario	97,8	5,327	15,388	21,445	81,971876	114,237515
Tank G.O. Er. Diario	97,8	5,327	15,388	21,445	81,971876	114,237515
Tank G.O. Br. Almacen	97,8	5,327	15,388	21,445	81,971876	114,237515
Tank G.O. Er. Almacen	97,8	5,327	15,388	21,445	81,971876	114,237515
Tank D.O. Almacen	468,5	25,511	10,413	21,445	265,646043	547,083395
Tank agua BR Popa	613	26,735	10,497	21,551	280,637295	576,165985
Tank agua BR Proa	589	25,802	15,424	21,512	397,970048	555,052624
Tank agua destilada Er Popa	663	10,484	21,472	21,811	225,112448	228,666524
Tank agua destilada Br Proa	198,3	15,388	21,445	21,772	329,99566	335,027536
Tank agua destilada Er Proa	418,1	15,426	21,465	21,803	331,11909	336,333078
Tank Gravedad	32,66	24,468	18,8	18,8	459,9984	459,9984
Tank Almacén	62,1	25,576	13,8	13,8	352,9488	352,9488
Tank Renovación	42,07	23,239	13,8	13,8	320,6982	320,6982
Tank Refrigeración Bocina	163	14,703	4,801	4,972	70,589103	73,103316
Tank Sentina	88,4	53,218	1,374	1,145	73,121532	60,93461
Tank Aguas aceitosas	35,78	33,115	1,872	1,872	61,99128	61,99128
Tank Aceite sucio	36,67	48,575	0,978	0,729	47,50635	35,411175
		176,132171			3545,221753	4400,364983

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{3545,22}{176,13} = 20,13m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{4400,36}{176,13} = 25,00m$$

En resumen;

TANQUES CÁMARA DE MÁQUINAS	
Peso total (t)	176,13
Xg (m)	20,13
Zg (m)	25,00



1.5.- Peso de los esfuerzos estructurales en cámara de máquinas

El peso se estima a partir de la expresión

$$P = 0.0395 \cdot V \rightarrow P = 1336 \text{ t}$$

Siendo el volumen de trazado de la cámara de máquinas, incluyendo el doble fondo. El centro de gravedad se toma el centro del volumen de la cámara de máquinas incluyendo el doble fondo.

CÁMARA DE MÁQUINAS	
Volumen (m ³)	33832
Peso total (t)	1336
Xg (m)	35,5
Zg (m)	14,6

1.6.-PESO DEL CODASTE

El peso se estima con la expresión

$$P = 8,292 \cdot T \rightarrow 96,18 \text{ t}$$

Siendo T el calado del buque, T=11,6 m. Dando como resultado;

CODASTE	
Peso total (t)	96,18
Xg (m)	10,075
Zg (m)	5,5



1.7.- PESO DE LA SUPERESTRUCTURA

Utilizando la expresión,

$$P = 0.045 \cdot V$$

Siendo V el Volumen de la superestructura

SUPERESTRUCTURA	Volumen (m3)	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)	Pesos · Xg (m)	Pesos · Zg(m)
Proa	8585,6	386,352	47,49	34,35	18347,856	13271,191
Popa	4038,47	181,731	23,33	33,15	4239,788	6024,388
Caseta de carga	2320	104,4	76,72	35,1	8009,568	3664,440
		672,483			30597,212	22960,019

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{30597.21}{672.48} = 45.50m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{22960.02}{672.48} = 34.14m$$

En resumen;

SUPERESTURCTURAS	
Peso total (t)	672,483
Xg (m)	45,50
Zg (m)	34,14



1.8.-RESUMEN DEL PESO DEL ACERO

Considerando todos los pesos anteriormente calculados se obtiene la siguiente tabla para el cálculo del peso del acero.

	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)	Pesos · Xg (m)	Pesos · Zg(m)
Peso acero continuo	18242,42	140,4	13,79	2561235,768	251562,9718
Mamparos	2456,39	149,10	15,35	433910,03	44668,5
Pique de proa-popa	227,5	179,3	115,35	40790,75	26242,125
Tanques en cámara de máquinas	176,13	115,02	20,05	20258,4726	3531,4065
Refuerzos cámara de máquinas	1.336	35,5	14,6	47428	19505,6
Codaste	96,18	10	5,5	961,8	528,99
Superestructuras	672	45,5	34,14	30576	22942,08
	23660,23			3194175,69	368981,673

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{3194175,69}{23660,23} = 135,00m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{368981,673}{23660,23} = 15,60m$$

En resumen;

ACERO	
Peso total (t)	23660,23
Xg (m)	135,00
Zg (m)	15,60

Se considerará un margen por soldadura y laminación del 3% del peso total y un margen del peso del 3%, y considerando sus centros de gravedad situados en el centro de gravedad del conjunto, se obtiene:

ACERO	
Peso total (t)	710,00
Xg (m)	135,00
Zg (m)	15,60



2.- PESO DE LA MAQUINARIA

El peso resultante de la cámara de máquinas se determina a partir de la siguiente expresión:

$$PQR = K \cdot VE^m + h \cdot E \cdot J \cdot (j \cdot L + 5)$$

Siendo;

- VE; el volumen de la cámara de máquinas
- EJ; La longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas
- L; Eslora entre perpendiculares
- k, m, h, j; Son coeficientes que para el buque en cuestión toman el valor de
 - k = 0,0295
 - h = 1
 - m = 1
 - j = 0,0164

Por lo tanto:

$$PQR = 1.055 \text{ tn}$$

Para obtener el centro de gravedad de la maquinaria general, se considera la abscisa del mismo coincidente con el centro geométrico de la cámara de máquinas. Para la ordenada del centro de gravedad, se hace uso del valor de un buque similar, corrigiendo con la relación de puntales.

El peso obtenido es el siguiente:

Peso maquinaria	
Peso total (tn)	1055
Xg (m)	34,1
Zg (m)	10,8



3.- PESO DEL MOTOR

Para el peso del motor, primero se estudiará la potencia requerida por el mismo para una velocidad de avance de 20Kn, proceso;

- 1.-Introducción de formas en el programa HULLSPEED
- 2.-Introducción de calado, así como el método de estimación elegido. Este ha sido el método de Holtrop, ya que este permite el estudio de buques de tanque.
- 3.-Con la estimación de la potencia se elegirá un motor KAWASAKI que abastezca dicha potencia.

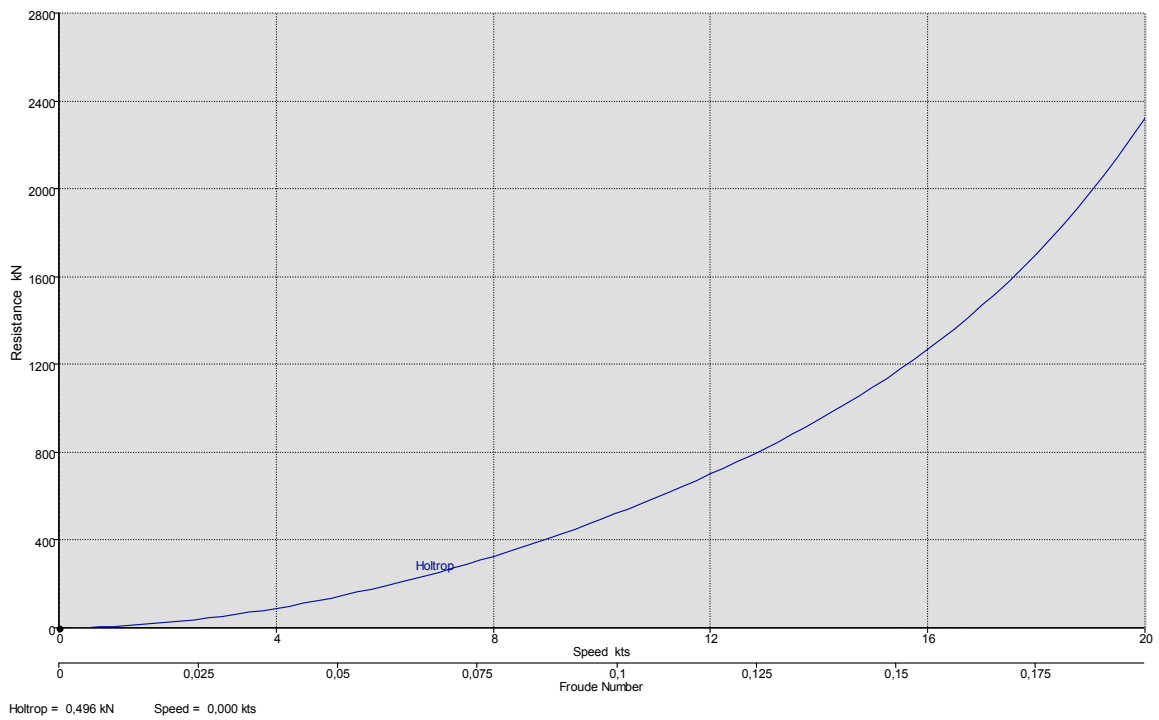
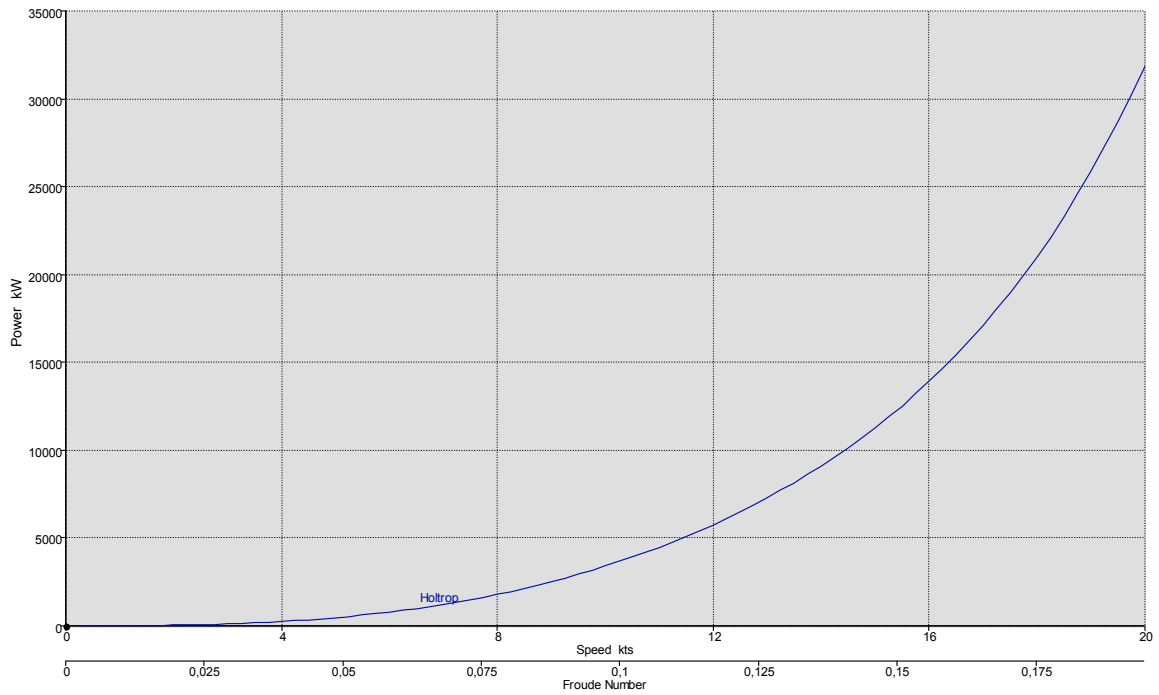
Para la estimación de la potencia necesaria para remolcar al buque a esa velocidad, potencia efectiva, se ha considerado un margen de potencia que trata de asegurar el cumplimiento de las especificaciones de proyecto en condiciones de mala mar, así como reservar para un posible incremento de resistencia con respecto al punto de funcionamiento de proyecto. Se tomará un margen del 15% para mala mar y un 10% de margen para el funcionamiento.

Para la obtención de la potencia del motor, habrá que hacer las correcciones por los distintos rendimientos. Los valores de dichos rendimientos son obtenidos como un valor aleatorio dentro del intervalo de los valores que toman dichos rendimientos para buques semejantes al del proyecto.

Dicha aproximación es tomada como buena, debido a que el estudio del sistema propulsivo no es motivo de dicho proyecto. Pero es necesario ver de forma aproximada el incremento de dicha potencia con respecto al buque base, porque un incremento del peso del motor tiene un efecto muy importante en la partida del peso en rosca final, así como un factor muy importante en los estudios de estabilidad, al tener un centro de gravedad muy bajo.



Velocidad (KN)	Holtrop resistencia (kN)	Holtrop potencia (KW)
0	--	--
0,5	1,81	0,62
1	6,62	4,54
1,5	14,17	14,58
2	24,34	33,39
2,5	37,01	63,47
3	52,14	107,29
3,5	69,64	167,2
4	89,48	245,51
4,5	111,6	344,48
5	135,97	466,32
5,5	162,54	613,18
6	191,27	787,18
6,5	222,13	990,38
7	255,09	1224,82
7,5	290,12	1492,51
8	327,19	1795,44
8,5	366,29	2135,6
9	407,4	2515,02
9,5	450,53	2935,82
10	495,72	3400,29
10,5	543,02	3910,95
11	592,52	4470,69
11,5	644,37	5082,87
12	698,74	5751,45
12,5	755,9	6481,12
13	816,13	7277,5
13,5	879,83	8147,2
14	947,42	9098
14,5	1019,41	10138,93
15	1096,37	11280,41
15,5	1178,94	12534,32
16	1267,82	13914,07
16,5	1363,75	15434,61
17	1467,53	17112,53
17,5	1580,01	18966,01
18	1702,06	21014,72
18,5	1837,16	23312,86
19	1985,37	25874,47
19,5	2146,34	28708,52
20	2320,83	31838,39





A la potencia efectiva habrá que añadirle la necesaria para suplir las pérdidas ocasionadas por los distintos rendimientos. El rendimiento total se ha estimado e un valor de 0,65. Quedando así una potencia necesaria a suministrar por el motor;

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_p} = \frac{31838,39}{0,65} = 48982,14KW$$

Estimación del rendimiento;

El rendimiento se descompone en los siguientes rendimientos;

- η_0 ; Rendimiento del propulsor aislado. Con valores comprendidos entre 0,6-0,75. Se ha elegido un valor de 0,71
- η_H ; Rendimiento del casco, este depende del coeficiente de estela. Con valores comprendidos entre 0,9-1,1. Se toma un valor de 0,985.
- η_R ; Rendimiento relativo rotativo, depende del rendimiento de la hélice detrás del buque y del rendimiento del propulsor aislado. Toma valores comprendidos entre 0,95-1,02. Se toma un valor de 0,96
- η_m ; Rendimiento mecánico, toma un valor de 0,97

El conjunto de todos estos rendimientos dará el rendimiento propulsivo, η_p , mediante el cual se obtendrá junto a la potencia efectiva la potencia a dar por el motor.

$$\eta_p = \eta_0 \cdot \eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_m = 0,71 \cdot 0,985 \cdot 0,96 \cdot 0,97 = 0,65$$

Se ha seleccionado un motor Kawasaki UA-440 capaz de suministrar entre 44000 y 50000 KW, dicha potencia esta dentro de los requisitos necesarios según estimaciones para cumplir las condiciones de proyecto. El peso de dicho motor es de 320t, y debido a que en dicho proyecto no tiene como objetivo calcular nada referente al diseño de cámara de máquinas, se ha considerado como aproximación considerar dicho motor con el mismo centro de gravedad que el de los equipos de la cámara de máquinas.

Peso motor	
Peso total (tn)	320
Xg (m)	34,1
Zg (m)	10,8



4-. PESO DEL EQUIPO

Al igual que en el apartado anterior, harán falta datos para la realización de cálculos cuyo cálculo no son motivo de dicho proyecto. Estos se obtendrán del buque de referencia.

Para el cálculo del peso del equipo se van a considerar diferentes sistemas y equipos, obteniéndose un resumen para su cálculo final.

4.1. CONTABILIZACIÓN DE LOS PESOS INCLUIDOS EN EL EQUIPO

4.1.1. PESO DE LA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

PESO PINTURA DEL BUQUE, W_{pi}

Dado que el peso del acero del buque proyectado es de 23660,23 t, el peso de la pintura se obtiene este peso multiplicado por 0,006

$$W_{pi} = 0,006 \cdot P = 0,006 \cdot 23660,23 = 141,96t$$

El centro de gravedad de la pintura es el mismo que el del acero, quedando;

ACERO	
Peso total (t)	141,96
Xg (m)	135,00
Zg (m)	15,60

PESO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA, W_{cc}

El peso de la protección catódica del casco, incluidos timón y hélice por ánodos de sacrificio W_{ci} se calculará mediante la siguiente expresión;

$$W_{cc} = 0,0008 \cdot S_m = 0,0008 \cdot 15187,21 = 12,15t$$

- S_m es la superficie mojada, según dato obtenido con el programa Hydromax para el calado de proyecto, 15187,21 m².

Peso protección catódica	
Peso total (tn)	12,15
Xg (m)	135,00
Zg (m)	2,6



PESO DEL EQUIPO DE FONDEO Y AMARRE

En nuestro caso se obtiene un NE de la fórmula;

$$NE = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot (a + \sum h_i) + 0,1 \cdot A = 116270,68^{2/3} + 2 \cdot 45,92 \cdot (16,5 + 28,61) + 0,1 \cdot 4928,12 = 7017,91$$

Siendo;

Δ ; desplazamiento, en t/m^3 , correspondiente a la máxima flotación

B, manga máxima en metros.

a, distancia en metros desde la flotación de proyecto al centro superior de cubierta, medida en el centro superior de la eslora en el costado del buque.

$\sum h_i$, Sumatorio de la altura en metros, medida en el eje longitudinal, desde la caseta superior o desde una línea teórica de cubierta cuando no sea continua. Al calcular h_i no se tendrá en cuenta, el arrufo ni el asiento.

A, área en m^2 de la proyección lateral del casco medida entre perpendiculares y sobre la línea de flotación de verano incluidas las superestructuras y casetas cuya manga exceda de B/4.

Para obtener el peso del equipo de fondeo se estimará mediante la fórmula;

$$P = WEF + WMO$$

Siendo;

$$WMO = 4,581 \cdot Qmo^{0,623} = 4,581 \cdot 242,20^{0,623} = 140,05$$

$$Qmo = 133,38 \cdot \ln(NE) - 933 = 133,38 \cdot \ln(7017,91) - 933 = 242,20$$

Siendo;

$$WEF = -0,02 \cdot \left(\frac{NE}{1000} \right)^2 + 56,7 \cdot \left(\frac{NE}{1000} \right) - 24 = -0,02 \cdot \left(\frac{7017,91}{1000} \right)^2 + 56,7 \cdot \left(\frac{7017,91}{1000} \right) - 24 = 351,40t$$

Entonces;

$$P = WEF + WMO = 242,20 + 351,40 = 593,6t$$

Se coloca el centro de gravedad en la perpendicular de proa, y sobre la cubierta principal.

EQUIPO FONDE Y AMARRE	
Peso (t)	593,6
Xg (m)	283
Zg (m)	26,8



PESO DEL EQUIPO DE NAVEGACIÓN

Se ha considerado un peso para el equipo de navegación, WN, de 20 t

EQUIPO DE NAVEGACIÓN	
Peso (t)	20
Xg (m)	46,5
Zg (m)	42,6

PESO DEL EQUIPO DE GOBIERNO

El peso en toneladas métricas del equipo de gobierno, Wgt, incluye el timón, mecha y accesorios, servomotor hidráulico, etc. Tiene un peso que se estima como sigue;

$$Wgt = 0,0224 \cdot AR \cdot VP^{3/2} + 2 = 0,0224 \cdot 50,19 \cdot 20^{3/2} + 2 = 83,46t$$

$$AR = \text{Área del timón (m}^2\text{)} = 50,19 \text{ m}^2$$

$$VP = \text{Velocidad en pruebas a plena carga (nudos)} = 20 \text{ nudos}$$

El centro de gravedad se coloca en la perpendicular de popa.

EQUIPO DE GOBIERNO	
Peso (t)	83,43
Xg (m)	0,0
Zg (m)	13,2

PESO DE LA HÉLICE DE MANIOBRA.

El peso considerado para la hélice de proa viene dada por el fabricante;

HÉLICE DE MANIOBRA	
Peso (t)	85
Xg (m)	278
Zg (m)	3,235



PESO DEL EQUIPO DE SALVAMENTO

El peso del equipo de salvamento, W_{if} , se obtiene a partir de;

$$W_{if} = 12 + 0,01 \cdot CRN = 12 + 0,01 \cdot 35 = 12,35$$

Siendo;

CRN, número de tripulantes

Se considera ubicado en la cubierta principal de, centro de zona habilitada de popa

PESO EQUIPO SALVAMENTO	
Peso (t)	12,35
Xg (m)	32,91
Zg (m)	26,8

PESO DEL EQUIPO CONTRA INCENDIOS

-Peso del equipo por CO_2 , W_I .

$$W_I = 0,0025 \cdot VE + 1 = 0,0025 \cdot 23682 + 1 = 60,205 \text{ t}$$

VE; volumen de la cámara de máquinas = $0,5 \cdot LER \cdot B \cdot D = 0,5 \cdot 39,48 \cdot 43 \cdot 27,9 = 23682 \text{ m}^3$

Siendo, LER la eslora de la cámara de máquinas en m.

