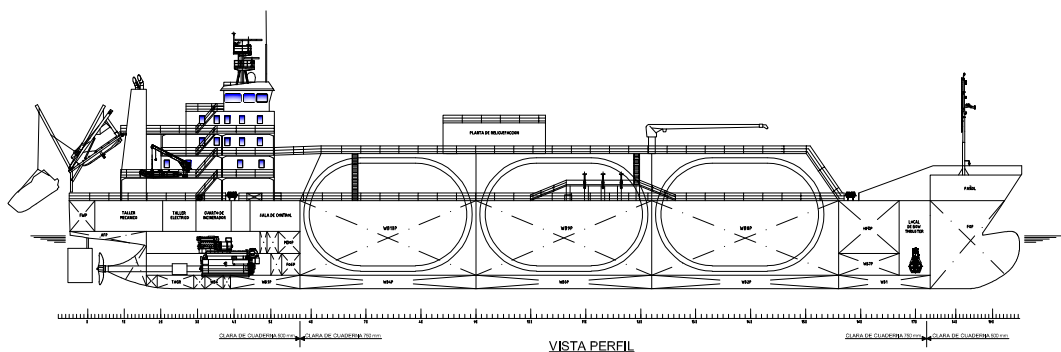


PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 m3



Alumno: Baruh Agustín

Legajo: 50086

Tutor: Ing. Norberto Fiorentino

Fecha: Baruh Agustín

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
001-001	A	1	
ESCALA:	ARCHIVO: ABA_PB_001_001_A	FORMATO: A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

A	INICIAL	FECHA	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"



PUENTE DE NAVEGACION
24200 mm SOBRE LB

CUBIERTA C
21200 mm SOBRE LB

CUBIERTA B
18200 mm SOBRE LB

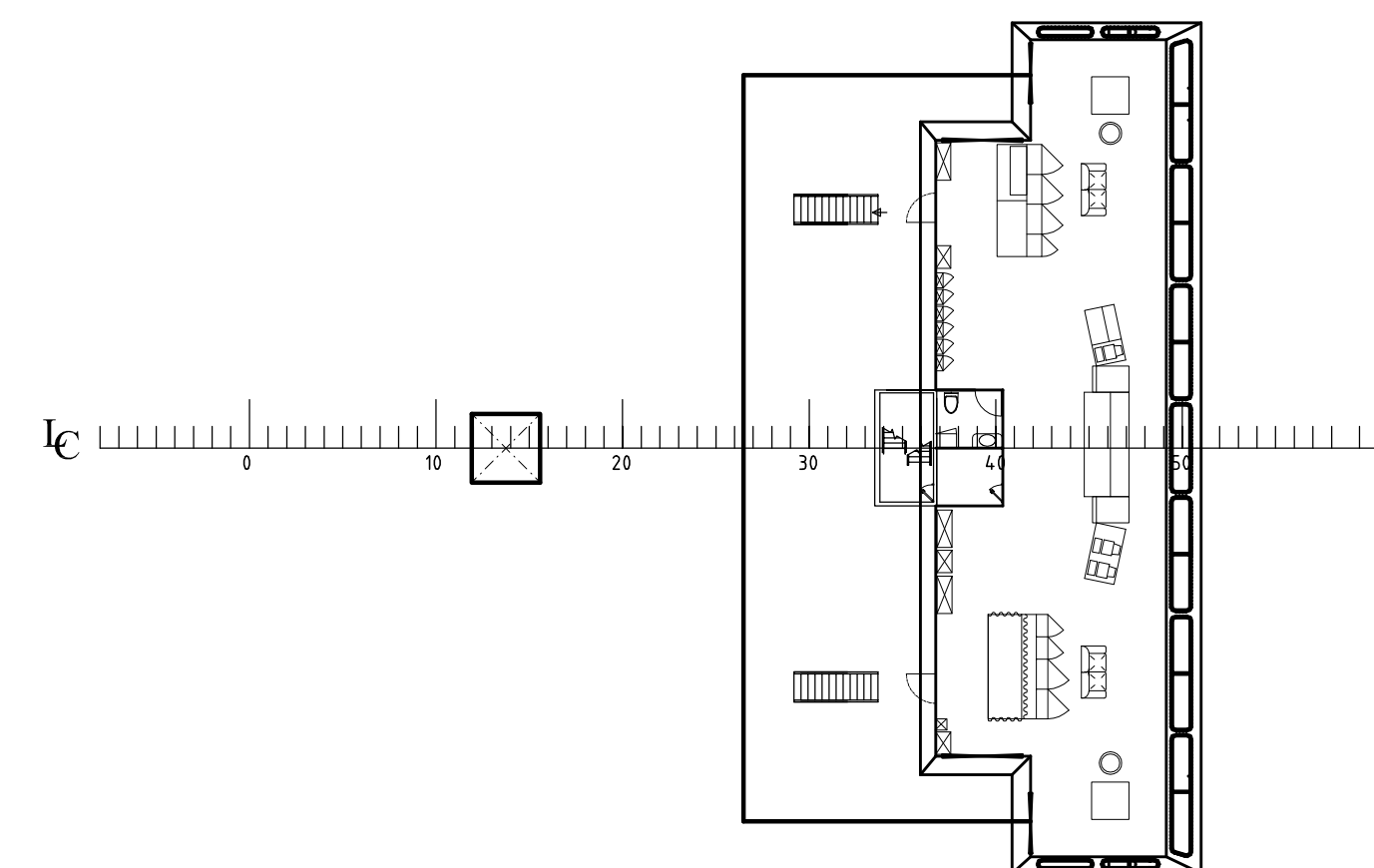
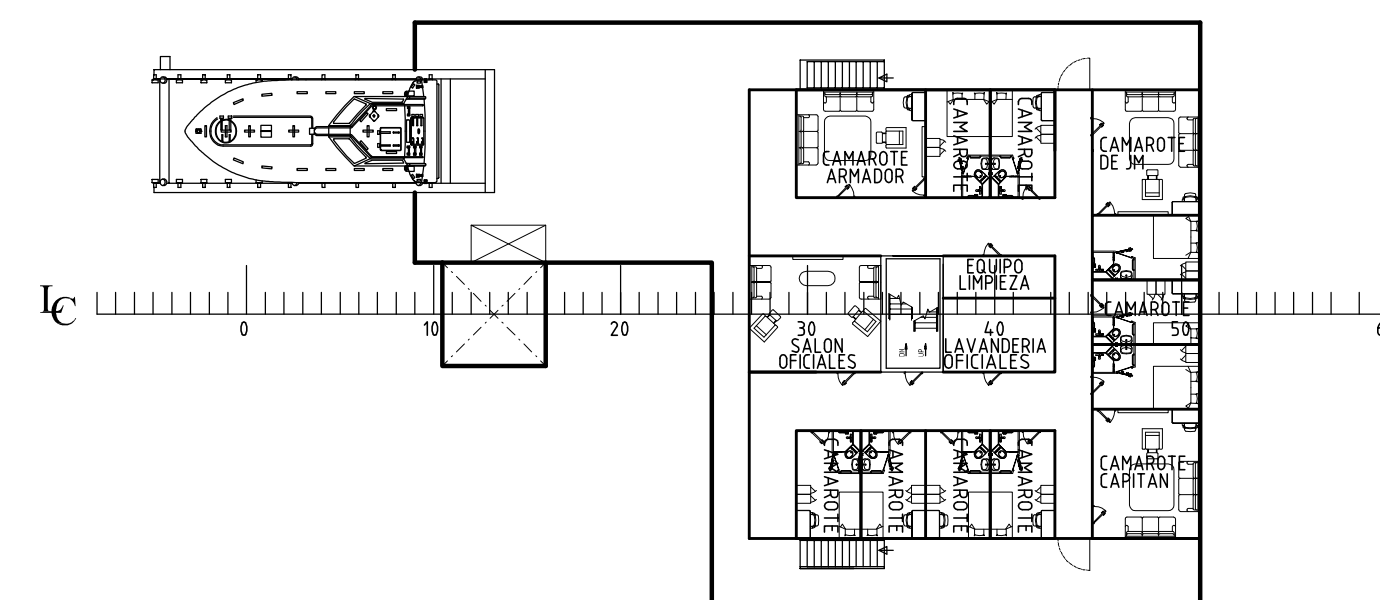
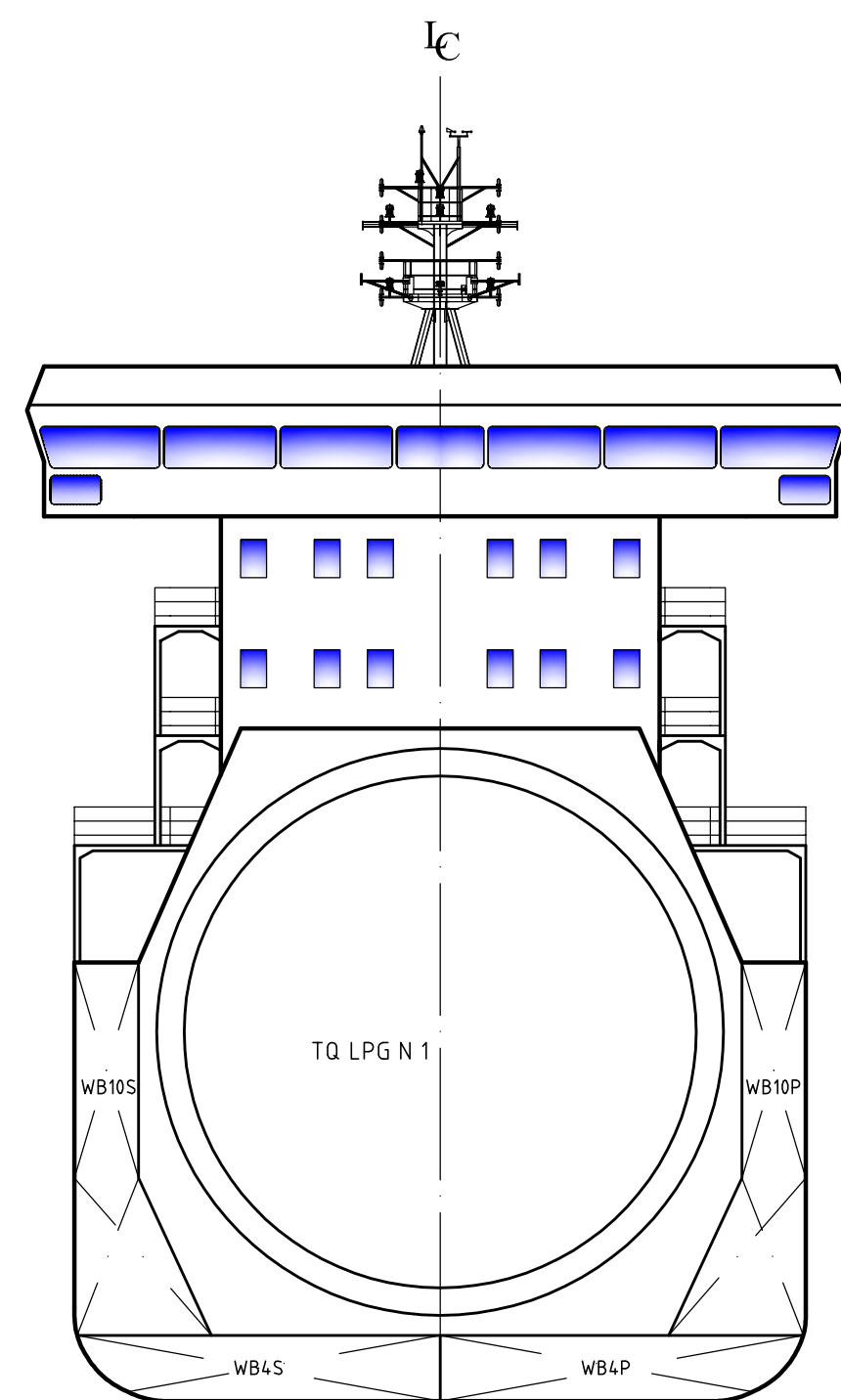
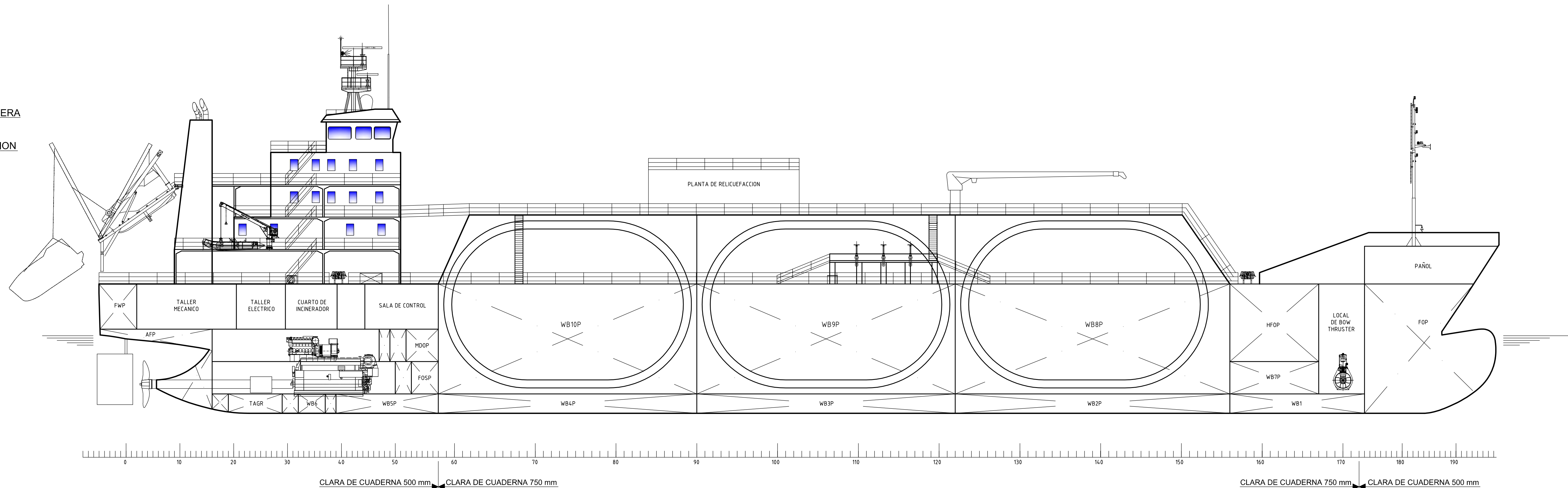
CUBIERTA A
15200 mm SOBRE LB

CUBIERTA PRINCIPAL
12000 mm SOBRE LB

CUBIERTA 02
7800 mm SOBRE LB

CUBIERTA 01
4800 mm SOBRE LB

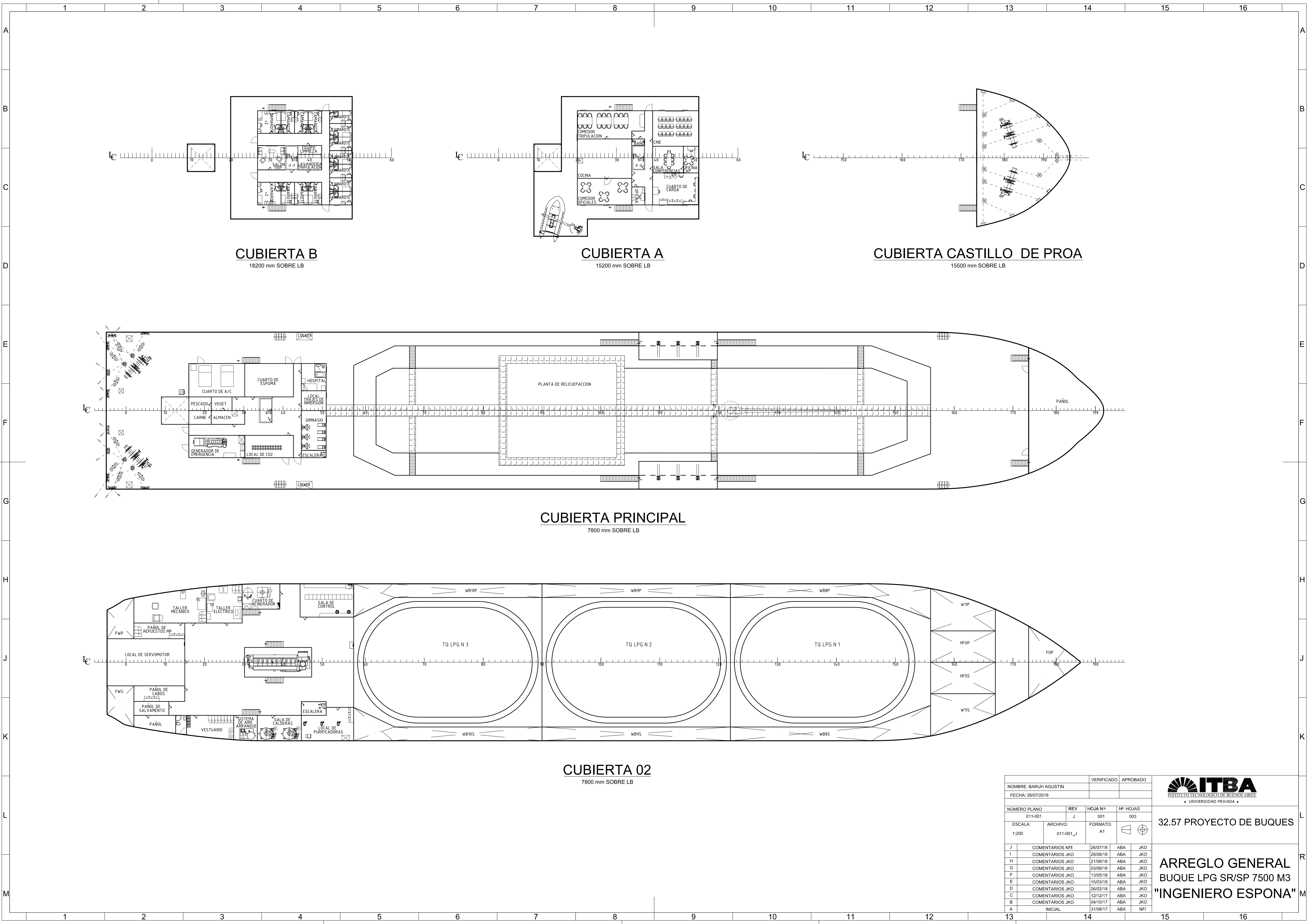
CUBIERTA DF
1800 mm SOBRE LB



CARACTERISTICAS PRINCIPALES	
ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7.2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn
SOCIEDAD DE CLASIFICACION :	DNV-GL
CLASE :	BUQUE LPG SR/SP, 2PG
TRIPULACIÓN :	26
POTENCIA MOTOR PRINCIPAL:	4590 KW
POTENCIA DE PLANTA:	200 KW
DE RELICUEFACCIÓN	

CAPACIDAD DE CARGA
3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

			VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 26/07/2018				
NUMERO PLANO		REV	HOJA N°	N° HOJAS
011-001		J	001	003
ESCALA: 1:2000	ARCHIVO: 011-001_U	FORMATO: A1		
J	COMENTARIOS NFI	26/07/18	ABA	JKO
I	COMENTARIOS_KO	29/06/18	ABA	KCO
H	COMENTARIOS_KO	21/06/18	ABA	KCO
G	COMENTARIOS_KO	03/06/18	ABA	KCO
F	COMENTARIOS_KO	13/05/18	ABA	KCO
E	COMENTARIOS_KO	15/03/18	ABA	KCO
D	COMENTARIOS_KO	26/02/18	ABA	KCO
C	COMENTARIOS_KO	12/12/17	ABA	KCO
B	COMENTARIOS_KO	04/10/17	ABA	KCO
A	INICIAL	31/08/17	ABA	NFI

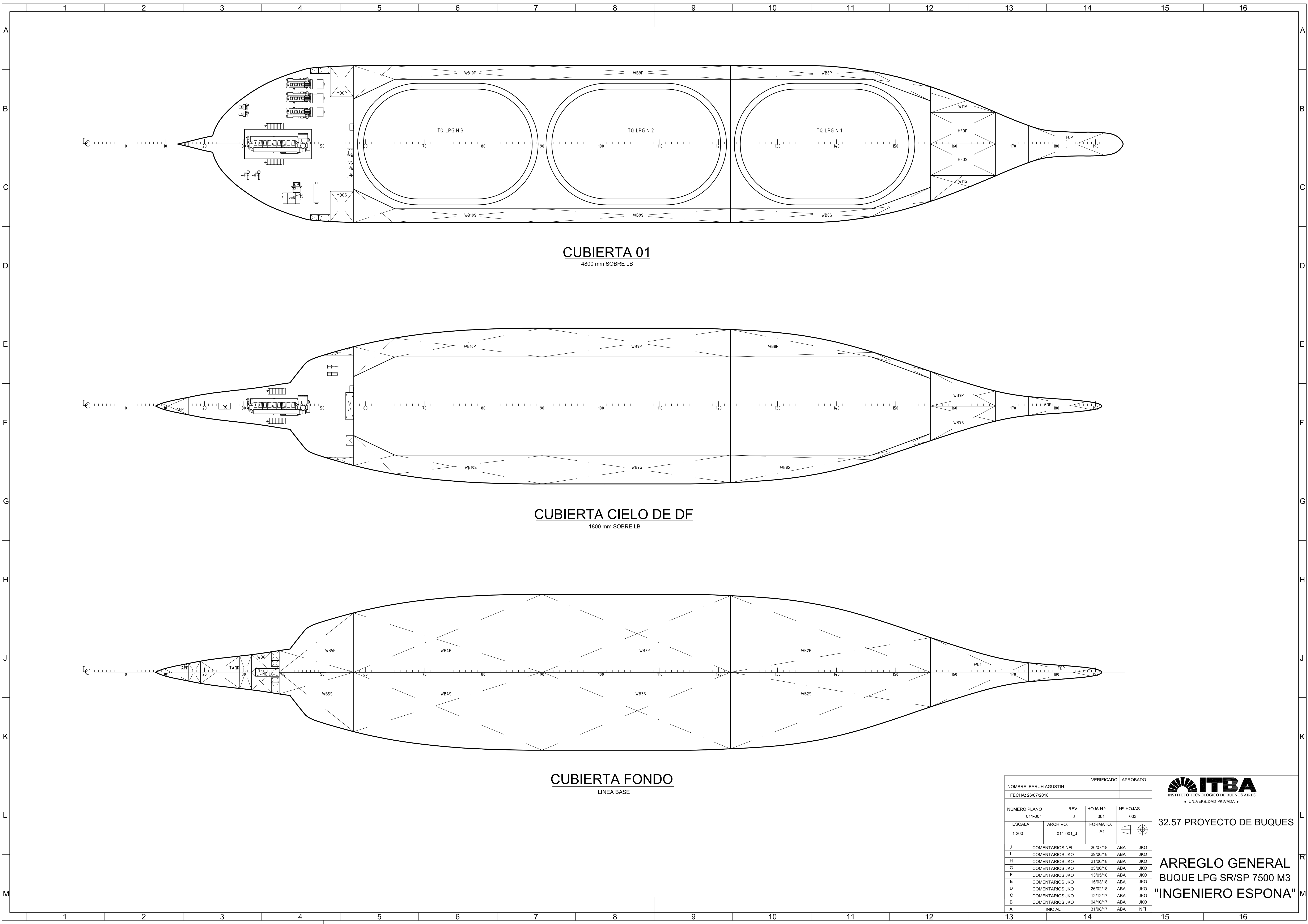


			VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN					
FECHA: 26/07/2018					
NUMERO PLANO		REV	HOJA N°	Nº HOJAS	
011-001		J	001	003	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:			
1:200	011-001_J	A1			
J	COMENTARIOS NFI		26/07/18	ABA	JKO
I	COMENTARIOS JKO		29/06/18	ABA	JKO
H	COMENTARIOS JKO		21/06/18	ABA	JKO
G	COMENTARIOS JKO		03/06/18	ABA	JKO
F	COMENTARIOS JKO		13/05/18	ABA	JKO
E	COMENTARIOS JKO		15/03/18	ABA	JKO
D	COMENTARIOS JKO		26/02/18	ABA	JKO
C	COMENTARIOS JKO		12/12/17	ABA	JKO
B	COMENTARIOS JKO		04/10/17	ABA	JKO
A	INICIAL		31/08/17	ABA	NFI



32.57 PROYECTO DE BUQUES

ARREGLO GENERAL
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"



NOMBRE: BARUH AGUSTIN			VERIFICADO	APROBADO	
FECHA: 26/07/2018					
NUMERO PLANO		REV	HOJA N°	N° HOJAS	
011-001		J	001	003	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:			
1:200	011-001_J	A1			
J	COMENTARIOS NFI		26/07/18	ABA	JKO
I	COMENTARIOS JKO		29/06/18	ABA	JKO
H	COMENTARIOS JKO		21/06/18	ABA	JKO
G	COMENTARIOS JKO		03/06/18	ABA	JKO
F	COMENTARIOS JKO		13/05/18	ABA	JKO
E	COMENTARIOS JKO		15/03/18	ABA	JKO
D	COMENTARIOS JKO		26/02/18	ABA	JKO
C	COMENTARIOS JKO		12/12/17	ABA	JKO
B	COMENTARIOS JKO		04/10/17	ABA	JKO
A	INICIAL		31/08/17	ABA	NFI



32.57 PROYECTO DE BUQUES

ARREGLO GENERAL
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

	1	2	3	4																														
A																																		
B																																		
C	Determinación de dimensiones principales																																	
D																																		
E	<table><tr><td colspan="2"></td><td>VERIFICADO</td><td>APROBADO</td></tr><tr><td colspan="2">NOMBRE: BARUH AGUSTIN</td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="2">FECHA: 22/08/2018</td><td></td><td></td></tr><tr><td>NÚMERO PLANO</td><td>REV</td><td>HOJA N°</td><td>N° HOJAS</td></tr><tr><td></td><td>0</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>ESCALA:</td><td>ARCHIVO:</td><td>FORMATO: A4</td><td> </td></tr></table>						VERIFICADO	APROBADO	NOMBRE: BARUH AGUSTIN				FECHA: 22/08/2018				NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS		0	1		ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 						
		VERIFICADO	APROBADO																															
NOMBRE: BARUH AGUSTIN																																		
FECHA: 22/08/2018																																		
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS																															
	0	1																																
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 																															
F	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>REV.</td><td>DESCRIPCIÓN</td><td>FECHA</td><td>DIBUJ.</td><td>VERIF.</td></tr><tr><td colspan="5">MODIFICACIONES</td></tr></table>																								REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.	MODIFICACIONES				
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.																														
MODIFICACIONES																																		
		 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES • UNIVERSIDAD PRIVADA • 32.57 PROYECTO DE BUQUES BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA"																																

Indice:

1.1.Introducción:	1
1.2.Desarrollo:	1
1.2.1. Características de proyecto:	1
1.2.2. Dimensiones y características principales:	2
1.2.3 Coeficientes paramétricos:	8
1.2.3.1 Coeficiente de Block:	9
1.2.3.2. Coeficiente de sección maestra:	10
1.2.3.3. Coeficiente de prismático:	11
1.2.3.4. Coeficiente de plano de flotación:	12
1.2.3.5. Coeficiente prismático vertical:	13
1.2.3.6. Ubicación del centro de carena:	13
1.2.4. Estimación de potencia:	15
1.2.5. Características de la carga a transportar:	15
1.2.6. Disposición general:	16
1.2.6.1. Mamparos transversales	16
1.2.6.2. Mamparos longitudinales:	18
1.2.6.3. Doble fondo:	18
1.2.6.4. Superestructura:	18
1.2.6.5 Clara de cuadernas:	18
1.2.6.6 Tanques de carga:	19
1.2.6.7 Tanques de lastre:	20
1.2.6.8 Tanques de consumo:	20
1.2.6.8.1 Cálculo de peso del Fuel Oil (F.O):	20
1.2.6.8.2 Cálculo de peso del lubricante (L.O):	20
1.2.6.8.3 Cálculo del peso de agua dulce:	20
1.2.6.8.4 Cálculo de peso de tripulación y equipaje:	21
1.2.6.8.5 Cálculo de pesos de provisiones:	21
1.2.6.8.6 Cálculo de pesos de consumibles:	21
1.2.6.8.7 Tanque de servicio diario de HFO:	21
1.2.6.8.8 Tanque de sedimentación de HFO:	21
1.2.6.8.1 Cálculo de peso del Marine Diesel Oil (M.D.O):	22
1.2.6.8.7 Tanque de servicio diario de MDO:	22
1.2.6.8.8 Tanque de sedimentación de HFO:	22
1.2.6.8.9 Tanque de aguas oleosas:	23
1.2.6.8.10 Tanque de reboses:	23
1.2.6.8.11 Tanque de aceite para cilindros:	23
1.2.6.8.12 Tanque de aceite diario:	23
1.2.6.8.13 Tanque de sentinas:	24
1.2.6.8.14 Tanque de aceite sucio:	24
1.2.6.8.15 Tanque de aguas grises:	24

3. Referencias:

27

1.4. Anexo:

28

1.1.Introducción:

En esta este trabajo se detalla el proceso para la selección de las dimensiones y características principales de un buque LPG (Liquified petroleum gas) de forma que se puedan cumplir con los requisitos del proyecto. Primero se establecerán cuáles son los requisitos que el buque debe cumplir y cuáles son las características establecidas en el proyecto. A continuación se hará una evaluación de las posibles dimensiones en función de buques con características de servicio similares. Luego, con las dimensiones fijadas se obtendrán los coeficientes característicos del buque (C_b , C_p , etc.) a través de varias aproximaciones. Finalmente se ajustará un modelo 3D y se obtendrán los valores definitivos de la carena.

Para la realización de las tareas previamente descritos se utilizaron los softwares FORAN, MaxSurf, AutoCAD 2014, Google Docs, Rhinoceros. También se emplea el uso de bibliografía técnica que se irá citando a lo largo de este trabajo.

1.2.Desarrollo:

1.2.1. Características de proyecto:

El objetivo de este trabajo es el diseño del proyecto preliminar de un buque LPG con las siguientes características:

- Área de operación:
 - Río de la plata
 - Atlántico Sur
- Bandera:
 - Argentina
- Reglamento de aplicación:
 - OM Prefectura Naval Argentina
 - Código IMO
 - Sociedad de clasificación: DNV
- Autonomía:
 - La ruta de trabajo del buque elegida es:
 - Salida: Bahía Blanca, Argentina
 - Llegada: Belém, Brasil

Se optó por esta ruta en función de las terminales habilitadas para la descargas de productos derivados del petróleo y teniendo en cuenta la necesidad nacional de importarlos. Estos productos saldrán de terminales de la empresa PETROBRAS. Siendo la velocidad de

servicio de **15 Knts** (Criterio de proyecto) se tiene una duración de viaje de **10 días**, durante los cuales el buque no se detendrá en ningún puerto salvo por razones de fuerza mayor. Se llegó a esta decisión teniendo en cuenta el volumen disponible en el buque para albergar los consumibles necesarios en el buque y disminuir los gastos por estadía en puerto lo mayor posible.

- Volumen de tanques: **7500 m³** (100% incluyendo los domos)
- Cargas a transportar:

VCM	CH ₂ CHCl
Propano	C ₃ H ₈
I-Butano	C ₄ H ₁₀
N-Butano	C ₄ H ₁₀
Propene oxide	CH ₃ CHOCH ₂

Tabla 1.1

- Tripulación: **26 personas**

1.2.2. Dimensiones y características principales:

El primer paso fue determinar el tipo de buque en función de la carga a transportar y las presiones de servicio. Teniendo en cuenta que la carga con requerimientos más extremos en cuanto a presión y temperatura que se debe transportar es **VCM**, y la presión de servicio no debe superar **5,3 bar** se eligió un buque **LPG** del tipo **semi-presurizado/semi-refrigerado**. Las características de los distintos tipos de carga que se pueden transportar se muestran en la tabla a continuación:

	Metano	Gas natural	Etileno	Propileno	Propano	Isobutano	n-Butano	Butadieno	Amoniaco anh.	CVM
Tem. ebullición a p.atm. (°C)	-161,5	-157/162	-103,9	-47,7	-42,3	-11,7	-0,5	-5,0	-33,4	-13,8
Dens. líqu. a p.atm. (kg/dm ³)	0,42	0,43/0,51	0,565	0,613	0,583	0,595	0,602	0,650	0,685	0,973
Presión crítica (kg/cm ²)	45,6	51,5	46,5	43,4	38,9	38,8	44,0	45,2	53,9	-
Temperatura crítica (°C)	-82,5	-83,0	9,9	92,1	96,8	133,7	153,0	161,8	132,4	158,4
Dens. relativa, referida al aire	0,554	0,55/0,67	0,975	1,48	1,55	2,065	2,09	1,88	0,597	2,15
Relación vol.gas/líquido	585	455	324	295	229	232	-	-	-	-
Límite explosividad (%vol)	5,3-14	2,7-28,5	2,2-10,2	2,1-9,4	1,8-8,5	1,8-8,5	2-11,5	14-27	4-29	-
Límite toxicidad (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	500	-

(Tabla 1.2)

En cuanto a los tanques para transportar la carga se utilizarán **tanques independientes tipo C**. Estos tanques son capaces de soportar temperaturas hasta **-48 °C**, sin la necesidad de emplear aceros especiales, con los cuales se podría llegar a temperaturas de **-150 °C**, como es el caso en los buques que transportan etileno. La elección de la temperatura de transporte se realizó desde dos puntos de vista. Primero se buscó evitar el uso de aceros especiales con el fin de abaratar los costos finales del buque.

Segundo se busco que sea inferior a la menor temperatura de ebullición presente en los distintos productos que se pueden transportar, siendo en este caso la del propileno **(-47,7 C)**. Al momento de elegir **-48 C** se consideró también el incremento en gasto eléctrico y aumento de espesor de aislamiento que implicaría una menor temperatura. Por último se le asignó la **clase 2G** en función de las cargas a transportar. Un buque tipo 2G es un buque que puede transportar cargas definidas como 2G, 2PG y/o 3G, según el capítulo 19 del código internacional de buques gaseros (IGC), como es el caso de este buque. Debido a que la presión para cual fueron diseñados los tanques es menor a 7 bar, este no se clasifica como buque tipo 2PG.

Luego se relevaron las dimensiones principales de unos 45 buques LPG con un rango de volúmenes de carga de 2000 a 15000 m³. A continuación se muestran las dimensiones de los 9 buques que más se aproximan al volumen requerido en el proyecto:

Tabla de información de buques y sus características									
N°	Buque	Año	LBP (m)	LOA (m)	B(m)	d(m)	D(m)	Francobordo (m)	carga (m3)
1	Isabella Kosan	2009		115	18,6	8,65		8,65	8000
2	Coral methane	2009		117,8	18,6	6,8		6,8	7500
4	Ocean Prism	2007	108,1	115	18,5		10,6	10,6	8000
5	Epic Borinquen		106,8	113,1	19	6,8	9,1	2,3	7522
6	Fortunato		113,3	119,9	19	7,5	10,8	3,3	8675
7	1984 Custom	1984		126,06	18,5	8,22	11,8	3,58	7634
8	Gas-cathar	2001	112	119	18,8	6,76	8,8	2,04	7517,18
9	Eco-Galaxy	2015	110	117	18,2	6,8	8,9	2,1	7212,70
10	Gas-Haralambos	2007	112	119,5	19,03	6,82	9,02	2,20	7020,22

Tabla 1.3

En la tabla A1 del anexo se encuentran la lista completa de buques con características adicionales a las aquí presentadas.

Con los datos de los distintos buques se obtuvieron las siguientes gráficas para visualizar mejor las siguientes relaciones entre las características principales de los buques:

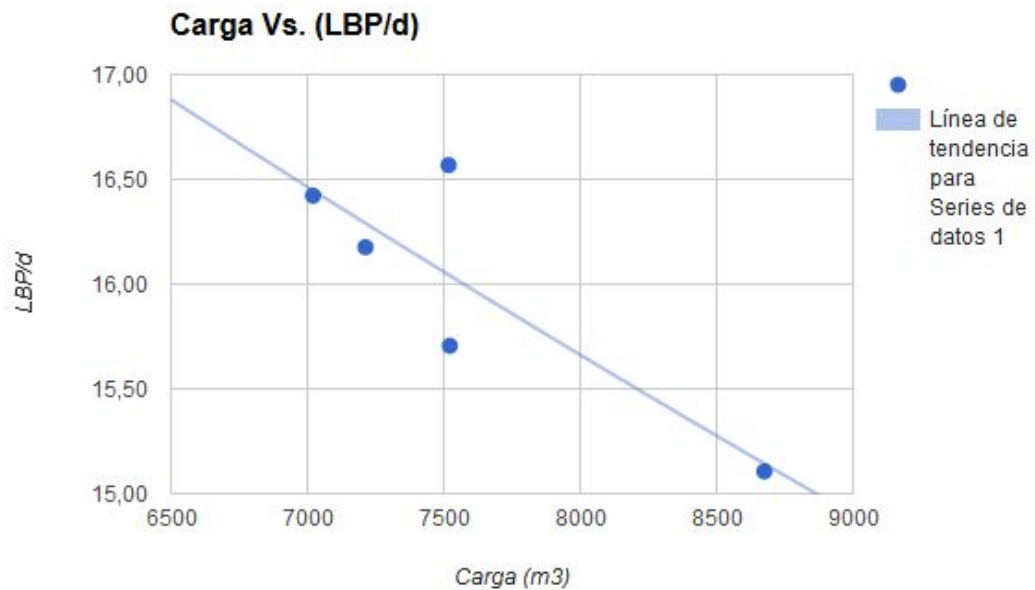


Gráfico 1.1

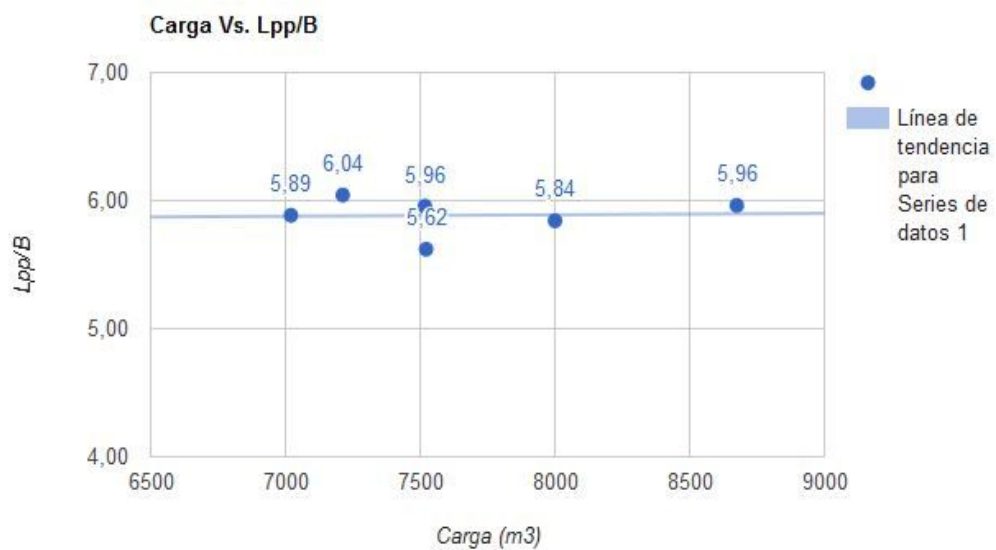


Gráfico 1.2

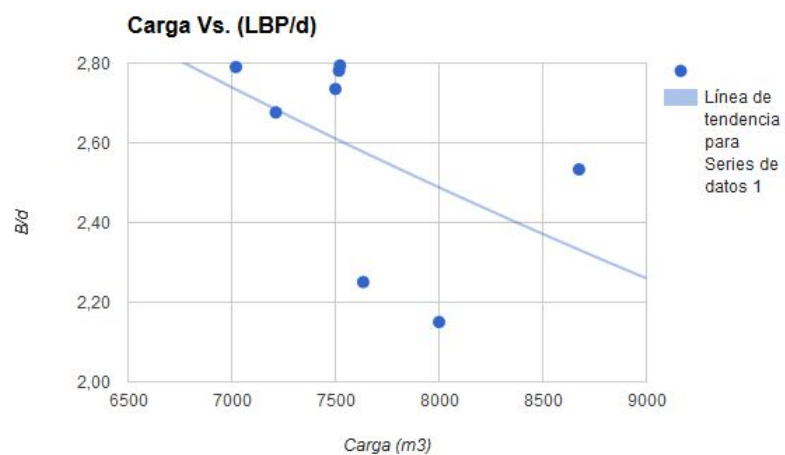


Gráfico 1.3

Nota: La ubicación de la línea de tendencia se debe al ajuste de escala en los ejes para mostrar los datos más significativos únicamente.

En función de los metros cúbicos de carga a transportar se definió en forma preliminar una eslora entre perpendiculares de **112 metros**, que luego se ajustará en función de las formas de la carena para cumplir con los requisitos de las distancias de doble casco mínimas dadas por el DNV-GL y el IGC. Según lo establecido por el DNV-GL la ubicación de los tanques de carga se hará según dos criterios. La distancia que tiene que haber entre los tanques de carga y el forro del casco y la distancia entre los tanques y mamparos y cubiertas. La primera se define en la Pt. 5 Ch. 7 Sc.2.4.1.2, según el tipo de buque, como se muestra en las figuras a continuación:

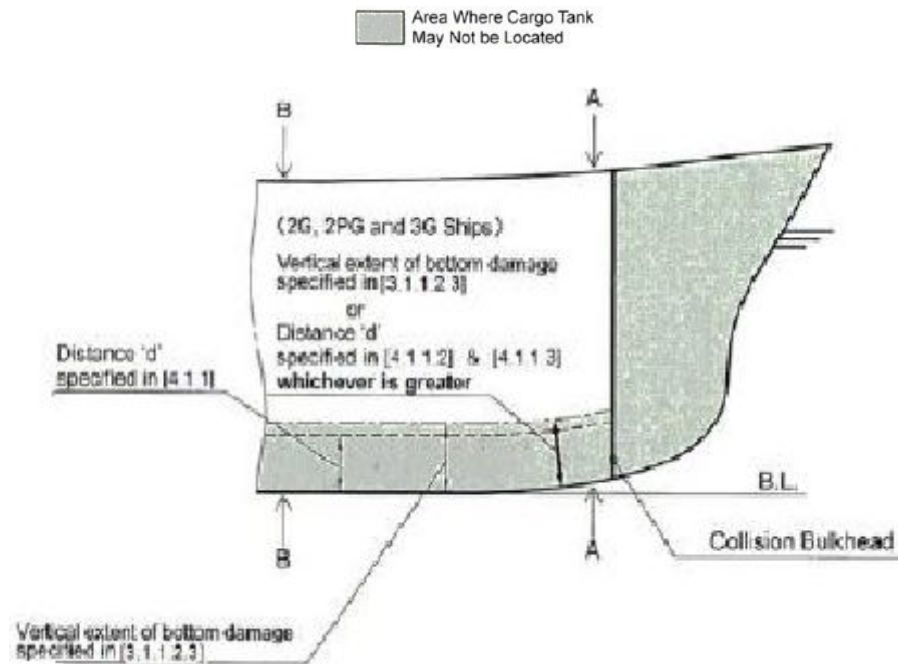
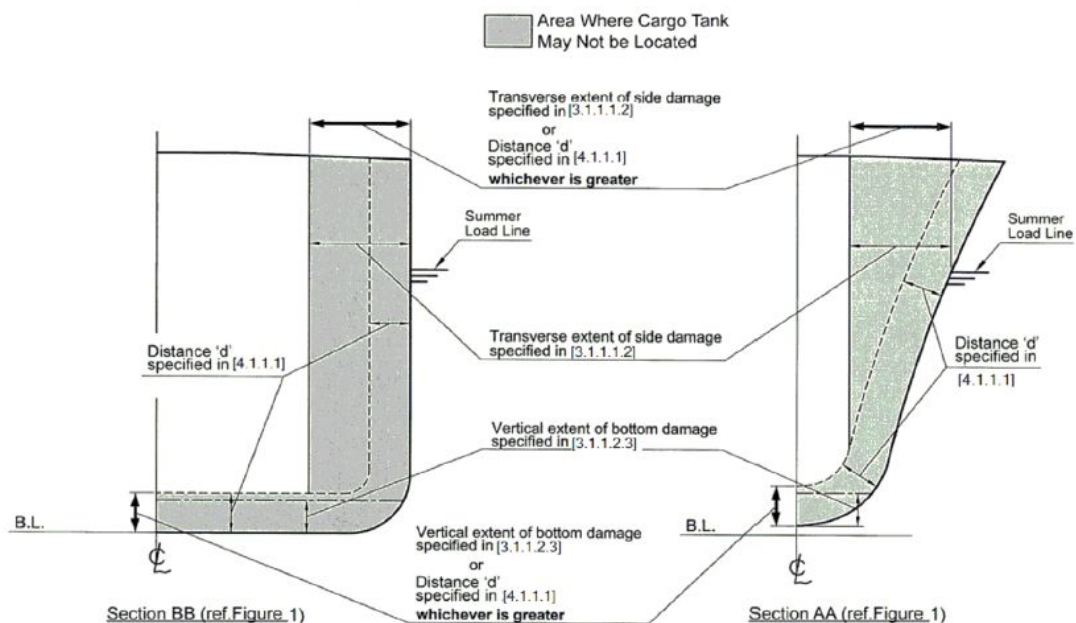
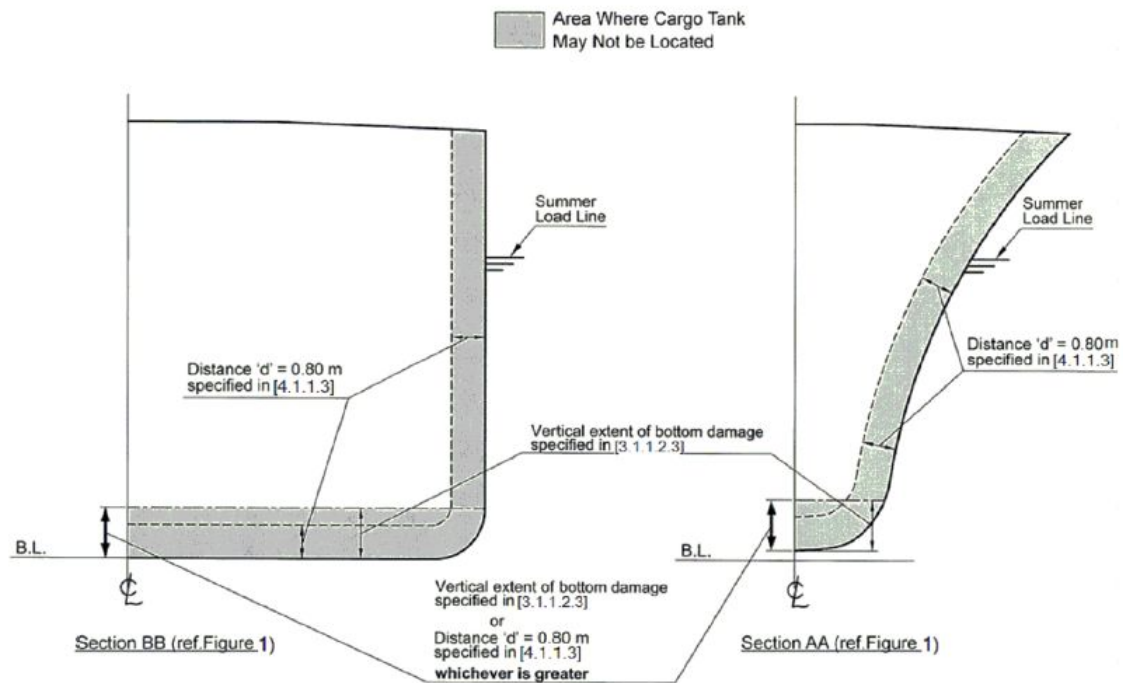


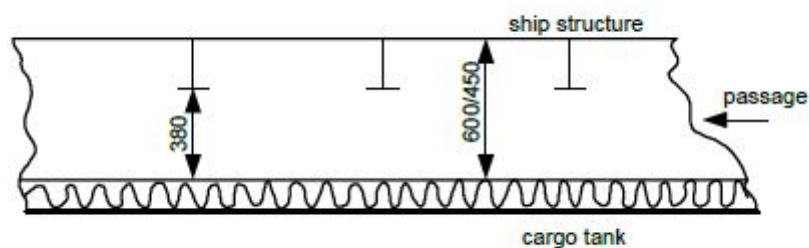
Figure 1 Cargo tank locations centreline profile – Type 1G, 2G, 2PG and 3G ships



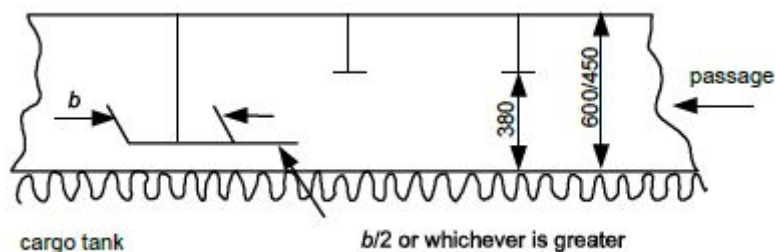


(Fig. 1.1)

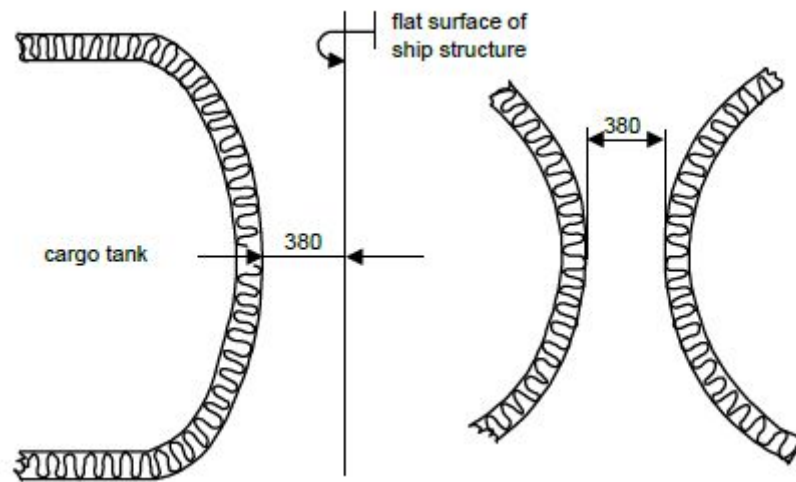
Luego se usó el criterio de la distancias mínimas que debe haber entre los tanques y los mamparos y/o cubiertas. Estos se encuentran en Pt. 5 Ch. 7 Sc. 3.5.1.3.5 del DNV-GL y se muestran en las figuras a continuación:



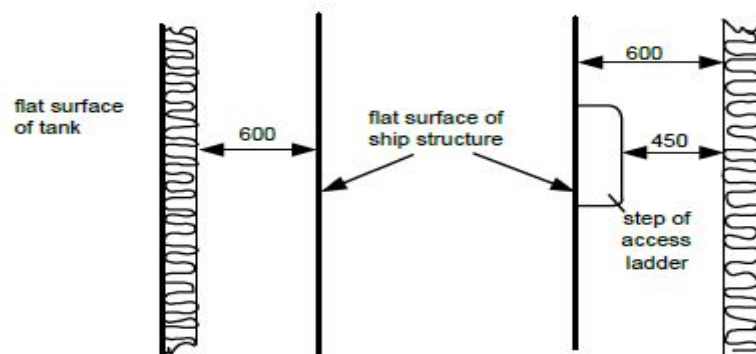
(Fig. 1.2)



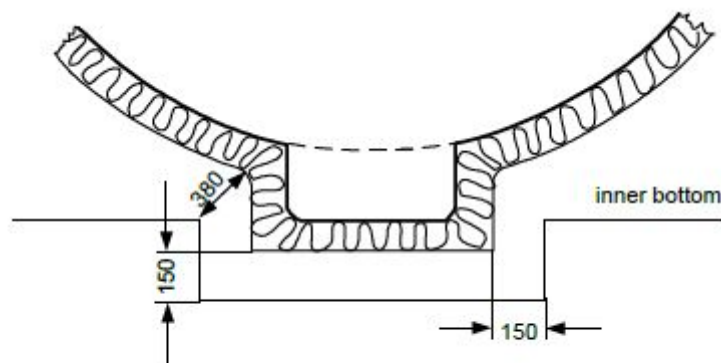
(Fig. 1.3)



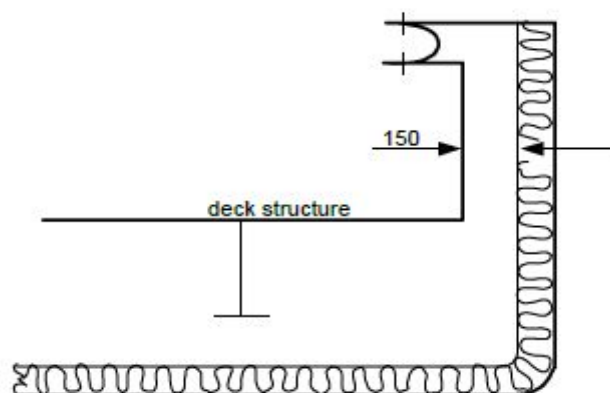
(Fig. 1.4)



(Fig. 1.5)



(Fig 1.6)



(Fig. 1.7)

En base a estos requerimientos se fue iterando la eslora entre perpendiculares hasta encontrar una que permita un buen balance entre las dimensiones posibles de los tanques y el buque. Quedando esta en **122 metros**, luego eligiendo una relación apropiada de L_{pp}/d , de la gráfica 1 se obtiene un calado de diseño de **7,2 metros**. A continuación se repite el mismo procedimiento para obtener el resto de las dimensiones principales del buque, quedando estas finalmente iguales a:

LBP (m)	122
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2

Tabla 1.4

1.2.3 Coeficientes paramétricos:

Para la obtención de los distintos coeficientes paramétricos, en esta etapa del proyecto, se utilizaron una serie de aproximaciones de las que luego se realizó una ponderación en función de los que se aproximaban más a los obtenidos de los buques base.

1.2.3.1 Coeficiente de Block:

Para la obtención de este coeficiente se utilizaron las siguientes aproximaciones:

- Aproximación de Ayre:

$$C_b = 1,08 - 1,68 \times F_n$$

$$CB = 1,179 - 2,026 F_n$$

Donde $F_n = 0,22$ (Número de Froude)

- Aproximación de Schneekluth:

$$C_b = \left(\frac{0,14}{F_n} \right) \times \left(\frac{\frac{L_{pp}}{B} + 20}{26} \right)$$

$$C_B = \frac{0.23}{F_n^{2/3}} \cdot \frac{L/B + 20}{26}$$

- Aproximación de Kerlen:

$$CB = 1,179 - 2,026 F_n$$

- Aproximación de Katsoulis:

$$C_B = 0,8217 f \times LPP^{0,42} \times B^{-0,3072} \times T^{0,1721} \times V^{-0,6135}$$

- Aproximación de Towsin:

$$C_B = 0,7 + 0,125 \arctan [(23-100F_n) / 4]$$

- Aproximación de Kansai:

$$C_B = -4,22 + 27,8 (F_n)^{1/2} - 39,1 F_n + 46,6 F_n^3$$

Los valores obtenidos con estas aproximaciones se pueden ver en la tabla 1.4. Luego de descartar aquellos que se consideran fuera de rango se realiza un promedio obteniéndose el C_b de diseño:

Tabla de C_b		
Aproximación	Valor	¿Se descarta?
Ayre	0,71	No
Schneekluth	0,63	Si
Schneekluth	0,63	Si
Kerlen	0,73	Si
Katsoulis	0,68	No
Towsin	0,72	No
Kansai	0,71	No
C_b diseño	0,71	

Tabla 1.5

Como método para determinar aquellos valores que se descartan se obtuvo un valor medio entre todas las aproximaciones utilizadas, luego se calculó el porcentaje que desviación de cada método respecto de este valor medio. Aquellos que se alejan en más de un 5% fueron descartados. Finalmente con los valores elegidos se calculó el coeficiente como un promedio.

1.2.3.2. Coeficiente de sección maestra:

Para la obtención de este coeficiente se utilizaron las siguientes aproximaciones:

- Correlación de Saunders:

$$C_{sm} = \frac{5,93 - B}{3,33}$$

- Correlación de Kerlen:

$$CM = 1,006 - 0,0056 CB^{-3,56}$$

- Correlación HSVA:

$$CM = \frac{1}{1 + (1 - CB)^{3,5}}$$

- Correlación de Benford:

$$C_{SM} = 0,977 + 0,085 (C_B - 0,6)$$

- Correlación de Jensen:

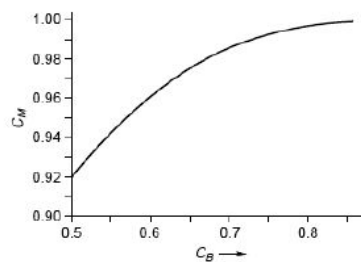


Figure 1.19 Recommended midship area coefficient C_M (Jensen, 1994)

Los valores obtenidos con estas aproximaciones se pueden ver en la tabla 1.4. Luego de descartar aquellos que se consideran fuera de rango se realiza un promedio obteniéndose el C_{sm} de diseño:

Tabla de C_{sm}		
Aproximación	Valor	¿Se descarta?
Sanders	0,95	Si
Kerlen	0,99	No
HSVA	0,99	No
Benford	0,986	No
Jensen	0,985	No
Final	0,988	

Tabla 1.6

Como método para determinar aquellos valores que se descartan se obtuvo un valor medio entre todas las aproximaciones utilizadas, luego se calculó el porcentaje de desviación de cada método respecto de este valor medio. Aquellos que se alejan en más de un 5% fueron descartados. Finalmente con los valores elegidos se calculó el coeficiente como un promedio.

1.2.3.3. Coeficiente prismático:

Para la obtención de este coeficiente se utilizaron las siguientes aproximaciones:

- Correlación de Jensen:

$$C_P = C_B / C_{SM}$$

- Correlación de Troost:

$$C_P = 1,20 - 2,12 \times FN$$

Los valores obtenidos con estas aproximaciones se pueden ver en la tabla 1.4. Luego de descartar aquellos que se consideran fuera de rango se realiza un promedio obteniéndose el C_p de diseño:

Tabla de C_p		
Aproximación	Valor	¿Se descarta?
Jensen	0,72	No
Troost	0,73	No
Final	0,72	

Tabla 1.7

Como método para determinar aquellos valores que se descartan se obtuvo un valor medio entre todas las aproximaciones utilizadas, luego se calculó el porcentaje que desviación de cada método respecto de este valor medio. Aquellos que se alejan en más de un 5% fueron descartados. Finalmente con los valores elegidos se calculó el coeficiente como un promedio.