PESO DEL EQUIPO CONTRA INCENDIOS	
Peso (t)	60,205
Xg (m)	31
Zg (m)	22,6



PESO DE LA INSTALACIÓN CONTRAINCENDIOS POR ESPUMA EN CÁMARA DE MÁQUINAS, WI_{cm}

$$WI_{cm} = 0,125 \cdot (0,0046 \cdot NMO \cdot BkW + 0,0088 \cdot L \cdot B) = 24t$$

PESO DEL EQUIPO DE ESPUMA	
Peso (t)	24
Xg (m)	31,7
Yg (m)	14,2

Peso de la instalación de contraincendios por espuma en tanques de carga, WI_{tc} .

$$WI_{tc} = \left(\frac{4 \cdot L \cdot B}{1000} \right) = \left(\frac{4 \cdot 288,23 \cdot 45,92}{1000} \right) = 46,96t$$

PESO DEL EQUIPO DE ESPUMA TANQUES DE CARGA	
Peso (t)	46,96
Xg (m)	153,65
Zg (m)	0



5.- PESO DEL SISTEMA DE CARGA

SISTEMA DE BOMBAS

El peso de una bomba se estima a partir de la siguiente ecuación;

$$P = a + b \cdot (D + 1,25 - D_{df} - 10) = 0,95 + 0,045 \cdot (25,42 + 1,25 - 2 - 10) = 1,67 \text{ t}$$

Siendo;

- D; puntal del buque, 25,42 m
- D_{df}; altura del doble fondo, 2 m
- a; coeficiente de valor 0,95
- b; coeficiente de valor 0,045

Habiendo un total de 10 bombas más una de emergencia, peso total 16.72 t

PESO DEL EQUIPO DE CARGA	
Peso (t)	16.72
Xg (m)	160,88
Zg (m)	0

SISTEMA DE GAS INERTE

El peso del sistema de gas inerte, W_{gi}, se calcula mediante la expresión;

$$P = a \cdot \frac{Q_{gi}}{1000} + b = 0,983 \cdot \frac{15000}{1000} + 2,059 = 18,804 \text{ t}$$

Siendo;

- Q_{gi}; capacidad de la instalación de gas inerte (m³/h)
- Para Q_{gi} > 6500 m³/h se consideran unos valores de a, b de;
- a; 0.983
- b; 2,059

PESO GAS INERTE EN SISTEMA DE CARGA	
Peso (t)	18,92
Xg (m)	153,65
Zg (m)	0



PESO DE LOS EQUIPOS SITUADOS EN LOCAL DE CARGA

Sumando los pesos de los equipos suministrados por los fabricantes se obtiene un peso de:

PESO MAQUINARIA DE CARGA	
Peso (t)	132
Xg (m)	77,5
Yg (m)	34,2

TUBERÍAS DE CARGA Y MANIFOLDS

$$P = A \cdot L_{tub} \cdot d_{tub} = 134,8m$$

Siendo;

A; 0,1453

L_{tub}; longitud de tuberías de cubierta, en m

D_{tub}; diámetro de dichas tuberías, en mm.

PESO TUBERÍAS DE CUBIERTA	
Peso (t)	134,8
Xg (m)	150
Yg (m)	26.8

PESO DE ESCALERAS DE COFFERDAN

El peso de la escalera de los coferdan, de acero inoxidable se obtiene con la siguiente expresión;

$$P = n \cdot \left[a + 351 \cdot \frac{(d - Ddf)}{1000} \right] = 6 \cdot \left[148,4 + 351 \cdot \frac{(26,8 - 2)}{1000} \right] = 945t$$

Siendo;

a; Coeficiente de valor 148,4

n; número de cofferdan

D; puntal del buque

Ddf; altura del doble fondo

PESO ESCALERAS COFFERDAN	
Peso (t)	945
Xg (m)	126,1
Yg (m)	13,3



PESO DE TANQUES DE CARGA

Se remitirá a datos obtenidos en el 2º cuadernillo para saber el peso de los tanques, se adjunta tabla de los mismos

Tanques	Pesos	Xg	Zg	Pesos·Xg	Pesos·Zg
Tanque 1	1952	237,34	19,11	463287,68	37302,72
Tanque 2	1952	197,34	19,11	385207,68	37302,72
Tanque 3	1952	157,34	19,11	307127,68	37302,72
Tanque 4	1952	117,34	19,11	229047,68	37302,72
Tanque 5	1952	77,34	19,11	150967,68	37302,72
	9760			1572960,64	186513,6

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{1572960,64}{9760} = 161,16m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{186513,6}{9760} = 19,11m$$

En resumen

Peso tanques de carga	
Peso total (t)	9760
Xg (m)	161,16
Zg (m)	19,11

PESO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE COFFERDAN

El peso del sistema de calentamiento viene definido por las especificaciones del fabricante. En el peso se incluyen los diferentes equipos que lo conforman, así como todos los serpentines instalados en los cofferdan y los tanques almacén de producto (glicol+agua). El peso total del equipo de calefacción de los 6 cofferdan es;

Peso sistema calentamiento cofferdan	
Peso total (t)	61.2
Xg (m)	126.1
Zg (m)	12,7



PESO PASARELAS CUBIERTA

Existen dos pasarelas simétricas, una a cada banda. El peso, W_{ps} , de cada una se estimará a través de la expresión;

$$W_{ps} = 7,85 \cdot \text{Sup} \cdot t = 7,85 \cdot 260 \cdot 0,1 = 204,1, \text{ al ser } 2, 408,2$$

Siendo;

Sup; la superficie de la pasarela, que en este caso es de 260 m²

t es el espesor equivalente de la pasarela, que en este caso se estima de unos 100mm, quedando

Peso pasarelas	
Peso total (t)	408.2
Xg (m)	145
Zg (m)	26,8



6.-RESUMEN PESO EQUIPO

Concepto	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)	Pesos · Xg (m)	Pesos · Zg(m)
Fondeo y amarre	593,6	283	26,8	167988,8	15908,48
Equipo de navegación	20	46,5	42,6	930	852
Equipo de gobierno	83,43	0	13,2	0	1101,276
Hélice y maniobra	85	278	3,235	23630	274,975
Equipo de salvamento	12,35	32,91	27,9	406,4385	344,565
Equipo cotraincendios	60,205	31	22,6	1866,355	1360,633
Equipo de espuma	24	31,7	14,2	760,8	340,8
Equipo espuma tanques de carga	46,96	153,65	0	7215,404	0
Equipo de carga	16,72	160,88	0	2689,9136	0
Equipo gas inerte sistema de carga	18,92	153,65	0	2907,058	0
Maquinaria de carga	132	77,5	34,2	10230	4514,4
Tuberías de cubierta	134,8	150	26,8	20220	3612,64
Escaleras cofferdan	945	126,1	13,3	119164,5	12568,5
Sistema calentamiento cofferdan	61,2	126,1	12,7	7717,32	777,24
Pasarelas de cubierta	408,2	145	26,8	59189	10939,76
Tanques	9760	161,16	19,11	1572921,6	186513,6
Total	12402,385			1997837,19	239108,869

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{1997837,19}{12402,385} = 161,08m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{239108,869}{12402,385} = 19,28m$$

En resumen

PESO EQUIPO	
Peso total (t)	12402,39
Xg (m)	161,08
Zg (m)	19,28



7.- PESO DE LA HABILITACIÓN

Para obtener el peso de la habilitación, WA, se considerará la siguiente expresión;

$$WA = ac \cdot CRN = 35 \cdot 5 = 175 \text{ t}$$

Siendo;

ac; coeficiente de valor 5t/tripulante
CRN; Número de tripulantes, 35

HABILITACIÓN	
Peso total (t)	175
Xg (m)	46.5
Zg (m)	36



8.- RESUMEN DEL PESO EN ROSCA

Concepto	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)	Pesos · Xg (m)	Pesos · Zg(m)
Acero	24370	135	15,6	3289950	380172
Maquinaria	1996,9	34,1	10,8	68094,29	21566,52
Equipo	12402,38	161,08	19,28	1997775,37	239117,886
Habilitación	175	46,5	36	8137,5	6300
Motor	320	34,1	10,8	10912	3456
Total	39264,28			5374869,16	650612,406

$$Xg = \frac{\sum Xg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{5374869,16}{39264,28} = 136,89m$$

$$Zg = \frac{\sum Zg_i \cdot Peso_i}{\sum Peso_i} = \frac{650612,406}{39264,28} = 16,57m$$

En resumen

SUPERESTRUCTURAS	
Peso total (t)	39264,28
Xg (m)	138,89
Zg (m)	16,57

El peso en rosca estimado en el cuadernillo 1 era de 44251,63 t, frente a las 39274,28 t obtenidas, este es un rango de pesos cercano, debido a ello lo tomaremos como válido.

Considerar que el margen en el peso en rosca será positivo siempre, ya que las multas son por menor peso muerto.



0.- INTRODUCCIÓN

A lo largo de este cuadernillo, y mediante el programa Hydromax, se estudiará el comportamiento del buque cuando se encuentra sometido a las siguientes situaciones de carga:

Situación de carga	Situación	Consumos	Carga	Lastre
1	Salida de puerto	100%	100%**	---
2	Llegada a puerto de descarga	10%*	100%	---
3	Salida de puerto de descarga	100%	---	100%
4	Llegada a puerto de carga	10%*	---	100%

* 10% del total de la carga dispuesta de forma que se tengan llenos la mayor cantidad de tanques, no el 10% de la carga en cada tanque.

** En la situación de plena carga, el buque podría llevar todos los tanques de carga llenos con productos con una densidad máxima de 450 Kg/m³.

1.- CONDICIONES DE ESTABILIDAD A CUMPLIR POR EL BUQUE.

1.1.- Distintas situaciones de carga:

Se han de cumplir para las distintas situaciones de carga, que se cumplen los criterios IMO asociados, estos son:

Criterio	Valor
Area 0 a 30 no deber ser menor a:	3,151 m·deg.
Area 0 a 40 no deber ser menor a:	5,157 m·deg.
Area 40 a 30 no deber ser menor a:	1,719 m·deg.
Max GZ a 30° o mayor no debe ser menor de	0,2 m
Ángulo máximo de GZ, no debe ser menor de;	25 deg
GMt inicial no debe ser menor a:	0,015 m

Desde la salida del puerto de descarga hasta la llegada al puerto de carga, se variará el lastre a medida que el buque consuma combustible y víveres, con el fin de corregir el calado y trimado, pudiendo así estar dentro de los márgenes establecidos.



1.2. CÁLCULO DE LOS CALADOS Y ASIENTOS MÍNIMOS PARA LA NAVEGABILIDAD

El calado medio en lastre, expresado en metros, no será inferior a:

$$TL > 2+0,015 \cdot L = 6,323 \text{ m}$$

Introduciendo dicho calado, y realizando las hidrostáticas en Hydromax se sabrá el desplazamiento mínimo que ha de tener el buque.

El trimado no será superior a:

$$TRI < 0,015 \cdot L = 4,323 \text{ m}$$

En cualquier caso, el calado en la perpendicular de popa no será inferior al necesario para garantizar la inmersión total de la hélice. En este caso el calado mínimo será de 9,34 metros que corresponde al radio de la hélice del eje propulsor de la línea base (4,67 m)

1.3.- ESTABILIDAD INTACTA

Según directrices de la resolución A.849 (18) de la Organización Marítima Internacional (IMO)

- Criterio 1; el brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m, a un ángulo de escora igual o superior a 30°.
- Criterio 2; el brazo adrizante máximo correspondiente a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30°, pero no inferior a 25°
- Criterio 3; la altura metacéntrica inicial GM0 no será inferior a 0,055 m·rad
- Criterio 4; el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ); no será inferior a 0,055 m·rad hasta un ángulo de escora $\theta = 30^\circ$.
- Criterio 5; el área encerrada bajo la curva GZ desde 0° y hasta una inclinación definida como la mínima entre 40° y el ángulo de inundación, no será menor de 0,09 m·rad
- Criterio 6; el área bajo la curva GZ entre las ordenadas de 30° y el ángulo mínimo entre 40° y el ángulo de inundación progresiva, no será menor de 0,03 m·rad.

El ángulo de inundación progresiva es aquel θ_r , en el que el agua alcanza la parte inferior de las puertas de ambas bandas que dan al exterior de la cubierta de toldilla situada a una altura de 25,12 m sobre la línea base, a 31 de la perpendicular de popa y a 22,96 m de crujía.



Criterio de viento y balance intensos, recomendado por la IMO en su resolución A.749 (18) Capítulo 3 con los siguientes requisitos:

- Se somete el buque a la presión del viento constante que actúe perpendicularmente el plano de crujía, esto produce un brazo escorante IW_1
- Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante θ_0 , el buque se balancea por la acción de la olas hasta alcanzar un brazo escorante θ_1 .
- A continuación se somete el buque a la presión de una ráfaga de viento, que dará como resultado el brazo escorante IW_2 .



2.- CÁLCULOS PARA LAS DISTINTAS SITUACIONES DE CARGA

Para el cálculo de las distintas situaciones de carga de los depósitos, se ha realizado lo siguiente. Esto es debido a la particularidad de la geometría de dichos depósitos.

- Se dibujan dichos depósitos en maxsurf,
- Se introducen en Hidromax, y se calcula sus hidrostáticas como si fuera un buque independiente.
- Se extrapolan dichos resultados a la hoja de pesos del buque completo.

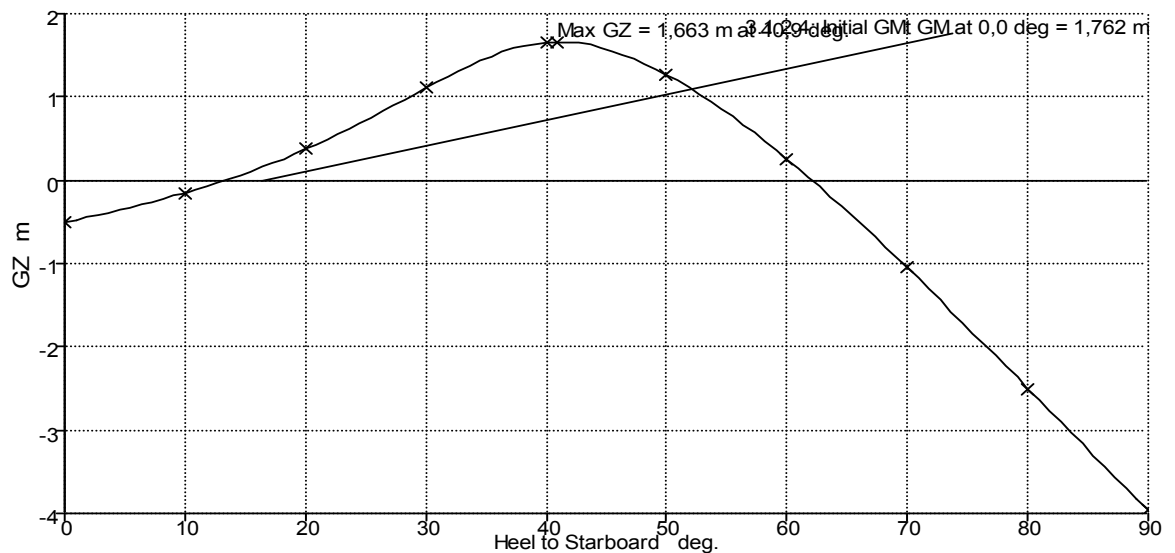
2.1.- SITUACIÓN DE CARGA 1

Salida de puerto de carga, con
Trimado libre.
Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Peso en rosca	1	39264	138,890	16,570	0,000	0,000
Tanque carga 5	1	11976	77,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 4	1	11976	117,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 3	1	11976	157,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 2	1	11976	197,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 1	1	11976	237,340	19,511	0,000	0,000
Tank DF.5	0%	0,0000	82,079	0,998	-0,773	0,000
Tank DF.4	0%	0,0000	121,346	0,916	-0,115	0,000
Tank DF.3	0%	0,0000	161,749	0,910	-0,062	0,000
Tank DF.2	0%	0,0000	202,152	0,935	-0,407	0,000
Tank DF.1	0%	0,0000	240,311	1,010	-1,185	0,000
Tank DCBr. 1	0%	0,0000	235,934	17,291	19,177	0,000
Tank DCEr. 1	0%	0,0000	238,503	15,847	-19,248	0,000
Tank DCBr. 2	0%	0,0000	202,018	14,078	19,488	0,000
Tank DCEr. 2	0%	0,0000	202,404	13,550	-19,540	0,000
Tank DCBr. 3	0%	0,0000	161,716	13,372	19,542	0,000
Tank DCEr. 3	0%	0,0000	161,728	13,269	-19,578	0,000
Tank DCBr. 4	0%	0,0000	121,338	13,437	19,542	0,000
Tank DCEr. 4	0%	0,0000	121,285	13,289	-19,575	0,000
Tank DCBr. 5	0%	0,0000	81,156	14,614	19,484	0,000
Cofferdam 4	0%	0,0000	140,750	14,295	0,000	0,000
Tank PIQUE DE PROA	0%	0,0000	275,691	15,996	-1,396	0,000
Tank PIQUE DE POPA	0%	0,0000	12,395	13,216	-2,013	0,000
Cofferdam 1	0%	0,0000	262,483	15,513	-1,130	0,000
Cofferdam 2	0%	0,0000	221,982	14,305	-0,015	0,000
Cofferdam 3	0%	0,0000	181,248	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 5	0%	0,0000	100,485	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 6	0%	0,0000	60,175	14,423	-0,100	0,000
Tank HFOBr almacén	100%	1421	51,357	21,446	16,438	0,000
Tank HF0Er almacén	100%	1423	51,357	21,446	-16,447	0,000
Tank FOBr almacén	100%	213,8	41,215	21,447	18,393	0,000



Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Tank FOEr almacén	100%	135,1	41,215	21,446	13,345	0,000
Tank IMO FO	100%	392,9	41,215	21,446	-16,447	0,000
Tank G.O. Br. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	3,750	0,000
Tank G.O. Er. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	-3,750	0,000
Tank G.O. Br. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	1,250	0,000
Tank G.O. Er. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	-1,250	0,000
Tank D.O. Almacén	100%	468,5	10,413	21,445	0,000	0,000
Tank agua BR Popa	100%	613	10,497	21,551	12,624	0,000
Tank agua BR Proa	100%	589	15,424	21,512	13,430	0,000
Tank agua destilada Er Popa	100%	663	10,484	21,472	-13,056	0,000
Tank agua destilada Br Proa	100%	198,3	15,388	21,445	-9,231	0,000
Tank agua destilada Er Proa	100%	418,1	15,426	21,465	-15,852	0,000
Tank Gravedad	0%	0,0000	24,468	18,800	-12,187	0,000
Tank Almacén	100%	62,1	25,576	13,800	-14,475	0,000
Tank Renovación	0%	0,0000	23,239	13,800	-13,385	0,000
Tank Refrigeración Bocina	100%	163,0	14,703	4,801	-0,379	0,000
Tank Sentina	0%	0,0000	53,218	1,374	-0,065	0,000
Tank Aguas aceitosas	0%	0,0000	33,115	1,872	-1,150	0,000
Tank aceite sucio	0%	0,0000	48,575	0,978	0,002	0,000
	Peso total=	11253 4	LCG=147 ,881	VCG=18,350	TCG=-0,028	0
				FS corr.=0		
				VCG fluid=18,35		





Ang. escora a estribor	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Desplazamiento t	112586	112530	112555	112562	112548	112550
Calado a proa m	11,354	11,459	11,647	11,755	11,411	10,842
Calado a popa m	11,893	11,822	11,476	10,776	9,373	7,302
Eslora LA m	284,405	284,805	286,599	288,598	290,215	291,093
Calado m	12,090	14,688	17,077	18,972	20,060	20,444
Manga de LA m	43,003	43,675	45,749	47,155	41,672	34,965
Área mojada m ²	15243,037	15290,539	15312,136	15386,588	15389,975	15533,610
Área de LA m ²	10833,235	11019,880	11317,768	11526,256	10837,596	9456,625
Coef. Pris.	0,822	0,821	0,829	0,844	0,851	0,853
Coef. Bloque	0,793	0,642	0,527	0,461	0,493	0,576
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	-7,448	-7,435	-7,416	-7,385	-7,347	-7,309
VCB desde calado m	-5,483	-5,535	-5,760	-6,106	-6,373	-6,749
GZ m	-0,505	-0,151	0,372	1,105	1,657	1,264
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-13,394	-13,702	-12,759	-11,730	-11,487	-10,921
TCF to zero pt. m	-0,379	2,270	4,945	8,353	11,852	12,837
Max inclinación de cubierta deg	0,1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,8

Ang. escora a estribor	60,0	70,0	80,0	90,0
Desplazamiento t	112534	112504	112486	112523
Calado a proa m	9,952	8,309	3,870	N/A
Calado a popa m	4,252	-1,451	-18,308	N/A
Eslora LA m	291,577	291,884	291,565	290,902
Calado m	20,590	20,120	19,271	19,139
Manga de LA m	30,930	28,505	27,198	26,785
Área mojada m ²	15579,413	15591,587	15555,012	15569,666
Área de LA m ²	8521,649	7892,643	7475,613	7296,106
Coef. Pris.	0,854	0,854	0,853	0,853
Coef. Bloque	0,647	0,718	0,786	0,804
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	-7,280	-7,258	-7,236	-7,220
VCB desde calado m	-7,210	-7,651	-7,991	-8,189
GZ m	0,259	-1,053	-2,503	-3,962
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-10,000	-8,123	-5,637	-4,746
TCF to zero pt. m	13,483	13,873	13,981	13,697
Max inclinación de cubierta deg	60,0	70,0	80,0	90,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	-1,2	-2,1	-4,8	-1,



Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Resultado
A.749(18) Ch3 – Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 30				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec.	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño del</i>				
	Áng. de escora espec.	30,0	deg	30,0	
	Ang. de pérdida de estabilidad	62,1	deg		
	No debería ser menor de (>=)	3,151	m.deg	4,843	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer Ang. de inundación	n/a	deg		
	Ang. de pérdida de estabilidad	62,1	deg		
No debería ser menor de (>=)	5,157	m.deg	19,190	Cumple	
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 30 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Áng. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer Ang. de inundación	n/a	deg		
	Ang. de pérdida de estabilidad	62,1	deg		
No debería ser menor de (>=)	1,719	m.deg	14,346	Cumple	
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.2: Max GZ a 30 o mayor				
	<i>En el rango desde el mayor de</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec	180,0	deg		
	Ángulo de max. GZ	40,9	deg	40,9	
	No debería ser menor de (>=)	0,200	m	1,663	Cumple
<i>Valores intermedios</i>					
Ángulo al cual GZ occurs		deg	40,9		
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.4: Inicial GMt	25,0	deg	40,9	Cumple
	Ang. de escora espec				
	No debería ser menor de (>=)				
A.749(18) Ch3 – Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 30	0,0	deg		
	No debería ser menor de (>=)	0,150	m	1,762	Cumple



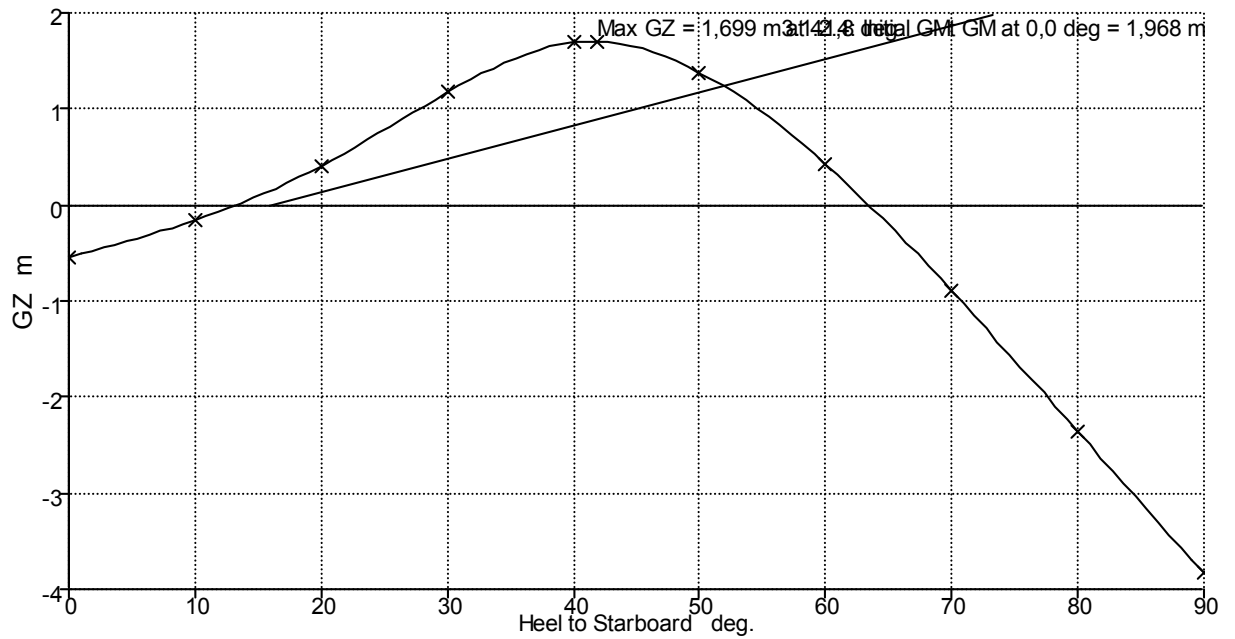
2.2.- SITUACIÓN DE CARGA 2

Llegada a puerto de descarga, con
Trimado libre.
Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Peso en rosca	1	39264	138,890	16,570	0,000	0,000
Tanque carga 5	1	11976	77,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 4	1	11976	117,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 3	1	11976	157,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 2	1	11976	197,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 1	1	11976	237,340	19,511	0,000	0,000
Tank DF.5	0%	0,0000	82,079	0,998	-0,773	0,000
Tank DF.4	0%	0,0000	121,346	0,916	-0,115	0,000
Tank DF.3	0%	0,0000	161,749	0,910	-0,062	0,000
Tank DF.2	0%	0,0000	202,152	0,935	-0,407	0,000
Tank DF.1	0%	0,0000	240,311	1,010	-1,185	0,000
Tank DCBr. 1	0%	0,0000	235,934	17,291	19,177	0,000
Tank DCEr. 1	0%	0,0000	238,503	15,847	-19,248	0,000
Tank DCBr. 2	0%	0,0000	202,018	14,078	19,488	0,000
Tank DCEr. 2	0%	0,0000	202,404	13,550	-19,540	0,000
Tank DCBr. 3	0%	0,0000	161,716	13,372	19,542	0,000
Tank DCEr. 3	0%	0,0000	161,728	13,269	-19,578	0,000
Tank DCBr. 4	0%	0,0000	121,338	13,437	19,542	0,000
Tank DCEr. 4	0%	0,0000	121,285	13,289	-19,575	0,000
Tank DCBr. 5	0%	0,0000	81,156	14,614	19,484	0,000
Cofferdam 4	0%	0,0000	140,750	14,295	0,000	0,000
Tank PIQUE DE PROA	0%	0,0000	275,691	15,996	-1,396	0,000
Tank PIQUE DE POPA	0%	0,0000	12,395	13,216	-2,013	0,000
Cofferdam 1	0%	0,0000	262,483	15,513	-1,130	0,000
Cofferdam 2	0%	0,0000	221,982	14,305	-0,015	0,000
Cofferdam 3	0%	0,0000	181,248	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 5	0%	0,0000	100,485	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 6	0%	0,0000	60,175	14,423	-0,100	0,000
Tank HFOBr almacén	20%	284,1	51,357	17,332	16,438	1173,35
Tank HFOEr almacén	0%	0,0000	51,357	21,446	-16,447	0,000
Tank FOBr almacén	20%	42,76	41,215	17,332	18,391	66,343
Tank FOEr almacén	0%	0,0000	41,215	21,446	13,345	0,000
Tank IMO FO	32,6%	128,1	41,215	17,980	-16,447	325,611
Tank G.O. Br. Diario	40%	39,14	15,388	18,358	3,750	4,953
Tank G.O. Er. Diario	0%	0,0000	15,388	21,445	-3,750	0,000
Tank G.O. Br. Almacén	0%	0,0000	15,388	21,445	1,250	0,000
Tank G.O. Er. Almacén	0%	0,0000	15,388	21,445	-1,250	0,000
Tank D.O. Almacén	10%	46,85	10,413	16,814	0,000	379,470
Tank agua BR Popa	20%	122,6	10,510	17,431	12,233	676,879
Tank agua BR Proa	0%	0,0000	15,424	21,512	13,430	0,000
Tank agua destilada Er Popa	0%	0,0000	10,484	21,472	-13,056	0,000
Tank agua destilada Br Proa	0%	0,0000	15,388	21,445	-9,231	0,000



Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Tank Gravedad	0%	0,0000	24,468	18,800	-12,187	0,000
Tank Almacén	10%	6,21	25,576	11,550	-14,475	35,400
Tank Renovación	10%	4,207	23,239	11,550	-13,385	9,444
Tank Refrigeración Bocina	10%	16,25	15,928	1,188	-0,265	36,608
Tank Sentina	10%	8,82	53,237	0,014	-0,546	266,209
Tank Aguas aceitosas	10%	3,578	33,115	0,893	-1,150	7,248
Tank aceite sucio	10%	3,667	48,576	-0,071	0,023	10,130
	Peso total=	106363	LCG=154,655	VCG=18,162	TCG=0,007	3272,395
				FS corr.=0,031		
				VCG fluid=18,193		





Ang. escora a estribor	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Desplazamiento t	106399	106359	106364	106358	106381	106353
Calado a proa m	12,529	12,677	12,876	13,026	12,787	12,535
Calado a popa m	9,859	9,749	9,366	8,538	6,855	4,008
Eslora LA m	279,882	279,810	279,499	283,597	286,243	289,694
Calado m	12,622	14,295	16,722	18,589	19,677	20,023
Manga de LA m	43,007	43,674	45,755	46,765	41,672	34,965
Área mojada m ²	14723,315	14710,189	14789,928	14904,197	14863,393	14974,251
Área de LA m ²	10526,024	10647,551	10990,081	11201,124	10661,840	9391,589
Coef. Pris.	0,797	0,793	0,794	0,798	0,801	0,805
Coef. Bloque	0,718	0,624	0,509	0,448	0,475	0,556
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	-0,671	-0,512	-0,497	-0,466	-0,421	-0,381
VCB desde calado m	-5,309	-5,373	-5,620	-5,985	-6,246	-6,563
GZ m	-0,546	-0,159	0,409	1,170	1,689	1,384
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-9,558	-9,058	-8,605	-8,308	-9,795	-10,453
TCF to zero pt. m	-0,387	2,161	4,816	8,379	12,161	13,301
Max inclinación de cubierta deg	0,6	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	-0,6	-0,6	-0,8	-1,0	-1,3	-1,8

Ang. escora a estribor	60,0	70,0	80,0	90,0
Desplazamiento t	106261	106292	106260	106294
Calado a proa m	12,255	12,009	11,539	N/A
Calado a popa m	-0,450	-9,108	-34,579	N/A
Eslora LA m	290,718	291,276	291,686	292,005
Calado m	20,081	19,708	19,174	19,780
Manga de LA m	30,930	28,506	27,199	26,785
Area mojada m ²	14988,669	14977,509	14984,099	15018,848
Area de LA m ²	8424,460	7774,013	7404,675	7285,830
Coef. Pris.	0,806	0,806	0,806	0,805
Coef. Bloque	0,626	0,693	0,746	0,734
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	-0,336	-0,297	-0,264	-0,249
VCB desde calado m	-6,964	-7,342	-7,626	-7,802
GZ m	0,422	-0,896	-2,364	-3,835
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-8,632	-5,940	-4,069	-2,936
TCF to zero pt. m	13,999	14,364	14,269	13,733
Max inclinación de cubierta deg	60,0	70,0	80,0	90,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	-2,7	-4,5	-9,8	-1,0



Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Resultado
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 30				Cumple
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec.	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño del</i>				
	Áng. de escora espec.	30,0	deg	30,0	
	Ang. de pérdida de estabilidad	63,4	deg		
	No debería ser menor de (>=)	3,151	m.deg	5,296	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Áng. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer Ang. de inundación	n/a	deg		
	Ang. de pérdida de estabilidad	63,4	deg		
No debería ser menor de (>=)	5,157	m.deg	20,088	Cumple	
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 30 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Áng. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer Ang. de inundación	n/a	deg		
	Ang. de pérdida de estabilidad	63,4	deg		
No debería ser menor de (>=)	1,719	m.deg	14,793	Cumple	
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.2: Max GZ a 30 o mayor				
	<i>En el rango desde el mayor de</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Áng. de escora espec	180,0	deg		
	Ángulo de max. GZ	41,8	deg	41,8	
	No debería ser menor de (>=)	0,200	m	1,699	Cumple
<i>Valores intermedios</i>					
	Ángulo al cual GZ occurs		deg	41,8	
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.3: Max. Ang. de GZ				
	NO debería ser menor (>=)	25,0	deg	41,8	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.4: Inicial GMt				
	spec. escora ang.	0,0	deg		



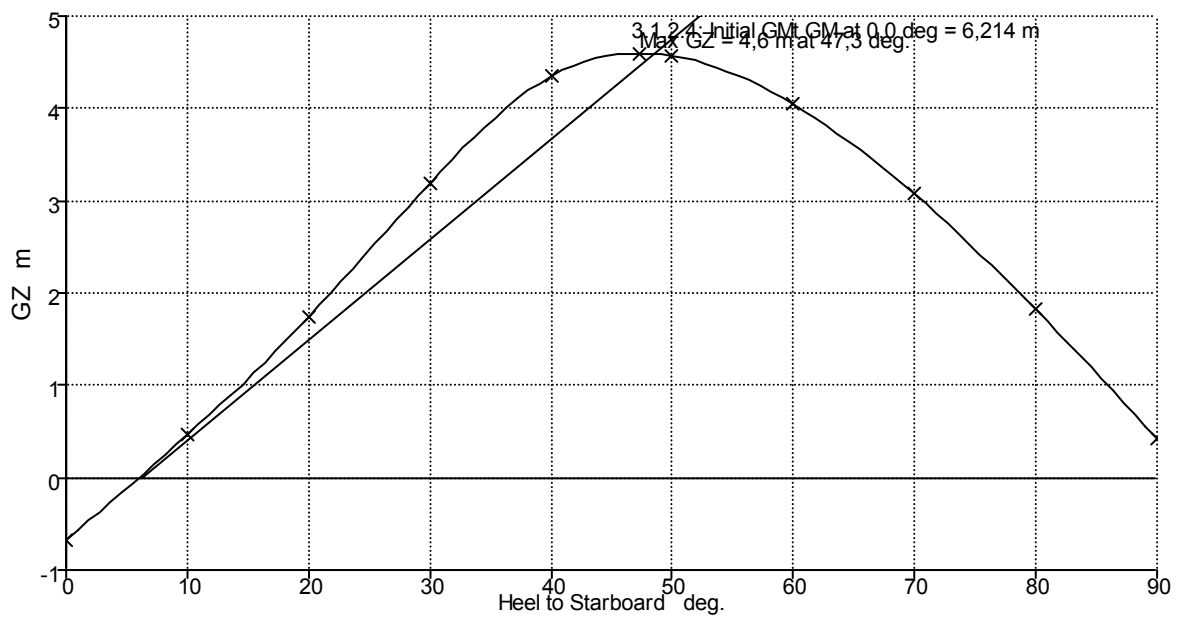
2.3.- SITUACIÓN DE CARGA 3

Salida de puerto de descarga, con
Trimado libre.
Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Peso en rosca	1	39264	138,890	16,570	0,000	0,000
Tanque carga 5	0	11976	77,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 4	0	11976	117,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 3	0	11976	157,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 2	0	11976	197,340	19,511	0,000	0,000
Tanque carga 1	0	11976	237,340	19,511	0,000	0,000
Tank DF.5	100%	2661	82,079	0,998	-0,773	0,000
Tank DF.4	100%	3155	121,346	0,916	-0,115	0,000
Tank DF.3	100%	3215	161,749	0,910	-0,062	0,000
Tank DF.2	100%	3093	202,152	0,935	-0,407	0,000
Tank DF.1	100%	1884	240,311	1,010	-1,185	0,000
Tank DCBr. 1	100%	1434	235,934	17,291	19,177	0,000
Tank DCEr. 1	100%	2105	238,503	15,847	-19,248	0,000
Tank DCBr. 2	100%	3331	202,018	14,078	19,488	0,000
Tank DCEr. 2	100%	3540	202,404	13,550	-19,540	0,000
Tank DCBr. 3	100%	3535	161,716	13,372	19,542	0,000
Tank DCEr. 3	100%	3608	161,728	13,269	-19,578	0,000
Tank DCBr. 4	100%	3487	121,338	13,437	19,542	0,000
Tank DCEr. 4	100%	3559	121,285	13,289	-19,575	0,000
Tank DCBr. 5	100%	3192	81,156	14,614	19,484	0,000
Cofferdam 4	100%	1122	140,750	14,295	0,000	0,000
Tank PIQUE DE PROA	100%	8742	275,691	15,996	-1,396	0,000
Tank PIQUE DE POPA	100%	2310	12,395	13,216	-2,013	0,000
Cofferdam 1	100%	994	262,483	15,513	-1,130	0,000
Cofferdam 2	100%	1543	221,982	14,305	-0,015	0,000
Cofferdam 3	100%	1545	181,248	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 5	100%	1131	100,485	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 6	100%	1188	60,175	14,423	-0,100	0,000
Tank HFOBr almacén	100%	1421	51,357	21,446	16,438	0,000
Tank HFOEr almacén	100%	1423	51,357	21,446	-16,447	0,000
Tank FOBr almacén	100%	213,8	41,215	21,447	18,393	0,000
Tank FOEr almacén	100%	135,1	41,215	21,446	13,345	0,000
Tank IMO FO	100%	392,9	41,215	21,446	-16,447	0,000
Tank G.O. Br. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	3,750	0,000
Tank G.O. Er. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	-3,750	0,000
Tank G.O. Br. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	1,250	0,000
Tank G.O. Er. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	-1,250	0,000
Tank D.O. Almacén	100%	468,5	10,413	21,445	0,000	0,000
Tank agua BR Popa	100%	613	10,497	21,551	12,624	0,000
Tank agua BR Proa	100%	589	15,424	21,512	13,430	0,000
Tank Gravedad	100%	32,66	24,468	18,800	-12,187	0,000
Tank agua destilada Er Popa	100%	663	10,484	21,472	-13,056	0,000
Tank Almacén	100%	62,1	25,576	13,800	-14,475	0,000



Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Tank agua destilada Br Proa	100%	198,3	15,388	21,445	-9,231	0,000
Tank agua destilada Er Proa	100%	418,1	15,426	21,465	-15,852	0,000
Tank Renovación	0%	0,0000	23,239	13,800	-13,385	0,000
Tank Refrigeración Bocina	100%	163,0	14,703	4,801	-0,379	0,000
Tank Sentina	0%	0,0000	53,218	1,374	-0,065	0,000
Tank Aguas aceitosas	0%	0,0000	33,115	1,872	-1,150	0,000
Tank aceite sucio	0%	0,0000	48,575	0,978	0,002	0,000
	Peso total=	107703	LCG=153,122	VCG=13,931	TCG=0,130	0
				FS corr.=0		
				VCG fluid=13,931		





Ang. escora a estribor	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Desplazamiento t	107764	107717	107705	107699	107718	107679
Calado a proa m	12,265	12,391	12,585	12,728	12,462	12,137
Calado a popa m	10,324	10,231	9,856	9,053	7,431	4,746
Eslora LA m	280,315	280,209	281,130	284,614	287,899	290,110
Calado m	12,384	14,364	16,785	18,659	19,750	20,102
Manga de LA m	43,007	43,674	45,753	46,822	41,672	34,965
Área mojada m ²	14829,977	14852,884	14912,137	15016,617	14981,202	15094,551
Área de LA m ²	10582,276	10738,352	11068,454	11276,075	10728,500	9417,372
Coef. Pris.	0,806	0,803	0,804	0,809	0,814	0,817
Coef. Bloque	0,741	0,629	0,513	0,451	0,479	0,561
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	-2,203	-2,125	-2,102	-2,079	-2,046	-2,002
VCB desde calado m	-5,345	-5,405	-5,647	-6,007	-6,267	-6,594
GZ m	-0,668	0,458	1,745	3,190	4,346	4,571
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-10,259	-10,189	-9,611	-9,121	-10,440	-10,572
TCF to zero pt. m	-0,388	2,196	4,857	8,372	12,148	13,205
Max inclinación de cubierta deg	0,4	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,6

Ang. escora a estribor	60,0	70,0	80,0	90,0
Desplazamiento t	107634	107596	107604	107658
Calado a proa m	11,719	11,139	9,812	N/A
Calado a popa m	0,618	-7,394	-30,969	N/A
Eslora LA m	290,969	291,460	291,819	291,800
Calado m	20,177	19,734	19,166	19,635
Manga de LA m	30,930	28,506	27,199	26,785
Área mojada m ²	15121,858	15088,784	15107,640	15141,039
Área de LA m ²	8458,971	7783,334	7420,460	7288,723
Coef. Pris.	0,818	0,818	0,817	0,816
Coef. Bloque	0,631	0,700	0,756	0,749
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	-1,960	-1,916	-1,866	-1,829
VCB desde calado m	-7,011	-7,401	-7,698	-7,880
GZ m	4,048	3,070	1,818	0,435
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-8,905	-6,333	-4,288	-3,283
TCF to zero pt. m	13,884	14,269	14,212	13,725
Max inclinación de cubierta deg	60,0	70,0	80,0	90,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	-2,4	-4,0	-8,7	-1,0



Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)
A.749(18) Ch3 – Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Área 0 a 30				Cumple
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec.	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño del</i>				
	Ang. de escora espec.	30,0	deg	30,0	
	Ang. de pérdida de estabilidad	90,0	deg		
	No debería ser menor de (>=)	3,151	m.deg	34,380	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer Ang. de inundación	n/a	deg		
Ang. de pérdida de estabilidad	90,0	deg			
	No debería ser menor de (>=)	5,157	m.deg	72,626	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 30 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer ang. de inundación	n/a	deg		
Ang. de pérdida de estabilidad	90,0	deg			
	No debería ser menor de (>=)	1,719	m.deg	38,246	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.2: Max GZ a 30 o mayor				
	<i>En el rango desde el mayor de</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec	180,0	deg		
	Ángulo de max. GZ	47,3	deg	47,3	
	No debería ser menor de (>=)	0,200	m	4,600	Cumple
	<i>Valores intermedios</i>				
	Ángulo al cual GZ occurs		deg	47,3	
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.4: Inicial GMT				
	Ang. de escora espec	25,0	deg	47,3	Cumple
	No debería ser menor de (>=)				
A.749(18) Ch3 – Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Área 0 a 30	0,0	deg		
	No debería ser menor de (>=)	0,150	m	6,214	Cumple