1.2.3.4. Coeficiente de plano de flotación:

Para la obtención de este coeficiente se utilizaron las siguientes aproximaciones:

- Correlación de serie 60:

$$C_{WP} = 0.180 + 0.860 C_P$$

- Correlación de Schneekluth:

$$C_{WP} = C_P^{2/3}$$

- Correlación de buques con forma U:

$$C_{WP} = 0.95 C_P + 0.17(1 - C_P)^{1/3}$$

- Correlación de Riddlesworth:

$$C_{WP} = (1 + 2 C_B)/3$$

Los valores obtenidos con estas aproximaciones se pueden ver en la tabla 1.4. Luego de descartar aquellos que se consideran fuera de rango se realiza un promedio obteniéndose el Cwp de diseño:

Tabla de Cwp		
Aproximación	Valor	¿Se descarta?
Serie 60	0,801	NO
Schneekluth	0,805	NO
U form	0,797	NO
Riddlesworth	0,804	NO
Final	0,802	

Tabla 1.8

Como método para determinar aquellos valores que se descartan se obtuvo un valor medio entre todas las aproximaciones utilizadas, luego se calculó el porcentaje que desviación de cada método respecto de este valor medio. Aquellos que se alejan en más de un 5% fueron descartados. Finalmente con los valores elegidos se calculó el coeficiente como un promedio.

1.2.3.5. Coeficiente prismático vertical:

Se obtiene como:

$$C_{pv} = \frac{C_b}{C_{wp}}$$

y es igual a 0,88.

1.2.3.6. Ubicación del centro de carena:

La ubicación del centro de carena se obtiene como un porcentaje respecto de la eslora entre perpendiculares. Por lo general, y salvo que se aclare lo contrario su posición será relativa a la sección media y se considerará positivo hacia popa. Este se obtuvo mediante las siguientes aproximaciones.

- Aproximación de Troost:

$$LCB = 17,5C_p - 12,5$$

En este caso se consideran positivos los valores a proa de la sección media

- Aproximación de MARIN:

$$XB = -2,55 + 3,37 \times CB^{-4,67} - 17,667 \times FN^{5,36} - 0,29 \times CB^{-13} \times FN^{0,32}$$

- Aproximación de Schneekluth:

$$LCB = 8,8 - 38,9 F_n$$

Los valores obtenidos con estas aproximaciones se pueden ver en la tabla 1.4. Luego de descartar aquellos que se consideran fuera de rango se realiza un promedio obteniéndose el LCB de estimado:

Tabla de LCB		
Aproximación	Valor	¿Se descarta?
Troost	-0,130	NO
MARIN	-1,870	SI
Schneekluth	0,120	NO
Final	-0,626	

(Tabla 1.9)

Como método para determinar aquellos valores que se descartan se obtuvo un valor medio entre todas las aproximaciones utilizadas, luego se calculó el porcentaje que desviación de cada método respecto de este valor medio. Aquellos que se alejan en más de un 5% fueron descartados. Finalmente con los valores elegidos se calculó el coeficiente como un promedio.

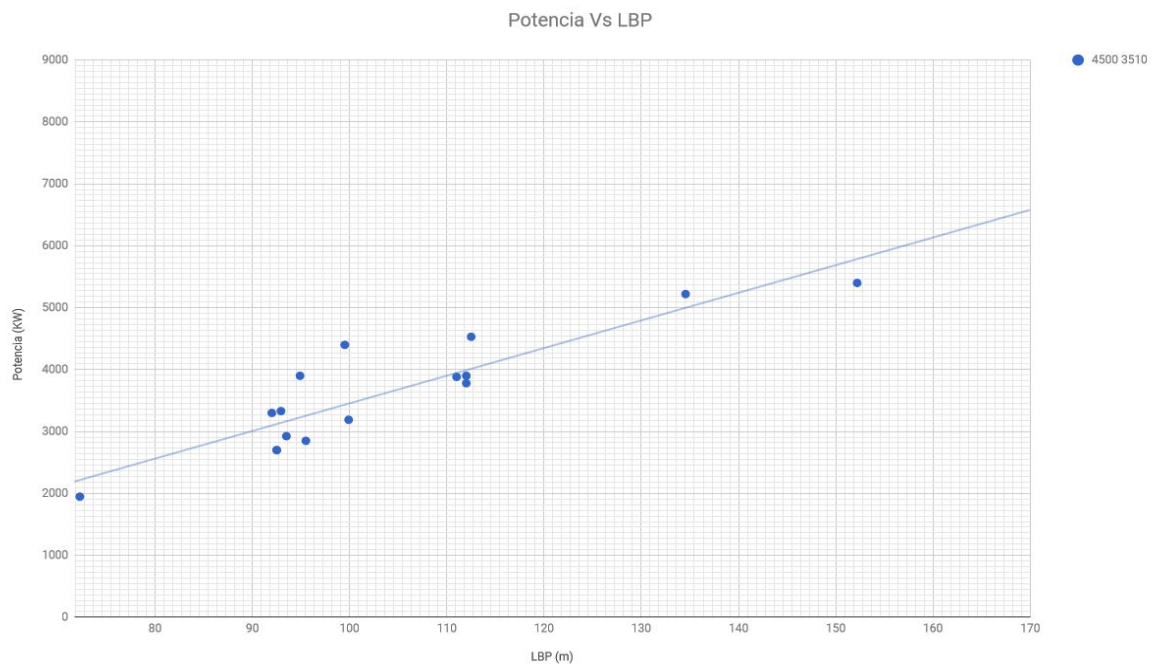
En la tabla mostrada a continuación se muestran todos los coeficientes de diseño calculados:

Resumen	
Cb	0,71
Csm	0,988
Cwp	0,802
LCB	-0,66
Cp	0,72
Cpv	0,88

(Tabla 1.10)

1.2.4. Estimación de potencia:

Se realizó en función de buques similares de los cuales se dispone información relativa a los motores que poseen, su cantidad y sus respectivas potencias. Con esto se graficó la potencia en función de la eslora y se obtuvo la línea de tendencia, luego entrando en la gráfica con la eslora entre perpendiculares (LBP) establecida para el buque se determinó la potencia estimativa. Siendo esta igual a **4500 KW**. A continuación se muestra la gráfica potencia Vs LBP.



(Grafica 1.4)

1.2.5. Características de la carga a transportar:

Teniendo en cuenta el tipo de cargas y sus condiciones de transporte, se determinaron las densidades que tendrán las cargas para presión de transporte. Esto se realizó mediante el uso del software de simulaciones de procesos químicos UniSim de Honeywell. Las tres posibles presiones son:

- 5 bar = Presión de diseño
- 5,3 bar = Presión máxima de trabajo a la cual se accionan las válvulas de alivio.
- 5,5 bar = Máxima presión admisible para la cual se diseñan los tanques desde un punto de vista estructural y se regulan las válvulas de seguridad

Con esto se obtuvo las siguientes densidades para las distintas cargas a la presión de trabajo:

Condiciones: Presión= 5 bar Temperatura= -48 C	
Producto	Densidad (Kg/m3)
VCM	1012
Propano	585,2
I-Butano	629,9
N-Butano	648,2
Propene oxide	905,8

(Tabla 1.11)

1.2.6. Disposición general:

1.2.6.5 Clara de cuadernas:

Se las fija para tratar de que coincidan los mejor posible con la ubicación de los mamparos y cumpla los requisitos de la sociedad de clasificación DNV-GL Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1. En el zona de CCMM se establece una clara de cuadernas de **500 mm**, al igual que en la zona de proa. En la zona media la clara se fija en **750 mm**. Esto se hace en función del espesor mínimo de plancha de forro en el fondo que se obtiene con la siguiente ecuación

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde a = 4,5

b = 0,035

L2 = 130

k = 1

Obteniéndose un espesor mínimo para el fondo de 9,05 mm a este se lo establece en 10 mm para poder utilizar planchas de producción comercial. La clara mínima para un espesor de 8 mm se la fija en 600 mm como requisito mínimo. Por lo tanto para 10 mm se tiene un clara de cuaderna mínima de **750 mm**.

1.2.6.1. Mamparos transversales

El buque dispondrá de **7 mamparos transversales** estancos, cumpliendo con el mínimo establecido por el DNV-GL en Pt.3 Ch.2 Sc.2.1.1.4. Estos conformarán los límites de los piques de proa y popa, sala de máquinas y bodegas. La ubicación del mamparo del piques de proa se hará según los límites establecidos por el DNV-GL en Pt.3. Ch.2 Sc.2.4.1.1, en base a sus distancias a la perpendicular de proa. Estando estas determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 x_{c-min} &= 0.05L_{LL} - x_f \text{ for } L_{LL} < 200 \text{ m} \\
 &= 10 - x_f \text{ for } L_{LL} \geq 200 \text{ m} \\
 x_{c-max} &= 0.05L_{LL} + 3.0 - x_f \text{ for } L_{LL} < 100 \text{ m} \\
 &= 0.08L_{LL} - x_f \text{ for } L_{LL} \geq 100 \text{ m}
 \end{aligned}$$

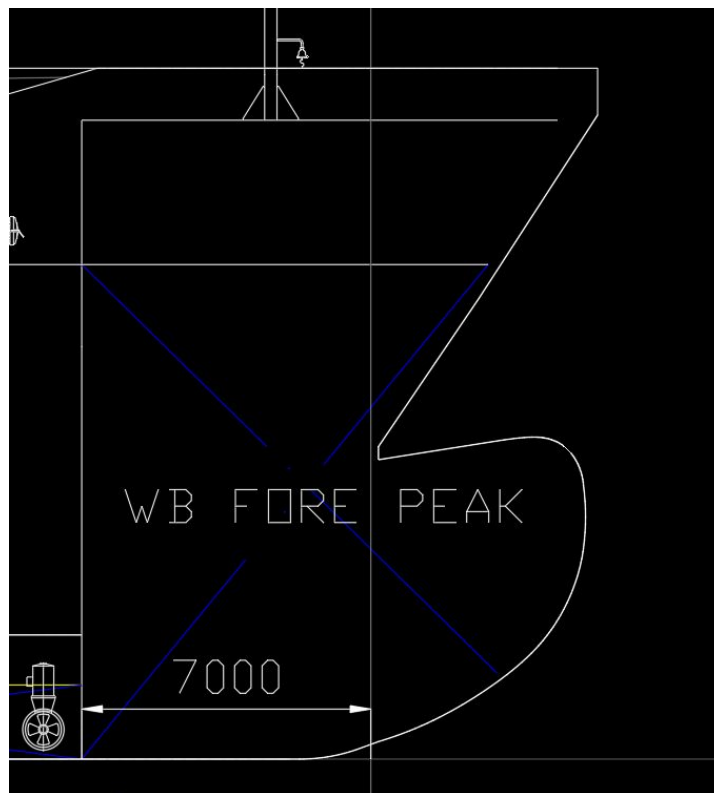
where:

x_f = adjustment of reference point due to bulbous bow in m, as given in [4.1.2].

A greater value of x_{c-max} may be permitted by the flag administration, see [4.1.3].

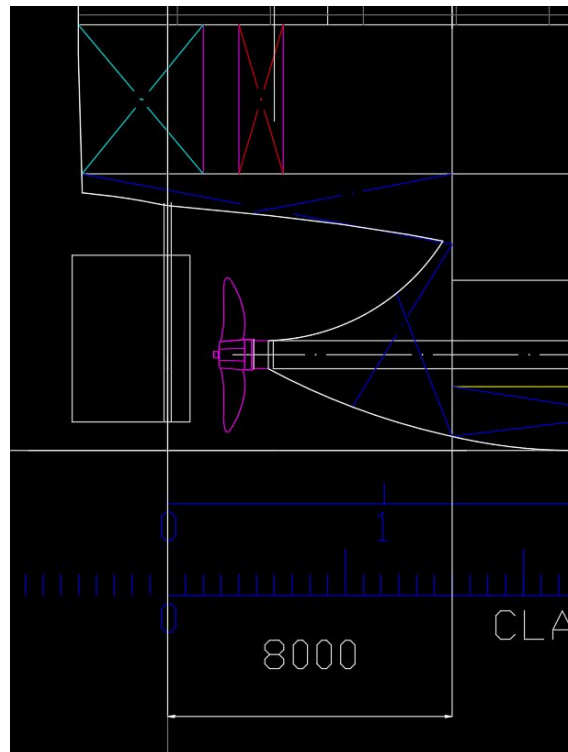
Siendo $x_{c-min} = 4,27 \text{ m}$
 $x_{c-max} = 7,93 \text{ m}$.

Finalmente se lo ubica a **7 m** de la perpendicular de proa, como se muestra en la figura a continuación:



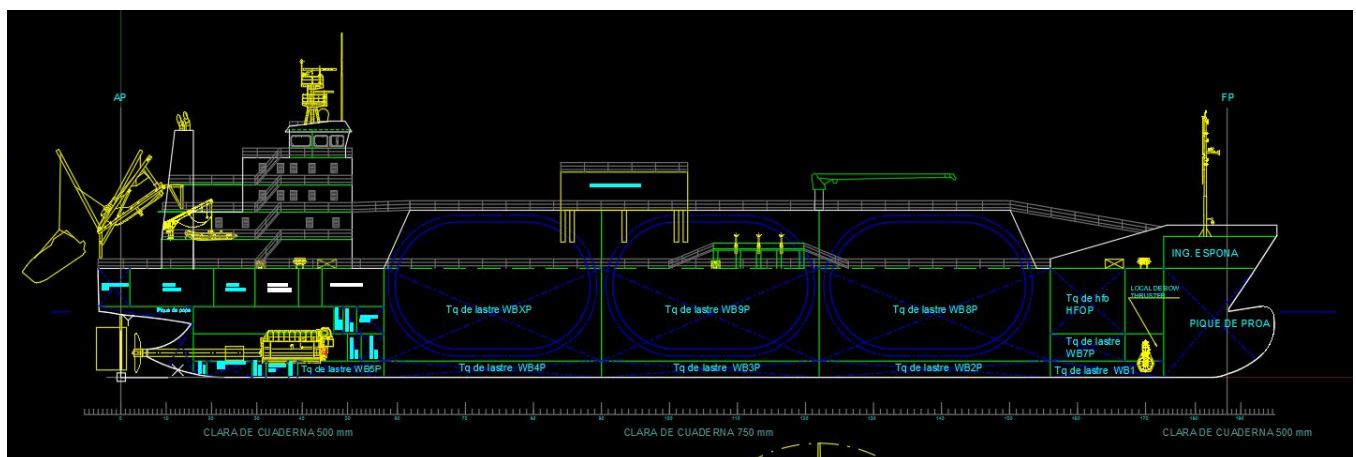
(Fig. 1.8)

Para el caso del mamparo del pique de popa se utilizaron como referencia los lineamientos dados por Meizoso, en el cual se da una distancia recomendada en función de la eslora del buque. Con esto, y buscando que el mamparo coincidiera con una cuaderna, se lo fijo a una distancia de **8 metros** respecto de la perpendicular de popa, como se ve en la figura mostrada a continuación:



(Fig. 1.9)

Para los mamparos de bodega primero se ubicaron los tanques en función de la condición de carga de tanques llenos con el producto de mayor densidad (VCM) y se estudió cómo se presentaba el asiento del buque en función de la posición. Una vez que se determinó su ubicación longitudinal se procedió a ubicar los mamparos de bodegas. Para esto se tomó como medida base la longitud de los tanques de carga de LPG. Luego se agregó la distancia mínima, establecida por el DNV-GL, que debe quedar entre los tanques y los mamparos y sus respectivos refuerzos. A continuación se la incrementó para tener en cuenta la posibilidad de que un operario tenga que pasar entre el tanque y el mamparo. Por último se buscó que los mamparos coincidan con una cuaderna para darle una continuidad estructural en su unión al casco.



1.2.6.2. Mamparos longitudinales:

En este buque solo se cuenta con mamparos longitudinales en la zona de bodegas de carga. Esto se debe a que por el tipo de carga que se transporta el buque debe tener doble casco. La distancia de estos mamparos a crujía se fijó utilizando los lineamientos dados por la sociedad de clasificación DNV-GL en la Pt.5 Ch.7 Sc.2.4.1.2. Esta establece **1750 mm** entre el mamparo y el forro del casco y a **2000 mm** entre el mamparo y los tanques de carga.

1.2.6.3. Doble fondo:

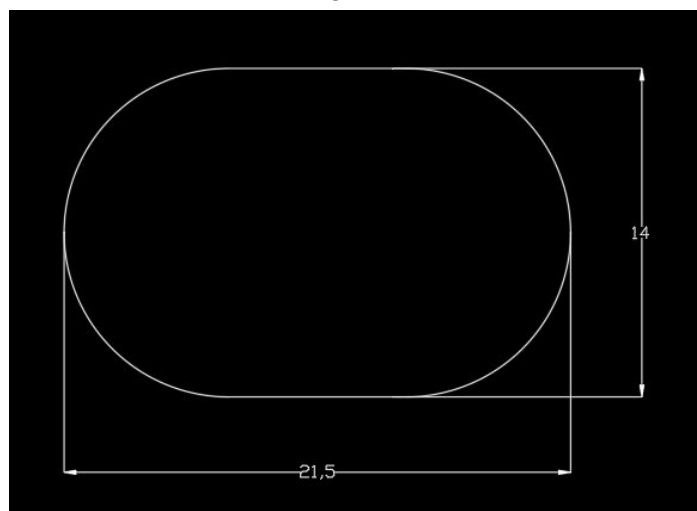
La altura mínima del doble fondo viene dada por el DNV-GL en la Pt.3. Ch.2 Sc.3.2.3 en función de las dimensiones del buque, pero previendo que se tengan que realizar trabajos de inspecciones y reparaciones, se la incrementa a una altura de **1800 mm**.

1.2.6.4. Superestructura:

La superestructura se la ubica en la popa del buque. El mamparo de popa se lo hace alineado con el mamparo del pique de popa para darle una mayor continuidad estructural a este. La altura de los distintos niveles es de **3200 mm** para el primer nivel y **3000 mm** para el resto. Esto se hizo así para asegurar una buena visibilidad desde el puente, ya que se debe tener en cuenta la cubierta de las bodegas de carga. En el caso del mamparo de proa se lo ubica a partir de la realización de una distribución preliminar de la superestructura en función del número de tripulantes.

1.2.6.6 Tanques de carga:

Para el transporte de la carga se diseñaron tanques de forma cilíndrica con extremos semiesféricos. El volumen de carga por tanque debe ser de **2500 m³**, pero para cumplir con los requisitos del IGC y el DNV-GL esto se debe cumplir con el **98%** del volumen del tanque. Por lo que el tanque debe tener un volumen interno mínimo de **2551 m³**. Con el fin de lograr esto se diseñan tres tanques idénticos con un largo de **21,5 m** y un diámetro de **7 m**. Las dimensiones del mismo se muestran en la figura a continuación:



(Fig. 1.10)

1.2.6.7 Tanques de lastre:

Debido a que en la situación de tanques de carga vacíos el buque tendrá una reducción importante en el calado. El buque contará con una serie de tanques destinados a llevar agua de lastre con el fin de asegurar una estabilidad mínima y la inmersión de la hélice. En el caso del buque proyecto se contará con tanques de lastre en el doble fondo, doble casco y piques de proa y popa, siendo estos igual a **22**. La capacidad disponible de lastre en el buque es de **6108,1 m³**. La ubicación de los mismos se puede ver en el plano de capacidades

1.2.6.8 Tanques de consumo:

1.2.6.8.1 Cálculo de peso del Fuel Oil (F.O):

El peso de fuel oil se obtiene en función del consumo específico del motor y los días de navegación. Para esto se utiliza ecuación propuesta por V. Ballabio en los apuntes de *Apuntes Plantas propulsoras marinas*. Esto se hizo con la siguiente ecuación:

$$Tn_{HFO} = CeHFO \times EHP \times dn = \mathbf{398,78 \text{ Tn.}} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde: $CeHFO$ = Consumo específico de combustible (**181 g/KWh**)
 dn = Días de navegación (**20 días**)
 EHP = 4590 KW

El valor de la potencia se obtiene mediante el dimensionamiento del motor, como se explicará más adelante en el informe de cálculo de resistencia y propulsión. A su vez el dato del consumo de combustible del motor se obtiene a partir de la información del motor brindada por el fabricante.

1.2.6.8.2 Cálculo de peso del lubricante (L.O):

El peso de fuel oil se obtiene en función del consumo específico del motor y los días de navegación. Para esto se utiliza ecuación propuesta por V. Ballabio en los apuntes de *Apuntes Plantas propulsoras marinas*. Esto se hizo con la siguiente ecuación:

$$Tn_{LO} = CeLO \times EHP \times dn = \mathbf{1,1 \text{ Tn.}} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde: $CeLO$ = Consumo específico de lubricante (**0,5 g/KWh**)
 dn = Días de navegación (**20 días**)
 EHP = 4590 KW

El valor de la potencia se obtiene mediante el dimensionamiento del motor, como se explicará más adelante en el informe de cálculo de resistencia y propulsión. A su vez el dato del consumo de lubricante del motor se obtiene a partir de la información del motor brindada por el fabricante.

1.2.6.8.3 Cálculo del peso de agua dulce:

Se obtiene según la siguiente ecuación, propuesta en el libro *Ship design & Construction, Vol 1* de SNAME.

$$W_{FW} = 0,17 \text{ Tn} / (\text{tripulantes} \times \text{días}) \text{ (Ec. 2.7)}$$

Donde: Tripulantes = 26

Días = 20

Con estos valores se obtiene que **$W_{FW} = 88,4 \text{ Tn}$** .

1.2.6.8.4 Cálculo de peso de tripulación y equipaje:

Se obtuvo según la siguiente expresión, propuesta en el libro *Ship design & Construction, Vol 1* de SNAME.

$$W_{C\&E} = 0,17 \text{ Tn} / \text{tripulantes} \text{ (Ec. 2.8)}$$

Usando el mismo número de tripulantes que en el cálculo pasado (**26 tripulantes**) se obtiene **$W_{C\&E} = 4,42 \text{ Tn}$** .

1.2.6.8.5 Cálculo de pesos de provisiones:

Se calculó según la siguiente expresión, propuesta en el libro *Ship design & Construction, Vol 1* de SNAME.

$$W_{pr} = 0,005 \text{ Tn} / (\text{tripulantes} \times \text{días}) \text{ (Ec. 2.9)}$$

Utilizando los mismos valores que en los cálculos anteriores se obtiene que **$W_{PR} = 2,6 \text{ Tn}$** .

1.2.6.8.6 Cálculo de pesos de consumibles:

Se calculó según la siguiente expresión, propuesta en el libro *Ship design & Construction, Vol 1* de SNAME.

$$W_{pr} = 0,01 \text{ Tn} / (\text{tripulantes} \times \text{días}) \text{ (Ec. 2.9)}$$

Utilizando los mismos valores que en los cálculos anteriores se obtiene que **$W_{PR} = 5,2 \text{ Tn}$** .

1.2.6.8.7 Tanque de servicio diario de HFO:

El volumen del tanque se obtiene en base al consumo específico del motor que, es un dato dado por el fabricante del mismo, utilizando la ecuación dada por el *DNV-GL Pt6 Ch2 Sc4.2.2.2*. Estos tanques están por duplicado. En este caso es igual a 181 g/KWh, por lo que el volumen se obtiene como:

$$V_{TFO} = \frac{C_{eFO} \times EHP \times t}{\rho_{FO}} \text{ (Ec. 2.10)}$$

Donde: $Ce_{FO} = 181 \text{ g/KWh}$
 $EHP = 4590 \text{ KW}$
 $t = 8 \text{ horas}$
 $\rho_{FO} = 991 \text{ Kg/m}^3$

Con esto se obtiene que el tanque tendrá un volumen de **9,97 Tn.**

1.2.6.8.8 Tanque de sedimentación de HFO:

El volumen del tanque se obtiene en base al consumo específico del motor, que es un dato dado por el fabricante del mismo, utilizando la ecuación dada por el *DNV-GL Pt6 Ch2 Sc4.2.2.2*. Estos tanques están por duplicado. En este caso es igual a 181 g/KWh, por lo que el volumen se obtiene como:

$$V_{TFO} = \frac{Ce_{FO} \times EHP \times t}{\rho_{FO}} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Donde: $Ce_{FO} = 181 \text{ g/KWh}$
 $EHP = 4590 \text{ KW}$
 $t = 8 \text{ horas}$
 $\rho_{FO} = 991 \text{ Kg/m}^3$

Con esto se obtiene que el tanque tendrá un volumen de **19,94 Tn.**

1.2.6.8.1 Cálculo de peso del Marine Diesel Oil (M.D.O):

El peso de marine diesel oil se obtiene en función del consumo específico de los generadores y los días de navegación. Para esto se utiliza ecuación propuesta por V. Ballabio en los apuntes de *Apuntes Plantas propulsoras marinas*. Esto se hizo con la siguiente ecuación:

$$Tn_{MDO} = Ce_{MDO} \times EHP \times dn = \mathbf{59,07 \text{ Tn.}} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde: Ce_{HFO} = Consumo específico de combustible (**192 g/KWh**)
 dn = Días de navegación (**20 días**)
 $EHP = 641 \text{ KW}$

El valor de la potencia se obtiene mediante el dimensionamiento del motor, como se explicará más adelante en el informe de cálculo de consumo eléctrico. A su vez el dato del consumo de MDO del motor se obtiene a partir de la información del motor brindada por el fabricante.

1.2.6.8.7 Tanque de servicio diario de MDO:

El volumen del tanque se obtiene en base al consumo específico del motor que es un dato dado por el fabricante del mismo, utilizando la ecuación dada por el *DNV-GL Pt6 Ch2 Sc4.2.2.2*. Estos tanques están por duplicado. En este caso es igual a 181 g/KWh, por lo que el volumen se obtiene como:

$$Tn_{MDO} = \frac{Ce_{MDO} \times EHP \times t}{\rho_{MDO}} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde: $Ce_{MDO} = 181 \text{ g/KWh}$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= 641 \text{ KW} \\ t &= 8 \text{ horas} \\ \rho_{\text{MDO}} &= 991 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Con esto se obtiene que el tanque tendrá un volumen de **1,48 Tn.**

1.2.6.8.8 Tanque de sedimentación de MDO:

El volumen del tanque se obtiene en base al consumo específico del motor que es un dato dado por el fabricante del mismo, utilizando la ecuación dada por el *DNV-GL Pt6 Ch2 Sc4.2.2.2*. Estos tanques están por duplicado. En este caso es igual a 181 g/KWh, por lo que el volumen se obtiene como:

$$V_{\text{MDO}} = \frac{C_{\text{eMDO}} \times \text{EHP} \times t}{\rho_{\text{MDO}}} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

$$\begin{aligned} \text{Donde: } C_{\text{eFO}} &= 181 \text{ g/KWh} \\ \text{EHP} &= 641 \text{ KW} \\ t &= 8 \text{ horas} \\ \rho_{\text{FO}} &= 891 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Con esto se obtiene que el tanque tendrá un volumen de **2,95 Tn.**

1.2.6.8.9 Tanque de aguas oleosas:

El volumen del tanque se obtiene en base al requerimiento dado por la PNA, que dicta que el volumen será igual a:

$$V = dn \times C \times K \text{ (m}^3\text{)} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

$$\begin{aligned} \text{Donde } K &= 0,015 \text{ (De tabla)} \\ C &= \text{Consumo diario de combustible (24 hs.) y densidad de aguas oleosas} \\ &0,913 \text{ T/m}^3 \\ dn &= \text{Días de navegación. Se consideran 30 que es el mínimo} \end{aligned}$$

Con esto se obtiene un volumen de tanques de **9,83 m³.**

1.2.6.8.10 Tanque de reboses:

El volumen del tanque de reboses se obtiene en función de la capacidad de la bomba de trasvase. Esta se obtiene, según lo dado en [2], como:

$$Q_{\text{bomba-tr}} = 0,5 \times V_{\text{Tq-HFO}} = 9,97 \text{ m}^3/\text{h}$$

y la capacidad del tanque se obtiene como:

$$V_{\text{Tq-rebose}} = \frac{Q_{\text{bomba-tr}} \times 10}{60}$$

Quedando este igual a **1,66 m³.**

1.2.6.8.11 Tanque de aceite para cilindros:

El volumen del tanque de aceite para cilindros se obtiene según lo recomendado en [2], como:

$$V_{LO-CIL} = \frac{MCR \times CeLO \times Hn}{1000 \times 897}$$

Donde: CeLO = 0,5 g/KWh

Hn = Horas de navegación (480 horas)

Con esto se obtiene un volumen de **1,23 m³**.

1.2.6.8.12 Tanque de aceite diario:

El volumen del tanque de aceite para cilindros se obtiene según lo recomendado en [2], como:

$$V_{LO-CIL} = \frac{MCR \times CeLO \times 8}{1000 \times 897}$$

Donde: CeLO = 0,5 g/KWh

Con esto se obtiene un volumen de **0.02 m³**.

1.2.6.8.13 Tanque de sentinas:

El volumen del tanque de sentinas se obtiene según lo recomendado en [2], como:

$$V_{sentinas} = 1,5 + \frac{MCR - 1000}{1500}$$

Con esto se obtiene un volumen de **3,89 m³**.

1.2.6.8.14 Tanque de aceite sucio:

La capacidad del tanque de aceite sucio será igual a la capacidad del tanque de almacenamiento de aceite lubricante, según lo recomendado en [2]

$$V_{ac\ sucio} = 1,11\ m^3$$

1.2.6.8.15 Tanque de aguas grises:

El volumen del tanque de aguas grises se obtiene según lo recomendado en [2], como:

$$V_{aguas\ grises} = C \times Npers \times T$$

Donde: C = Generación de aguas grises y negras por persona por día

Npers = Número de personas a bordo (**26 tripulantes**)

T = Días de almacenamiento de aguas residuales (**20 días**)

Con esto se obtiene un volumen de **3,89 m³**.

A continuación se muestra una tabla con las capacidades de los tanques de consumibles y lastre en el buque

ESPACIO	VOLUMEN (m3)
Tanques de lastre	
WB1	73,2
WB2 P	293,1
WB2 S	293,1
WB3 P	387
WB3 S	387
WB4 P	338,9
WB4 S	338,9
WB5 P	65,7
WB5 S	65,7
WB6	24,3
WB7 P	106,8
WB7S	106,8
WB8 P	360,8
WB8 S	360,8
WB9 P	415,1
WB9 S	415,1
WB10 P	402,2
WB10 S	402,2
WB11 P	249,5
WB12 S	249,5
FORE PEAK	460,1
AFTER PEAK	312,3
Subtotal	6108,1
Sistema de HFO	
HFO P	230,5
HFO S	230,5
FODP	11,4
FODS	11,4
FOSP	21,4
FOSS	21,4
Subtotal	526,60

Sistema de MDO	
MDOP	34,9
MDOS	34,9
DODP	2,8
DODS	2,8
DOSP	4,3
DOSS	4,3
Subtotal	84
Tanques de servicio	
FW P	51,4
FW S	51,4
TACC	1,3
TAGR	22,3
TANE	8,6
TAS	1,3
TASD	5,2
TLO	1,3
TREB	1,7
TSEN	4,2
Subtotal	148,7
Tanques de carga	
LPG	7764,3
Subtotal	7764,3
Total	14631,70

(Tabla 1.12)

1.3. Referencias:

- Meizoso M. (1997). Proyecto Básico del Buque Mercante. España, Madrid. Fondo editorial de ingeniería naval colegio oficial de ingenieros navales.
- Fiorentino N. (2015). Apuntes de Alistamiento Naval. Argentina, Buenos Aires. ITBA
- Watson, D.G.M. (1998). Practical Ship Design. Volume 1. UK, Oxford. Elsevier Science Ltd.
- McGuire & White. (2000). Liquefied gas handling principles on ships and in terminals (SIGTO). UK, London. Whiterby Publishers
- DNV-GL
- International Gas Code (IGC)
- Ballabio V. (2015). Apuntes de plantas propulsoras marinas, Buenos Aires. ITBA.
- Lamb T. (2003). Ship design & Construction Vol. 1, SNAME, NJ. USA

	Anexo: Dimensiones principales																	
	Tabla A1																	
Tabla de información de buques y sus características																		
N°	Buque	Tipo	Año	LBP (m)	LOA (m)	B(m)	d(m)	D(m)	Francobordo (m)	Desplazamiento (Tn)	DWT (tn)	Potencia (KW)	Núm de motores	carga (m3)	Tipo de carga	Vel (KN)	N° de segregació	Precio
0	Buque proyecto	LPG	2016	122	128	20	7,2	12	4,8			3900		7500		15		
2		LPG	2014	112,15	118,7	18	6	8,2	2,2		5167			6417,784				
3		LPG	1996	105,92		16,2	8		-8					4017				
4	JS-Alular	LPG	2012	92,5	99,85	17,4	7,06	11,7	4,64	8420	4994	2700	1	5036,59	N-butano / C – Propano / Butadieno /Propano /VCM	13	2	
5	JS-Caesar	LPG	2012	92,5	99,85	17,4	7,06	11,7	4,64	8420	4994	2700	1	5036,59	N-butano / C – Propano / Butadieno /Propano /VCM		2	
6	JS – Greensail	LGC	2013	134,55	142,99	21,6	9,5	12,1	2,6	22100	15012,5	5220	1	12042,965	N-butano / C – Propano / Butadieno /Propano /VCM / Etileno /Amonio /Propileno oxido		2	
7	Clipper Viking	LPG	1998		146,4	20,5	9,7		-9,7		13780	7980		12600	Propane / Butane / NH3			
11	B Gas Lotta	LPG	1992	66	73,6	14,02	4,95	6,1	1,15		2003			1724,7		12		1,2 millions
12	Nuri Arizona	LPG	1995	98	105	19,8	6,01	8,6	2,59		5590			5000				3,5 Mln
13	G. Elite	LPG	1996	99,9	105,9	16,2	5,123	8	2,877		3714	3190	1	4017		13,55		2,5 Mln
14	Epic St. Paul	LPG	1995	99,5	105,3	19,5	5,28	7,8	2,52		4998	4400		4916				3,5 Mln
15	Serenity	LGC /2PG	2008		96	14,4	5,3		-5,3		2653	2060		3218		13	1	4 Mln
16	Turk Gaz	LPG	1989	92	99,1	15,8	5,68	7,3	1,62		4142	3300	1	3143				2,8 Mln
17	Oceanus	LPG	1989	92	99,13				0		3714			3200				1,2 Mln
18	Sea Visions	LPG	1992		99,5	15,82	5,53	7,1	1,57		3310	3040	1	3311				2 Mln
19	Alpha Gas	LPG	1989		99,5	15,8	5,51	7,1	1,59		3753	2801	1	3247				2 Mln
20	Red Dragon	LPG	2016		122	20	5,62	9	3,38		5140	3501	1	6532				4 Mln
21		LPG	1973	72,25	78,02	12,5	4,974	6	1,026		2135,15	1948		1817,8		11		0,67 Mln
23	Coral methane	LPG	2009		117,8	18,6	6,8		-6,8		4875			7500		15,5		
24	Isabella Kosan	LPG	2009		115	18,6	8,65		-8,65		7776			8000		15,3		
26	Ocean Prism	LPG	2007	108,1	115	18,5		10,6	10,6		8600	5920		8000		16		
27	Epic Borinquen	LPG		106,8	113,1	19	6,8	9,1	2,3		7183			7522				
28	DL Lotus	LPG		103	109,9	16,8	7,3	9,5	2,2		6775			6130				
29	Fortunato	LPG		113,3	119,9	19	7,5	10,8	3,3		8661			8675				
30	1984 Custom	LPG	1984		126,06	18,5	8,22	11,8	3,58		8711	4300		7634		14		
31		LPG	1992		122,2	20	5,62	9	3,38		5105			6431				
32	Gas-cathar	LPG	2001	112	119	18,8	6,759	8,8	2,041		7124	3780	1	7517,175				
33	Gas-premiership	LPG	2000	112,5	119,29	18,2	6,464	8,4	1,936		6633,92	4530	1	7200				
34	Eco-Nemesis	LPG		95,5	99,98	17,8	6,213	8	1,787		5200	2850	1	5000				
36	Gas-Prodigy	LPG	2003	92,94	99,79	18,18	5,6	7,79	2,19		3633,1	3330	1	5030,75				
37	Gas-Defiance	LPG	2008	93,5	99,9	17,6	6,15	8	1,85		5014,82	2925	1	5018,237				
38	Gas-Flowless	LPG	2007	94,9	99,93	19,6	5,713	7,7	1,987		4954,9	3900	1	6336,705				
39	Eco-Galaxy	LPG	2015	110	117	18,2	6,8	8,9	2,1		5873	3510	1	7212,7				
40	Gas-Haralambos	LPG	2007	112	119,5	19,0267	6,815	9,018	2,203		7330,64	3900	1	7020,221				
41	Gas-Marathon	LPG	1995	111	119	18,8	6,665	9	2,335		7031,4	3883	1	6572,2				
42		LPG		135		23	6,7	13,2	6,5					12000				
43		LPG		110,6		19,2	5,8	9,25	3,45					7000				
44		LPG		92,7		16,8	5	7,7	2,7					4000				

1

2

3

4

A

B

C

D

Estimación de pesos y desplazamiento

E

F

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Índice:

2.1.Introducción:	1
2.Desarrollo:	1
2.1 Estimación de pesos del buque vacío:	1
2.1.1 Cálculo del peso de la estructura de acero:	1
2.1.2 Cálculo de pesos en sala de máquinas:	2
2.1.3 Cálculo de pesos de alistamiento:	2
2.1.4 Cálculo de peso de buque vacío:	2
2.2 Distribución de pesos:	3
2.3 Centro de gravedad	3
2.3.1 Centro de gravedad del acero:	3
2.3.2 Centro de gravedad de sala de máquinas	4
2.3.3 Centro de gravedad de equipo y habilitación:	4
2.3.4 Altura del centro de gravedad del buque vacío:	4
2.3.5 Posición longitudinal del centro de gravedad del buque vacío	4
2.4 Curva de cargas	4

2.1.Introducción:

El objetivo de este trabajo es realizar una estimación de pesos del buque modelo vacío. Una vez calculado esto se dimensionan los espacios necesarios para transportarlos. Para obtener estos números se utilizarán las estimaciones de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillian y el de García Garces. Finalmente a los volúmenes calculados se les hará una corrección para tener en cuenta los refuerzos internos de los tanques, en caso de tenerlos, y se obtendrá una distribución inicial de los mismos.

2.Desarrollo:

Para el desarrollo de este trabajo se usarán los atributos de carena del buque proyecto y dimensiones principales establecidas en la sección anterior. Sus principales dimensiones son:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	128
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 2.1)

2.1 Estimación de pesos del buque vacío:

2.1.1 Cálculo del peso de la estructura de acero:

Para estimar el peso de la estructura de acero se planteó el método desarrollado por Watson & Gilfillian, ya que es el que menos subestima el peso de la cubertada de tanques que cubre toda la zona de carga y mejor se adecua a las dimensiones obtenidas en esta etapa del proyecto. A continuación se detalla el procedimiento para obtener el peso.

$$W_s = W_s(E) = K E^{1.36} [1 + 0.5(C_B' - 0.70)] \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde: $E = LPP(B+D) + 0,85 LPP(D-T) + 0,85 \sum l_1 h_1 + 0,75 \sum l_2 h_2$
 $CB08D = 0,771$
 $K = 0,032$

Con esto se obtuvo un peso de acero del buque de **3399,94 Tn**. A este se le aplicó un margen de proyecto de 6%. Este margen es alto para tener en cuenta el peso de acero de la estructura de bodegas de tanque sobre cubierta. Con esto se obtiene un peso final de **3603,93 Tn**.

2.1.2 Cálculo de pesos en sala de máquinas:

La estimación del peso en sala de máquinas se hizo mediante la estimación dada por Watson & Gilfillan, la cual permite estimar el peso del motor principal y los elementos accesorios (motor rem), sin embargo el motor del es un dato conocido ya que fue determinado en un cálculo de resistencia al avance y propulsión. Siendo el motor seleccionado un **MAN 9L35** de potencia **4590 KW**, tiene un peso de **57,4 Tn**. En el anexo C1 se encuentra disponible el catálogo del motor con mayor cantidad de información técnica sobre el mismo.

El peso de los elementos adicionales del motor (W_{rem}) se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$W_{rem} = C_m \times (MCR^{0.7}) \text{ (Ec. 2.2)}$$

Donde: $C_m = 0,59$ (Coef. dado en Meizoso según tipo de buque)

Quedando este igual a **322,89 Tn**. Aplicando un margen de proyecto de 6%, para tener en cuenta los pesos de caja reductora, generadores y otros elementos de máquinas que todavía no se conocen, se obtiene un peso corregido de **342,26 Tn**.

2.1.3 Cálculo de pesos de alistamiento:

El cálculo de alistamiento de cubierta se cálculo mediante el método de Watson & Gilfillan. El cálculo se hizo con la siguiente ecuación:

$$W_o = C_o \times L_{pp} \times B \text{ (Ec. 2.3)}$$

Donde $C_o = 0,25$

Finalmente quedó **$W_o = 610 \text{ Tn}$** y aplicando el margen de proyecto de 6% para tener en cuenta el equipamiento de carga y descarga, y manipulación de la carga durante la navegación se obtiene un peso de **$W_o = 646,6 \text{ Tn}$** .

2.1.4 Cálculo de peso de buque vacío:

Finalmente el peso del buque vacío (LSW) se cálculo como la suma de todos los pesos previamente nombrados

$$LSW = WS + WM + W_o \text{ (Ec. 2.4)}$$

Quedando **$LSW = 4650,4 \text{ Tn}$**

2.2 Distribución de pesos:

La distribución de pesos se hace de forma lineal en la zona del buque que corresponda salvo para el caso del acero que sigue una forma trapezoidal dada por los coeficientes de Biles

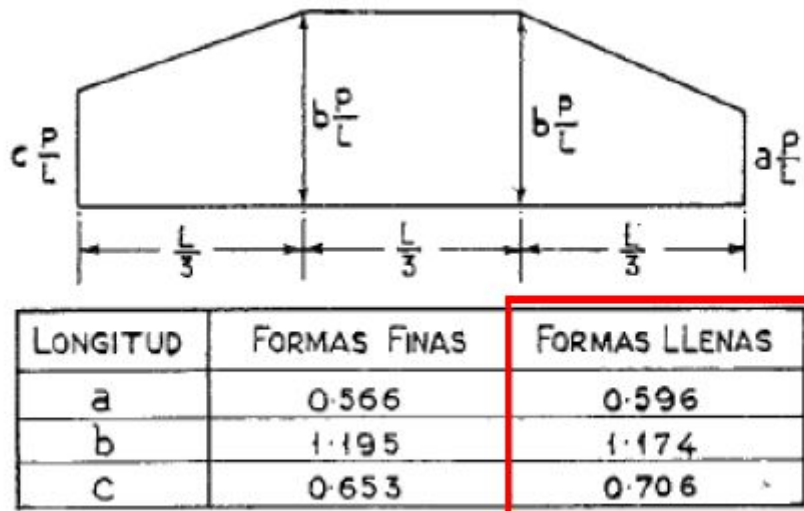


Fig. 6.04-m

En la tabla a continuación se muestra la distribución de pesos para las secciones del buque

2.3 Centro de gravedad

2.3.1 Centro de gravedad del acero:

La altura del centro de gravedad del acero se puede obtener a través de la estimación de Kupras. Conociendo la distribución de los pesos a lo largo de la eslora se puede obtener Kupras

$$\begin{aligned}
 VCG_{\text{hull}} &= 0.01D [46.6 + 0.135(0.81 - C_B)(L/D)^2] \\
 &\quad + 0.008D(L/B - 6.5), L \leq 120 \text{ m} \\
 &= 0.01D [46.6 + 0.135(0.81 - C_B)(L/D)^2],
 \end{aligned}$$

Quedando igual a 5,62m

2.3.2 Centro de gravedad de sala de máquinas

Se puede estimar por el método de Kupras como:

$$VCGm = hdb + 0,35(D' - hdb)$$

Donde: hdb= Altura de doble fondo (1,8m)

$$D' = 11 \text{ m}$$

Con esto se obtiene un VCGm de 5,02 m

2.3.3 Centro de gravedad de equipo y habilitación:

Se puede obtener con la estimación de Kupras como:

$$VCGof = D + 1,25$$

Quedando igual a 13,25 m.

2.3.4 Altura del centro de gravedad del buque vacío:

Con los distintos valores de VCG y los pesos se puede calcular la altura del centro de gravedad del buque vacío a través del teorema de Varignon, quedando igual a 6,628 m.

2.3.5 Posición longitudinal del centro de gravedad del buque vacío

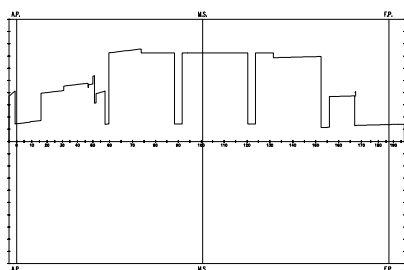
Conociendo la distribución de pesos del buque a lo largo de la eslora se puede obtener la posición longitudinal del centro de gravedad a través del software FORAN, específicamente el módulo LOAD. Este se encuentra a 50,08 m de la perpendicular de popa.

2.4 Curva de cargas

La distribución de pesos, empuje, carga, esfuerzo cortante, y momentos flectores, para la condición de máxima carga (los tres tanques cargados al 98% con VCM) se puede ver en la curvas ABA-PB-010-007_D.

Condicion de carga:
Maxima carga
Tanques 98% con VCM

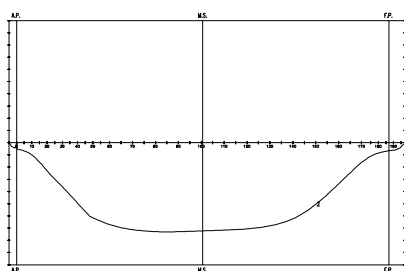
CURVA DE PESOS



WEIGHT DISTRIBUTION
ABSCISSAE

1 CM - 20.0 T/M
1 CM - 4.0 M

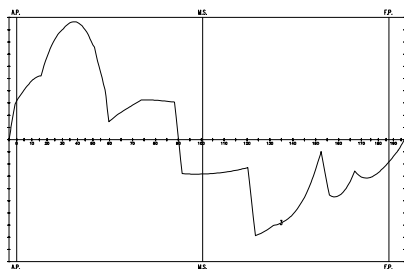
CURVA DE EMPUJE



BOUYANCY DISTRIBUTION
ABSCISSAE

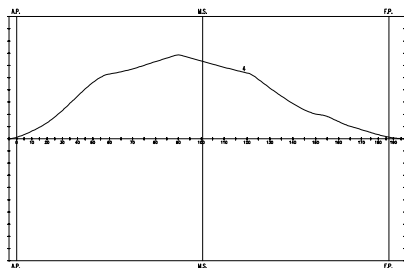
1 CM - 20.0 T/M
1 CM - 4.0 M

CURVA DE ESFUERZOS DE CORTE



MAX. POSITIVE SHEARING F. 482.6 T. TO 19.000 M. AFT PERP.
MAX. NEGATIVE SHEARING F. -393.7 T. TO 78.251 M. AFT PERP.
SHEARING FORCE DIAGRAM
ABSCISSAE 1 CM - 50.0 T
1 CM - 4.0 M

CURVA DE MOMENTO FLECTOR



MAX. POSITIVE BENDING M. 13700.4 T/M TO 53.062 M. AFT PERP.
MAX. NEGATIVE BENDING M. -0.1 T/M TO -2.500 M. AFT PERP.
BENDING MOMENT DIAGRAM
ABSCISSAE 1 CM - 2000.0 T/M
1 CM - 4.0 M

NOMBRE: BARUH AGUSTIN

FECHA: 14/01/2018

VERIFICADO

APROBADO



• UNIVERSIDAD PRIVADA •

NÚMERO PLANO REV HOJA N° N° HOJAS

010-007 E 001 001

ESCALA:

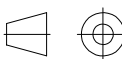
1 : 6

ARCHIVO:

ABA-PB-010-007_E

FORMATO:

A4

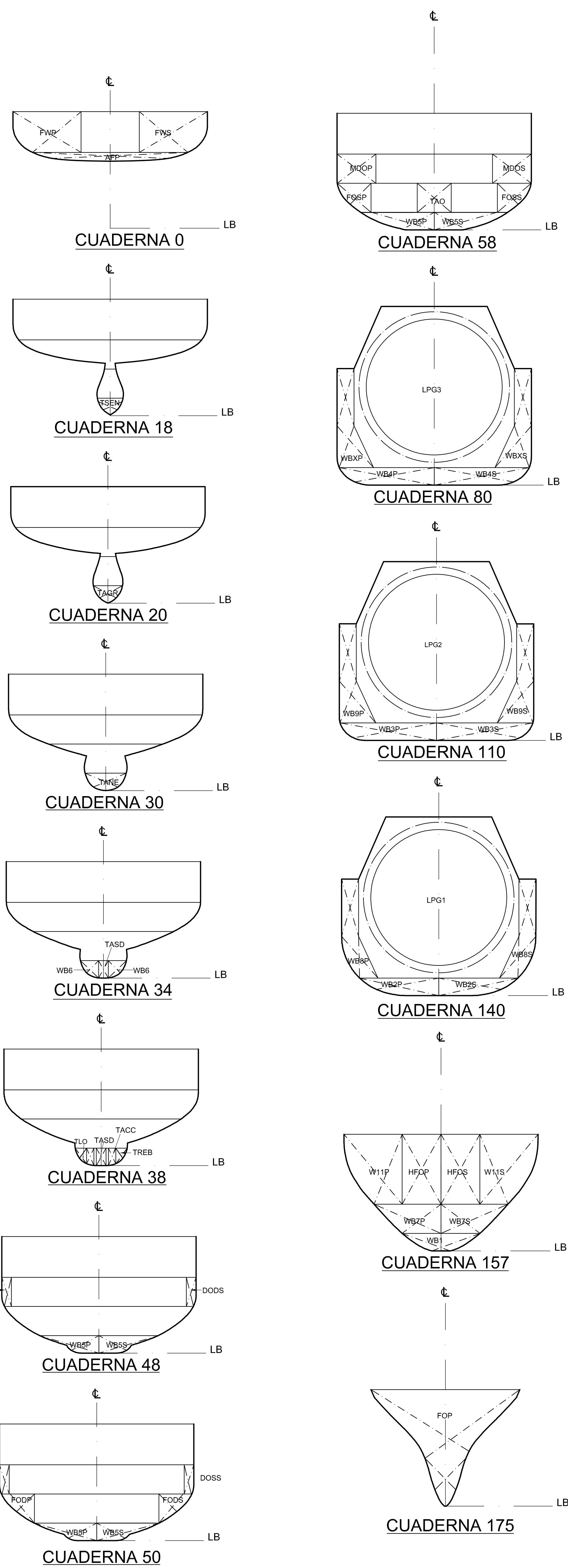
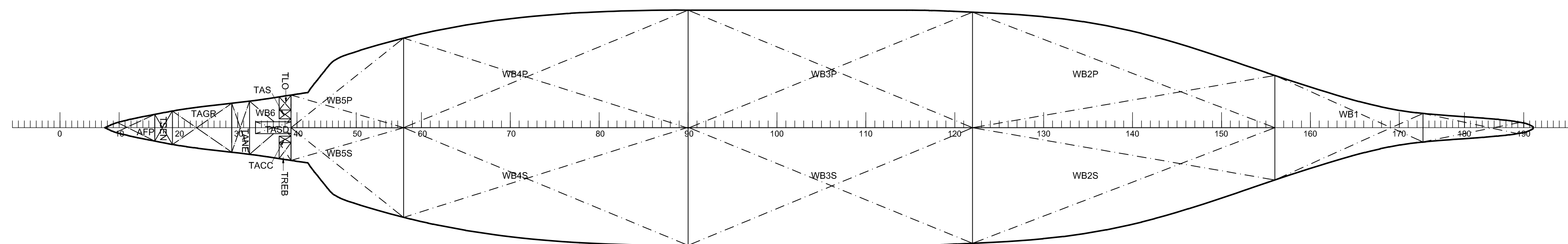
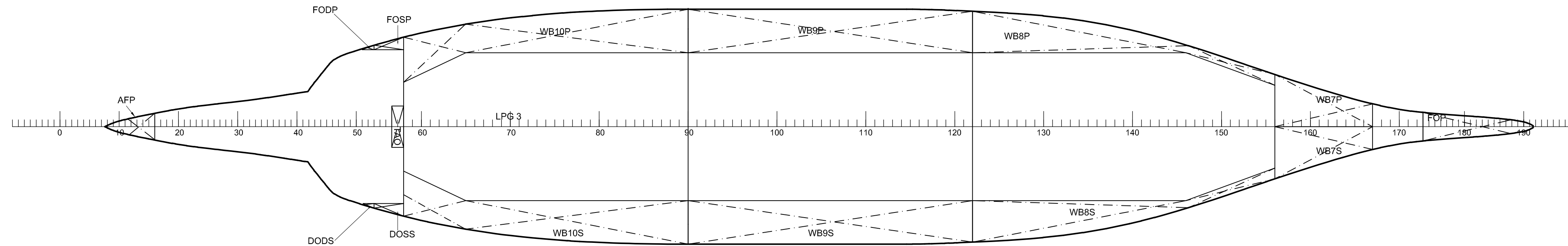
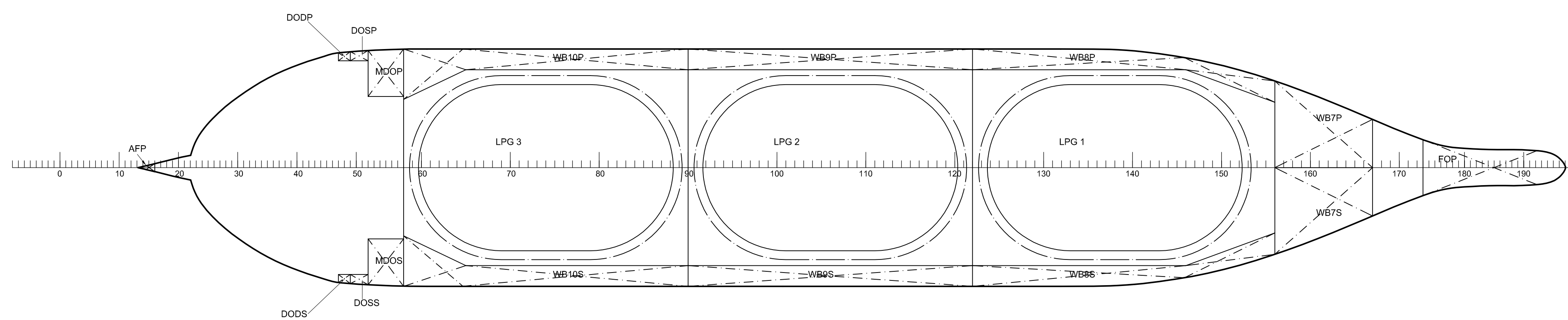
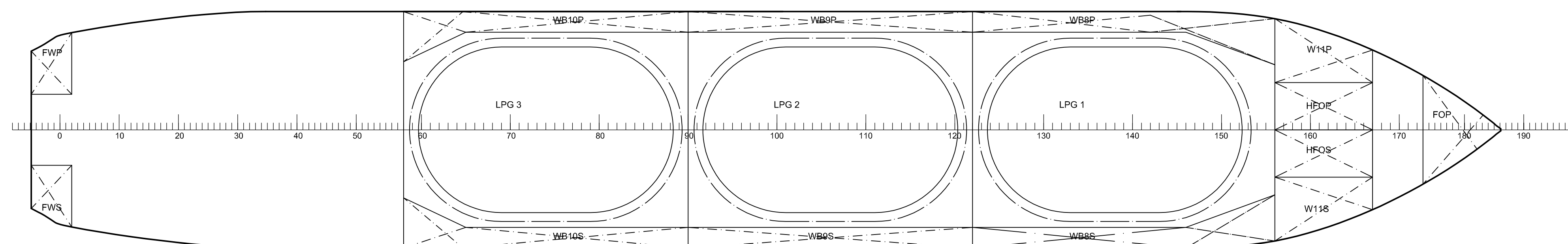
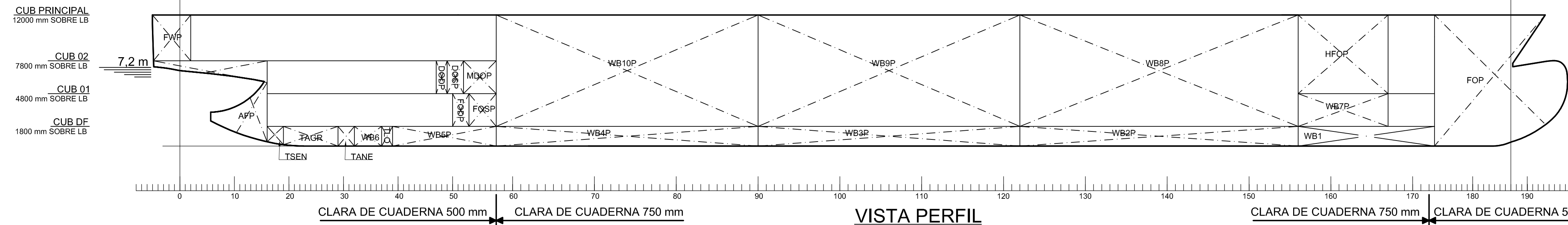


32.57 PROYECTO DE BUQUES

E	COMM	DOCENTE	27/04/18	ABA	NFI
D	COMM	DOCENTE	14/01/18	ABA	NFI
C	COMM	DOCENTE	06/11/2017	ABA	NFI
B	COMM	DOCENTE	07/09/2017	ABA	NFI
A	INICIAL		31/10/2016	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.	