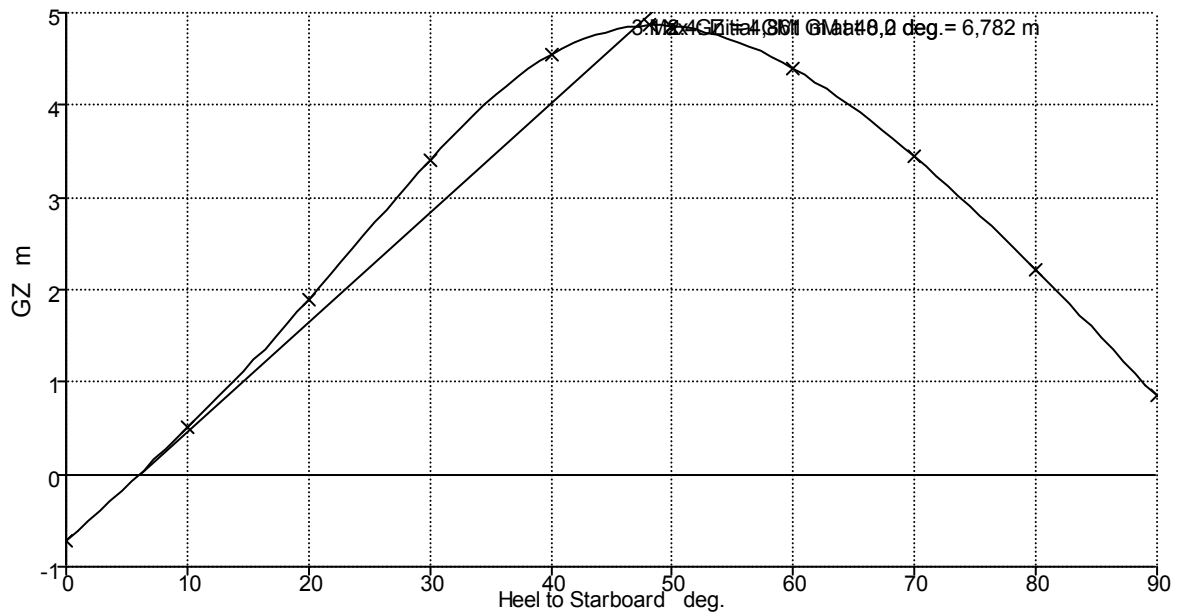
2.4.- SITUACIÓN DE CARGA 4

Llegada a puerto de carga, con
Trimado libre.
Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Peso en rosca	1	39264	138,890	16,570	0,000	0,000
Tank DF.5	1	11976	77,340	19,511	0,000	0,000
Tank DF.4	1	11976	117,340	19,511	0,000	0,000
Tank DF.3	1	11976	157,340	19,511	0,000	0,000
Tank DF.2	1	11976	197,340	19,511	0,000	0,000
Tank DF.1	1	11976	237,340	19,511	0,000	0,000
Tank DCBr. 1	100%	1434	235,934	17,291	19,177	0,000
Tank DCEr. 1	100%	2105	238,503	15,847	-19,248	0,000
Tank DCBr. 2	100%	3331	202,018	14,078	19,488	0,000
Tank DCEr. 2	100%	3540	202,404	13,550	-19,540	0,000
Tank DCBr. 3	100%	3535	161,716	13,372	19,542	0,000
Tank DCEr. 3	100%	3608	161,728	13,269	-19,578	0,000
Tank DCBr. 4	100%	3487	121,338	13,437	19,542	0,000
Tank DCEr. 4	100%	3559	121,285	13,289	-19,575	0,000
Tank DCBr. 5	100%	3192	81,156	14,614	19,484	0,000
Cofferdam 4	100%	1122	140,750	14,295	0,000	0,000
Tank PIQUE DE PROA	100%	8742	275,691	15,996	-1,396	0,000
Tank PIQUE DE POPA	100%	2310	12,395	13,216	-2,013	0,000
Cofferdam 1	100%	994	262,483	15,513	-1,130	0,000
Cofferdam 2	100%	1543	221,982	14,305	-0,015	0,000
Cofferdam 3	100%	1545	181,248	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 5	100%	1131	100,485	14,295	0,000	0,000
Cofferdam 6	100%	1188	60,175	14,423	-0,100	0,000
Tank HFOBr almacén	20%	284,1	51,357	17,332	16,438	1173,351
Tank HFOEr almacén	0%	0,0000	51,357	21,446	-16,447	0,000
Tank FOBr almacén	20%	42,76	41,215	17,332	18,391	66,343
Tank FOEr almacén	0%	0,0000	41,215	21,446	13,345	0,000
Tank IMO FO	32,6%	128,1	41,215	17,980	-16,447	325,611
Tank G.O. Br. Diario	40%	39,14	15,388	18,358	3,750	4,953
Tank G.O. Er. Diario	0%	0,0000	15,388	21,445	-3,750	0,000
Tank G.O. Br. Almacén	0%	0,0000	15,388	21,445	1,250	0,000
Tank G.O. Er. Almacén	0%	0,0000	15,388	21,445	-1,250	0,000
Tank D.O. Almacén	10%	46,85	10,413	16,814	0,000	379,470
Tank agua BR Popa	20%	122,6	10,510	17,431	12,233	676,879
Tank agua BR Proa	0%	0,0000	15,424	21,512	13,430	0,000
Tank agua destilada Er Popa	0%	0,0000	10,484	21,472	-13,056	0,000
Tank agua destilada Br Proa	0%	0,0000	15,388	21,445	-9,231	0,000
Tank agua destilada Er Proa	62,3%	260,5	15,427	19,530	-15,836	280,749
Tank Gravedad	10%	3,266	24,468	16,550	-12,187	1,171
Tank Almacén	10%	6,21	25,576	11,550	-14,475	35,400



Elemento	Cantidad	Peso (t)	Brazo Long. (m)	Brazo vertical (m)	Brazo Trans. (m)	FS Mom. t.m
Tank Renovación	10%	4,207	23,239	11,550	-13,385	9,444
Tank Refrigeración Bocina	10%	16,25	15,928	1,188	-0,265	36,608
Tank Sentina	100%	88,4	53,218	1,374	-0,065	0,000
Tank Aguas aceitosas	100%	35,78	33,115	1,872	-1,150	0,000
Tank aceite sucio	100%	36,67	48,575	0,978	0,002	0,000
	Peso total=	101633	LCG=160,417	VCG=13,447	TCG=0,180	2989,979
				FS corr.=0,029		
				VCG fluid=13,476		





Ang. escora a estribor	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Desplazamiento t	101546	101587	101626	101574	101662	101718
Calado a proa m	13,559	13,619	13,893	14,051	13,907	13,910
Calado a popa m	8,087	8,062	7,593	6,677	4,789	1,409
Eslora LA m	278,880	278,880	278,659	278,133	282,675	284,505
Calado m	13,579	14,201	16,578	18,349	19,451	19,820
Manga de LA m	43,007	43,668	45,722	46,616	41,672	34,966
Área mojada m ²	14322,338	14331,997	14423,356	14449,272	14437,759	14539,787
Área de LA m ²	10301,095	10440,344	10791,555	10893,367	10374,914	9264,480
Coef. Pris.	0,757	0,755	0,753	0,753	0,756	0,762
Coef. Bloque	0,637	0,600	0,491	0,435	0,459	0,537
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	5,262	5,047	5,290	5,316	5,399	5,442
VCB desde calado m	-5,206	-5,272	-5,542	-5,918	-6,187	-6,482
GZ m	-0,725	0,502	1,891	3,404	4,547	4,853
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-6,708	-6,443	-6,047	-5,017	-7,015	-8,943
TCF to zero pt. m	-0,380	2,111	4,755	8,417	12,148	13,680
Max inclinación de cubierta deg	1,2	10,1	20,0	30,0	40,0	50,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	-1,2	-1,2	-1,4	-1,6	-2,0	-2,7

Ang. escora a estribor	60,0	70,0	80,0	90,0
Desplazamiento t	101535	101561	101542	101575
Calado a proa m	14,128	14,941	17,562	N/A
Calado a popa m	-4,224	-15,202	-47,327	N/A
Eslora LA m	287,438	289,583	291,107	291,572
Calado m	19,902	19,642	19,270	20,310
Manga de LA m	30,930	28,506	27,200	26,785
Área mojada m ²	14503,673	14519,851	14559,142	14590,911
Área de LA m ²	8261,795	7654,444	7343,270	7225,106
Coef. Pris.	0,765	0,765	0,765	0,764
Coef. Bloque	0,604	0,664	0,709	0,684
LCB desde mitad del buque (+ve fwd) m	5,469	5,538	5,613	5,656
VCB desde calado m	-6,828	-7,159	-7,413	-7,575
GZ m	4,394	3,442	2,214	0,846
LCF desde mitad del barco (+ve fwd) m	-6,627	-4,720	-3,401	-2,531
TCF to zero pt. m	14,417	14,677	14,462	13,782
Max inclinación de cubierta deg	60,0	70,0	80,0	90,0
Ang. de trimado (+ve by stern) deg	-3,9	-6,5	-13,7	-90,0



Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Resultado
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 30				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec.	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño del</i>				
	Ang. de escora espec.	30,0	deg	30,0	
	Ang. de pérdida de estabilidad	90,0	deg		
	No debería ser menor de (>=)	3,151	m.deg	37,140	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 0 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	0,0	deg	0,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer Ang. de inundación	n/a	deg		
	Ang. de pérdida de estabilidad	90,0	deg		
	No debería ser menor de (>=)	5,157	m.deg	77,447	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Area 30 a 40				
	<i>Desde el más grande del</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec.	40,0	deg	40,0	
	Primer Ang. de inundación	n/a	deg		
	Ang. de pérdida de estabilidad	90,0	deg		
	No debería ser menor de (>=)	1,719	m.deg	40,307	Cumple
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.2: Max GZ a 30 o mayor				
	<i>En el rango desde el mayor de</i>				
	Ang. de escora espec	30,0	deg	30,0	
	<i>al más pequeño de</i>				
	Ang. de escora espec	180,0	deg		
	Ángulo de max. GZ	48,2	deg	48,2	
	No debería ser menor de (>=)	0,200	m	4,861	Cumple
	<i>Valores intermedios</i>				
	Ángulo al cual GZ occurs		deg	48,2	
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.4: Inicial GMt				
	Ang. de escora espec	25,0	deg	48,2	Cumple
	No debería ser menor de (>=)				
A.749(18) Ch3 - Criterio de diseño aplicable a todos los barcos	3.1.2.1: Área 0 a 30	0,0	deg		
	<i>Desde el más grande del</i>	0,150	m	6,782	Cumple



3.- ESFUERZO LONGITUDINAL

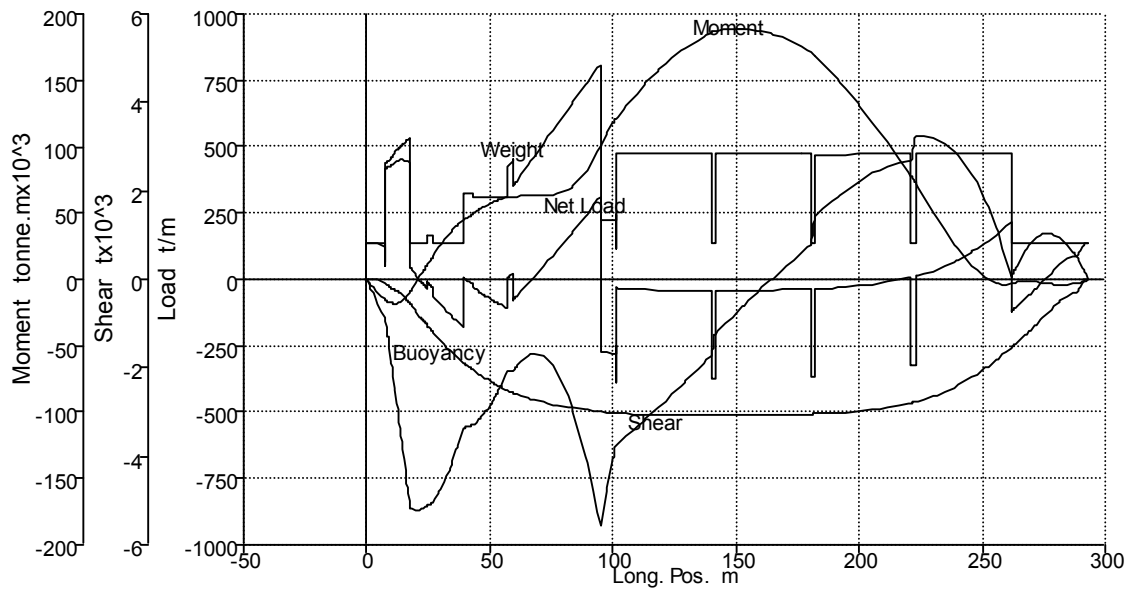
3.1.- SITUACIÓN DE CARGA 1

Salida de puerto de carga, con
Trimado libre.
Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Peso en rosca	1	39264	138,890	293,000	0,000	16,640	0,000
Tanque carga 5	1	11976	77,340	94,850	57,480	19,110	0,000
Tanque carga 4	1	11976	117,340	140,113	101,130	19,110	0,000
Tanque carga 3	1	11976	157,340	180,376	141,376	19,110	0,000
Tanque carga 2	1	11976	197,340	221,110	182,051	19,110	0,000
Tanque carga 1	1	11976	237,340	261,845	222,845	19,110	0,000
Tank DF.5	0%	0,0000	82,079			0,998	-0,773
Tank DF.4	0%	0,0000	121,346			0,916	-0,115
Tank DF.3	0%	0,0000	161,749			0,910	-0,062
Tank DF.2	0%	0,0000	202,152			0,935	-0,407
Tank DF.1	0%	0,0000	240,311			1,010	-1,185
Tank DCBr. 1	0%	0,0000	235,934			17,291	19,177
Tank DCEr. 1	0%	0,0000	238,503			15,847	-19,248
Tank DCBr. 2	0%	0,0000	202,018			14,078	19,488
Tank DCEr. 2	0%	0,0000	202,404			13,550	-19,540
Tank DCBr. 3	0%	0,0000	161,716			13,372	19,542
Tank DCEr. 3	0%	0,0000	161,728			13,269	-19,578
Tank DCBr. 4	0%	0,0000	121,338			13,437	19,542
Tank DCEr. 4	0%	0,0000	121,285			13,289	-19,575
Tank DCBr. 5	0%	0,0000	81,156			14,614	19,484
Cofferdam 4	0%	0,0000	140,750			14,295	0,000
Tank PIQUE DE PROA	0%	0,0000	275,691			15,996	-1,396



Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Tank PIQUE DE POPA	0%	0,000 0	12,395			13,216	-2,013
Cofferdam 1	0%	0,000 0	262,48 3			15,513	-1,130
Cofferdam 2	0%	0,000 0	221,98 2			14,305	-0,015
Cofferdam 3	0%	0,000 0	181,24 8			14,295	0,000
Cofferdam 5	0%	0,000 0	100,48 5			14,295	0,000
Cofferdam 6	0%	0,000 0	60,175			14,423	-0,100
Tank HFOBr almacen	100%	1421	51,357			21,446	16,438
Tank HFOEr almacen	100%	1423	51,357			21,446	-16,447
Tank FOBr almacén	100%	213,8	41,215			21,447	18,393
Tank FOEr almacén	100%	135,1	41,215			21,446	13,345
Tank IMO FO	100%	392,9	41,215			21,446	-16,447
Tank G.O. Br. Diario	100%	97,8	15,388			21,445	3,750
Tank G.O. Er. Diario	100%	97,8	15,388			21,445	-3,750
Tank G.O. Br. Almacén	100%	97,8	15,388			21,445	1,250
Tank G.O. Er. Almacén	100%	97,8	15,388			21,445	-1,250
Tank D.O. Almacén	100%	468,5	10,413			21,445	0,000
Tank agua BR Popa	100%	613	10,497			21,551	12,624
Tank agua BR Proa	100%	589	15,424			21,512	13,430
Tank agua destilada Er Popa	100%	663	10,484			21,472	-13,056
Tank agua destilada Br Proa	100%	198,3	15,388			21,445	-9,231
Tank agua destilada Er Proa	100%	418,1	15,426			21,465	-15,852
Tank Gravedad	0%	0,000 0	24,468			18,800	-12,187
Tank Almacén	100%	62,1	25,576			13,800	-14,475
Tank Renovación	0%	0,000 0	23,239			13,800	-13,385
Tank Refrigeración Bocina	100%	163,0	14,703			4,801	-0,379
Tank Sentina	0%	0,000 0	53,218			1,374	-0,065
Tank Aguas aceitosas	0%	0,000 0	33,115			1,872	-1,150
Tank aceite sucio	0%	0,000 0	48,575			0,978	0,002
	Peso total=	11254 8	LCG= 147,88			VCG=18,350	TCG=- 0,028



Sección	Long. Pos. m	Flotabilidad t/m	Peso t/m	Carga neta t/m
st 35	18,417	100,240	135,620	35,380
st 34	26,320	193,012	163,327	-29,685
st 33	34,224	272,425	135,792	-136,632
st 32	42,127	333,459	321,355	-12,104
st 31	50,031	383,086	310,597	-72,489
st 30	57,934	420,901	430,927	10,026
st 29	65,838	448,029	434,254	-13,775
st 28	73,742	467,610	536,972	69,361
st 27	81,645	481,581	638,891	157,310
st 26	89,549	492,120	739,938	247,818
st 25	97,452	500,161	223,770	-276,391
st 24	105,356	505,912	471,391	-34,522
st 23	113,259	510,180	471,446	-38,735
st 22	121,163	512,935	471,500	-41,434
st 21	129,066	513,544	471,555	-41,988
st 20	136,970	514,052	471,610	-42,442
st 19	144,873	513,924	471,446	-42,478
st 18	152,777	513,337	471,616	-41,721
st 17	160,681	512,290	471,786	-40,504
st 16	168,584	510,754	471,956	-38,798
st 15	176,488	508,637	472,126	-36,511
st 14	184,391	505,740	469,757	-35,983
st 13	192,295	501,690	470,664	-31,026
st 12	200,198	495,897	471,571	-24,327
st 11	208,102	487,631	472,477	-15,154
st 10	216,005	475,308	473,384	-1,924
st 9	223,909	458,540	472,235	13,695
st 8	231,813	435,741	472,425	36,684
st 7	239,716	402,406	472,616	70,210
st 6	247,620	358,228	472,807	114,579
st 5	255,523	304,744	472,998	168,254
st 4	263,427	244,734	138,294	-106,440
st 3	271,330	175,688	138,381	-37,308
st 2	279,234	102,941	138,467	35,525
st 1	287,137	51,537	138,553	87,016



Sección	Cortante $\times 10^3$	Moment. $t.m \times 10^3$
st 35	-5,192	-6,875
st 34	-5,056	16,089
st 33	-4,194	35,982
st 32	-3,311	48,242
st 31	-2,842	57,234
st 30	-2,068	61,758
st 29	-1,713	62,699
st 28	-1,834	62,965
st 27	-2,632	67,606
st 26	-4,137	82,134
st 25	-4,802	110,019
st 24	-3,545	130,713
st 23	-3,160	147,578
st 22	-2,746	162,022
st 21	-2,322	173,894
st 20	-1,894	183,142
st 19	-1,041	188,000
st 18	-0,614	188,616
st 17	-0,194	186,628
st 16	0,214	182,112
st 15	0,607	175,173
st 14	1,546	164,165
st 13	1,906	148,311
st 12	2,220	130,540
st 11	2,470	111,276
st 10	2,632	91,110
st 9	3,258	69,730
st 8	3,154	45,826
st 7	2,829	24,326
st 6	2,200	7,330
st 5	1,182	-2,486
st 4	0,243	-2,224
st 3	0,910	-1,833
st 2	1,010	-3,751
st 1	0,594	-3,567