MODIFICACIONES

DISTRIBUCION DE CARGAS
CONDICION: MAXIMA CARGA
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"



Tanque		Densidad	100% Volumen neto	98% Llenado		Centro de gravedad		
IDEN	DESCRIPCION	Kg/m3	M3	TN	M3	XG	YG	ZG
FOB	Tanque de lastre 1 P	1025	460.10	462.10	450.90	119.08	0.00	7.91
WBP1	Tanque de lastre 1 P	1025.00	293.10	294.40	287.20	107.27	0.10	1.01
WB2P	Tanque de lastre 2 S	1025.00	293.10	294.40	287.20	87.77	3.60	0.97
WB3P	Tanque de lastre 3 S	1025.00	293.10	294.40	287.20	87.77	-3.60	0.97
WB3P3	Tanque de lastre 3 P	1025.00	387.00	388.70	379.30	64.97	4.64	0.93
WB4P	Tanque de lastre 4 P	1025.00	387.00	388.70	379.30	64.97	-4.64	0.93
WB4S	Tanque de lastre 4 S	1025.00	387.00	388.70	379.30	64.97	4.64	0.93
WB4S	Tanque de lastre 4 S	1025.00	338.90	340.50	332.20	41.86	-4.16	0.96
WB5P	Tanque de lastre 5 S	1025.00	65.70	66.00	64.40	2.99	2.27	1.03
WB5S	Tanque de lastre 5 P	1025.00	65.70	66.00	64.40	2.99	-2.27	1.03
WB6P	Tanque de lastre 6 P	1025.00	105.80	107.30	104.70	17.83	0.00	1.00
WB7P	Tanque de lastre 7 P	1025.00	106.80	107.30	104.70	16.17	2.37	3.45
WB7S	Tanque de lastre 7 S	1025.00	106.80	107.30	104.70	16.17	-2.37	3.45
WB8P	Tanque de lastre 8 P	1025.00	360.80	362.40	353.50	88.26	9.00	7.60
WB8S	Tanque de lastre 8 S	1025.00	360.80	362.40	353.50	88.26	-9.00	7.60
WB9P	Tanque de lastre 9 P	1025.00	245.00	246.00	240.60	54.99	9.12	6.91
WB9S	Tanque de lastre 9 S	1025.00	245.00	246.00	240.60	54.99	-9.12	6.91
WB10P	Tanque de lastre 10 P	1025.00	402.20	404.00	394.10	41.24	9.11	7.05
WB10S	Tanque de lastre 10 S	1025.00	402.20	404.00	394.10	41.24	-9.11	7.05
W11P	Tanque de lastre 11 S	1025.00	245.00	250.60	244.50	106.27	6.40	5.98
W11S	Tanque de lastre 11 S	1025.00	245.00	250.60	244.50	106.27	-6.40	5.98
AFP	Pique de popa	1025.00	312.30	313.70	306.10	4.75	0.00	5.98

Tanque		Densidad	100% Volumen neto	98% Llenado	Centro de gravedad			
IDEN	DESCRIPCION	Kg/m3	M3	TN	M3	XG	YG	ZG
HFOP	Tanque HFO P	920.00	230.50	207.80	225.90	106.63	2.00	10.10
HFOS	Tanque HFO S	920.00	230.50	207.80	225.90	106.63	-2.00	10.10
FOSP	Tq. decantación HFO P	920.00	214.00	19.30	20.90	27.77	7.58	3.53
FOSS	Tq. decantación HFO S	920.00	214.00	19.30	20.90	27.77	-7.58	353.00
FODP	Tq. serv diario HFO P	920.00	114.00	10.30	11.10	25.76	7.47	3.61
FODS	Tq. serv diario HFO S	920.00	114.00	10.30	11.10	25.76	-7.47	3.61
MDOP	Tanque MDO P	870.00	34.90			27.50	8.00	6.30
MDOS	Tanque MDO S	870.00	34.90			27.50	-8.00	6.30
DOSP	Tq. decantación MDO P	870.00	4.30			25.25	9.49	6.32
DOSS	Tq. decantación MDO S	870.00	4.30			25.25	-9.49	6.32
DODP	Tq. serv diario MDO P	870.00	2.80			24.00	9.49	6.30
DODS	Tq. serv diario MDO S	870.00	2.80			24.00	-9.49	6.30
TACC	Tanque aceite cilindro	900.00	1.30	1.10	1.30	19.00	-0.87	9.91
TAGR	Tanque aguas grises	920.00	22.30	20.50	21.90	12.19	0.00	1.06
TANE	Tanque aguas negras	920.00	8.60	7.90	8.40	15.26	0.00	1.04
TAS	Tanque aceite sudo	900.00	1.30	1.10	1.20	19.00	1.12	0.94
TAP	Tanque aceite serv. MP	900.00	3.80	3.60	5.10	19.00	0.00	1.00
TLO	Tanque de aceite	920.00	1.30	1.10	1.20	19.02	1.96	1.17
TREB	Tanque de rebosos	920.00	1.70	1.50	1.60	19.01	-1.82	1.12
TSEN	Tanque de lodos	920.00	4.20	3.80	4.10	8.80	0.00	1.15

Tanque		Densidad	100% Volumen neto	98% Llenado		Centro de gravedad		
IDEN	DESCRIPCION	Kg/m3	M3	TN	M3	XG	YG	ZG
FWS	Tanque AD P	1000.00	51.40	50.30	50.30	-1.48	6.25	10.05
FWS	Tanque AD S	1000.00	51.40	50.30	50.30	-1.48	-6.25	10.05

Tanque		Densidad	100% Volumen neto	98% Llenado		Centro de gravedad		
IDEN	DESCRIPCION	Kg/m3	M3	TN	M3	XG	YG	ZG
LPG3	Tanque LPG N1	1012.00	2588.10	2566.82	2536.34	41.00	0.00	10.10
LPG2	Tanque LPG N2	1012.00	2588.10	2566.82	2536.34	65.00	0.00	10.10
LPG1	Tanque LPG N3	1012.00	2588.10	2566.82	2536.34	89.00	0.00	10.10

DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn
SOCIEDAD DE CLASIFICACION :	DNV=GL
CLASE :	BUQUE LPG SR/SP, 2PG

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

						VERIFICADO		APROBADO	
NOMBRE: BAHU AGUSTIN									
FECHA: 13/04/2018									
NÚMERO		PLANO		REV	HOJA Nº		Nº HOJAS		
011-002		C			001		001		
ESCALA		HABITAC.		FORMATO:					
1:250		011-002_B		AD					
	COMENTARIOS NFI					19/08/17	ABA	NFI	
	COMENTARIOS NFI					29/08/17	ABA	NFI	
	INICIAL					19/07/17	ABA	NFI	
REV.	DESCRIPCIÓN					FECHA.	DEBJ.	VERIF.	
MODIFICACIONES									



32.57 PROYECTO DE BUQUES

PLANO DE CAPACIDADES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

1

2

3

4

A

B

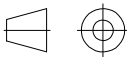
C

D

Verificación de estabilidad

E

F

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
	0	1	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

3.1 Introducción:	2
3.2 Desarrollo:	2
3.2.1. Calculo de KG:	3
3.2.2. Altura metacéntrica y brazos adrizantes:	3
Condición 1: 100% VCM y 100% Consumibles	3
2. Condición 2: 100% VCM y 50% Consumibles	6
3. Condición 3: Lastre 100% y 50% Consumibles	9
4. Condición 4: Lastre 100% y consumibles 10%	12
5. Condición 5: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 100% Propene y 100% CONSUMIBLES	15
6. Condición 6: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 100% Propene y 50% CONSUMIBLES	18
7. Condición 7: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 50% VCM y 100% CONS	21
8. Condición 8: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 50% VCM y 500% CONS	24
3.2.3. Curvas cruzadas:	27
3.2.4. Requerimientos de estabilidad de la prefectura naval Argentina (PNA):	27
3.2.4.1. Criterio de estabilidad estática:	27
3.2.4.2. Criterio de estabilidad dinámica:	27
3.2.4.3. Criterio meteorologico:	28

3.1 Introducción:

El objetivo de este informe es analizar la estabilidad del buque proyecto para distintas condiciones de carga y verificar que cumplan con los criterios dados por IMO y la Prefectura Naval Argentina. Para esto se obtiene la posición del centro de gravedad del buque en las distintas condiciones de carga, luego con las curvas KN, que se obtienen con el módulo LOAD de FORAN, se obtienen las curvas de brazos y momentos adrizantes. Con estos valores se verifica que se cumplan los distintos criterios. Finalmente se hará una verificación de la estabilidad según el criterio meteorológico de la PNA.

3.2 Desarrollo:

El buque proyecto cuenta con las siguientes características principales:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 3.1)

El cálculo de estabilidad se realizará para las siguientes condiciones, según lo requerido por el DNG-GL Pt.5 Ch.7 Sc.2.2.1.2 y los requisitos de proyecto:

1. Lastre
2. Carga máxima con el producto de mayor densidad (VCM)
3. Carga máxima con dos segregaciones (VCM y propano)
4. Un tanque parcialmente lleno (50%) y el resto completamente llenos.

Todas las condiciones se plantean para el caso de partida de puerto y arribo. Con el fin de optimizar el aprovechamiento de los espacios del buque a los tanques se los dimensionó con una capacidad suficiente para completar el viaje sin necesidad de recargar consumibles en el puerto de descarga de LPG. Por lo que se presentarán 4 condiciones:

1. Partida de puerto con 100% de carga en los tanques de LPG y 100% de consumibles
2. Arribo a puerto con 100% de carga en los tanques de LPG y 50% de consumibles
3. Partida de puerto con 0% de carga en los tanques de LPG y 50% de consumibles y los tanques de lastre parcialmente llenos, según corresponda.
4. Arribo a puerto con 0% de carga en los tanques de LPG y 10% de consumibles y los tanques de lastre parcialmente llenos, según corresponda.

3.2.1. Calculo de KG:

El cálculo del centro de gravedad, se obtuvo en la sección de cálculo de pesos del buque en rosca. Siendo este:

- KG = 5,62 m (desde la línea base)
- LCG = 60,53 m (desde la perpendicular de popa)

3.2.2. Altura metacéntrica y brazos adrizantes:

El cálculo de la altura metacéntrica y brazo adrizante para las distintas condiciones de carga se realiza mediante el uso del software FORAN, específicamente el módulo LOAD. En este también se verifican que se cumplan con los criterios establecidos por IMO. En este cálculo también se obtienen las condiciones en las que flotara el buque (Calado en perpendicular de proa, popa, medio, asiento, escora, etc.). A continuación se muestran los resultados obtenidos para las distintas condiciones de carga:

1. Condición 1: 100% VCM y 100% Consumibles

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 7.344 M

FORE PERPENDICULAR = 7.044 M

MIDDLE = 7.194 M

TRIM (AFT) = 0.300 M

AFTER = 7.344 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

(REFERRED TO HULL BOTTOM)

FORE = 7.044 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 7.344 M

(REFERRED TO THE BASE LINE)

FORE = 7.044 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM MCT = 201.7 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 61.143 M KG = 8.150 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 61.133 M KB = 3.940 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 56.887 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 7.203 M

METACENTRIC HEIGHT GM = 1.155 M

CORRECTED METACENTRIC HEIGHT GMC = 0.966 M

TRANSVERSE METACENTRE KM = 9.305 M

STABILITY CURVES

=====

ANG	KN	GZ	DN
(DEG)	(M)	(M)	MM*RADIAN
=====	=====	=====	=====
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.630	0.186	15.43

20.00	3.270	0.425	67.74
30.00	4.909	0.750	171.95
40.00	6.115	0.769	308.70
60.00	7.195	-0.008	462.48
80.00	7.045	-1.147	271.53

1

FORAN SYSTEM - MODULE LOAD VERSIÓN 70

RESULTS

PAGE 006

DATE - 17.10.10

CUSTOMER - AGBA

FNAM

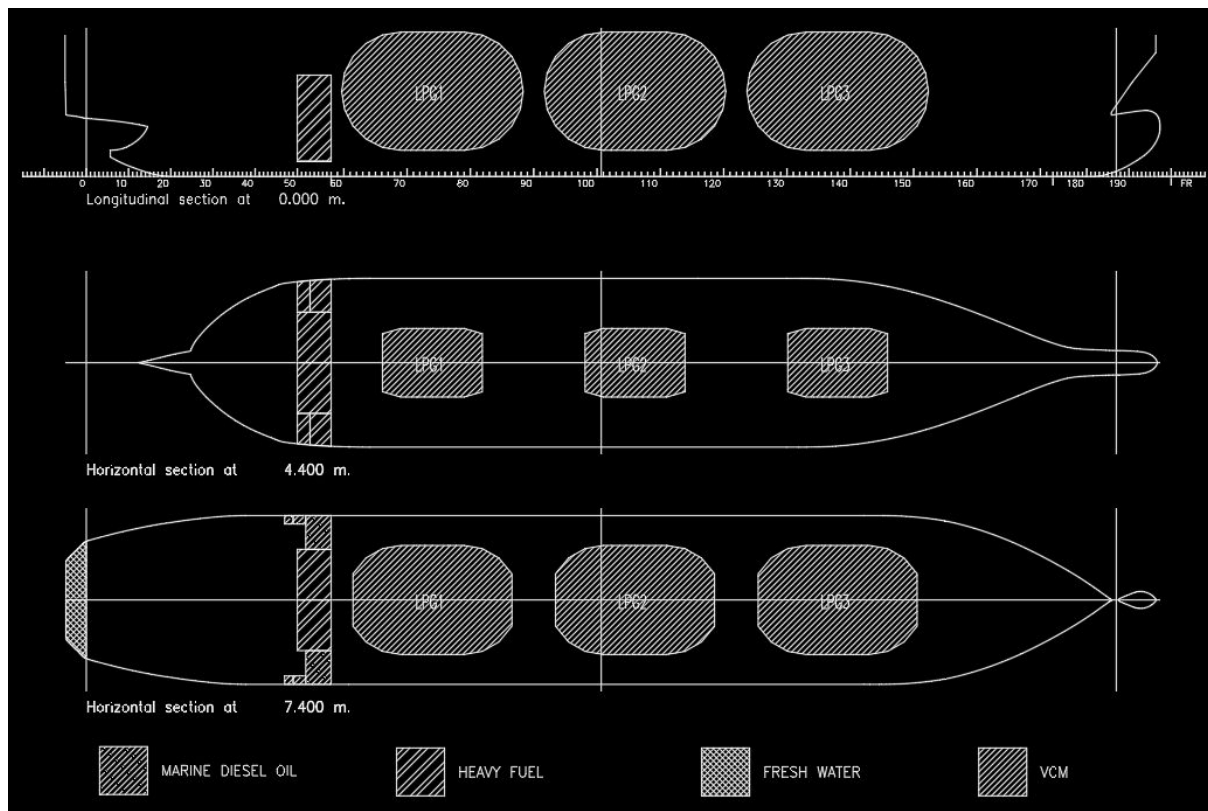
DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3

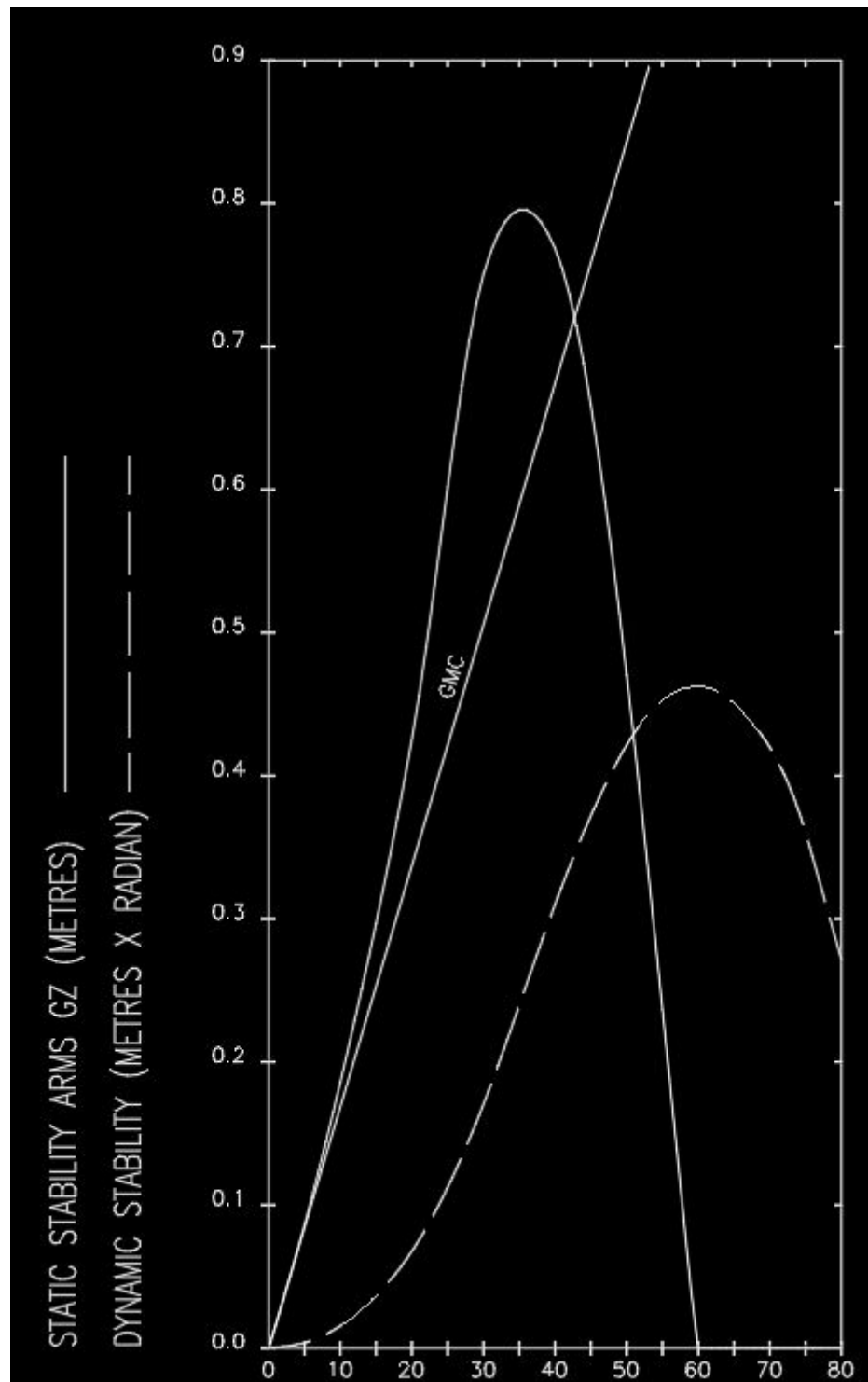
agba

***** IMO CRITERION *****

IMO CRITERION COMPLIED WITH

Item	Real Value	Limit value	
MAXIMUM RIGHTING ARM	= 0.796 M.	AT = 35.5 DG.	25.0 DG. OK
MAXIMUM GZ BETWEEN 30.0 DG. - 80.0 DG.	= 0.796 M.	0.200 M.	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 30.0 DG.	= 171.9 MM*RAD	55.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 40.0 DG.	= 308.7 MM*RAD	90.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 30.0 DG. - 40.0 DG.	= 136.8 MM*RAD	30.0 MM*RAD	OK
GM - CORRECTED METACENTRIC HEIGHT	= 1.0 M.	0.150 M.	OK
Minimum GM (corrected) complying with IMO CRITERION		: 0.150 m.	





2. Condición 2: 100% VCM y 50% Consumibles

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 7.175 M

FORE PERPENDICULAR = 7.114 M

MIDDLE = 7.144 M

TRIM (AFT) = 0.061 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 7.175 M

(REFERRED TO HULL BOTTOM)

FORE = 7.114 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 7.175 M

(REFERRED TO THE BASE LINE)

FORE = 7.114 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM

MCT = 195.2 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 61.552 M KG = 8.026 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 61.549 M KB = 3.906 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 57.519 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 7.146 M

METACENTRIC HEIGHT

GM = 1.272 M

CORRECTED METACENTRIC HEIGHT

GMC = 1.048 M

TRANSVERSE METACENTRE

KM = 9.298 M

STABILITY CURVES

=====

ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.626	0.200	16.62
20.00	3.267	0.457	72.91
30.00	4.914	0.806	184.72
40.00	6.131	0.849	333.43
60.00	7.212	0.087	518.80
80.00	7.054	-1.060	360.11

1

FORAN SYSTEM - MODULE LOAD VERSION 70

RESULTS

PAGE 006

DATE - 17.10.10

CUSTOMER - AGBA

FNAM

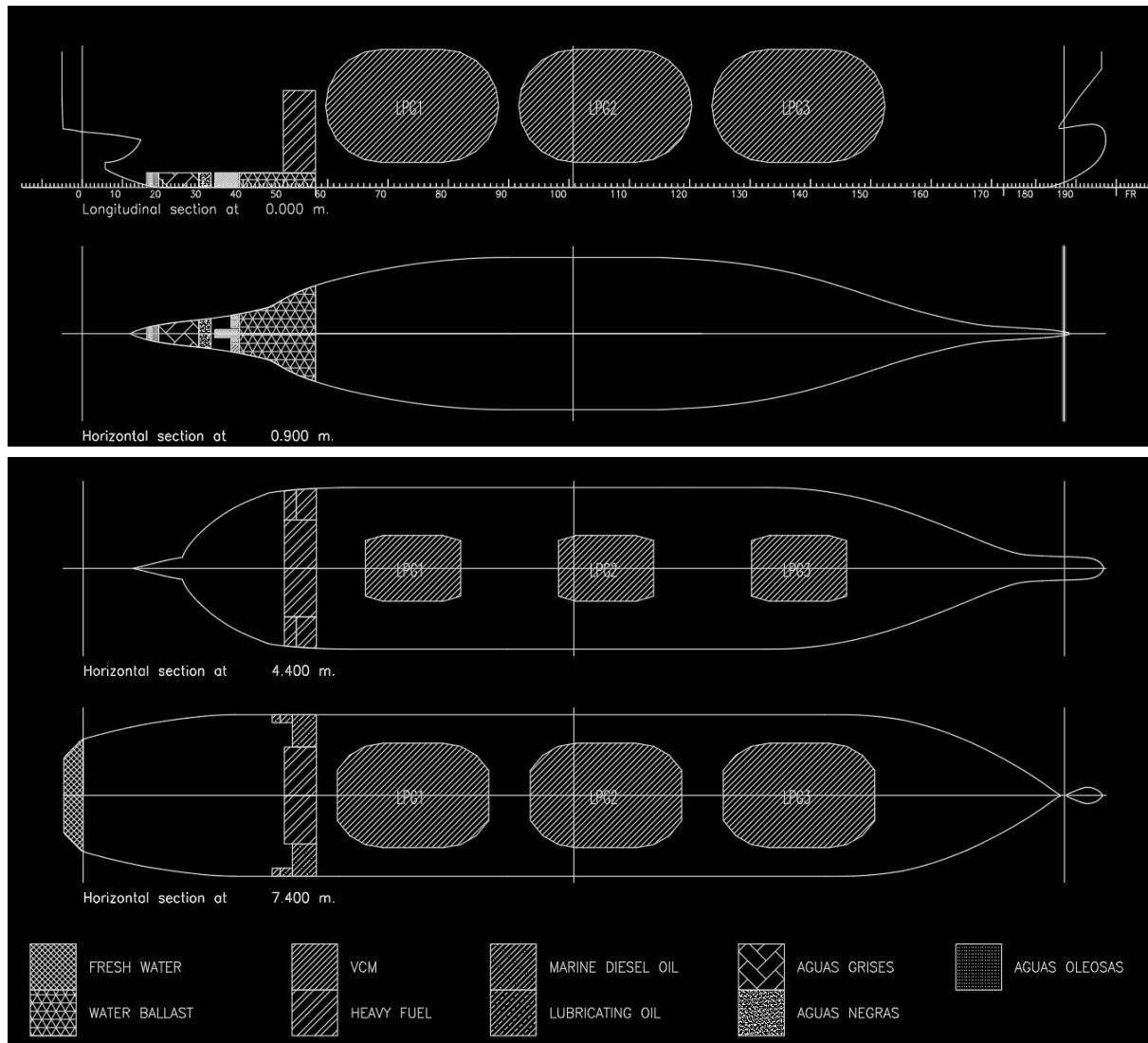
DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3

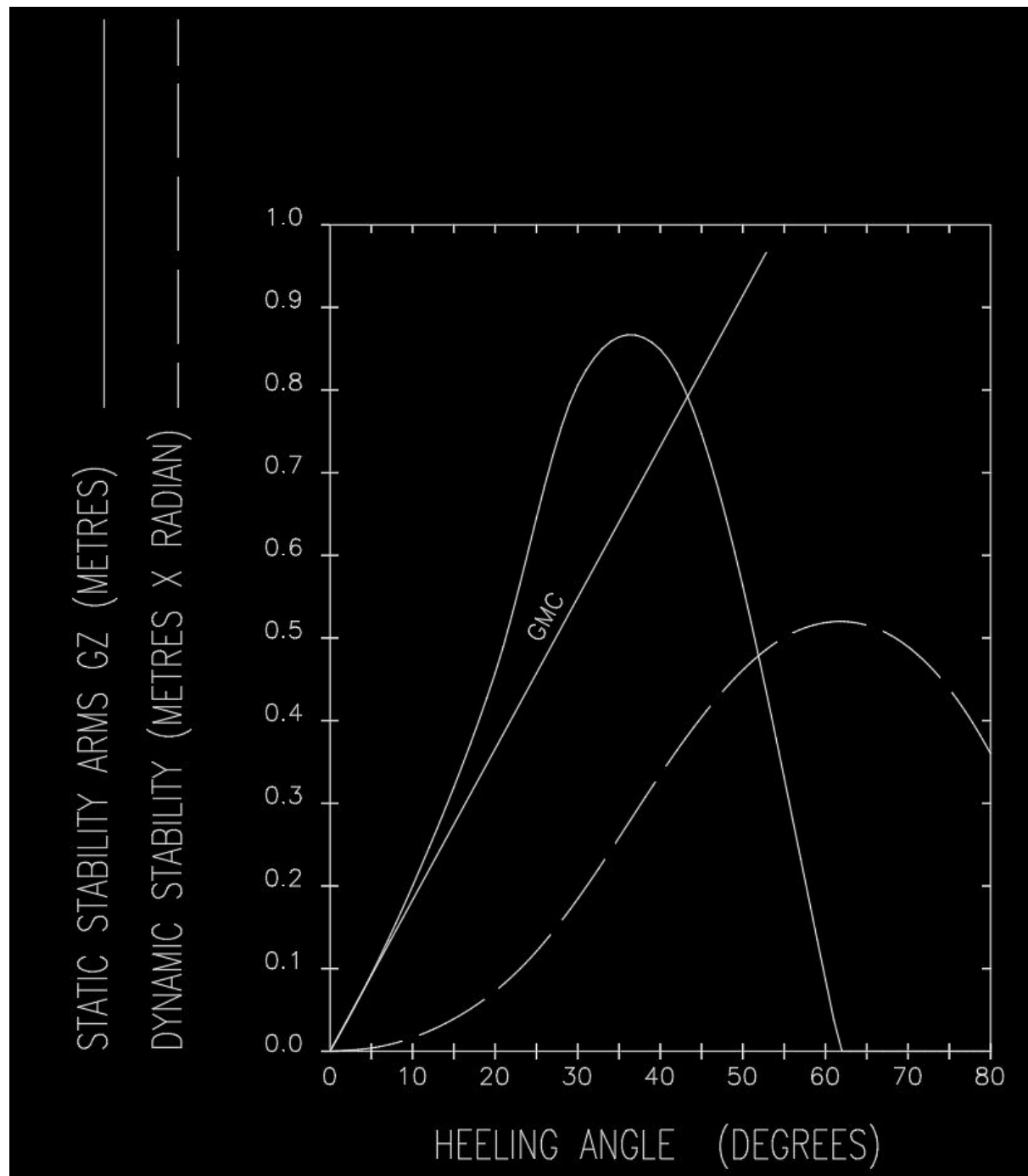
agba

***** IMO CRITERION *****

IMO CRITERION COMPLIED WITH

Item	Real Value	Limit value
MAXIMUM RIGHTING ARM = 0.867 M. AT = 36.4 DG.	25.0 DG.	OK
MAXIMUM GZ BETWEEN 30.0 DG. - 80.0 DG. = 0.867 M.	0.200 M.	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 30.0 DG. = 184.7 MM*RAD	55.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 40.0 DG. = 333.4 MM*RAD	90.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 30.0 DG. - 40.0 DG. = 148.7 MM*RAD	30.0 MM*RAD	OK
GM - CORRECTED METACENTRIC HEIGHT = 1.0 M.	0.150 M.	OK
Minimum GM (corrected) complying with IMO CRITERION	: 0.151 m.	





3. Condición 3: Lastre 100% y 50% Consumibles

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 6.052 M

FORE PERPENDICULAR = 6.000 M

MIDDLE = 6.026 M

TRIM (AFT) = 0.052 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 6.052 M

(REFERRED TO HULL BOTTOM)

FORE = 6.000 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 6.052 M

(REFERRED TO THE BASE LINE)

FORE = 6.000 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM MCT = 153.0 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 62.082 M KG = 5.119 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 62.082 M KB = 3.272 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 60.869 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 6.026 M

METACENTRIC HEIGHT GM = 4.174 M

CORRECTED METACENTRIC HEIGHT GMC = 2.979 M

TRANSVERSE METACENTRE KM = 9.293 M

STABILITY CURVES

=====

ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.632	0.708	60.28
20.00	3.315	1.516	253.06
30.00	5.008	2.394	595.20
40.00	6.426	3.078	1077.60
60.00	7.544	3.043	2185.69
80.00	7.273	2.152	3117.39

1

FORAN SYSTEM - MODULE LOAD VERSIÓN 70

RESULTS

PAGE 008

----- DATE - 17.10.11

CUSTOMER - AGBA

FNAM

DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3

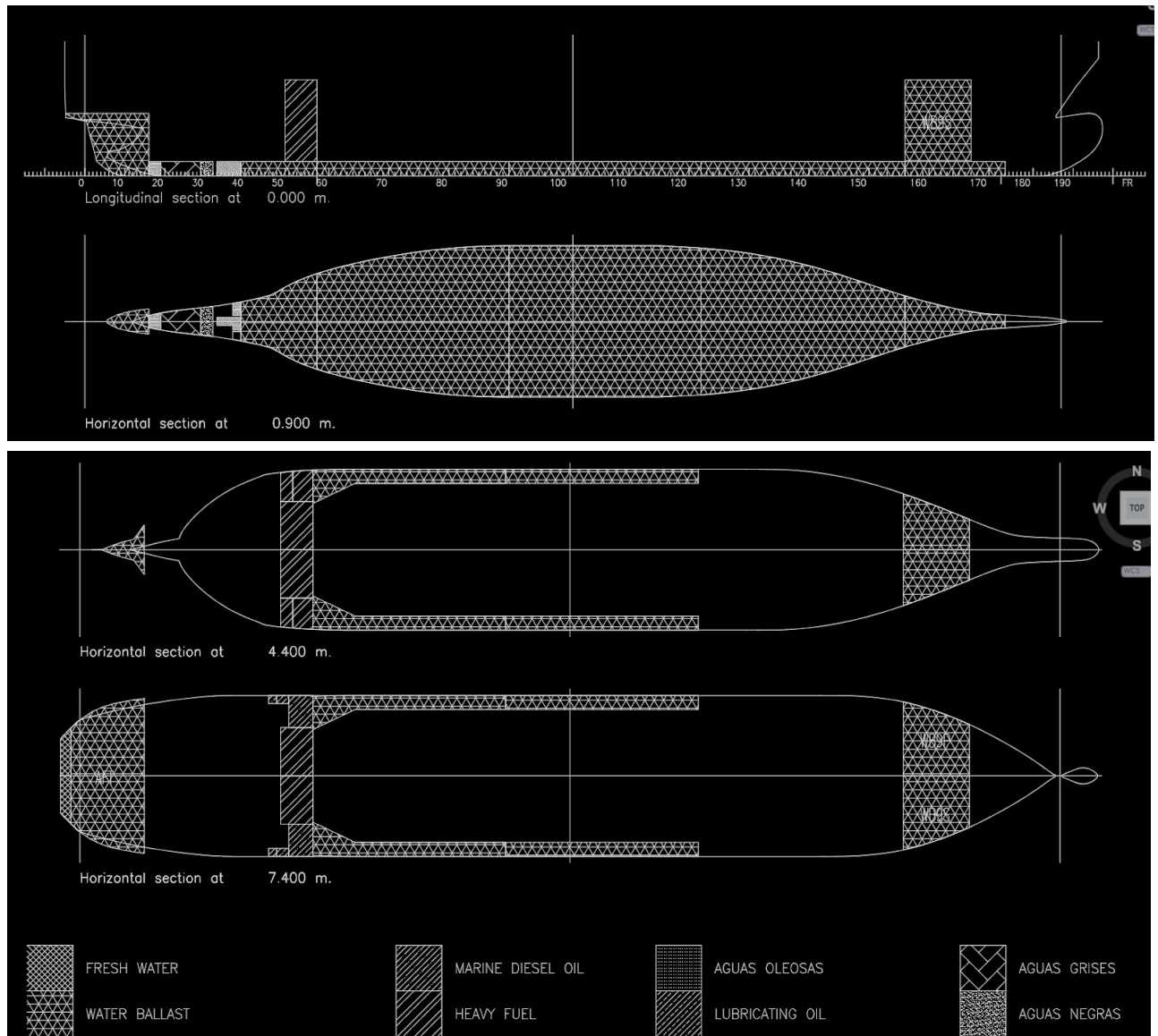
agba

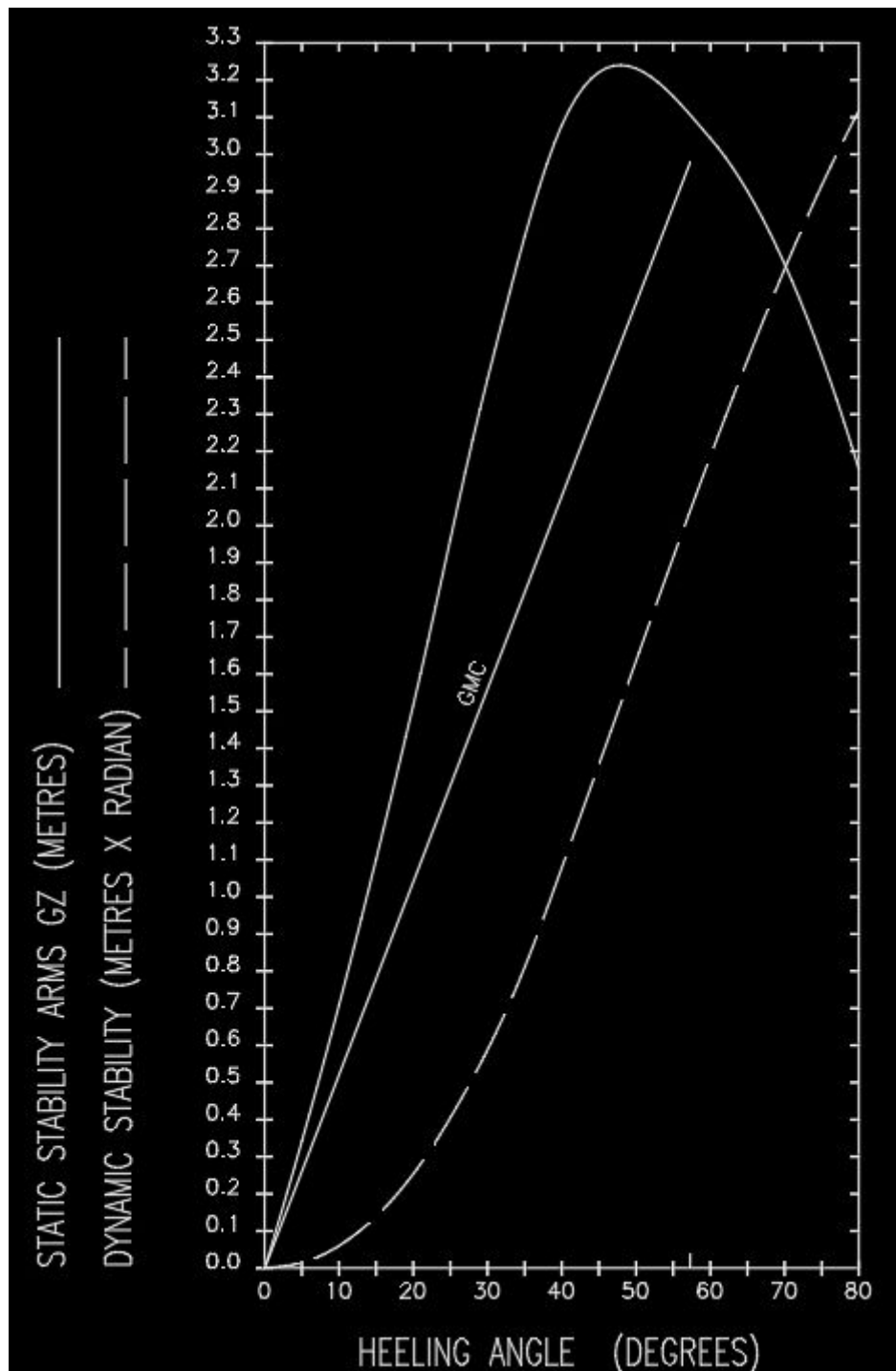
***** IMO CRITERION *****

IMO CRITERION COMPLIED WITH

Item	Real Value	Limit value
-----	-----	-----

MAXIMUM RIGHTING ARM = 3.240 M. AT = 47.9 DG. 25.0 DG. OK
 MAXIMUM GZ BETWEEN 30.0 DG. - 80.0 DG. = 3.240 M. 0.200 M. OK
 DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 30.0 DG. = 595.2 MM*RAD 55.0 MM*RAD OK
 DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 40.0 DG. = 1077.6 MM*RAD 90.0 MM*RAD OK
 DYNAMIC STAB. BETWEEN 30.0 DG. - 40.0 DG. = 482.4 MM*RAD 30.0 MM*RAD OK
 GM - CORRECTED METACENTRIC HEIGHT = 3.0 M. 0.150 M. OK
 Minimum GM (corrected) complying with IMO CRITERION : 0.151 m.





4. Condición 4: Lastre 100% y consumibles 10%

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 6.007 M

FORE PERPENDICULAR = 5.859 M

MIDDLE = 5.933 M

TRIM (AFT) = 0.148 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 6.007 M

(REFERRED TO HULL BOTTOM) FORE = 5.859 M

DRAFTS (IN THE MARKS) AFTER = 6.007 M

(REFERRED TO THE BASELINE) FORE = 5.859 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM MCT = 151.6 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 61.960 M KG = 4.749 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 61.958 M KB = 3.220 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 60.880 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 5.933 M

METACENTRIC HEIGHT GM = 4.563 M

CORRECTED METACENTRIC HEIGHT GMC = 3.019 M

TRANSVERSE METACENTRE KM = 9.312 M

STABILITY CURVES

=====

ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.636	0.779	66.75
20.00	3.325	1.645	277.24
30.00	5.019	2.571	646.14
40.00	6.446	3.298	1163.25
60.00	7.573	3.312	2358.17
80.00	7.293	2.417	3384.49

1

FORAN SYSTEM - MODULE LOAD VERSION 70

RESULTS

PAGE 008

DATE - 17.10.17

CUSTOMER - AGBA

FNAM

DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3

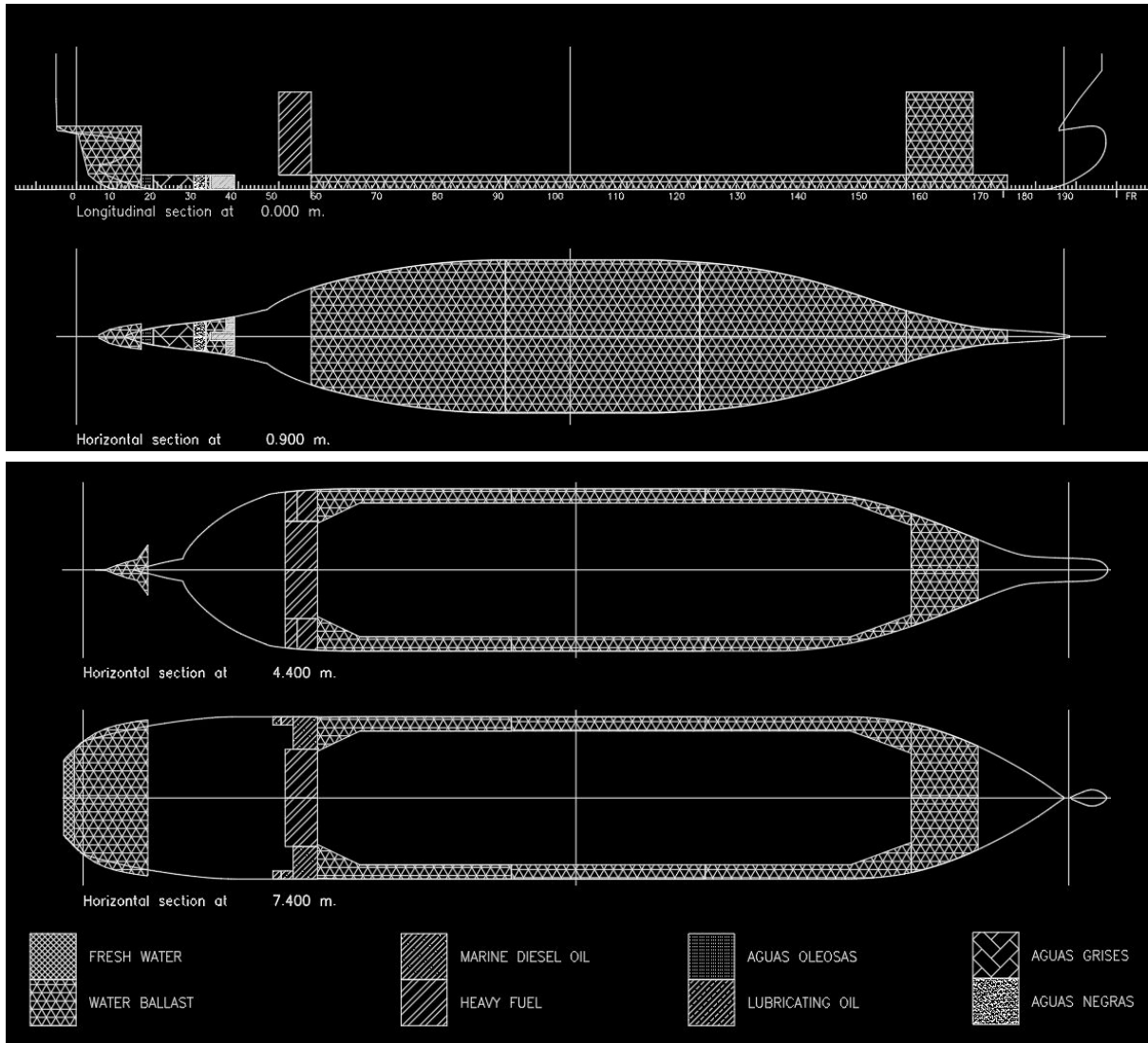
agba

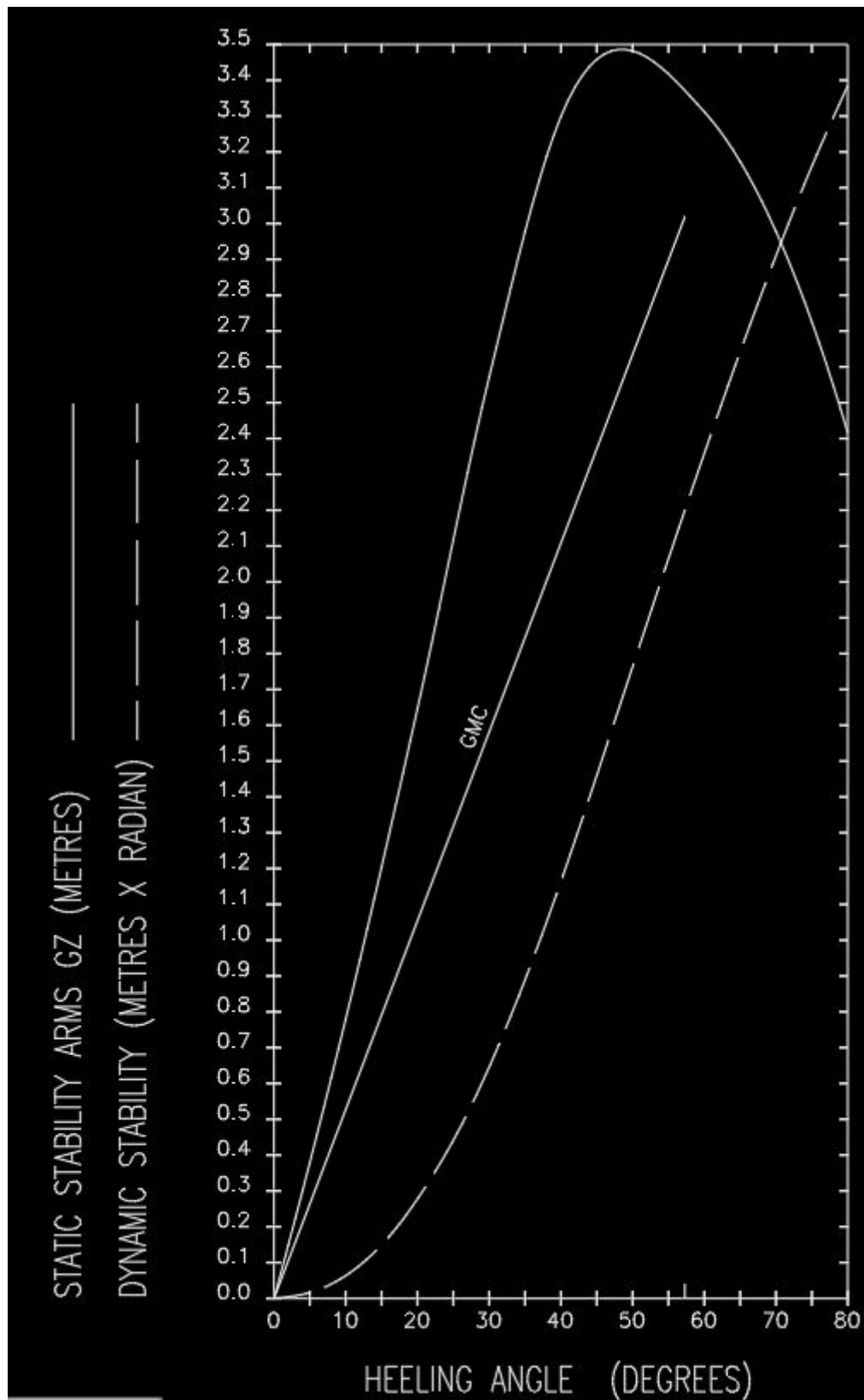
***** IMO CRITERION *****

IMO CRITERION COMPLIED WITH

Item	Real Value	Limit value
-----	-----	-----

MAXIMUM RIGHTING ARM = 3.486 M. AT = 48.6 DG. 25.0 DG. OK
 MAXIMUM GZ BETWEEN 30.0 DG. - 80.0 DG. = 3.486 M. 0.200 M. OK
 DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 30.0 DG. = 646.1 MM*RAD 55.0 MM*RAD OK
 DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 40.0 DG. = 1163.2 MM*RAD 90.0 MM*RAD OK
 DYNAMIC STAB. BETWEEN 30.0 DG. - 40.0 DG. = 517.1 MM*RAD 30.0 MM*RAD OK
 GM - CORRECTED METACENTRIC HEIGHT = 3.0 M. 0.150 M. OK
 Minimum GM (corrected) complying with IMO CRITERION : 0.150 m.





5. Condición 5: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 100% Propene y 100% CONSUMIBLES

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 7.289 M

FORE PERPENDICULAR = 6.868

MIDDLE = 7.078 M

TRIM (AFT) = 0.421 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 7.289 M

(REFERRED TO HULL BOTTOM)

FORE = 6.868 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 7.289 M

(REFERRED TO THE BASE LINE)

FORE = 6.868 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM MCT = 199.8 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 61.039 M KG = 8.112 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 61.025 M KB = 3.875 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 56.959 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 7.091 M

METACENTRIC HEIGHT GM = 1.178 M

CORRECTED METACENTRIC HEIGHT GMC = 0.991 M

TRANSVERSE METACENTRE KM = 9.290 M

STABILITY CURVES

=====

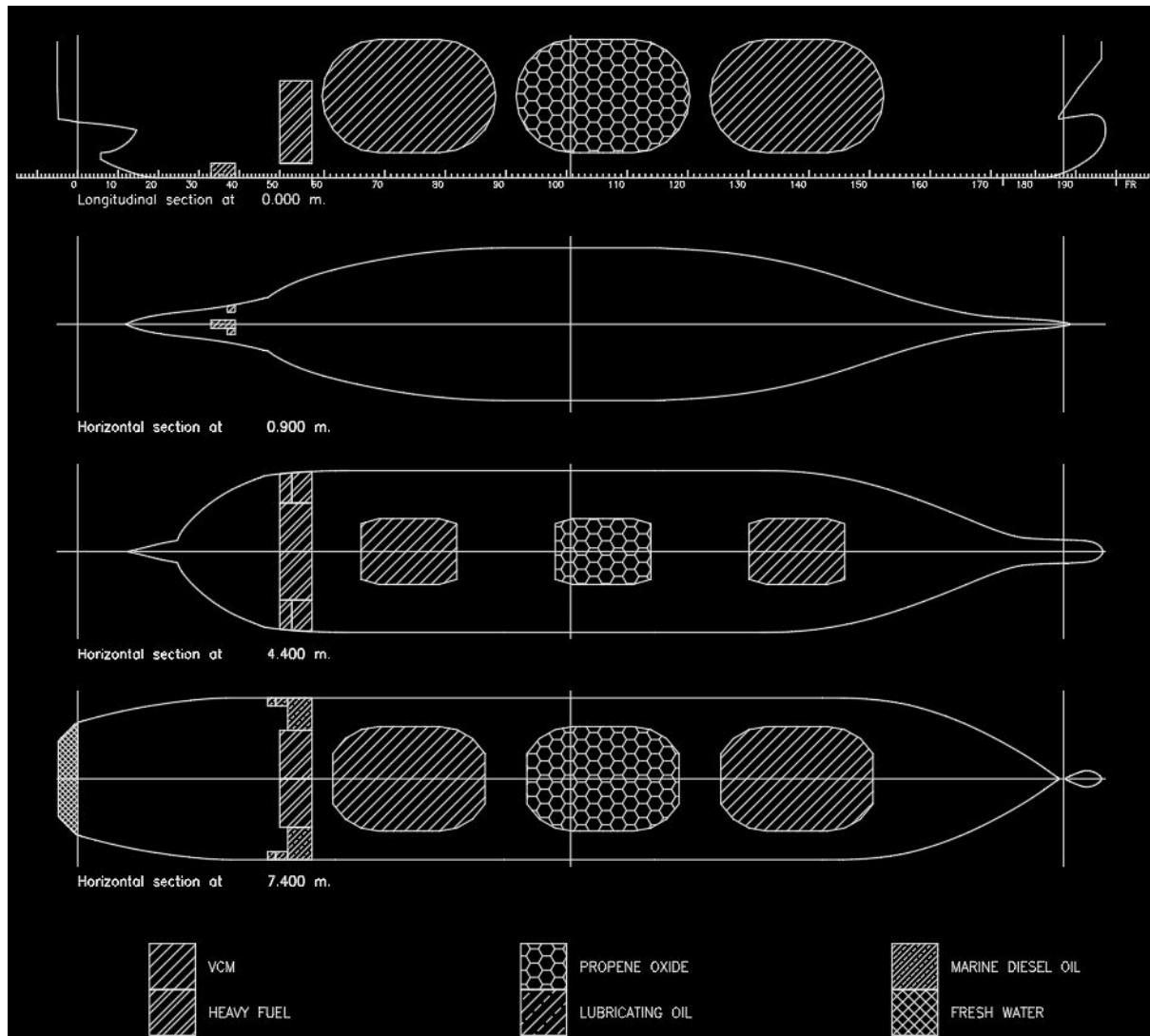
ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.631	0.194	16.14
20.00	3.275	0.444	70.73
30.00	4.926	0.788	179.68
40.00	6.152	0.832	325.26
60.00	7.230	0.062	503.45
80.00	7.064	-1.086	335.76

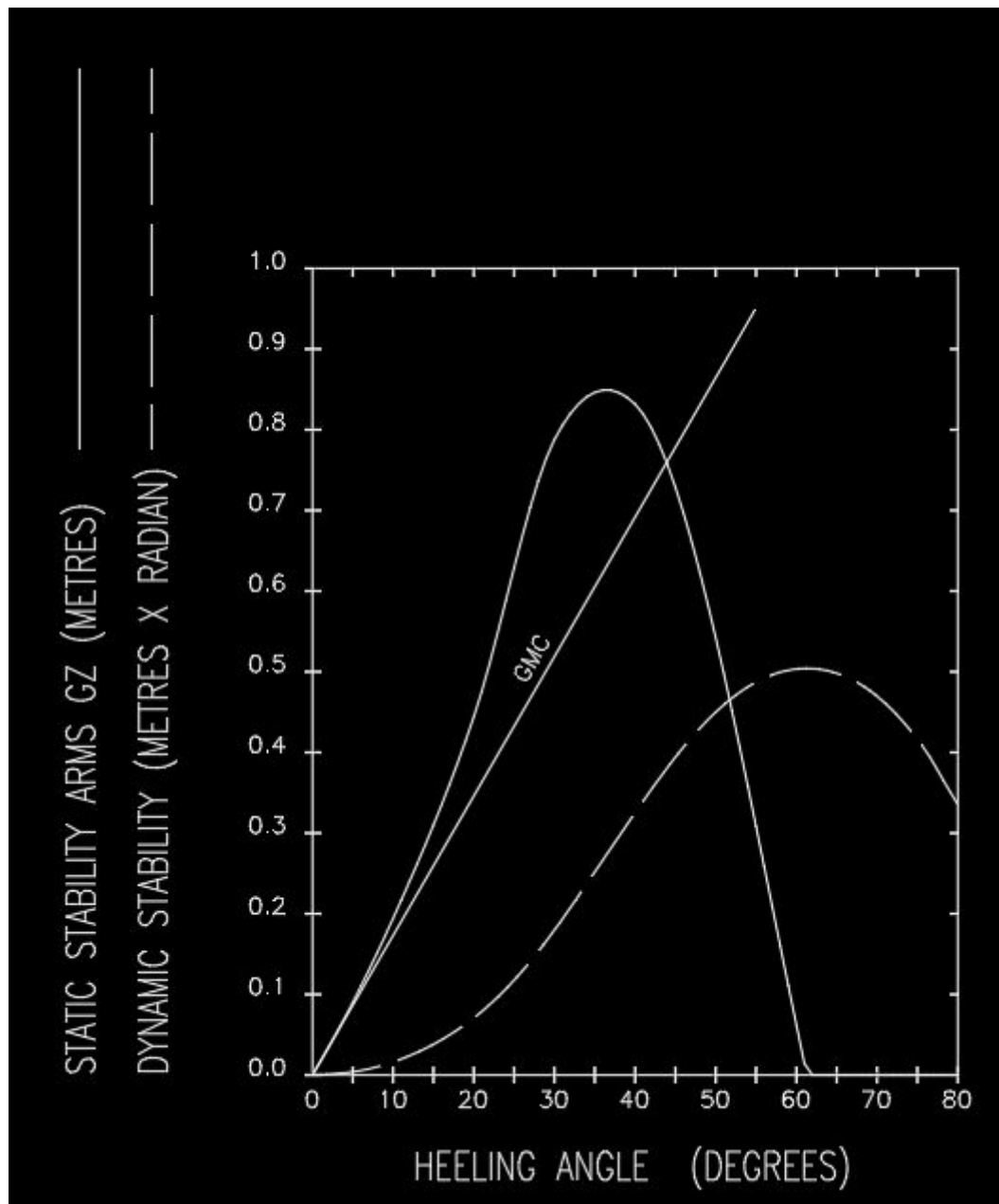
***** IMO CRITERION *****

IMO CRITERION COMPLIED WITH

Item	Real Value	Limit value
MAXIMUM RIGHTING ARM = 0.849 M. AT	= 36.5 DG.	25.0 DG. OK
MAXIMUM GZ BETWEEN 30.0 DG. - 80.0 DG. = 0.849 M.	0.200 M.	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 30.0 DG. = 179.7 MM*RAD	55.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 40.0 DG. = 325.3 MM*RAD	90.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 30.0 DG. - 40.0 DG. = 145.6 MM*RAD	30.0 MM*RAD	OK

GM - CORRECTED METACENTRIC HEIGHT = 1.0 M. 0.150 M. OK
 Minimum GM (corrected) complying with IMO CRITERION : 0.151 m.