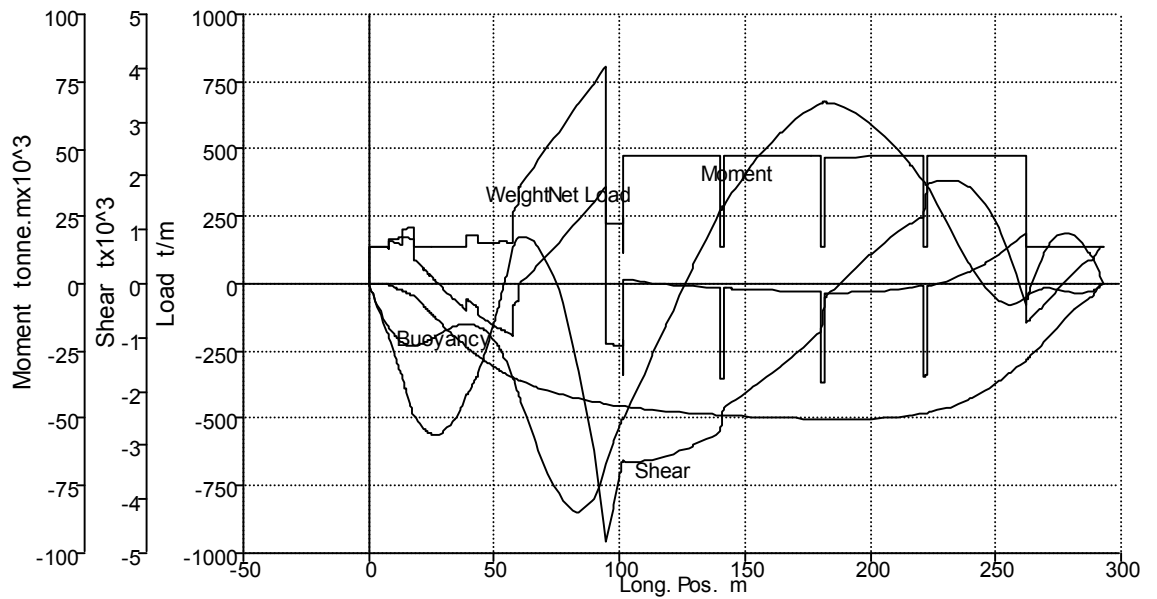
3.2.- SITUACIÓN DE CARGA 2

Llegada a puerto de descarga
 Trimado libre.
 Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Peso en rosca	1	39264	138,890	293,000	0,000	16,640	0,000
Tanque carga 5	1	11976	77,340	94,850	57,480	19,511	0,000
Tanque carga 4	1	11976	117,340	140,113	101,130	19,511	0,000
Tanque carga 3	1	11976	157,340	180,376	141,376	19,511	0,000
TANque carga 2	1	11976	197,340	221,110	182,051	19,511	0,000
Tanque carga 1	1	11976	237,340	261,845	222,845	19,511	0,000
Tank DF.5	0%	0,0000	82,079			0,998	-0,773
Tank DF.4	0%	0,0000	121,346			0,916	-0,115
Tank DF.3	0%	0,0000	161,749			0,910	-0,062
Tank DF.2	0%	0,0000	202,152			0,935	-0,407
Tank DF.1	0%	0,0000	240,311			1,010	-1,185
Tank DCBr. 1	0%	0,0000	235,934			17,291	19,177
Tank DCEr. 1	0%	0,0000	238,503			15,847	-19,248
Tank DCBr. 2	0%	0,0000	202,018			14,078	19,488
Tank DCEr. 2	0%	0,0000	202,404			13,550	-19,540
Tank DCBr. 3	0%	0,0000	161,716			13,372	19,542
Tank DCEr. 3	0%	0,0000	161,728			13,269	-19,578
Tank DCBr. 4	0%	0,0000	121,338			13,437	19,542
Tank DCEr. 4	0%	0,0000	121,285			13,289	-19,575
Tank DCBr. 5	0%	0,0000	81,156			14,614	19,484
Cofferdam 4	0%	0,0000	140,750			14,295	0,000
Tank PIQUE DE PROA	0%	0,0000	275,691			15,996	-1,396
Tank PIQUE DE POPA	0%	0,0000	12,395			13,216	-2,013
Cofferdam 1	0%	0,0000	262,483			15,513	-1,130



Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Cofferdam 2	0%	0,000 0	221,98 2			14,305	-0,015
Cofferdam 3	0%	0,000 0	181,24 8			14,295	0,000
Cofferdam 5	0%	0,000 0	100,48 5			14,295	0,000
Cofferdam 6	0%	0,000 0	60,175			14,423	-0,100
Tank HFOBr almacen	20%	284,2	51,475			17,397	17,166
Tank HFOEr almacen	0%	0,000 0	51,357			21,446	-16,447
Tank FOBr almacén	20%	42,75	41,222			17,356	18,665
Tank FOEr almacén	0%	0,000 0	41,215			21,446	13,345
Tank IMO FO	32,6%	128,1	41,219			18,019	-15,998
Tank G.O. Br. Diario	40%	39,14	15,393			18,360	3,772
Tank G.O. Er. Diario	0%	0,000 0	15,388			21,445	-3,750
Tank G.O. Br. Almacen	0%	0,000 0	15,388			21,445	1,250
Tank G.O. Er. Almacén	0%	0,000 0	15,388			21,445	-1,250
Tank D.O. Almacén	10%	46,86	10,440			16,941	1,428
Tank agua BR Popa	20%	122,7	10,563			17,508	13,089
Tank agua BR Proa	0%	0,000 0	15,424			21,512	13,430
Tank agua destilada Er Popa	0%	0,000 0	10,484			21,472	-13,056
Tank agua destilada Br Proa	0%	0,000 0	15,388			21,445	-9,231
Tank agua destilada Er Proa	62,3%	260,5	15,425			19,546	-15,649
Tank Gravedad	0%	0,000 0	24,468			18,800	-12,187
Tank Almacén	10%	6,21	25,586			11,639	-13,470
Tank Renovación	10%	4,208	23,250			11,585	-12,989
Tank Refrigeración Bocina	10%	16,29	15,930			1,202	-0,118
Tank Sentina	10%	8,84	53,259			0,238	2,739
Tank Aguas aceitosas	10%	3,578	33,367			0,926	-0,793
Tank aceite sucio	10%	3,668	48,715			-0,028	0,502
	Total Weight=	10636 3	LCG= 154,65			VCG=18,163	TCG=0 ,012



Sección	Long. Pos. m	Flotabilidad t/m	Peso t/m	Carga neta t/m
st 35	18,417	49,585	135,620	86,034
st 34	26,320	123,817	138,513	14,696
st 33	34,224	196,782	136,278	-60,503
st 32	42,127	257,504	178,735	-78,768
st 31	50,031	309,217	153,930	-155,287
st 30	57,934	350,223	274,382	-75,841
st 29	65,838	381,077	434,254	53,177
st 28	73,742	404,674	536,972	132,297
st 27	81,645	422,823	638,891	216,068
st 26	89,549	437,618	739,938	302,320
st 25	97,452	449,943	223,770	-226,174
st 24	105,356	459,990	471,391	11,401
st 23	113,259	468,559	471,446	2,887
st 22	121,163	475,616	471,500	-4,115
st 21	129,066	480,524	471,555	-8,968
st 20	136,970	485,329	471,610	-13,719
st 19	144,873	489,497	471,446	-18,051
st 18	152,777	493,202	471,616	-21,586
st 17	160,681	496,444	471,786	-24,658
st 16	168,584	499,195	471,956	-27,239
st 15	176,488	501,367	472,126	-29,241
st 14	184,391	502,762	469,757	-33,004
st 13	192,295	503,005	470,664	-32,341
st 12	200,198	501,505	471,571	-29,935
st 11	208,102	497,527	472,477	-25,049
st 10	216,005	489,461	473,384	-16,077
st 9	223,909	476,859	472,235	-4,625
st 8	231,813	458,001	472,425	14,424
st 7	239,716	427,978	472,616	44,638
st 6	247,620	386,006	472,807	86,801
st 5	255,523	333,054	472,998	139,943
st 4	263,427	271,404	138,294	-133,110
st 3	271,330	197,156	138,381	-58,776
st 2	279,234	115,936	138,467	22,531
st 1	287,137	54,242	138,553	84,311



Sección	Cortante $\times 10^3$	Moment. $t.m \times 10^3$
st 35	-2,490	-22,958
st 34	-2,800	-19,828
st 33	-2,510	-15,868
st 32	-1,814	-15,438
st 31	-0,713	-21,021
st 30	0,719	-36,215
st 29	0,774	-57,192
st 28	0,139	-74,857
st 27	-1,141	-84,216
st 26	-3,095	-80,022
st 25	-4,175	-59,061
st 24	-3,298	-42,152
st 23	-3,260	-26,207
st 22	-3,159	-10,086
st 21	-3,013	5,797
st 20	-2,830	21,117
st 19	-2,188	33,845
st 18	-1,938	43,854
st 17	-1,661	52,518
st 16	-1,362	59,642
st 15	-1,044	65,068
st 14	-0,147	66,880
st 13	0,206	64,030
st 12	0,546	59,176
st 11	0,857	52,479
st 10	1,113	44,264
st 9	1,866	33,955
st 8	1,922	19,980
st 7	1,786	7,022
st 6	1,367	-3,021
st 5	0,573	-7,610
st 4	-0,149	-3,879
st 3	0,710	-1,661
st 2	0,947	-3,077
st 1	0,593	-3,190



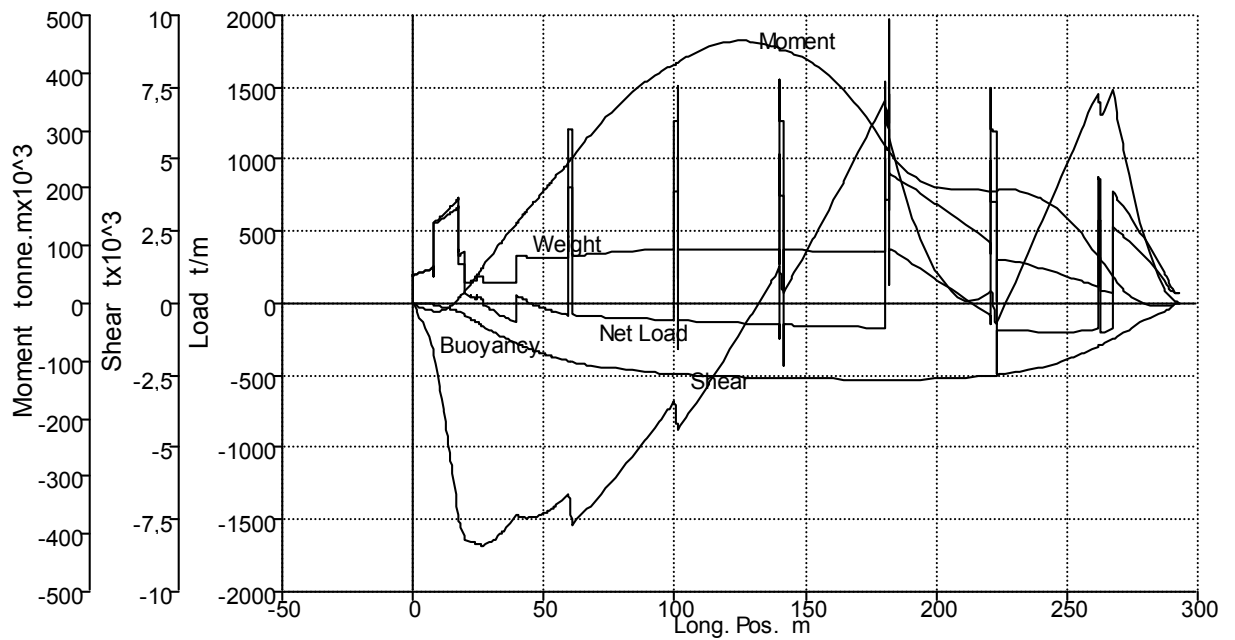
3.3.- SITUACIÓN DE CARGA 3

Salida de puerto de descarga
 Trimado libre.
 Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Lightship	1	39264	138,890	293,000	0,000	16,470	0,000
Tanque carga 5	0	11976	77,340	94,850	57,480	19,511	0,000
Tanque carga 4	0	11976	117,340	140,113	101,130	19,511	0,000
Tanque carga 3	0	11976	157,340	180,376	141,376	19,511	0,000
TAnque carga 2	0	11976	197,340	221,110	182,051	19,511	0,000
Tanque carga 1	0	11976	237,340	261,845	222,845	19,511	0,000
Tank DF.5	100%	2661	82,079			0,998	-0,773
Tank DF.4	100%	3155	121,346			0,916	-0,115
Tank DF.3	100%	3215	161,749			0,910	-0,062
Tank DF.2	100%	3093	202,152			0,935	-0,407
Tank DF.1	100%	1884	240,311			1,010	-1,185
Tank DCBr. 1	100%	1434	235,934			17,291	19,177
Tank DCEr. 1	100%	2105	238,503			15,847	-19,248
Tank DCBr. 2	100%	3331	202,018			14,078	19,488
Tank DCEr. 2	100%	3540	202,404			13,550	-19,540
Tank DCBr. 3	100%	3535	161,716			13,372	19,542
Tank DCEr. 3	100%	3608	161,728			13,269	-19,578
Tank DCBr. 4	100%	3487	121,338			13,437	19,542
Tank DCEr. 4	100%	3559	121,285			13,289	-19,575
Tank DCBr. 5	100%	3192	81,156			14,614	19,484
Cofferdam 4	100%	1122	140,750			14,295	0,000
Tank PIQUE DE PROA	100%	8742	275,691			15,996	-1,396
Tank PIQUE DE POPA	100%	2310	12,395			13,216	-2,013
Cofferdam 1	100%	994	262,483			15,513	-1,130
Cofferdam 2	100%	1543	221,982			14,305	-0,015



Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Cofferdam 3	100%	1545	181,248			14,295	0,000
Cofferdam 5	100%	1131	100,485			14,295	0,000
Cofferdam 6	100%	1188	60,175			14,423	-0,100
Tank HFOBr almacen	100%	1421	51,357			21,446	16,438
Tank HFOEr almacen	100%	1423	51,357			21,446	-16,447
Tank FOBr almacén	100%	213,8	41,215			21,447	18,393
Tank FOEr almacén	100%	135,1	41,215			21,446	13,345
Tank IMO FO	100%	392,9	41,215			21,446	-16,447
Tank G.O. Br. Diario	100%	97,8	15,388			21,445	3,750
Tank G.O. Er. Diario	100%	97,8	15,388			21,445	-3,750
Tank G.O. Br. Almacen	100%	97,8	15,388			21,445	1,250
Tank G.O. Er. Almacen	100%	97,8	15,388			21,445	-1,250
Tank D.O. almacén	100%	468,5	10,413			21,445	0,000
Tank agua BR Popa	100%	613	10,497			21,551	12,624
Tank agua BR Proa	100%	589	15,424			21,512	13,430
Tank agua destilada Er Popa	100%	663	10,484			21,472	-13,056
Tank agua destilada Br Proa	100%	198,3	15,388			21,445	-9,231
Tank agua destilada Er Proa	100%	418,1	15,426			21,465	-15,852
Tank Gravedad	100%	32,66	24,468			18,800	-12,187
Tank almacén	100%	62,1	25,576			13,800	-14,475
Tank Renovación	0%	0,0000	23,239			13,800	-13,385
Tank Refrigeración Bocina	100%	163,0	14,703			4,801	-0,379
Tank Sentina	0%	0,0000	53,218			1,374	-0,065
Tank Aguas aceitosas	0%	0,0000	33,115			1,872	-1,150
Tank aceite sucio	0%	0,0000	48,575			0,978	0,002
	Peso total=	113683	LCG=152,98			VCG=14,320	TCG=0,123



Sección	Long. Pos. m	Flotabilidad t/m	Peso t/m	Carga neta t/m
st 35	18,417	64,485	341,734	277,249
st 34	26,320	151,755	182,735	30,980
st 33	34,224	232,639	145,922	-86,717
st 32	42,127	296,788	329,133	32,345
st 31	50,031	349,870	316,023	-33,847
st 30	57,934	391,172	313,729	-77,444
st 29	65,838	421,686	336,946	-84,741
st 28	73,742	444,548	350,927	-93,621
st 27	81,645	461,742	361,794	-99,948
st 26	89,549	475,493	369,625	-105,868
st 25	97,452	486,750	373,900	-112,850
st 24	105,356	495,724	375,852	-119,872
st 23	113,259	503,217	376,262	-126,955
st 22	121,163	509,199	375,397	-133,801
st 21	129,066	513,043	373,372	-139,671
st 20	136,970	516,785	371,242	-145,543
st 19	144,873	519,893	368,884	-151,009
st 18	152,777	522,530	366,482	-156,048
st 17	160,681	524,693	364,096	-160,597
st 16	168,584	526,355	361,699	-164,656
st 15	176,488	527,437	359,046	-168,390
st 14	184,391	527,747	881,237	353,491
st 13	192,295	526,912	786,215	259,303
st 12	200,198	524,336	689,498	165,163
st 11	208,102	519,274	589,722	70,448
st 10	216,005	510,075	486,235	-23,839
st 9	223,909	496,228	306,648	-189,580
st 8	231,813	476,017	281,811	-194,206
st 7	239,716	444,711	247,980	-196,731
st 6	247,620	401,591	203,285	-198,306
st 5	255,523	347,430	154,032	-193,398
st 4	263,427	284,161	80,221	-203,940



Sección	Long. Pos. m	Flotabilidad t/m	Peso t/m	Carga neta t/m
st 3	271,330	206,829	679,959	473,130
st 2	279,234	120,899	457,402	336,503
st 1	287,137	54,582	219,286	164,705

Sección	Cortante tx10 ³	Moment. t.mx10 ³
st 35	-7,747	13,055
st 34	-8,381	60,757
st 33	-7,937	109,169
st 32	-7,429	153,057
st 31	-7,291	196,453
st 30	-6,749	237,782
st 29	-7,211	281,358
st 28	-6,412	322,311
st 27	-5,553	357,427
st 26	-4,648	386,296
st 25	-3,690	408,542
st 24	-3,809	429,244
st 23	-2,741	445,882
st 22	-1,618	454,579
st 21	-0,445	454,929
st 20	0,774	446,552
st 19	0,916	433,720
st 18	2,222	415,695
st 17	3,566	387,927
st 16	4,944	350,127
st 15	6,353	302,044
st 14	4,984	249,783
st 13	2,655	218,017
st 12	1,069	202,343
st 11	0,227	196,992
st 10	0,132	196,101
st 9	-0,516	196,436
st 8	1,087	195,834
st 7	2,721	183,163
st 6	4,375	158,217
st 5	6,024	120,918
st 4	6,583	72,570
st 3	5,544	24,614
st 2	2,410	-0,183
st 1	0,593	-3,190



3.4.- SITUACIÓN DE CARGA 4

Llegada a puerto de carga

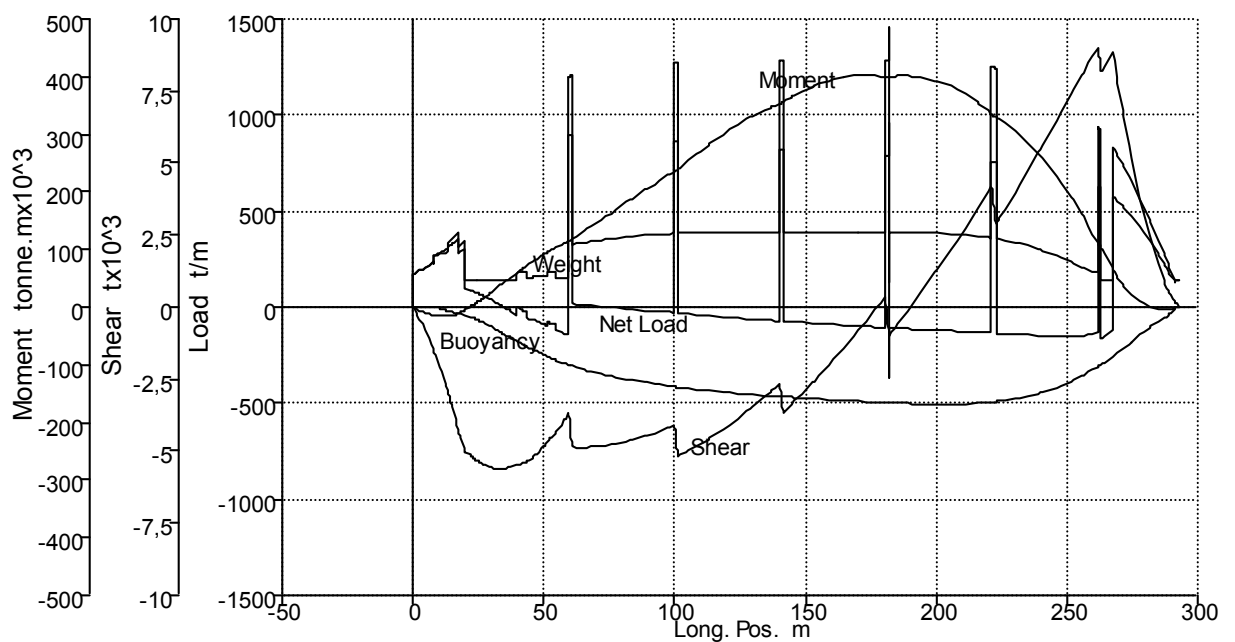
Trimado libre.

Densidad = 1,025 t/m³.

Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Peso en rosca	1	39264	138,890	293,000	0,000	16,640	0,000
Tank DF.5	100%	11976	77,340			0,998	-0,773
Tank DF.4	100%	11976	117,340			0,916	-0,115
Tank DF.3	100%	11976	157,340			0,910	-0,062
Tank DF.2	100%	11976	197,340			0,935	-0,407
Tank DF.1	100%	11976	237,340			1,010	-1,185
Tank DCBr. 1	100%	1434	235,934			17,291	19,177
Tank DCEr. 1	100%	2105	238,503			15,847	-19,248
Tank DCBr. 2	100%	3331	202,018			14,078	19,488
Tank DCEr. 2	100%	3540	202,404			13,550	-19,540
Tank DCBr. 3	100%	3535	161,716			13,372	19,542
Tank DCEr. 3	100%	3608	161,728			13,269	-19,578
Tank DCBr. 4	100%	3487	121,338			13,437	19,542
Tank DCEr. 4	100%	3559	121,285			13,289	-19,575
Tank DCBr. 5	100%	3192	81,156			14,614	19,484
Cofferdam 4	100%	1122	140,750			14,295	0,000
Tank PIQUE DE PROA	100%	8742	275,691			15,996	-1,396
Tank PIQUE DE POPA	100%	2310	12,395			13,216	-2,013
.Cofferdam 1	100%	994	262,483			15,513	-1,130
Cofferdam 2	100%	1543	221,982			14,305	-0,015
Cofferdam 3	100%	1545	181,248			14,295	0,000
Cofferdam 5	100%	1131	100,485			14,295	0,000
Cofferdam 6	100%	1188	60,175			14,423	-0,100
Tank HFOBr almacen	20%	284,2	51,579			17,350	16,799
Tank HFOEr almacen	0%	0,0000	51,357			21,446	-16,447
Tank FOBr almacén	20%	42,77	41,229			17,339	18,527



Elemento	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Limit a Er.m	Limit A Br. m	Brazo Vert. m	Brazo Trans. m
Tank FOEr almacén	0%	0,000 0	41,215			21,446	13,345
Tank IMO FO	32,6%	128,1	41,223			17,989	-16,224
Tank G.O. Br. Diario	40%	39,14	15,397			18,359	3,761
Tank G.O. Er. Diario	0%	0,000 0	15,388			21,445	-3,750
Tank G.O. Br. almacén	0%	0,000 0	15,388			21,445	1,250
Tank G.O. Er. almacén	0%	0,000 0	15,388			21,445	-1,250
Tank D.O. almacén	10%	46,86	10,463			16,846	0,709
Tank agua BR Popa	20%	122,7	10,554			17,450	12,655
Tank agua BR Proa	0%	0,000 0	15,424			21,512	13,430
Tank agua destilada Er Popa	0%	0,000 0	10,484			21,472	-13,056
Tank agua destilada Br Proa	0%	0,000 0	15,388			21,445	-9,231
Tank agua destilada Er Proa	62,3%	260,5	15,430			19,534	-15,744
Tank Gravedad	10%	3,266	24,544			16,552	-12,155
Tank Almacén	10%	6,21	25,594			11,572	-13,976
Tank Renovación	10%	4,208	23,259			11,559	-13,189
Tank Refrigeración Bocina	10%	16,30	15,945			1,193	-0,192
Tank Sentina	100%	88,4	53,218			1,374	-0,065
Tank Aguas aceitosas	100%	35,78	33,115			1,872	-1,150
Tank aceite sucio	100%	36,67	48,575			0,978	0,002
	Peso total=	10163 4	LCG= 160,41			VCG=13,447	TCG=0 ,182





Sección	Long. Pos. m	Flotabilidad t/m	Peso t/m	Carga neta t/m
st 35	18,417	37,507	326,900	289,393
st 34	26,320	75,797	139,298	63,501
st 33	34,224	135,502	140,396	4,894
st 32	42,127	195,161	178,868	-16,293
st 31	50,031	248,558	159,147	-89,411
st 30	57,934	292,407	154,648	-137,759
st 29	65,838	326,601	336,222	9,621
st 28	73,742	353,659	352,555	-1,104
st 27	81,645	375,238	365,774	-9,464
st 26	89,549	393,419	375,957	-17,461
st 25	97,452	409,117	382,584	-26,534
st 24	105,356	422,541	386,888	-35,653
st 23	113,259	434,490	389,650	-44,840
st 22	121,163	444,928	391,137	-53,791
st 21	129,066	453,228	391,463	-61,765
st 20	136,970	461,425	391,685	-69,740
st 19	144,873	468,988	391,679	-77,309
st 18	152,777	476,072	391,629	-84,444
st 17	160,681	482,673	391,594	-91,078
st 16	168,584	488,766	391,550	-97,217
st 15	176,488	494,281	391,248	-103,032
st 14	184,391	499,030	390,403	-108,626
st 13	192,295	502,638	388,613	-114,025
st 12	200,198	504,508	385,128	-119,380
st 11	208,102	503,893	378,583	-125,310
st 10	216,005	499,149	368,328	-130,821
st 9	223,909	489,771	352,961	-136,810
st 8	231,813	474,007	330,475	-143,531
st 7	239,716	446,978	298,996	-147,982
st 6	247,620	407,674	256,653	-151,020
st 5	255,523	356,479	209,752	-146,727
st 4	263,427	294,899	138,294	-156,606
st 3	271,330	216,941	740,383	523,441
st 2	279,234	127,824	520,177	392,353
st 1	287,137	55,367	284,414	229,047



Sección	Cortante tx10 ³	Momnt. t.mx10 ³
st 35	-4,556	-8,616
st 34	-5,431	13,835
st 33	-5,608	40,308
st 32	-5,413	67,199
st 31	-4,820	92,021
st 30	-3,892	111,573
st 29	-4,859	133,009
st 28	-4,796	157,523
st 27	-4,658	181,979
st 26	-4,456	205,838
st 25	-4,186	228,597
st 24	-4,976	255,205
st 23	-4,563	283,011
st 22	-4,077	308,002
st 21	-3,525	329,647
st 20	-2,911	347,429
st 19	-3,357	365,494
st 18	-2,622	382,968
st 17	-1,833	395,172
st 16	-0,994	401,686
st 15	-0,107	402,132
st 14	-0,720	400,997
st 13	0,255	400,427
st 12	1,272	392,731
st 11	2,332	377,582
st 10	3,436	354,632
st 9	3,042	326,509
st 8	4,238	299,094
st 7	5,483	262,776
st 6	6,761	217,230
st 5	8,042	162,291
st 4	8,233	99,223
st 3	6,813	39,520
st 2	3,265	6,132
st 1	0,905	-2,989



4. ESTABILIDAD EN AVERÍAS

Según el código CIG se estudiarán los siguientes casos de averías:

En el costado se cogerá

-Una extensión longitudinal, la menor de:

$$1/3 \cdot L^{2/3} \text{ m}$$

$$14,5 \text{ m}$$

Se cogerá, 14,5 m

-Una extensión transversal hacia el interior del buque, desde el costado, perpendicular al eje longitudinal, a nivel de la línea de carga de verano, la menor de.

$$B/5 \text{ m}$$

$$11,5 \text{ m}$$

Se cogerá, 9,184 m

-Extensión vertical desde la línea de trazado de la chapa del forro del fondo en el eje longitudinal hacia arriba sin límite.

En el fondo se cogerá

- A $0,3 \cdot L$ de la perpendicular de proa del buque en cualquier parte de buque, 87,9 m

-Extensión longitudinal, la menor de;

$$1/3 \cdot L^{2/3} \text{ m}$$

$$14,5 \text{ m}$$

Se cogerá, 14,5 m

-Extensión transversal, la menor de:

$$B/6 \text{ m}$$

$$10 \text{ m}$$

Se cogerá, 7,17 m

-Extensión vertical, la menor de:

$$B/15 \text{ m}$$

$$2 \text{ m}$$

Se cogerá, 2 m



Las permeabilidades de los espacios que se supone averiados serán las siguientes:

Espacios Permeabilidad

Asignados a pertrechos 0,60

Ocupados como alojamientos 0,95

Ocupados por maquinaria 0,85

Espacios perdidos 0,95

Destinados a líquidos consumibles 0 a 0,95

Destinados a otros líquidos 0 a 0,95

Cuando la avería suponga perforación de un tanque que contenga líquido se considerará que el contenido de tal compartimiento se ha perdido por completo y que ha sido reemplazado por agua salada hasta el nivel del plano final de equilibrio.

HIPÓTESIS DE CONSERVACIÓN DE FLOTABILIDAD

Según normas del Lloyd's, se cumplirán los criterios de estabilidad si se satisfacen los siguientes requisitos;

“La flotación final, teniendo en cuenta la inmersión, la escora y el asiento queda por debajo del canto inferior de cualquier abertura por la cual pueda producirse una inundación progresiva. Dichas aberturas incluirán los respiros y las que se cierren mediante puertas o tapas de escotilla estancas a la intemperie y podrán excluir las aberturas cerradas por medio de tapas de registros y tapas a ras de cubierta estancas, las pequeñas tapas de escotillas estancas de tanques de carga que mantengan la alta integridad de la cubierta, las puertas estancas correderas maniobrables a distancia y los portillos laterales de cierre permanente”

“En la etapa final de la inundación, el ángulo de escora producido por la inundación asimétrica no excederá de 25°; pero dicho ángulo podrá aumentarse hasta 30° si no se produce inmersión del canto de cubierta”

“Se investigará la estabilidad en la fase de inundación y cabrá considerarla como suficiente si la curva de brazos adrizantes tiene un alcance mínimo de 20° más allá de la posición de equilibrio, con un brazo adrizante residual máximo de por lo menos 0,1 m dentro de ese margen de 20°; el área que quede bajo la curva dentro de tal margen no será inferior a 0,0175m·rad. Las aberturas no protegidas no deberán quedar sumergidas cuando se esté dentro de dicho margen, al menos de que el espacio de que se trate se suponga inundado. Dentro del citado margen podrá permitirse la inmersión de las aberturas enumeradas en el apartado 1 y de las demás aberturas que puedan cerrarse de manera estanca a la intemperie”



“La Administración quedará satisfecha de que la estabilidad es suficiente durante las etapas intermedias de inundación”

“No se tomará en consideración, dado que existan, las disposiciones de equilibrado que necesiten mecanismos auxiliares tales como válvulas o tuberías de adrizamiento transversal, para reducir el ángulo de escora o alcanzar el margen mínimo de estabilidad residual señalada en los apartados 1, 2 y 3, y deberá mantenerse estabilidad residual suficiente en todas las fases del equilibrado cuando se esté tratando de conseguir este. Cabrá considerar que los espacios unidos por conductos de gran sección transversal son comunes”

Averías

Valores obtenidos de averías se consideran en la situación de salida de puerto de carga, que es considerada la situación de carga más perjudicial a la hora de producirse una avería.

Se van a estudiar los siguientes casos;

Para la avería de costado, la zona del tanque 3 desde el mamparo que lo divide con el tanque 2 hasta el cofferdam de separación del taque 4, este no incluido.

Cumpliendo el que pueda afectar a 14,5 m de eslora, toda la vertical y una extensión hacia dentro de 7,17 m, según normativa.

Para la avería de fondo, se ha supuesto dañado el doble fondo del tanque 2, cumpliendo estar a menos de 87,9 metros de la perpendicular de proa, y esta avería afectará a 14,5 m. de eslora, 2 m de alto y una extensión hacia el interior de 7,17.



4.1.-CALCULOS

- Avería en el costado

Peso en rosca	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Brazo vert. m	Brazo trans. m
Peso en rosca	1	39264	138,890	16,640	0,000
Tanque carga 5	1	11976	77,340	19,510	0,000
Tanque carga 4	1	11976	117,340	19,510	0,000
Tanque carga 3	0	11976	157,340	19,510	0,000
Tanque carga 2	1	11976	197,340	19,510	0,000
Tanque carga 1	1	11976	237,340	19,510	0,000
Tank DF.5	0%	0,0000	82,079	0,998	-0,773
Tank DF.4	0%	0,0000	121,346	0,916	-0,115
Tank DF.3	0%	0,0000	161,749	0,910	-0,062
Tank DF.2	0%	0,0000	202,152	0,935	-0,407
Tank DF.1	0%	0,0000	240,311	1,010	-1,185
Tank DCBr. 1	0%	0,0000	235,934	17,291	19,177
Tank DCEr. 1	0%	0,0000	238,503	15,847	-19,248
Tank DCBr. 2	0%	0,0000	202,018	14,078	19,488
Tank DCEr. 2	0%	0,0000	202,404	13,550	-19,540
Tank DCBr. 3	100%	3535	161,716	13,372	19,542
Tank DCEr. 3	0%	0,0000	161,728	13,269	-19,578
Tank DCBr. 4	0%	0,0000	121,338	13,437	19,542
Tank DCEr. 4	0%	0,0000	121,285	13,289	-19,575
Tank DCBr. 5	0%	0,0000	81,156	14,614	19,484
Cofferdam 4	0%	0,0000	140,750	14,295	0,000
Tank PIQUE DE PROA	0%	0,0000	275,691	15,996	-1,396
Tank PIQUE DE POPA	0%	0,0000	12,395	13,216	-2,013
Cofferdam 1	0%	0,0000	262,483	15,513	-1,130
Cofferdam 2	0%	0,0000	221,982	14,305	-0,015
Cofferdam 3	0%	0,0000	181,248	14,295	0,000
Cofferdam 5	0%	0,0000	100,485	14,295	0,000
Cofferdam 6	0%	0,0000	60,175	14,423	-0,100
Tank HFOBr almacén	100%	1421	51,357	21,446	16,438
Tank HFOEr almacén	100%	1423	51,357	21,446	-16,447
Tank FOBr almacén	100%	213,8	41,215	21,447	18,393
Tank FOEr almacén	100%	135,1	41,215	21,446	13,345
Tank IMO FO	100%	392,9	41,215	21,446	-16,447
Tank G.O. Br. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	3,750
Tank G.O. Er. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	-3,750
Tank G.O. Br. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	1,250
Tank G.O. Er. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	-1,250
Tank D.O. Almacén	100%	468,5	10,413	21,445	0,000
Tank agua BR Popa	100%	613	10,497	21,551	12,624
Tank agua BR Proa	100%	589	15,424	21,512	13,430
Tank agua destilada Er Popa	100%	663	10,484	21,472	-13,056
Tank agua destilada Br Proa	100%	198,3	15,388	21,445	-9,231
Tank agua destilada Er Proa	100%	418,1	15,426	21,465	-15,852
Tank Gravedad	0%	0,0000	24,468	18,800	-12,187
Tank Almacén	100%	62,1	25,576	13,800	-14,475
Tank Renovación	0%	0,0000	23,239	13,800	-13,385



Peso en rosca	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Brazo vert. m	Brazo trans. m
Tank Refrigeración Bocina	100%	163,0	14,703	4,801	-0,379
Tank Sentina	0%	0,0000	53,218	1,374	-0,065
Tank Aguas aceitosas	0%	0,0000	33,115	1,872	-1,150
Tank aceite sucio	0%	0,0000	48,575	0,978	0,002
Tank 46	95%	32981	160,903	13,747	0,657
	Peso total=	136014	LCG=150,151	VCG=17,032	TCG=0,644

Calado en medio del buque. m	13,774
Desplazamiento t	135962
Escora a Re. en grados	20,0
Calado a proa m	14,855
Calado a popa m	12,693
Calado a LCF m	13,667
Trimado (+ve by stern) m	-2,162
Eslora en la LA m	288,047
Manga en la LA m	45,760
Area mojada m ²	16617,462
Area en la LA m ²	11637,080
Coef. Pris.	0,834
Coef. Bloq.	0,567
Coef. Área a mitad del barco	0,685
Coef. Área mojada	0,954
LCB desde el centro del buque (+ve fwd) m	-4,996
LCF desde el centro del buque (+ve fwd) m	-13,113
KB m	6,965
KG solid m	17,032
BMt m	13,851
BML m	494,808
Gmt m	3,329
GML m	484,286
KMt m	20,816
KML m	501,773
Inmersión (TPc) t/cm	119,303
MTc t.m	2471,185
RM a 1grado = GMt.Disp.sin(1) t.m	7900,103
Max inclinación de quilla deg	20,0
Angulo de trimado (+ve by stern) deg	-0,5



-AVERÍA DEL FONDO

Peso en rosca	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Brazo vert. m	Brazo trans. m
Peso en rosca	1	39264	138,890	16,640	0,000
Tanque carga 5	1	11976	77,340	19,110	0,000
Tanque carga 4	1	11976	117,340	19,110	0,000
Tanque carga 3	1	11976	157,340	19,110	0,000
Tanque carga 2	1	11976	197,340	19,110	0,000
Tanque carga 1	1	11976	237,340	19,110	0,000
Tank DF.5	0%	0,0000	82,079	0,998	-0,773
Tank DF.4	0%	0,0000	121,346	0,916	-0,115
Tank DF.3	50%	1608	161,811	0,853	8,662
Tank DF.2	0%	0,0000	202,152	0,935	-0,407
Tank DF.1	0%	0,0000	240,311	1,010	-1,185
Tank DCBr. 1	0%	0,0000	235,934	17,291	19,177
Tank DCEr. 1	0%	0,0000	238,503	15,847	-19,248
Tank DCBr. 2	0%	0,0000	202,018	14,078	19,488
Tank DCEr. 2	0%	0,0000	202,404	13,550	-19,540
Tank DCBr. 3	100%	3535	161,716	13,372	19,542
Tank DCEr. 3	0%	0,0000	161,728	13,269	-19,578
Tank DCBr. 4	0%	0,0000	121,338	13,437	19,542
Tank DCEr. 4	0%	0,0000	121,285	13,289	-19,575
Tank DCBr. 5	0%	0,0000	81,156	14,614	19,484
Cofferdam 4	0%	0,0000	140,750	14,295	0,000
Tank PIQUE DE PROA	0%	0,0000	275,691	15,996	-1,396
Tank PIQUE DE POPA	0%	0,0000	12,395	13,216	-2,013
Cofferdam 1	0%	0,0000	262,483	15,513	-1,130
Cofferdam 2	0%	0,0000	221,982	14,305	-0,015
Cofferdam 3	0%	0,0000	181,248	14,295	0,000
Cofferdam 5	0%	0,0000	100,485	14,295	0,000
Cofferdam 6	0%	0,0000	60,175	14,423	-0,100
Tank HFOBr almacén	100%	1421	51,357	21,446	16,438
Tank HFOEr almacén	100%	1423	51,357	21,446	-16,447
Tank FOBr almacén	100%	213,8	41,215	21,447	18,393
Tank FOEr almacén	100%	135,1	41,215	21,446	13,345
Tank IMO FO	100%	392,9	41,215	21,446	-16,447
Tank G.O. Br. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	3,750
Tank G.O. Er. Diario	100%	97,8	15,388	21,445	-3,750
Tank G.O. Br. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	1,250
Tank G.O. Er. Almacén	100%	97,8	15,388	21,445	-1,250
Tank D.O. Almacén	100%	468,5	10,413	21,445	0,000
Tank agua BR Popa	100%	613	10,497	21,551	12,624
Tank agua BR Proa	100%	589	15,424	21,512	13,430
Tank agua destilada Er Popa	100%	663	10,484	21,472	-13,056
Tank agua destilada Br Proa	100%	198,3	15,388	21,445	-9,231
Tank agua destilada Er Proa	100%	418,1	15,426	21,465	-15,852
Tank Gravedad	0%	0,0000	24,468	18,800	-12,187
Tank Almacén	100%	62,1	25,576	13,800	-14,475
Tank Renovación	0%	0,0000	23,239	13,800	-13,385



Peso en rosca	Cantidad	Peso t	Brazo long. m	Brazo vert. m	Brazo trans. m
Tank Refrigeración Bocina	100%	163,0	14,703	4,801	-0,379
Tank Sentina	0%	0,0000	53,218	1,374	-0,065
Tank Aguas aceitosas	0%	0,0000	33,115	1,872	-1,150
Tank aceite sucio	0%	0,0000	48,575	0,978	0,002
Tank 46	0%	0,0000	160,884	14,295	0,000
	Peso total=	117691	LCG=14 8,487	VCG=17,962	TCG=0,6 78

Calado en medio del buque. m	12,053
Desplazamiento t	117682
Escora a Re. en grados	20,0
Calado a proa m	12,379
Calado a popa m	11,728
Calado a LCF m	12,022
Trimado (+ve by stern) m	-0,651
Eslora en la LA m	286,352
Manga en la LA m	45,756
Área mojada m ²	15599,710
Área en la LA m ²	11392,061
Coef. Pris.	0,831
Coef. Bloq.	0,537
Coef. área a mitad del barco	0,647
Coef. área mojada	0,934
LCB desde el centro del buque (+ve fwd) m	-6,736
LCF desde el centro del buque (+ve fwd) m	-12,804
KB m	6,050
KG solid m	17,962
BMt m	15,453
BML m	543,845
GMt m	2,945
GML m	531,337
KMt m	21,502
KML m	549,895
Inmersión (TPc) t/cm	116,791
MTc t.m	2346,749
RM a 1grado = GMt.Disp.sin(1) t.m	6047,700
Max inclinación de quilla deg	20,0
Angulo de trimado (+ve by stern) deg	-0,1



0.- INTRODUCCIÓN:

Las sociedades de clasificación desempeñan un papel de gran importancia en el proyecto, clasificación, construcción y operación de buques LNG. Los primeros proyectos de buques con tanques esféricos se desarrollaron en Noruega, con la intensa participación de la sociedad de clasificación Det Norske Veritas. En los más recientes diseños de tanques de membrana intervienen directamente otras sociedades como, ABS, BY y Lloyd's Register.

Este cuadernillo se basa en las normas del Lloyd's Register. Se ha empleado para ello los volúmenes 3 y 4 de "Rules and Regulations for the Classification of Ships"

- Parte 3: " Ship Structures" (General)
- Parte 4. " Ship Structures" (Ship Types)

En ellos se indican los criterios fundamentales para desarrollar la estructura del buque: criterios de cálculo, solicitudes, tensiones admisibles...

-Disposición general;

Tras analizar las posibilidades de configuración estructural y de espacios del buque, se define de forma integrada la disposición general del buque.

La distribución de espacios o disposición general está estrechamente vinculada al servicio a que se destina el buque.

-Configuración estructural: elección del tipo de estructura

La elección del tipo de estructura depende de las cargas y, en consecuencia, del tipo del buque. Por ello conviene analizar que solicitudes actúan sobre la estructura, cuáles son las respuestas a dichas solicitudes y los posibles modos de fracaso.

- Espaciado de los elementos secundarios transversales y longitudinales.

Se elige el tipo de estructura según las diferentes zonas del buque, y se procura uniformar y mantener su continuidad para facilitar la transmisión y el reparto de cargas. Primeramente se decide el espaciado de los elementos secundarios, que condiciona el espaciado de los elementos primarios, pues lo más conveniente es que sus espaciados sean múltiplos exactos de aquéllos.

El espaciado puede estar condicionado geoméricamente o es elegido optimizando el peso de la estructura, al considerar que así también se minimiza el coste de la misma (en los buques mercantes la zona a optimizar es la carga)



1.- TIPO DE ESTRUCTURA SEGÚN EL BUQUE

Las principales diferencias entre los tipos de estructuras existentes son las siguientes:

Transversal;

-Como inconvenientes; dificultad en las uniones, que dejan vanos no reforzados, perdiendo rigidez entre cuadernas, y menor resistencia a los esfuerzos locales.

-Como ventajas, mayor capacidad para soportar la presión lateral del agua y mayor resistencia al cizallamiento.

Longitudinal;

-Como inconvenientes; peor mantenimiento de la forma del buque establecida en la fase de proyecto (menor rigidez transversal) y peor comportamiento ante el cizallamiento. Además, requiere en su construcción de un mayor número de elementos y estas estructuras, por si solas, no ayudan a conseguir la compartimentación total, por lo que necesita incluir mamparos longitudinales o transversales (los longitudinales reforzarían la resistencia longitudinal, pero los transversales impedirían la continuidad deseada)

-Como ventajas, menor peso, facilidad de montaje y menor duración del mismo gracias a la posibilidad de utilización de elementos prefabricados, muy mecanizados que optimizan la construcción, mejor resistencia a los esfuerzos de flexión y permite un volumen de bodega mucho más amplio, sin salientes.

1.1.- ZONA CENTRAL

Zona comprendida entre las cuadernas 64 y 317.

Disposición estructural tipo longitudinal, con fondo, doble fondo, forro, doble casco y cubierta

Los tanques de carga cuentan con doble fondo y doble casco.

El doble fondo debe tener una altura tal que los tanques de carga estén situados a una altura sobre la línea base, nunca inferior a $B/15$ ó 2 m., se cogerá la menor. Se ha tomado un doble fondo de 2m., cumpliendo dicho requisito.

Doble casco, según reglamentación, este debe ser aquel que soporte una avería en cualquier parte del costado de carga, que se extienda 760 mm hacia el interior del buque perpendicular al forro del casco, se ha tomado un valor de 2,960 m.

Los esfuerzos del doble fondo, doble casco, y parte superior de los tanques estarán orientados hacia el exterior para conseguir que la estructura de los tanques de carga esté limpia de refuerzos estructurales.



1.2.- ZONA DE CÁMARA DE MÁQUINAS

Zona comprendida entre las cuadernas 8 y 64

Construcción con estructura mixta:

Longitudinal

- En el fondo y doble fondo, porque al ser ambos completamente planos la estructura longitudinal es la solución más recomendable dado su ahorro de peso y facilidad constructiva.
- En cubiertas, dado que no va a sufrir cambios en su curvatura.

Transversal

- En los costados, debido a los cambio de curvatura en esta zona, que obligan a un difícil plegado de los perfiles longitudinales en el forro, mientras que en el caso de una estructura transversal estos problemas son solventados fácilmente.

En el doble fondo, su altura coincide con la de la zona de tanques de carga

1.3 ZONA DE PROA Y POPA

A proa de la cuaderna 317 y a popa de la cuaderna 8.

Estructura mixta;

Longitudinal;

- En las cubiertas, al no haber grandes cambios de curvatura

Transversal;

- En el fondo y el forro debido a los grandes cambios de curvatura y por tanto no existir ni doble fondo ni doble casco en esta zona.

1.4. CONCLUSION Y RESUMIENDO

El buque se asimila a una viga longitudinal y por tanto tiene que soportar unos momentos flectores y esfuerzos cortantes a lo largo de la eslora, por este motivo la estructura longitudinal es fundamental en la zona central del buque, donde los momentos flectores- viga son superiores.

En los extremos, (zona de máquinas, popa y proa), donde los momentos flectores son pequeños, la estructura es mixta.



2.-MATERIALES EMPLEADOS

El código CIG (Código Internacional de Gaseros) tiene como propósito proporcionar un estándar internacional para el transporte en seguridad por la mar, de gases licuados a granel. A fin de minimizar los riesgos, el código prescribe requisitos relacionados con el diseño, construcción y equipo a bordo de estos buques.

Los problemas de este proyecto son muy específicos, debido a las bajas temperaturas del transporte -163°C , habiendo considerado para el diseño -170°C , que implica emplear materiales de buenas propiedades mecánicas a bajas temperaturas, para ello se ha usado acero inoxidable para los tanque de carga, en concreto el acero 304L.

El acero usado principalmente en la estructura del buque, es un acero habitual en la construcción de barcos, tiene las siguientes características:

Límite elástico	Módulo de Young (E)	Factor del acero de alta resistencia
235 N/mm^2	206000 N/mm^2	1

Se trata de un acero estándar de calidad naval, homologado por el Lloyd's Register.

3.- SITUACIÓN DE CARGA

Las situaciones de carga definen las condiciones operativas del buque, dependiente de los pesos, los volúmenes de los taques, y de la geometría de la carena, resultando de las mismas los sistemas de carga con los que se puede operar el buque, en relación a la estabilidad, la resistencia estructural y otros condicionantes.

Se considera que las situaciones de carga más representativos son las siguientes:

- 1- Salida de puerto de carga, 100% de consumos, cargado al 100% de carga al calado máximo sin lastre.
- 2- Llegada al puerto de descarga, con 10% de consumos, 100% de carga y sin lastre.
- 3- Salida de puerto de descarga; con 100% de consumos, sin carga y al 100% de lastre.
- 4- Llegada al puerto de carga, con 10% de consumos, sin carga y 100% de lastre.



4.- CÁLCULO DE RESISTENCIA LONGITUDINAL BASADO EN EL REGLAMENTO DE LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

4.1.- MOMENTO FLECTOR EN AGUAS TRANQUILAS

Para cada situación de carga, en el cuadernillo 7 se obtiene

	FUERZA CORTANTE $t \cdot 10^3$		MOMENTO FLECTOR $t \cdot m \cdot 10^3$	
	VALOR	POSICIÓN (m)	VALOR	POSICIÓN (m)
	Situación de carga 1			
MAXIMO	4,187	34,224	188,616	152,77
MINIMO	0,194	160,681	-1,833	271,33
	Situación de carga 2			
MAXIMO	4,175	97,452	66,88	184,391
MINIMO	0,139	73,742	-1,661	271,33
	Situación de carga 3			
MAXIMO	8,381	26,32	454,93	129,066
MINIMO	-0,445	129,066	-0,183	279,234
	Situación de carga 4			
MAXIMO	8,233	263,427	402,132	176,488
MINIMO	-0,177	176,488	-2,989	287,137

De los valores obtenidos nos quedamos con el más desfavorable, este es, el momento obtenido en la situación de carga 3

$$M_f = 454930 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Se emplea dicho valor incrementándolo en un 10% como margen de seguridad, dicho incremento supone la diferencia entre el máximo momento flector obtenido en aguas tranquilas y el máximo momento flector admisible, de acuerdo con el mínimo módulo resistente, por lo tanto

$$M_{f \text{ MAX}} = 454930 \text{ t}\cdot\text{m} \cdot 1,10 = 500423 \text{ t}\cdot\text{m}$$



4.2.- MOMENTO FLECTOR EN OLAS

La fórmula dada por el Lloyd's para calcular el momento flector en olas en crujía es la siguiente;

$$M_w = f_1 \cdot f_2 \cdot M_{w0} \text{ (KN}\cdot\text{m)}$$

Se detalla uno a uno el valor de los factores que intervienen en la fórmula citada;

- f_1 es el denominado "ship service factor". Este valor en ningún caso será inferior a 0,5. En este caso, de navegación en alta mar, este factor tiene un valor de 1, por lo tanto $f_1 = 1$

- f_2 es el denominado "wave Bering momento factor"

-En el caso de arrufo, su valor es -1,1

-En caso de quebranto, el valor se corresponde a la expresión;

$$f_2 = 1,9 \cdot \frac{C_b}{C_{b+0,7}} = 1,9 \cdot \frac{0,778}{0,778 + 0,7} = 0,983$$

Esta expresión es válida para valores de C_b mayores a 0,6, nuestro caso es para un valor de $C_b=0,778$, lo cumple.

-El valor de M_{w0} es el dado por la fórmula;

$$M_{w0=0,1} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7)$$

Siendo;

C_1 , Si la eslora está comprendida entre 90 y 300 m., se cumple;

$$C_1 = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1,5} = 10,75 - \left(\frac{300 - 288,23}{100} \right)^{1,5} = 10,73$$

C_2 , su valor dependerá de donde nos refiramos,

0 en la perpendicular de proa

1 entre 0,4L y 0,65L

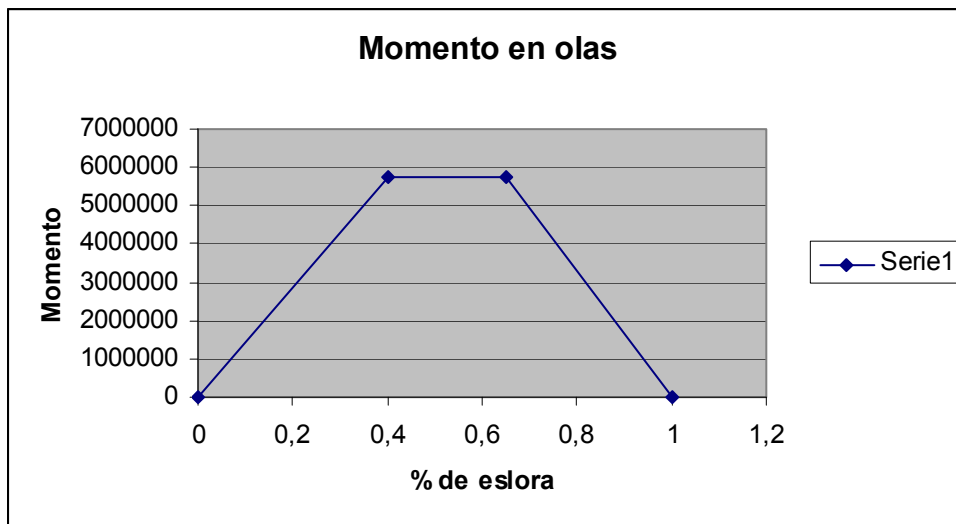
0 en la perpendicular de popa

El resto de valores se obtienen mediante interpolación lineal de la gráfica.



Con lo anterior se obtienen los siguientes momentos por olas.

Posición (%eslora)	Momento (Kn/m)
0	0
0,4	5743431
0,65	5743431
1	0



Máximo momento por olas, $Mw_{max.} = 5743431 \text{ KN/m} \rightarrow 585470 \text{ t/m}$



4.3.- MODULO RESISTENTE MINIMO

El módulo resistente mínimo viene dado por la siguiente expresión;

$$Z = \frac{M_s + M_w}{\sigma} \cdot 10^6$$

Siendo,

σ , la tensión máxima admisible, dada por;

$$\sigma = \frac{175}{K_L} N/mm^2 \rightarrow 175 KN/m^2$$

K_L , relación de tensiones del material a usar = 1.

Independiente de lo indicado, las Sociedades de Clasificación como el Lloyd's exigen un mínimo de módulo resistente, nunca inferior al valor obtenido de la siguiente expresión;

$$Z_{\min} = f_1 \cdot K_L \cdot C_1 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-6} = 1 \cdot 10,73 \cdot 288,23^2 \cdot 45,92 \cdot (0,75 + 0,7) \cdot 10^{-6} = 27,72 m^3$$

Siendo

f_1 , nunca inferior a 0,5, se coge un valor de 1

$K_L = 1$

$C_1 = 10,73$

$$Z_{\min} = 27,72 m^3$$

El valor obtenido aquí es tan sólo una estimación con la que trabajaremos hasta obtener posteriormente el verdadero módulo resistente.

4.4.- MOMENTO DE INERCIA

El reglamento del Lloyd's Register también nos da el valor del momento de inercia de la cuaderna maestra sobre el eje neutro transversal. Nunca podrá ser inferior al valor dado por la siguiente fórmula;

$$I_{\min} = \frac{3 \cdot L \cdot (M_s + M_w)}{K_L \cdot \sigma} \cdot 10^{-5} m^4 = \frac{3 \cdot 288,23 \cdot (500423 + 585470)}{1 \cdot 175} \cdot 10^{-5} = 54,54 m^4$$

$$I_{\min} = 54,54 m^4$$



4.5.- FUERZAS CORTANTES EN AGUAS TRANQUILAS

Se toma el caso más desfavorable obtenido anteriormente mediante el programa Hidromax, esta corresponde a la situación de carga N°1, con un valor de 4187 t

$$Q_s = 4187 \text{ t}$$

4.6.- FUERZAS CORTANTES EN OLAS

Para cualquier posición a lo largo del buque, el valor de las fuerzas cortantes es el siguiente;

$$Q_w = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{w0} (KN)$$

Siendo;

$$Q_{w0} = 0,3 \cdot C_1 \cdot L \cdot B \cdot (C_b + 0,7) (KN) \rightarrow 0,3 \cdot 10,73 \cdot 288,23 \cdot 45,92 \cdot (0,778 + 0,7) = 19602,16 KN$$

$$C_1 = 10,76$$

K_1 , para esfuerzos cortantes positivos
0 en la perpendicular de popa y proa.

$$1,589 \cdot \frac{C_b}{C_b + 0,7}, \text{ entre } 0,2L \text{ y } 0,3L, \text{ desde la popa}$$

0,7 entre 0,4L y 0,6L, desde la popa

1 entre 0,7L y 0,85L, desde la popa

K_1 , para esfuerzos cortantes negativos:

0 en la perpendicular de popa y proa.

-0,92 entre 0,2L y 0,3L, desde la popa

-0,7 entre 0,4L y 0,6L desde la popa

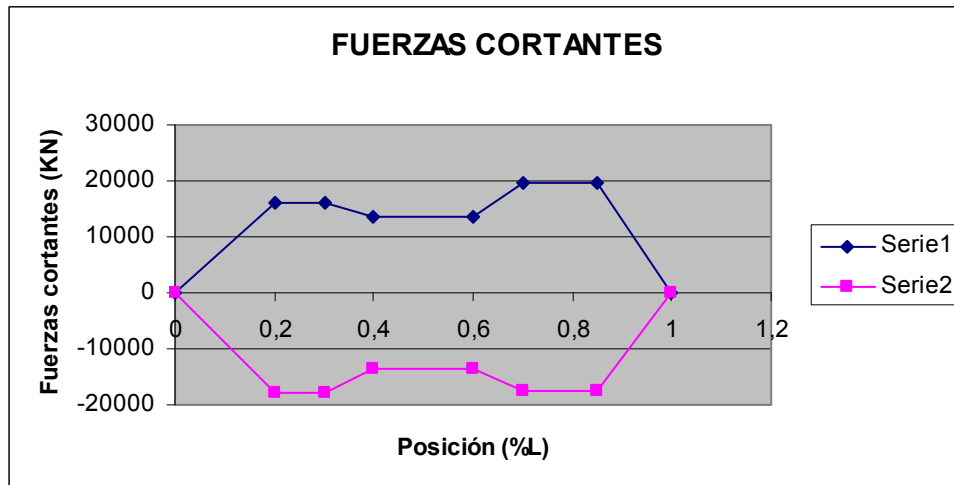
$$-1,727 \cdot \frac{C_b}{C_b + 0,7}, \text{ entre } 0,7L \text{ y } 0,85L, \text{ desde la popa}$$

$K_2=1$, para la navegación en alta mar

El resto de valores se obtienen mediante interpolación lineal de la gráfica.



Sección	Fuerza cortante positiva	Fuerza cortante negativa
0	0	0
0,2	16111	-18034
0,3	16111	-18034
0,4	13741,51	-13741,51
0,6	13741,51	-13741,51
0,7	19602,16	-17510
0,85	19602,16	-17510
0	0	0





5.- CÁLCULO DE LA CUADERNA MAESTRA

Para realizar el estudio de la cuaderna maestra, se recurre a las expresiones dadas por el Lloyd's para el escantillado mínimo de los elementos estructurales que la componen.

Para realizar el escantillado de las diversas planchas de cubierta, fondo y costado y el de sus refuerzos longitudinales, quilla y vagras de doble fondo se recurre al cuarto de los libros del reglamento,

En este caso, la cuaderna maestra es la **número 173**, situada a 138,64 m de la perpendicular de popa.

Se encuentra en la zona central del buque, donde la estructura es longitudinal tanto en la cubierta como en el fondo y los costados.

En esta zona hay doble fondo y doble casco, también con estructura longitudinal.



6.- ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA, FONDO Y COSTADOS

6.1.- CUBIERTA

Reforzado de cubierta;

Con una eslor a la misma coincidente en la vertical con las vagras, y entre el espaciado de las mismas, reforzadas con longitudinales de cubierta IPE 220.

Con esto se puede decir que las cubiertas tiene una disposición parecida al doble fondo.

En el espaciado de la cubierta ubicada entre el forro y el doble casco se ubicará un longitudinal.

6.2.- Fondo

Atendiendo a las dimensiones de la sección, tanto fondo como doble fondo, se reforzará adecuadamente con refuerzos espaciados de tal manera que el reparto de esfuerzos sea homogéneo.

-El doble fondo tiene una altura de 2,00m. Con ella, cumplimos con el mínimo exigido de 2 metros.

-La estructura se ha reforzado con una varenga cada 4 cuadernas, por lo que dada la separación de 0,8m entre cuadernas, cada 3,2m habrá una varenga

-Las varengas rigidizan el fondo y el doble fondo, por lo que se trata de varengas aligeradas con aberturas para los pasos de hombre de 550 x 550mm

-Longitudinales de fondo y doble fondo espaciados desde 750mm hasta 1310mm dependiendo de la posición

-Quilla constituida por una vagra en crujía

-3 vagras a cada banda de crujía conectan el fondo y doble fondo, todas ellas con pasos de hombre de 550 x 550 mm y 3 refuerzos longitudinales equiespaciados

-Espacios entre vagras reforzados con longitudinales en forma de "T"



6.3.- COSTADOS

Forro exterior que va del pantoque a la cubierta superior.

Doble casco a 2,96 m del forro.

Reforzado por 3 palmejares unen el forro y el doble casco, presentando en cuadernas alternativas pasos de hombre que facilitan el paso de operarios e inspectores, y facilitan el llenado de los tanques de lastre.

La distancia entre refuerzos longitudinales, cada 4 cuadernas, en la toda la zona central, se sitúan bulárcamas, que serán estancas cuando limiten los tanques de lastre.



7.- ESCANTILLONADA DE LAS PLANCHAS DE CUBIERTA, COSTADO Y FONDO

7.1.- PLANCHA DE CUBIERTA

Según el Lloyd's, para las planchas de cubierta tomaremos el mayor de los siguientes valores:

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

$$t = 0,00083s_1 \sqrt{Lk} + 2,5$$

Siendo;

$s_1 = s$, siempre y cuando no sea inferior al menor de los siguientes valores.

$$470 + \frac{L}{0,6} \text{ mm} \rightarrow 958,33$$

700 mm

$s =$ espaciado entre cuadernas en mm, **800 mm**

$L_1 = L$, pero nunca superior a 190m, por lo que **$L_1 = 190 \text{ m}$**

$$F_D = \frac{\sigma_D}{\sigma} = 0,67$$

$k_L = 1$, por tratarse de acero naval

$$k = \frac{235}{\sigma_0} = 1$$

Tras sustituir obtenemos los siguientes resultados:

$$t = 11,92 \text{ mm}$$

$$t = 11,65 \text{ mm}$$

Nos quedamos con el mayor, será el **límite de escantillonado en la cubierta**.

$t = 11,92 \text{ mm} \rightarrow t = \mathbf{12 \text{ mm}}$, el cual también tiene la resistencia necesaria para el apoyo de los tanques para una escora de 30°.



7.2.- PLANCHAS DE COSTADO

El forro de costado:

- Contribuye a la resistencia longitudinal
- Proporciona estanqueidad al casco en los costados
- Resiste los impactos dinámicos laterales del mar, la presión de éste sobre la zona y los esfuerzos de vibración debidos al cabeceo.

Según el Lloyd's los valores de escantillonado de las planchas de costado viene fijado por;

- Por encima de $\frac{D}{2}$ desde la base, se toma el mayor de los siguientes valores:

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

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

$$h_{T1} = T + C_w, \text{ siempre y cuando no sea mayor de } 1,36T = 15,776 \text{ m}$$

$$T = 11,35 \text{ m}$$

$$c_w = 7,71 * 10^{-2} * L * e^{-0,0044L}$$

$$L > 227\text{m} \rightarrow C_w = 6,446 \text{ m}$$

$$\text{Siendo } h_{T1} = 18,046\text{m}, \text{ tomaremos } h_{T1} = 15,776 \text{ m}$$

$$t = 15,90 \text{ mm}$$

Se tomará un espesor de;

$$t = 15,90 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 16 \text{ mm}}$$



7.3.- ZONA DE UNION COSTADO-PANTOQUE

La traca de pantoque une el costado del buque con su fondo. De forma curva, está sometida a importantes esfuerzos de flexión cuando el buque se balancea por estar alejada de la línea neutra.