6. Condición 6: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 100% Propene y 50% CONSUMIBLES

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 6.934 M

FORE PERPENDICULAR = 7.010 M

MIDDLE = 6.972 M

TRIM (FORE) = 0.076 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 6.934 M

(REFERRED TO HULL BOTTOM)

FORE = 7.010 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 6.934 M

(REFERRED TO THE BASE LINE)

FORE = 7.010 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM MCT = 186.1 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 61.882 M KG = 8.071 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 61.884 M KB = 3.805 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 58.319 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 6.970 M

METACENTRIC HEIGHT GM = 1.198 M

CORRECTED METACENTRIC HEIGHT GMC = 1.006 M

TRANSVERSE METACENTRE KM = 9.269 M

STABILITY CURVES

=====

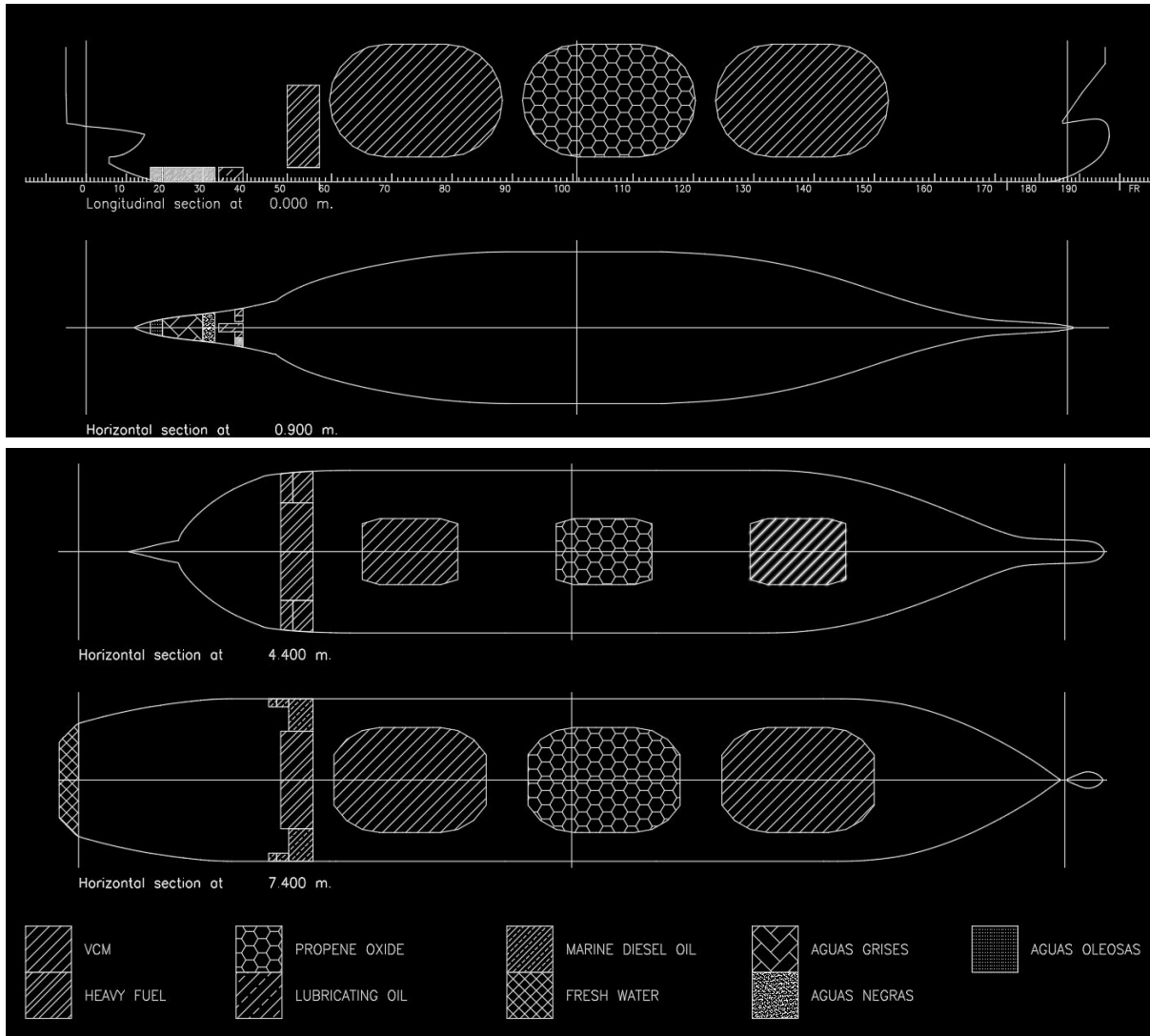
ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.623	0.189	15.50
20.00	3.268	0.443	69.35
30.00	4.933	0.802	179.24
40.00	6.184	0.872	329.63
60.00	7.264	0.100	522.84
80.00	7.085	-1.075	364.30

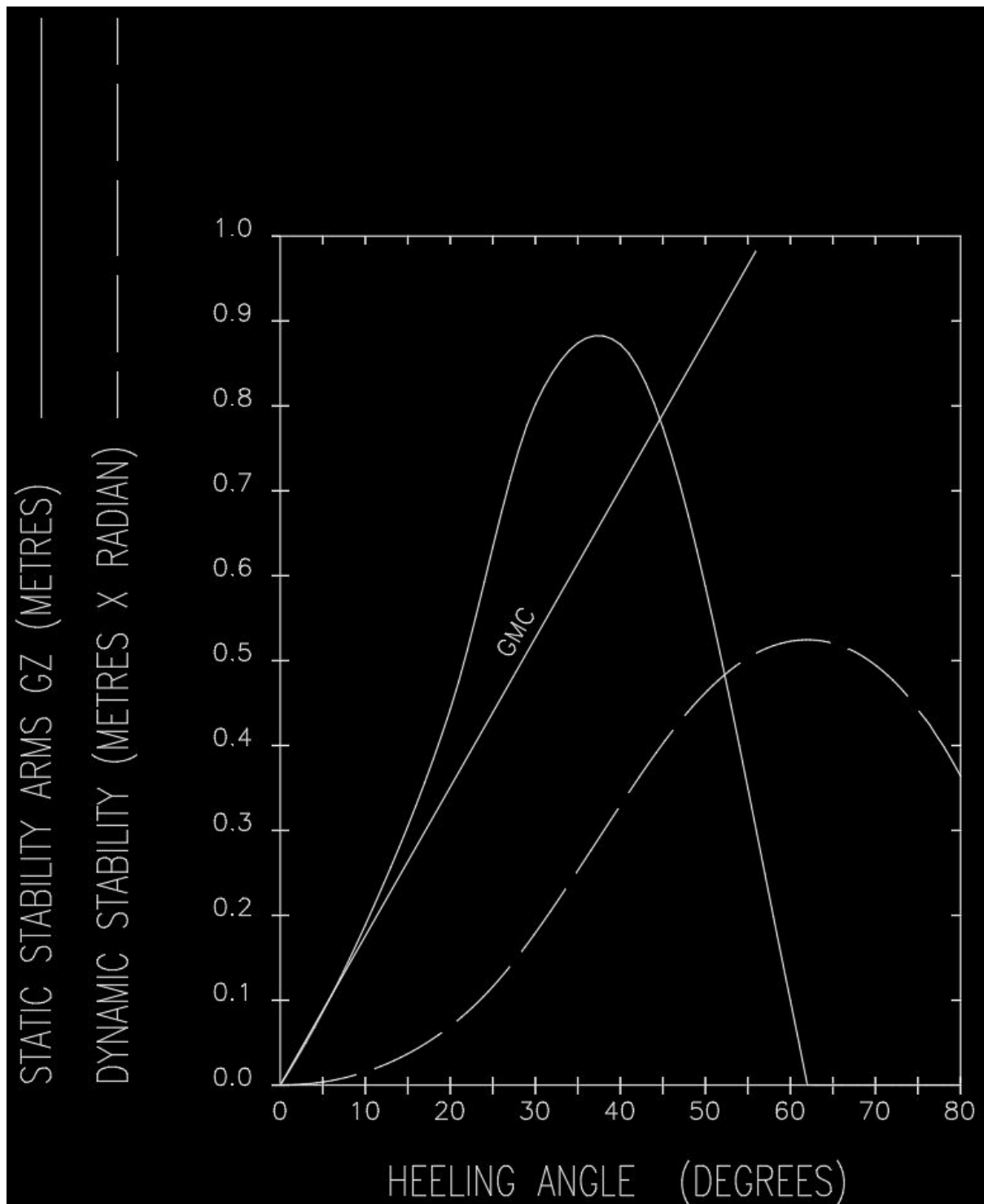
***** IMO CRITERION *****

IMO CRITERION COMPLIED WITH

Item	Real Value	Limit value
MAXIMUM RIGHTING ARM = 0.883 M. AT	= 37.4 DG.	25.0 DG. OK
MAXIMUM GZ BETWEEN 30.0 DG. - 80.0 DG. = 0.883 M.	0.200 M.	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 30.0 DG. = 179.2 MM*RAD	55.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 40.0 DG. = 329.6 MM*RAD	90.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 30.0 DG. - 40.0 DG. = 150.4 MM*RAD	30.0 MM*RAD	OK

GM - CORRECTED METACENTRIC HEIGHT = 1.0 M. 0.150 M. OK
 Minimum GM (corrected) complying with IMO CRITERION : 0.153 m.





7. Condición 7: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 50% VCM y 100% CONS

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 7.054 M

FORE PERPENDICULAR = 6.256 M

MIDDLE = 6.655 M

TRIM (AFT) = 0.798 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 7.054 M

(REFERRED TO HULL BOTTOM)

FORE = 6.256 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 7.054 M

(REFERRED TO THE BASE LINE)

FORE = 6.256 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM MCT = 187.3 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 60.723 M KG = 7.696 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 60.697 M KB = 3.638 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 57.655 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 6.671 M

METACENTRIC HEIGHT GM = 1.541 M

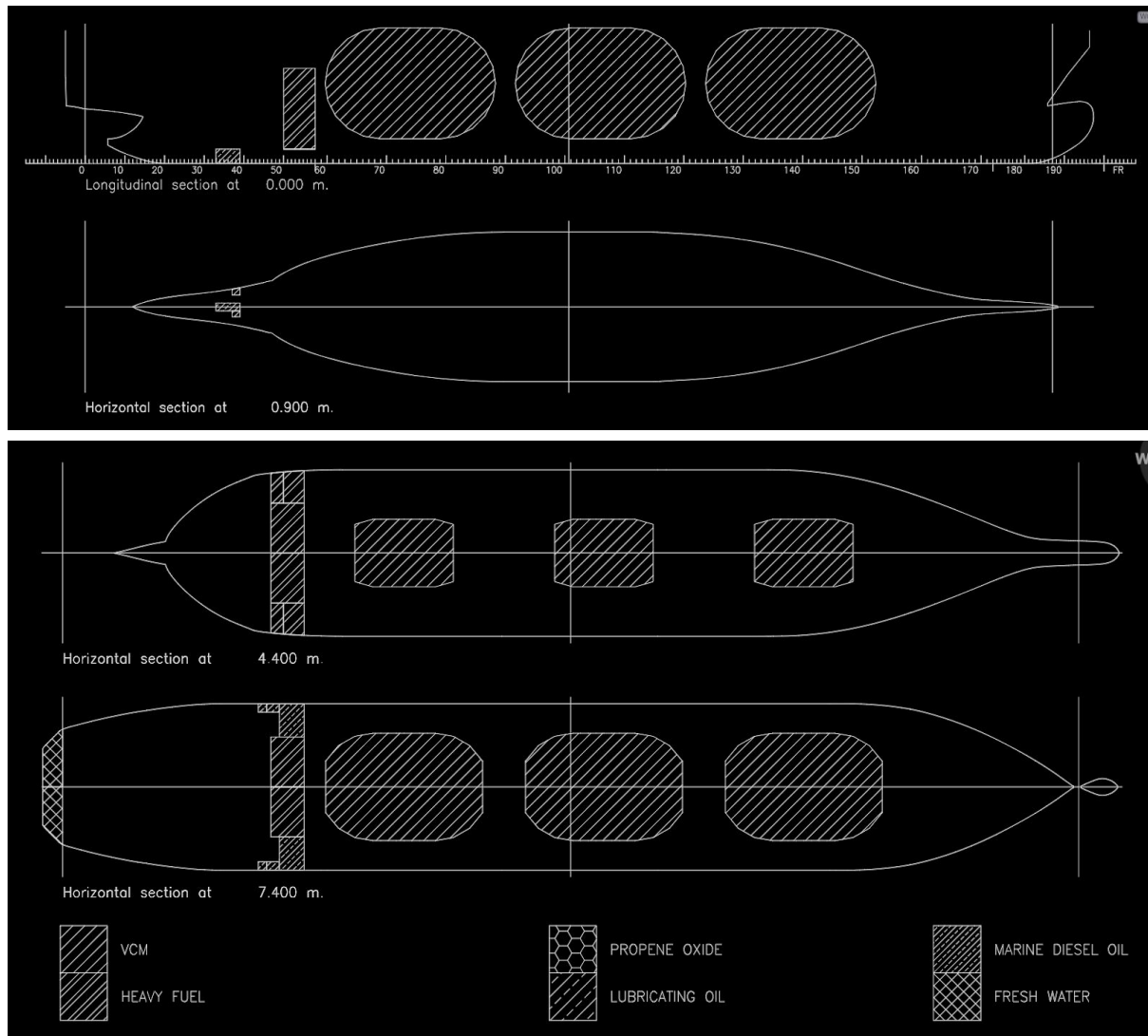
CORRECTED METACENTRIC HEIGHT GMC = 1.081 M

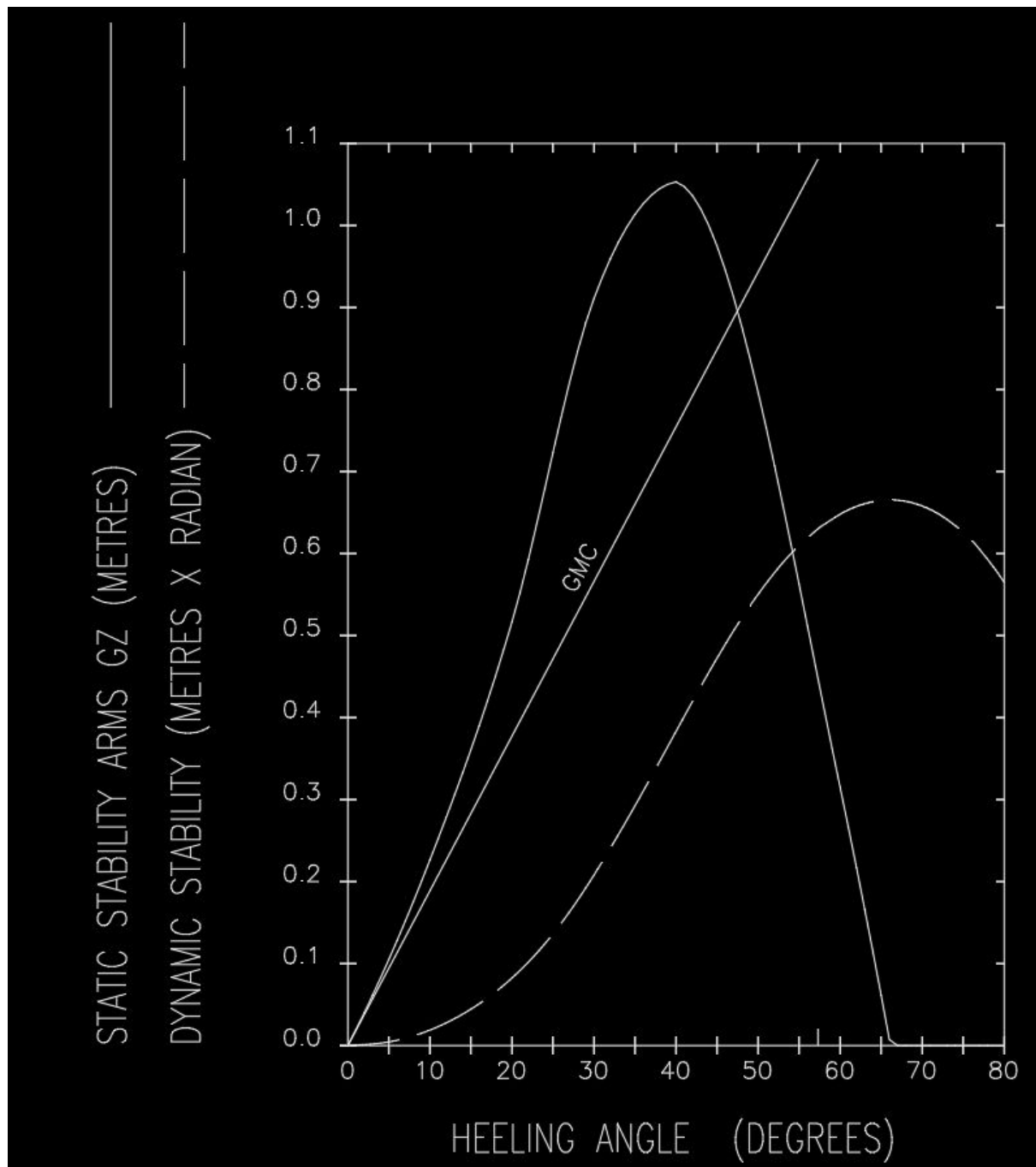
TRANSVERSE METACENTRE KM = 9.236 M

STABILITY CURVES

=====

ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
=====	=====	=====	=====
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.638	0.226	18.80
20.00	3.297	0.516	82.38
30.00	4.976	0.911	208.01
40.00	6.279	1.053	383.08
60.00	7.356	0.315	648.09
80.00	7.142	-0.865	564.97





8. Condición 8: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 50% VCM y 500% CONS

EQUILIBRIUM WATERPLANE

=====

DRAFTS(MOULDED)

AFTER PERPENDICULAR = 6.704 M

FORE PERPENDICULAR = 6.405 M

MIDDLE = 6.554 M

TRIM (AFT) = 0.298 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 6.704 M

(REFERRED TO HULL BOTTOM)

FORE = 6.405 M

DRAFTS (IN THE MARKS)

AFTER = 6.704 M

(REFERRED TO THE BASE LINE)

FORE = 6.405 M

MOMENT TO CHANGE TRIM 1 CM MCT = 172.8 T

CENTRE OF GRAVITY (A.P.) LCG = 61.552 M KG = 7.642 M

CENTRE OF BUOYANCY (A.P.) LCB = 61.543 M KB = 3.570 M

CENTRE OF FLOTATION (A.P.) LCF = 59.224 M

EVEN KEEL FLOTATION (SAME DISPLAC.)

=====

DRAFT (MOULDED) = 6.558 M

METACENTRIC HEIGHT GM = 1.595 M

CORRECTED METACENTRIC HEIGHT GMC = 1.124 M

TRANSVERSE METACENTRE KM = 9.237 M

STABILITY CURVES

=====

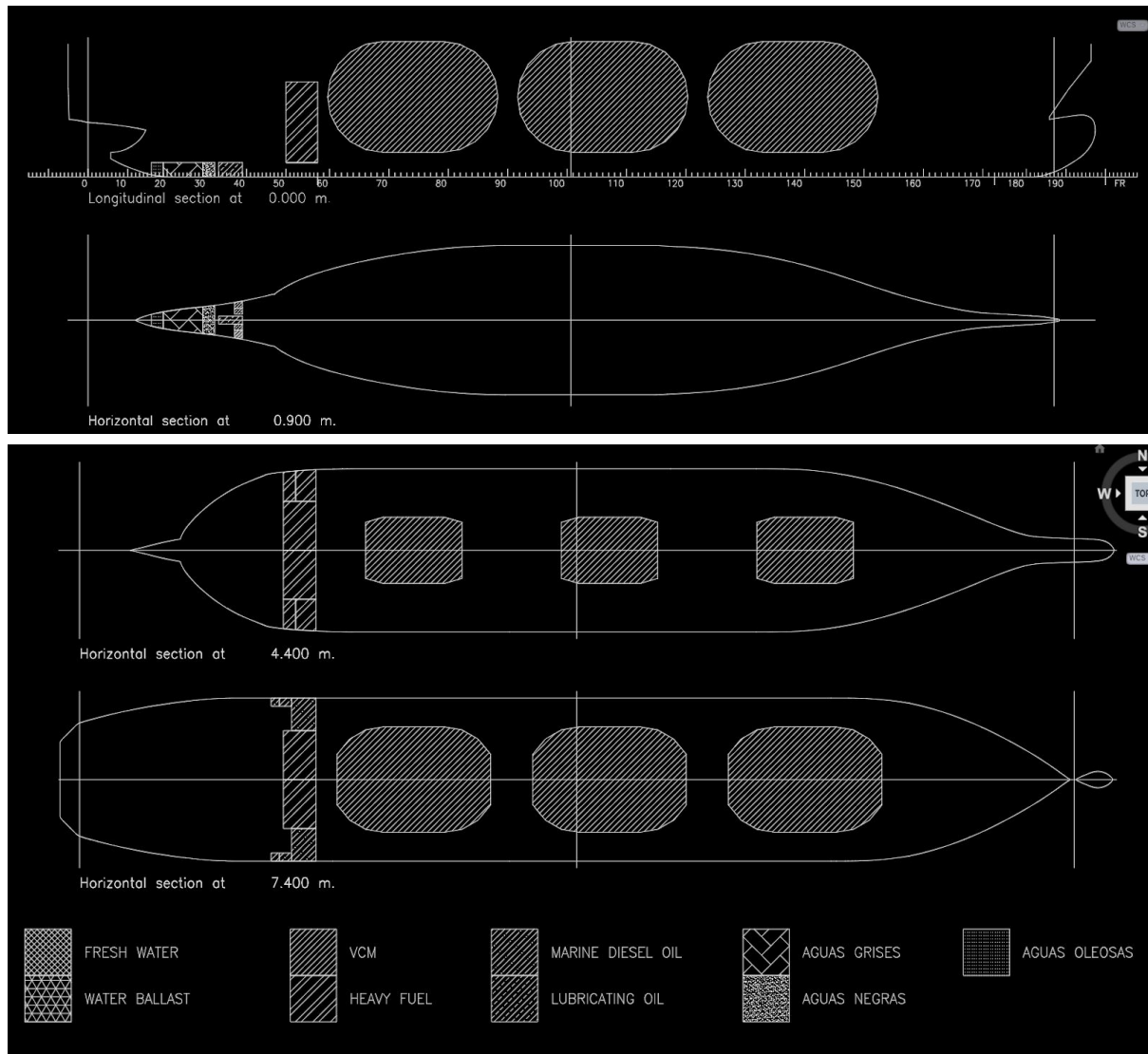
ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.629	0.221	18.17
20.00	3.290	0.517	81.22
30.00	4.975	0.919	207.42
40.00	6.305	1.091	386.18
60.00	7.388	0.353	665.88
80.00	7.164	-0.849	592.82

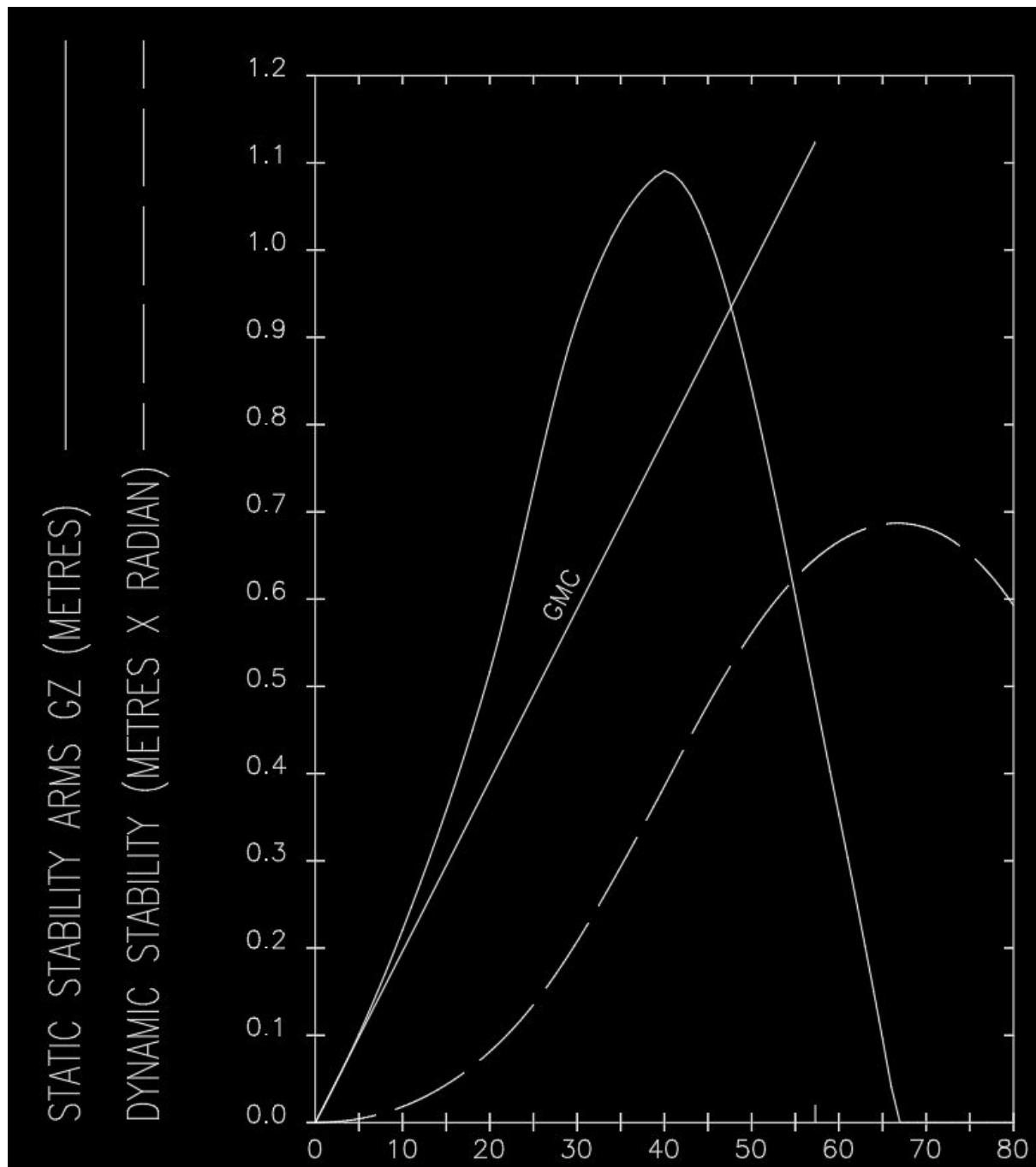
***** IMO CRITERION *****

IMO CRITERION COMPLIED WITH

Item	Real Value	Limit value
MAXIMUM RIGHTING ARM = 1.091 M. AT	= 40.0 DG.	25.0 DG. OK
MAXIMUM GZ BETWEEN 30.0 DG. - 80.0 DG. = 1.091 M.	0.200 M.	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 30.0 DG. = 207.4 MM*RAD	55.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 0.0 DG. - 40.0 DG. = 386.2 MM*RAD	90.0 MM*RAD	OK
DYNAMIC STAB. BETWEEN 30.0 DG. - 40.0 DG. = 178.8 MM*RAD	30.0 MM*RAD	OK

GM - CORRECTED METACENTRIC HEIGHT = 1.1 M. 0.150 M. OK
 Minimum GM (corrected) complying with IMO CRITERION : 0.154 m.





3.2.3. Curvas cruzadas:

En el anexo se encuentran las curvas cruzadas para las distintas condiciones de carga con sus respectivos asientos

3.2.4. Requerimientos de estabilidad de la prefectura naval Argentina (PNA):

Los criterios de estabilidad establecidos por la prefectura son:

3.2.4.1. Criterio de estabilidad estática:

1. El brazo adrizante (GZ) será como mínimo de 200 milímetros para un ángulo de escora igual o superior a 30 grados.
2. El brazo adrizante máximo (GZ máx.) corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30 grados, pero nunca inferior a 25 grados.
3. La altura metacéntrica transversal inicial (GMi) no será inferior a 150 milímetros.

3.2.4.2. Criterio de estabilidad dinámica:

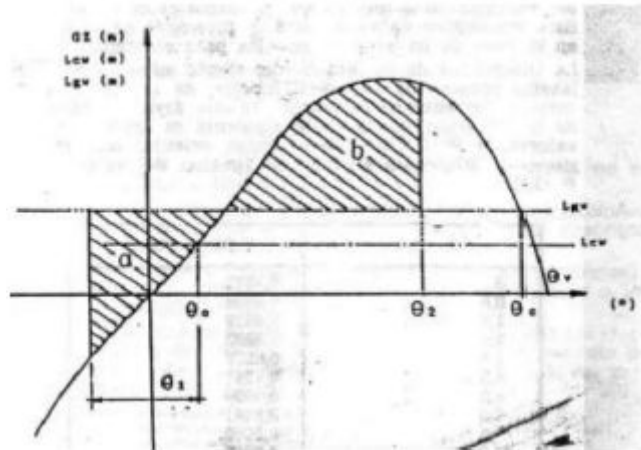
1. El área bajo la curva de brazos debe ser mayor a 0.055 metros-radianes hasta un ángulo de escora de 30°
2. El área bajo la curva de brazos debe ser mayor a 0.09 metro-radianes hasta un ángulo de escora de 40°, o hasta el ángulo de inundación si este es menor que 40°.
3. El área entre los ángulos de escora de 30 y 40 grado, o entre 30° y el ángulo de inundación si este es menor de 40°, debe ser mayor que 0.03 metros-radianes.

3.2.4.3: Criterio meteorológico:

Se somete el buque a la acción de un viento constante que actúa perpendicularmente a la línea de crujía del buque, lo que dara como resultado un momento escorante.