Se toma el mayor de los siguientes valores:

$$t = 0,001s_1(0,059L_1 + 7) \sqrt{\frac{F_B}{k_L}}$$

$$t = 0,0054s_1 \sqrt{\frac{h_{T2}k}{2 - F_B}}$$

Siendo

$$h_{T2} = T + 0,5 \cdot C_W, \text{ siempre y cuando no sea mayor de } 1,2T = 13,92 \text{ m}$$

$$F_B = \frac{\sigma_B}{\sigma} = 0,67$$

$$t = 15,90 \text{ mm}$$

$$t = 13,98 \text{ mm}$$

Se tomará un espesor de;

$$t = 15,90 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 16 \text{ mm}}$$



7.4.- ZONA INTERMEDIA ENTRE LA TRACA DE CINTA Y d/2.

$$t = 0,001s_1(0,059L_1 + 7) \sqrt{\frac{F_B}{k_L}} = 15,91 \text{ mm}$$

Se tomará un espesor de;

$$t = 15,91 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 16 \text{ mm}}$$

7.5.- ZONA TRACA DE CINTA.

La traca más importante del forro es la cinta, situada a la altura de la cubierta superior resistente. Es la más alejada de la línea neutra del casco, por lo que los esfuerzos de flexión son mayores.

Se toma el mayor de los siguientes valores:

$$t = 0,001s_1(0,059L_1 + 7) \sqrt{\frac{F_D}{k_L}} = 15,91 \text{ mm}$$

$$t = 0,00083s_1 \sqrt{Lk} + 2,5 = 13,46 \text{ mm}$$

En ningún caso menor que el grosor de la plancha de costado adyacente.

Se tomará un espesor de;

$$t = 15,91 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 16 \text{ mm}}$$



7.6.- ESCANTILLONADO DE FONDO

Entre las funciones del fondo están las de:

Contribuir a la resistencia longitudinal y transversal

- Estanqueidad del casco por su parte inferior
- Resistir las presiones del agua y transmitir los esfuerzos a la estructura interna
- Resistir los impactos locales del mar, así como los impactos en varadas y golpes (macheteo)

El fondo de los buques está formado por tracas de plancha dispuesta en sentido longitudinal.

Las tracas más importantes son las de la quilla y pantoque.

Las fórmulas dadas por el Lloyd's para conocer el escantillonado del fondo son las siguientes:

Se toma el mayor de los siguientes valores:

$$t = 0,001s_1(0,043L_1 + 10)\sqrt{\frac{F_B}{k_L}}$$

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

$$t = 11,90 \text{ mm}$$

$$t = 14,60 \text{ mm}$$

Se tomará un espesor de;

$$t = 14,60 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 15 \text{ mm}}$$



7.7.- ESCANTILLONADO DE PLANCHAS DE PANTOQUE.

La fórmula dada por el Lloyd's para conocer el escantillonado de las planchas de pantoque es la siguiente;

$$t = \frac{R_B F_B}{165k_L}$$

Siempre y cuando este valor no sea inferior a la plancha de fondo adyacente.

Sustituiremos en la fórmula, teniendo en cuenta los siguientes valores:

- R_B es el radio de pantoque en mm

$$R_B = 2900 \text{ mm}$$

- $F_B = \frac{\sigma_B}{\sigma} = 0,67$

- $k_L = 1$, por tratarse de acero naval

$$t = 11,7 \text{ mm}$$

Se tomará, por tanto, el escantillonado de las planchas de fondo, se tomará un espesor de;

$$t = 14,60 \text{ mm} \rightarrow t = 15 \text{ mm}$$



8.- ESCANTILLONADO DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES DE CUBIERTA, COSTADO Y FONDO

8.1.- LONGITUDINALES DE CUBIERTA

Estos valores serán dados por la fórmula dadas por el Lloyds;

$$Z = 0,043skh_{T1}l_e^2 F_1 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Siendo;

$$l_e = 1,5\text{m}$$

$$F_1 = 0,25 \cdot c_1 = 0,13$$

$$c_1 = \frac{60}{225 - 165 * F_D} = 0,524$$

Módulo mínimo para los refuerzos:

$$\mathbf{Z = 158,77 \text{ cm}^3}$$



8.2.- LONGITUDINALES DE COSTADO

Se tomará el menor de los valores obtenidos en las siguientes fórmulas:

$$Z = 0,056skh_{T1}l_e^2 F_1 F_s (\text{cm}^3)$$

$$Z = \gamma skh_{T2}l_e^2 F_1 (\text{cm}^3)$$

$$D_2 = 1,6 \cdot T = 18,56 \text{ m}$$

$$\gamma = 0,002 \cdot l_{e1} + 0,046 = 0,051$$

$$l_{e1} = 2,5 \text{ m}$$

$$h_{T2} = (T + 0,5 \cdot C_w) = 14,66 \text{ pero inferior a } 1,2 \cdot T = 13,92 \text{ por lo tanto } h_{T2} = 14,66$$

$$c_w = 7,71 \cdot 10^{-2} \cdot L \cdot e^{-0,0044L}, \text{ pero si } L > 227 \text{ m} \rightarrow C_w = 6,446 \text{ m}$$

CERCANOS A CUBIERTA

$$c_1 = \frac{60}{225 - 165 \cdot F_D} = 0,524$$

$$F_1 = D_2 \cdot C_1 / (4 \cdot D_2 + 20 \cdot h_5) < 0,14 \text{ por lo que } F_1 = 0,14$$

$$Z = 77,8 \text{ cm}^3$$

$$Z = 148,7 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto

$$\mathbf{Z = 148,7 \text{ cm}^3}$$

A LA ALTURA DE LA LÍNEA DE CALADO

$$c_1 = 1$$

$$F_1 = D_2 \cdot C_1 / (25 \cdot D_2 - 20 \cdot h_5) < 0,14 \text{ por lo que } F_1 = 0,14$$

$$Z = 101 \text{ cm}^3$$

$$Z = 159,59 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto

$$\mathbf{Z = 159,59 \text{ cm}^3}$$

**SOBRE EL PANTOQUE**

$$c_1 = 75 / (225 - 150 \cdot F_B) = 0,602$$

$$F_1 = D_2 \cdot C_1 / (4 \cdot D_2 - 20 \cdot h_5) = 0,13 \text{ por lo que } F_1 = 0,14$$

$$Z = 97 \text{ cm}^3$$

$$Z = 158,6 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto

$$\mathbf{Z = 158,60 \text{ cm}^3}$$



8.2.- LONGITUDINALES DE FONDO

Entre sus funciones destacamos:

- Contribuir a la resistencia longitudinal
- Reforzar el fondo para evitar el colapso por pandeo de las planchas de fondo
- Resistir la presión del agua a través del fondo, así como transmitir los esfuerzos al resto de la estructura
- Los longitudinales de fondo suelen estar compuestos por perfiles laminados o por perfiles compuestos

Se tomará el mayor de los siguientes valores:

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

$$Z = \gamma s k h_{T3} l_e^2 F_1 F_{sb}$$

Siendo;

$$\gamma = 0,002l_{e1} + 0,046$$

$$l_{e1} = l_e \text{ en metros, dentro del intervalo } 2,5m < l_{e1} < 5,0m$$

$$\gamma = 0,051$$

$$h_{T2} = (T + 0,5C_w) F_\lambda$$

$$F_\lambda = 1 \text{ si } L \leq 200 \text{ m}$$

$$F_\lambda = [1 + 0,0023(L - 200)] \text{ si } L > 200 \text{ m}$$

$$F_\lambda = 1,2139$$

$$h_{T2} = 17,99 \text{ m}$$

$$h_{T3} = h_4 - 0,25T$$

$$h_4 = \text{altura a la que se llenan los tanques de lastre} = \text{altura de cubierta} = 26,8$$

$$h_{T3} = 23,90 \text{ m}$$



$F_1 = \frac{D_2 c_1}{4D_2 + 20h_s}$ para longitudinales por debajo de $\frac{D_2}{2}$, siendo su mínimo valor 0,14

$$F_{sb} = 0,5(1 + F_s)$$

$$F_s = 1,1$$

$$F_{sb} = 1,05$$

$$Z = 123,620\text{cm}^3$$

$$Z = 164,017\text{cm}^3$$

Siendo;

$$Z = 164,017 \text{ cm}^3$$

8.4.- QUILLA

Según el Lloyd's, la altura de la quilla no puede ser inferior al valor dado por la siguiente expresión:

$$d_{DB} = 28B + 205\sqrt{T} \text{ (mm)}$$

siempre y cuando este valor no sea inferior a 650 mm.

Siendo;

$$d_{DB} = 1901,20 \text{ mm}$$

El espesor de la quilla no puede ser inferior al valor obtenido de esa otra expresión:

$$t = (0,008d_{DB} + 4)\sqrt{k} \text{ (mm)}$$

Hemos de tener presente al utilizar esta fórmula lo siguiente:

-El valor nunca será inferior a 6 mm

-El valor de altura de doble fondo (d_{DB}) será el obtenido en la anterior fórmula, no se aplicará el mínimo 650mm.

Siendo;

$$t = 19,21 \text{ mm} \rightarrow t = 20 \text{ mm}$$



8.5.- VAGRAS DE DOBLE FONDO

En el Lloyd's, encontramos la siguiente expresión para calcular el mínimo escantillado de las vagras en buques de estructura longitudinal:

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

nunca siendo inferior a 6mm.

Siendo;

$$t = 15,259 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{t = 16 \text{ mm}}$$



ESCANTILLONADO DE LA MAESTRA

Elemento	Características					Perfiles Z(cm ³)	Area l(cm ⁴)	y cm ²	Cálculos			Inercia cm ² ·m ²
	Planchas		Tipos de perfil		A·y m·cm ²				A·y ² m ² ·cm ²			
	l(mm)	t(mm)	l(cm)	t(cm)	Tipo de perfil			m				
Fondo												
Plancha	1	2000	15	200	1,5	562500,1875	300	0,0075	2,2500	0,01658475	0,140625	
Plancha	2	3000	15	300	1,5	3375001,125	450	0,0075	3,2113	0,02408475	0,84375	
Plancha	3	3000	15	300	1,5	3375001,125	450	0,0075	4,2113	0,03158475	0,84375	
Plancha	4	3000	15	300	1,5	3375001,125	450	0,0075	5,2113	0,03908475	0,84375	
Plancha	5	3000	15	300	1,5	3375001,125	450	0,0075	6,2113	0,04658475	0,84375	
Plancha	6	3000	15	300	1,5	3375001,125	450	0,0075	7,2113	0,05408475	0,84375	
Plancha	7	3000	15	300	1,5	3375001,125	450	0,0075	8,2113	0,06158475	0,84375	
Perfil	1				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	2				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	3				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	4				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	5				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	6				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	7				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	8				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	9				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	10				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	11				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Perfil	12				IPE 200	194	1940	28,7	0,115	249,5652174	28,7	0,194
Pantoque												
Plancha	8	2063	15	206,3	1,5	1031558,022	137,5333333	0,33	45,386	14,97738	58,021875	
Plancha	9	2063	15	206,3	1,5	1031558,022	137,5333333	1	137,5333333	383,566713	58,021875	
Plancha	10	2063	15	206,3	1,5	1031558,022	137,5333333	1,67	229,6806667	3	58,021875	
Perfil	16				IPE 200	194	1940	28,7	1	28,7	28,7	0,194
Costado												
Plancha	11	1160	16	116	1,6	2,17769E+12	185,6	24,76	4595,5	202148,662	900169,2	
Plancha	12	3000	12	300	1,2	5,832E+12	360	22,46	8427,6	197290,116	2700000	
Plancha	13	3000	12	300	1,2	5,832E+12	360	19,46	7347,6	149964,516	2700000	
Plancha	14	3000	12	300	1,2	5,832E+12	360	16,46	6267,6	109118,916	2700000	
Plancha	15	3000	12	300	1,2	5,832E+12	360	13,46	5187,6	74753,316	2700000	
Plancha	16	3000	12	300	1,2	5,832E+12	360	10,46	4107,6	46867,716	2700000	
Plancha	17	3000	12	300	1,2	5,832E+12	360	7,46	3027,6	25462,116	2700000	
Plancha	18	3000	12	300	1,2	5,832E+12	360	4,46	1947,6	10536,516	2700000	
Perfil	16				UPN 200	191	1910	32,2	23,42	812,33194	0,36	
Perfil	17				UPN 200	191	1910	32,2	21,71	189,63	0,36	
Perfil	18				UPN 200	191	1910	32,2	20	189,63	0,36	
Perfil	19				UPN 200	191	1910	32,2	18,3	189,63	0,36	
Perfil	20				UPN 200	191	1910	32,2	16,6	331,632	0,36	
Perfil	21				UPN 200	191	1910	32,2	14,9	378,966	0,36	
Perfil	22				UPN 200	191	1910	32,2	13,19	426,3	0,36	
Perfil	23				UPN 200	191	1910	32,2	11,48	517,3224	0,36	
Perfil	24				UPN 200	191	1910	32,2	9,78	517,3224	0,36	
Perfil	25				UPN 200	191	1910	32,2	8,07	619,9872	0,36	



Elemento	Características		Cálculos					Area	y	A·y	A·y ²	Inercia
	Planchas		Perfil		Tipo de perfil	Z(cm ³)	I(cm ⁴)					
	l(mm)	t(mm)	l(cm)	t(cm)								
Perfil	26				UPN 200	191	1910	32,2	6,37	671,3196	3390,16398	0,36
Perfil	27				UPN 200	191	1910	32,2	4,66	722,652	2529,282	0,36
Cubierta Principal												
Plancha	20	3000	15	300	1,5			450	25,12	12057,3	323063,296 2	0,008437 5
Plancha	21	3000	15	300	1,5			450	25,12	12057,3	323063,296 2	0,008437 5
Plancha	22	911	15	91,1	1,5			136,65	25,12	3661,4001	98103,5542 8	0,002562 188
Doble fondo												
Plancha	23	2000	15	200	1,5	1721293,031		300	2	600	917,082229 5	43,03125
Plancha	24	3000	15	300	1,5	4083834,375		544,5	2	1312,79	3165,13548	84,375
Plancha	25	3000	15	300	1,5	4083834,375		544,5	2	1312,79	3165,13548	84,375
Plancha	26	3000	15	300	1,5	4083834,375		544,5	2	1312,79	3165,13548	84,375
Plancha	27	3000	15	300	1,5	4083834,375		544,5	2	1312,79	3165,13548	84,375
Plancha	28	3000	15	300	1,5	3348084,375		446,4	2	1471,696	4851,90204	84,375
Plancha	29	3000	15	300	1,5	3348084,375		446,4	2	2254,512	11386,2548	84,375
Perfil	1					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	2					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	3					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	4					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	5					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	6					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	7					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	8					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	9					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	10					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	11					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Perfil	12					252	2770	33,4	1,89	63,126	119,30814	0,277
Doble Casco												
Plancha	30	1160	12	300	1,2	5135400		139,2	24,76	5094,045	63930,2648	2700000
Plancha	30	3000	12	300	1,2	5061600		360	22,46	5907,936	88678,1194	2700000
Plancha	30	3000	12	300	1,2	4987800		360	19,46	6661,311	116373,103	2700000
Plancha	30	3000	12	300	1,2	5575500		360	16,46	9727,577	197445,492	2700000
Plancha	30	3000	12	300	1,2	4872420		360	13,46	8247,435	187867,336	2700000
Plancha	30	3000	12	300	1,2	4766400		360	10,46	8450,594	207353,504	2700000
Plancha	30	3000	12	300	1,2	4387560		360	7,46	7344,824	191802,725	2700000
Plancha	30	3000	12	300	1,2	4766400		360	4,46	9536,436	264063,913	2700000
Plancha											20493,2664 8	
Perfil	97					191	1910	32,2	25,2277	812,33194	4490,00225 1	0,36
Perfil	98					191	1910	32,2	23,6777	189,63	4196,07575 1	0,36
Perfil	99					191	1910	32,2	22,1277	189,63	3621,933	0,36
Perfil	100					191	1910	32,2	19,1	189,63	5813,50896	0,36
Perfil	101					191	1910	32,2	17,53	331,632	6052,08702	0,36
Perfil	102					191	1910	32,2	15,97	378,966	5477,955	0,36
Perfil	103					191	1910	32,2	12,85	426,3		0,36



Elemento	Características		Cálculos		Tipo de perfil	Z(cm ³)	I(cm ⁴)	Area	y	A·y	A·y ²	Inercia
	Plancha		Perfil									
	l(mm)	t(mm)	l(cm)	t(cm)			cm ²	m	m·cm ²	m ² ·cm ²	cm ² ·m ²	
Perfil	104				UPN 200	191	1910	32,2	11,3	517,3224	5845,74312	0,36
Perfil	105				UPN 200	191	1910	32,2	9,73	517,3224	5033,54695	0,36
Perfil	106				UPN 200	191	1910	32,2	6,61	619,9872	4098,11539	0,36
Perfil	107				UPN 200	191	1910	32,2	5,05	671,3196	3390,16398	0,36
Perfil	108				UPN 200	191	1910	32,2	3,5	722,652	2529,282	0,36
Palmejar			l(cm)	t(cm)								
Palmejar	1	1970	12	197	1,2	1418428,368		236,4	20,65	4881,66	100806,279	28,368
Palmejar	2	1970	12	197	1,2	1418428,368		236,4	14,5	3427,8	49703,1	28,368
Palmejar	3	1970	12	197	1,2	1950028,368		325	8,35	2713,75	22659,8125	28,368
E. Cub.		Alto (mm)		l(cm)	t(cm)							
Eslora	1	1900	16	190	1,6	2432064,853		304	25,12	7858,4	203139,64	64,85333
Eslora	2	1900	13	190	1,3	1605534,786		247	25,12	6631,95	178067,857	34,78583
Eslora	3	1900	13	190	1,3	1605534,786		247	25,12	6878,95	191578,757	34,78583
Central	4	1900	13	190	1,3	1605534,786		247	25,12	7125,95	205583,657	34,78583
Vagras		Alto (mm)		l(cm)	t(cm)							
Quilla	1	2000	20	200	0,2	40000,13333		40	1	40	40	0,133333
Vagra	1	2000	16	200	0,16	25600,06827		32	1	32	32	0,068266
Vagra	2	2000	16	200	0,16	25600,06827		32	1	32	32	0,068266
Vagra	3	2000	16	200	0,16	25600,06827		32	1	32	32	0,068266
Vagra	4	2000	16	200	0,16	25600,06827		32	1	32	32	0,068266
Total						45179488,04		21498,8		255309,4571	7338710,57	5130,993

CÁLCULOS PARA MEDIA SECCIÓN;
 $\Sigma A = 21498,89 \text{ cm}^2$
 $\Sigma AY = 355309,45 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$
 $\Sigma AY^2 = 7338710,57 \text{ m}^2 \text{ cm}^2$

CÁLCULOS PARA LA SECCIÓN COMPLETA;
 $\Sigma A = 42997,78 \text{ cm}^2$
 $\Sigma AY = 510618,91 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$
 $\Sigma AY^2 = 14677421,14 \text{ m}^2 \text{ cm}^2$

MOMENTO VERTICAL AGUAS TRANQUILAS

$$M_S = 500423 \text{ t} \cdot \text{m}^2$$

MOMENTO VERTICAL EN OLAS

$$M_S = 585470 \text{ t} \cdot \text{m}^2$$



POSICIÓN DEL EJE NEUTRO SOBRE LÍNEA BASE;

$$d = \frac{\sum A \cdot Y}{\sum A} = \frac{510618,9}{42997,8} = 11,02m$$

MOMENTO DE INERCIA RESPECTO A LA LÍNEA BASE

$$\sum I_{lb} = \sum I + \sum (A \cdot Y^2) = 10261,9862 + 14677421,14 = 14687683cm^2m^2$$

MOMENTO DE INERCIA:

$$I_{EN} = I_{LB} - (\sum A) \cdot d^2 = 14687683 - 42997,8 \cdot 11,02^2 = 9466013cm^2m^2$$

MÓDULO DE LA SECCIÓN EN CUBIERTA SUPERIOR

$$W_{CSUP} = \frac{I_{EN}}{Y_{CUBIERTASUPERIOR}} = \frac{9466013}{14,10} = 671348,44cm^2m$$

MÓDULO DE LA SECCIÓN DE FONDO

$$W_{CSUP} = \frac{I_{EN}}{Y_{fondo}} = \frac{9466013}{11,02} = 858984,85cm^2m$$

TENISION EN CUBIERTA

$$\sigma = \frac{M}{\frac{I}{Y}} = \frac{(500423 + 585470)}{67,13} = 16175,97t/m^2 \rightarrow 161,76N/mm^2$$

TENSIÓN EN FONDO

$$\sigma = \frac{M}{\frac{I}{Y}} = \frac{(500423 + 585470)}{85,89} = 12642,83t/m^2 \rightarrow 126,43N/mm^2$$

	Según normativa	OBTENIDO	
		CUBIERTA	FONDO
Tensión maxima(N/mm ²)	175	161,76	126,43
Momento de inercia mínimo (m ⁴)	54,54	1478,16	
Módulo mínimo, W (m ³)	27,72	67,13	85,89