El brazo escorante se supondrá constante para todos los ángulos de inclinación. En este caso el área bajo la curva, designada como "b" en la figura X, deberá ser igual o mayor al área "a", es decir:

$$CWR = \frac{b}{a} \geq 1$$



Figura

Donde: θ_0 = Ángulo de escora provocado por viento constante

θ_1 = Ángulo de balance de barlovento

θ_f = Ángulo de inundación

θ_c = Ángulo de segunda intersección entre curvas de brazos escorantes

En las tablas mostradas a continuación se muestran los criterios analizados para las siguientes cargas:

Condición 1: 100% VCM y 100% CONSUMIBLES						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	750 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	35,5 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	1155 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,172 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	0,309 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,137 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				10,83	82,79	

Condición 2: 100% VCM y 50% CONSUMIBLES						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	867 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	36,4 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	1000 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,185 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	0,3333 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,149 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				22,46	90,33	

Condición 3: Lastre 100% y 50% Consumibles						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	3240 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	47,9 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	3000 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,595 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	1,077 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,482 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				83,29	327,32	

Condición 4: Lastre 100% y consumibles 10%						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	3486 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	48,6 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	3000 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,646 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	1,163 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,517 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				84,12	354,21	

Condición 5: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 100% Propano y 100% CONSUMIBLES						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	849 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	36,5 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	1000 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,180 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	0,325 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,146 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				21,42	87,62	

Condición 6: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 100% Propano y 50% CONSUMIBLES						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	883 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	37,4 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	1000 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,179 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	0,329 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,150 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				21,10	89,10	

Condición 7: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 50% VCM y 100% CONSUMIBLES						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	1053 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	40 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	1100 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,208 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	0,383 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,175 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				23,42	105,08	

Condición 8: LPG Tk 1 y 3 100% VCM, LPG Tk 2 50% VCM y 50% CONSUMIBLES						
Criterio	Resumen	Condición para		Valor límite	Valor actual	Cumple
1	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		200 mm	1091 mm	Si
2	Estabilidad estática	Ángulo escora >= 30		25 grados	40 grados	Si
3	Estabilidad estática	-		150 mm	1100 mm	Si
1	Estabilidad dinámica	0	30	0,055 m-rad	0,207 m-rad	Si
2	Estabilidad dinámica	0	40	0,09 m-rad	0,386 m-rad	Si
3	Estabilidad dinámica	30	40	0,03 m-rad	0,179 m-rad	Si
1	Meteorológico	Area b > Area a		Área a	Área b	Si
				17,52	106,10	

1

2

3

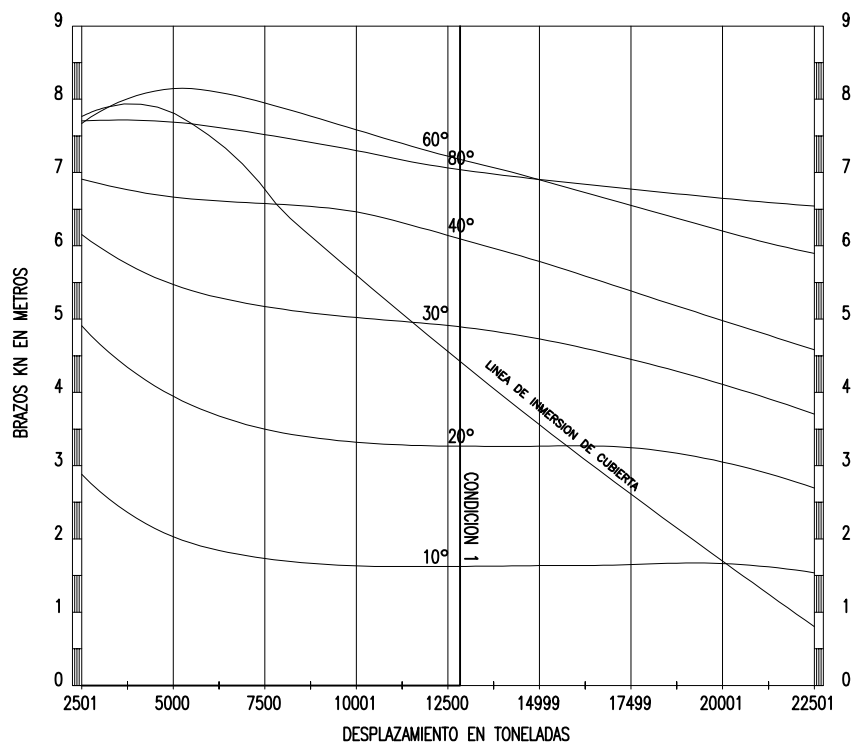
4

A

B

C

D



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 500.0 T

ASIENTO 0.300 METRES

DESPLAZAMIENTO 12829,3 Tn

E

F

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 18/03/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
010-009	B	001	008
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1:2	ABA-PB-010-009_B	A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
 "INGENIERO ESPONA"
 CURVAS CRUZADAS
 DE ESTABILIDAD:
 CONDICION I

B	COMENTARIOS NFI	18/03/18	ABA	NFI
A	INICIAL	12/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

1

2

3

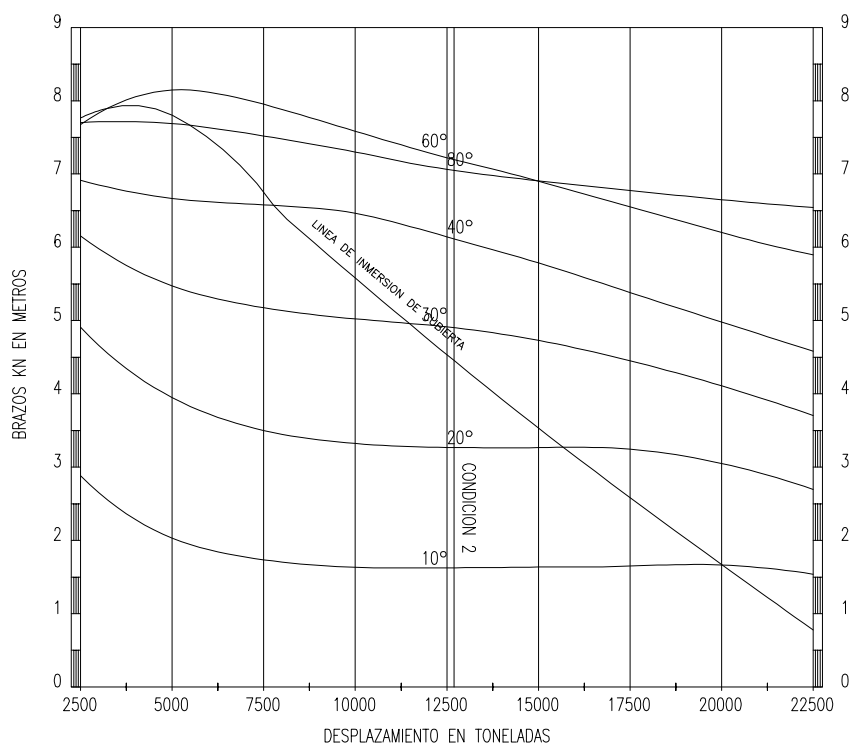
4

A

B

C

D



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 500.0 T

ASIENTO 0.061 METRES

DESPLAZAMIENTO 12699,5 Tn

E

F

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 18/03/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
010-009	B	002	008
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1:2	ABA-PB-010-009_B	A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

B	COMENTARIOS NFI	18/03/18	ABA	NFI
A	INICIAL	12/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
 "INGENIERO ESPONA"
 CURVAS CRUZADAS
 DE ESTABILIDAD:
 CONDICION 2

1

2

3

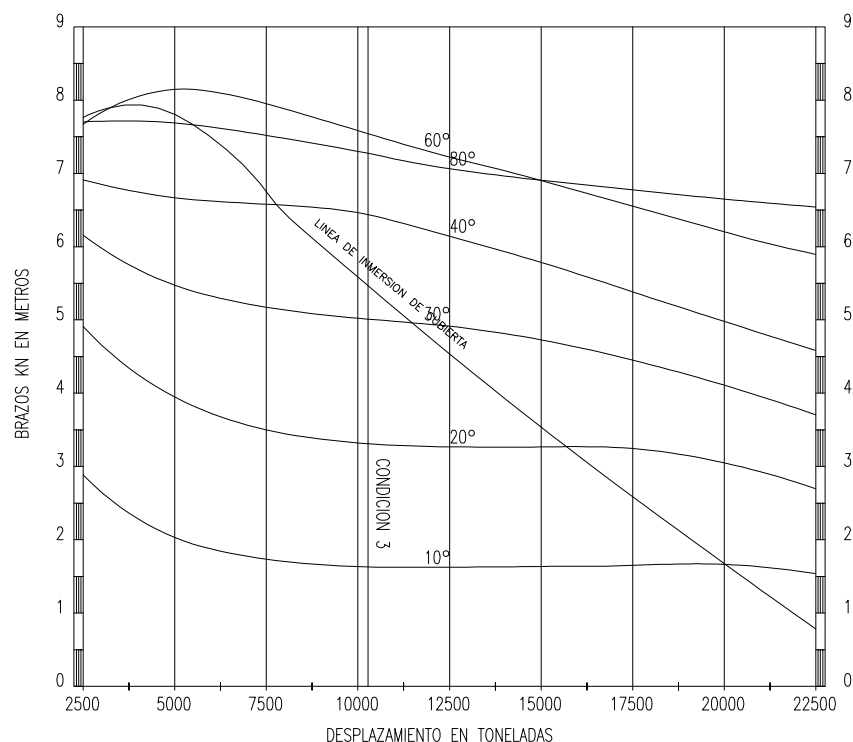
4

A

B

C

D



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 500.0 T

ASIENTO 0.052 METRES

DESPLAZAMIENTO 10276,5 Tn

E

F

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 18/03/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
010-009	B	003	008
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1:2	ABA-PB-010-009_B	A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

B	COMENTARIOS NFI	18/03/18	ABA	NFI
A	INICIAL	12/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M³
 "INGENIERO ESPONA"
 CURVAS CRUZADAS
 DE ESTABILIDAD:
 CONDICION 3

1

2

3

4

A

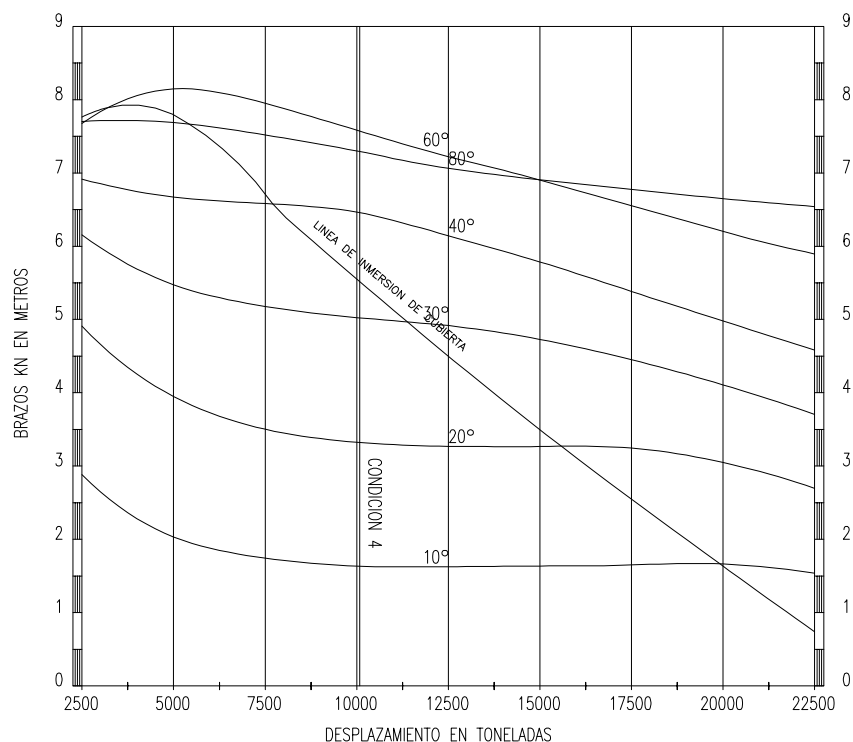
B

C

D

E

F



SCALES

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

TRIM VALUE 0.148 METRES

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 1000.0 T

DESPLAZAMIENTO 10083.5 Tn

NOMBRE: BARUH AGUSTIN

VERIFICADO

APROBADO

FECHA: 18/03/2018



• UNIVERSIDAD PRIVADA •

NÚMERO PLANO REV HOJA N° N° HOJAS

010-009 B 004 008

ESCALA:

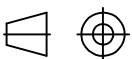
1 : 2

ARCHIVO:

ABA-PB-010-009_B

FORMATO:

A4



32.57 PROYECTO DE BUQUES

COMENTARIOS NFI 18/03/18 ABA NFI

INICIAL 12/01/18 ABA NFI

REV. DESCRIPCIÓN FECHA DIBUJ. VERIF.

MODIFICACIONES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"
CURVAS CRUZADAS
DE ESTABILIDAD:
CONDICION 4

1

2

3

4

A

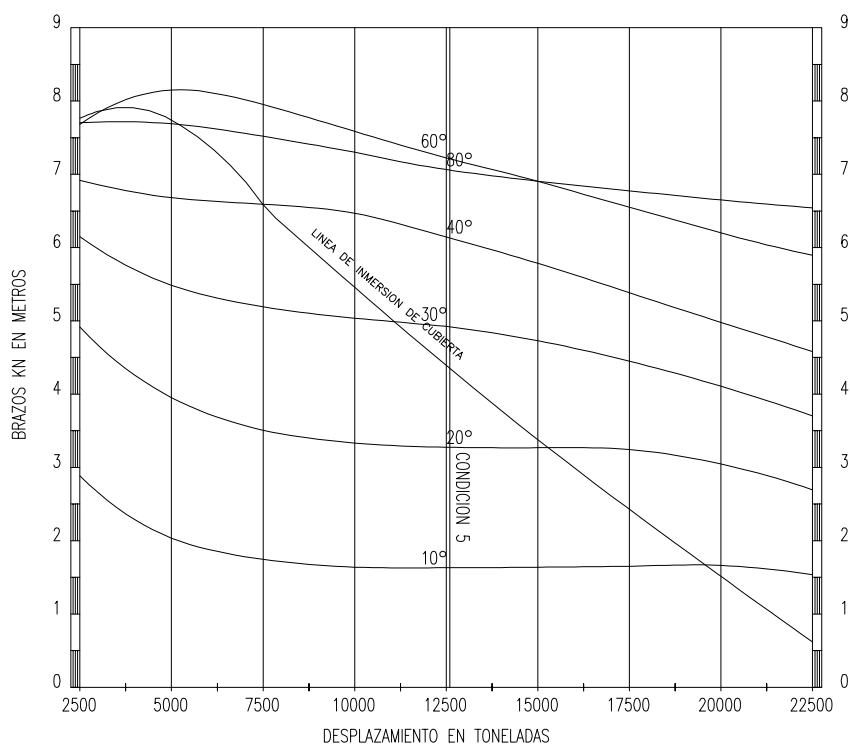
B

C

D

E

F



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

ASIENTO 0.421 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 1000.0 T

DESPLAZAMIENTO 12573,7 Tn

NOMBRE: BARUH AGUSTIN

VERIFICADO

APROBADO

FECHA: 18/03/2018



• UNIVERSIDAD PRIVADA •

NÚMERO PLANO REV HOJA N° N° HOJAS

010-009 B 005 008

ESCALA:

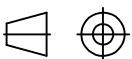
ARCHIVO:

FORMATO:

1 : 2

ABA-PB-010-009_B

A4



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
 "INGENIERO ESPONA"
 CURVAS CRUZADAS
 DE ESTABILIDAD:
 CONDICION 5

MODIFICACIONES

1

2

3

4

A

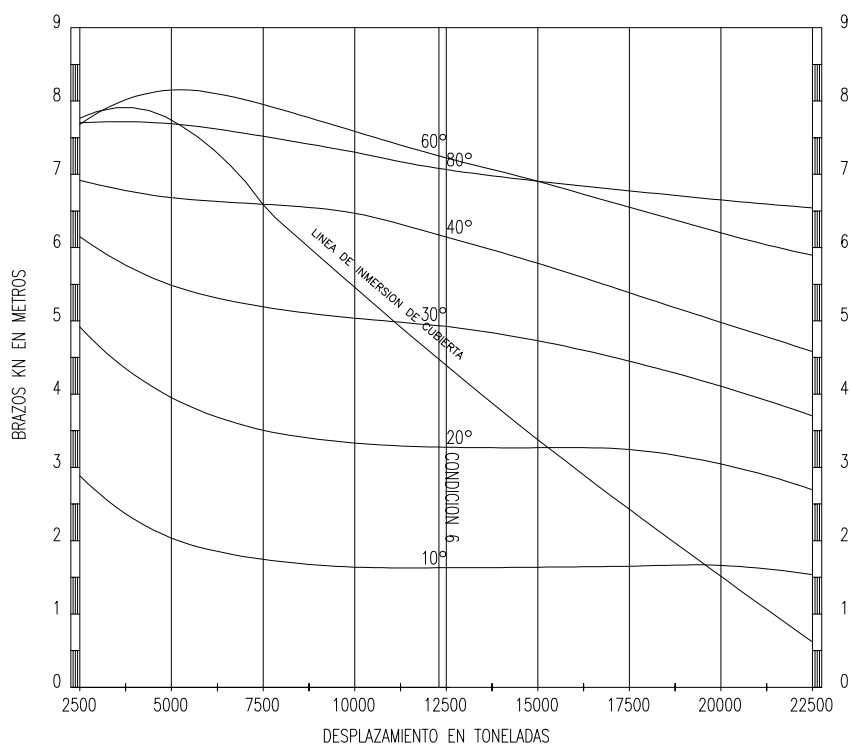
B

C

D

E

F



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 1000.0 T

ASIENTO 0.076 M

DESPLAZAMIENTO 12303.0 T

NOMBRE: BARUH AGUSTIN

FECHA: 18/03/2018

VERIFICADO

APROBADO



• UNIVERSIDAD PRIVADA •

NÚMERO PLANO REV HOJA N° N° HOJAS

010-009 B 006 008

ESCALA:

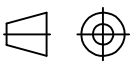
1 : 2

ARCHIVO:

ABA-PB-010-009_B

FORMATO:

A4



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
 "INGENIERO ESPONA"
 CURVAS CRUZADAS
 DE ESTABILIDAD:
 CONDICION 6

MODIFICACIONES

1

2

3

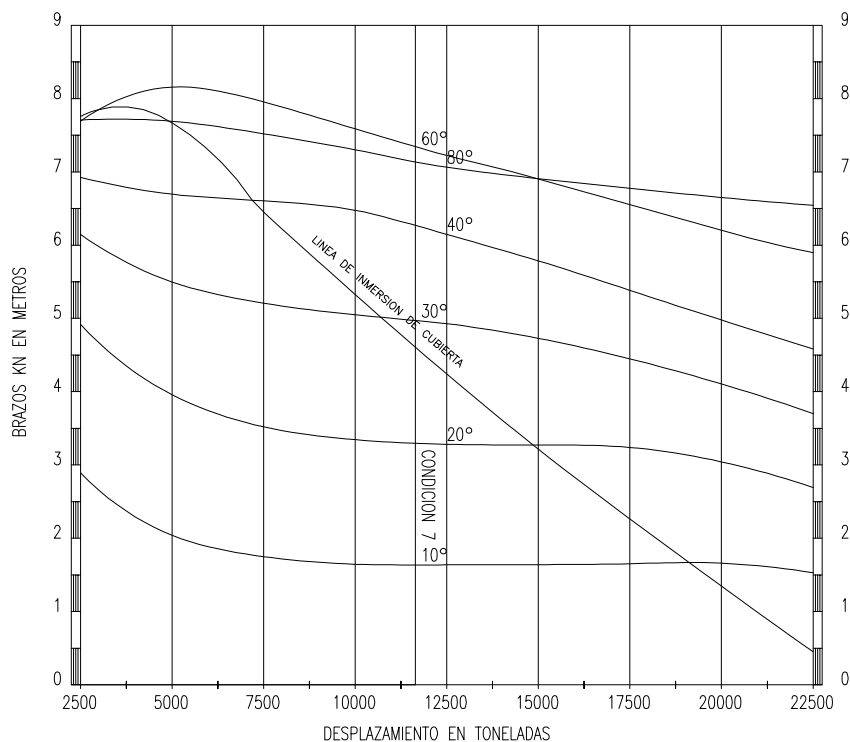
4

A

B

C

D



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

ASIENTO 0.798 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 1000.0 T

DESPLAZAMIENTO 11644.5 Tn

E

F

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 18/03/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
010-009	B	007	008
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1 : 2	ABA-PB-010-009_B	A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

B	COMENTARIOS NFI	18/03/18	ABA	NFI
A	INICIAL	12/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
 "INGENIERO ESPONA"
 CURVAS CRUZADAS
 DE ESTABILIDAD:
 CONDICION 7

1

2

3

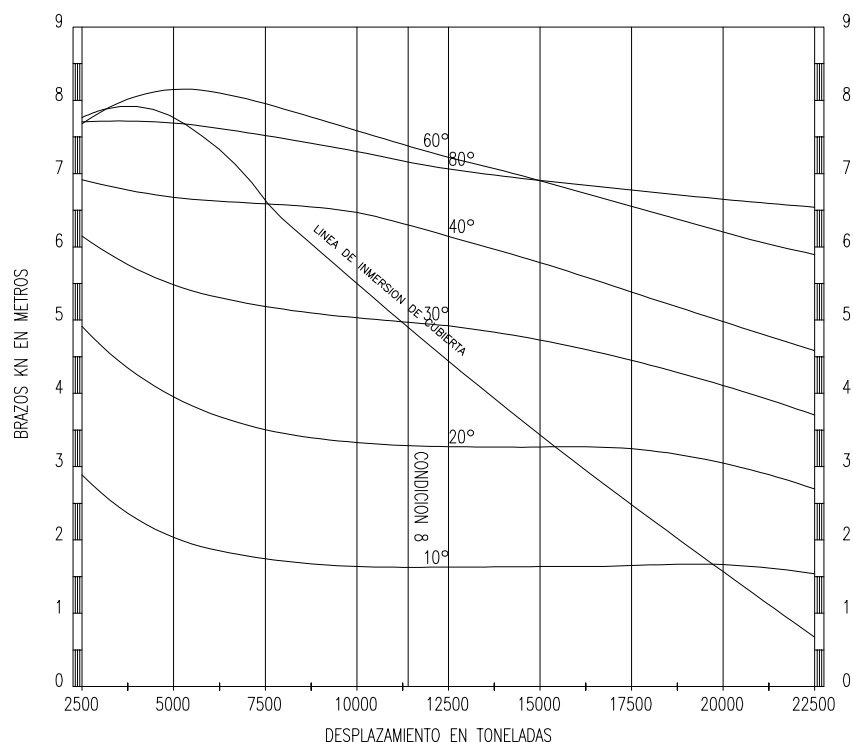
4

A

B

C

D



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM - 0.2501 M

ASIENTO 0.298 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM - 1000.0 T

DESPLAZAMIENTO 11399.5 Tn

E

F

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 18/03/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
010-009	B	008	008
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1:2	ABA-PB-010-009_B	A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

B	COMENTARIOS NFI	18/03/18	ABA	NFI
A	INICIAL	12/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
 "INGENIERO ESPONA"
 CURVAS CRUZADAS
 DE ESTABILIDAD:
 CONDICION 8

1

2

3

4

A

B

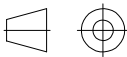
C

D

Cálculo de francobordo

E

F

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4		
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Índice:

4.1. Introducción:	2
4.2. Desarrollo:	2
4.2.1 Definiciones de francobordo:	2
4.2.1.1. Definición de eslora de francobordo:	2
4.2.1.2. Definición de manga de francobordo:	3
4.2.1.3. Definición de puntal de francobordo:	3
4.2.1.4. Coeficiente de bloque:	3
4.2.1.5. Cubierta de francobordo	4
4.2.1.6 Tipo de buque:	4
4.2.2 Cálculo de francobordo	5
4.2.2.1 Francobordo tabular:	5
4.2.2.2. Corrección por Cb:	6
4.2.2.3. Corrección por puntal:	6
4.2.2.4 Corrección por superestructura	7
4.2.3. Francobordos estacionales.	8
4.2.3.1 Francobordo de verano:	8
4.2.3.2. Francobordo tropical:	8
4.2.3.3 Francobordo de invierno:	8
4.2.3.4 Francobordo de agua dulce:	9
4.2.4. Regulaciones:	10
4.2.3.2 Marcas:	10
4.2.3.3. Altura mínima de proa:	10
4.3. Referencias:	12

4.1. Introducción:

El objetivo de este informe es el cálculo de los distintos francobordos (verano, tropical, invierno y agua dulce) según los establecido por la ILLC'69 y la ordenanza marítima N° 5/03 de la PNA..

4.2. Desarrollo:

El cálculo de francobordo se hará para el buque proyecto que tiene las siguientes características:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	128
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 4.1)

4.2.1 Definiciones de francobordo:

4.2.1.1. Definición de eslora de francobordo:

La eslora de francobordo se define como:

Regulation 3

Definitions of terms used in the annexes

PRB (1) Length

PRB (a) The length (*L*) shall be taken as 96% of the total length on a waterline at 85% of the least moulded depth measured from the top of the keel, or as the length from the fore side of the stem to the axis of the rudder stock on that waterline, if that be greater.

Del arreglo general del buque se tiene que:

$$85\%D = 10,2 \text{ m.}$$

$$L_{85\%D} = 126,05 \text{ m.}$$

$$L = 0,96 \times (L_{85\%D}) = 121 \text{ m.}$$

$$L_{pp} = 122 \text{ m.}$$

Se usa L_{pp} .

4.2.1.2. Definición de manga de francobordo:

(4) Breadth. Unless expressly provided otherwise, the breadth (*B*) is the maximum breadth of the ship, measured amidships to the moulded line of the frame in a ship with a metal shell and to the outer surface of the hull in a ship with a shell of any other material.

Siendo esta igual a 20 m.

4.2.1.3. Definición de puntal de francobordo:

(5) Moulded depth

(a) The moulded depth is the vertical distance measured from the top of the keel to the top of the freeboard deck beam at side. In wood and composite ships the distance is measured from the lower edge of the keel rabbet. Where the form at the lower part of the midship section is of a hollow character, or where thick garboards are fitted, the distance is measured from the point where the line of the flat of the bottom continued inwards cuts the side of the keel.

Quedando el puntal igual a 12 metros.

4.2.1.4. Coeficiente de bloque:

(7) Block coefficient

(a) The block coefficient (C_b) is given by:

$$C_b = \frac{V}{L \cdot B \cdot d_1}; \text{ where}$$

V is the volume of the moulded displacement of the ship, excluding appendages, in a ship with a metal shell, and is the volume of displacement to the outer surface of the hull in a ship with a shell of any other material, both taken at a moulded draught of d_1 ; and where

d_1 is 85% of the least moulded depth.

Siendo este igual a 0,758

4.2.1.5. Cubierta de francobordo

Freeboard deck

- (a) The freeboard deck is normally the uppermost complete deck exposed to weather and sea, which has permanent means of closing all openings in the weather part thereof, and below which all openings in the sides of the ship are fitted with permanent means of watertight closing.

Se considera como cubierta de francobordo la cubierta principal.

4.2.1.6 Tipo de buque:

Es un buque tipo A ya que:

Type 'A' ships

(2) A type 'A' ship is one which is designed to carry only liquid cargoes in bulk, and in which cargo tanks have only small access openings closed by watertight gasketed covers of steel or equivalent material. Such a ship necessarily has the following inherent features:

- (a) high integrity of the exposed deck; and
- (b) high degree of safety against flooding, resulting from the low permeability of loaded cargo spaces and the degree of subdivision usually provided.

4.2.2 Cálculo de francobordo

4.2.2.1 Francobordo tabular:

Se calcula en función de la eslora de francobordo a partir de la siguiente tabla, para buques tipo A:

Length of ship (m)	Freeboard (mm)	Length of ship (m)	Freeboard (mm)	Length of ship (m)	Freeboard (mm)
108	1260	153	2016	198	2592
109	1276	154	2032	199	2602
110	1293	155	2048	200	2612
111	1309	156	2064	201	2622
112	1326	157	2080	202	2632
113	1342	158	2096	203	2641
114	1359	159	2111	204	2650
115	1376	160	2126	205	2659
116	1392	161	2141	206	2669
117	1409	162	2155	207	2678
118	1426	163	2169	208	2687
119	1442	164	2184	209	2696
120	1459	165	2198	210	2705
121	1476	166	2212	211	2714
122	1494	167	2226	212	2723
123	1511	168	2240	213	2732
124	1528	169	2254	214	2741
125	1546	170	2268	215	2749
126	1563	171	2281	216	2758
127	1580	172	2294	217	2767
128	1598	173	2307	218	2775
129	1615	174	2320	219	2784
130	1632	175	2332	220	2792
131	1650	176	2345	221	2801
132	1667	177	2357	222	2809
133	1684	178	2369	223	2817
134	1702	179	2381	224	2825
135	1719	180	2393	225	2833
136	1736	181	2405	226	2841
137	1753	182	2416	227	2849
138	1770	183	2428	228	2857
139	1787	184	2440	229	2865
140	1803	185	2451	230	2872
141	1820	186	2463	231	2880
142	1837	187	2474	232	2888
143	1853	188	2486	233	2895
144	1870	189	2497	234	2903
145	1886	190	2508	235	2910
146	1903	191	2519	236	2918
147	1919	192	2530	237	2925
148	1935	193	2541	238	2932
149	1952	194	2552	239	2939
150	1968	195	2562	240	2946
151	1984	196	2572	241	2953
152	2000	197	2582	242	2959

(Tabla 4.2)

Siendo este igual a 1494 mm.

4.2.2.2. Corrección por Cb:**Regulation 30***Correction for block coefficient*

Where the block coefficient (C_b) exceeds 0.68, the tabular freeboard specified in regulation 28 as modified, if applicable, by regulations 27(8), 27(10) and 29 shall be multiplied by the factor:

$$\frac{C_b + 0.68}{1.36}$$

Tomando el C_b igual a 0,7518 como se calculó en el punto 4.2.1.4 y multiplicando al FB tabular por este factor se tiene:

$$FB = FB_{\text{tabular}} \times \left(\frac{0,7518 + 0,68}{1,36} \right) = 1,57 \text{ m (Ec. 4.1)}$$

4.2.2.3. Corrección por puntal:**Regulation 31***Correction for depth*

(1) Where D exceeds $\frac{L}{15}$ the freeboard shall be increased by $(D - \frac{L}{15})R$ mm, where R is $\frac{L}{0.48}$ at lengths less than 120 m and 250 at 120 m length and above.

Como $L/15 = 8,13 < D$ se aplica la corrección quedando el francobordo igual a **2,54 m**.

4.2.2.4 Corrección por superestructura

Altura estándar de superestructura:

Se obtiene por interpolación lineal, en función de la eslora de francobordo, de la siguiente tabla:

L (m)	Standard height (m)	
	Raised quarterdeck	All other superstructures
30 or less	0.9	1.8
75	1.2	1.8
125 or more	1.8	2.3

Quedando esta igual a **2,27 m**.

La eslora de superestructura se obtiene compuesta por la zona de habilitación en popa y el castillo en proa, obteniéndose la siguiente longitud

$$E = L_{\text{Hab}} + L_{\text{Castillo}} = 21 + 8 = \mathbf{29 \text{ m.}}$$

El porcentaje de reducción del francobordo se obtiene en función de la relación entre la longitud de superestructura (E) y la eslora de francobordo, siendo esta:

$$\%L = E/L = 29/122 = \mathbf{0,237}$$

**Table 37.1 – Percentage of deduction
for type 'A' and 'B' ships**

	Total effective length of superstructures and trunks										
	0	0.1L	0.2L	0.3L	0.4L	0.5L	0.6L	0.7L	0.8L	0.9L	1L
Percentage of deduction for all types of superstructure	0	7	14	21	31	41	52	63	75.3	87.7	100

P88 Percentages at intermediate lengths of superstructures and trunks shall be obtained by linear interpolation.

P88 (3) For ships of type 'B' where the effective length of a forecastle is less than $0.07L$, no deduction is allowed.

Por interpolación lineal entre 0,2L y 0,3L se obtiene que la reducción del FB es del **16,6%**.
Con esto se obtiene un francobordo corregido de **2,12 m**.

4.2.3. Francobordos estacionales.

4.2.3.1 Francobordo de verano:

Summer freeboard

(1) The minimum freeboard in summer shall be the freeboard derived from the tables in regulation 28 as modified by the corrections in regulations 27, as applicable, 29, 30, 31, 32, 37, 38 and, if applicable, 39.

Quedando este igual a **2,12 m (S)**.

4.2.3.2. Francobordo tropical:

Tropical freeboard

(3) The minimum freeboard in the Tropical Zone shall be the freeboard obtained by a deduction from the summer freeboard of one forty-eighth of the summer draught measured from the top of the keel to the centre of the ring of the load line mark.

$$T = S - \frac{ds}{48} = 1,97 \text{ m. (Ec. 4.2)}$$

4.2.3.3 Francobordo de invierno:

Winter freeboard

(5) The minimum freeboard in winter shall be the freeboard obtained by an addition to the summer freeboard of one forty-eighth of summer draught, measured from the top of the keel to the centre of the ring of the load line mark.

$$T = S + \frac{ds}{48} = 2,27 \text{ m. (Ec. 4.3)}$$

4.2.3.4 Francobordo de agua dulce:

Fresh water freeboard

(7) The minimum freeboard in fresh water of unit density shall be obtained by deducting from the minimum freeboard in salt water:

$$\frac{\Delta}{40T} \text{ cm (inches)}$$

where Δ = displacement in salt water in tons at the summer load waterline

T = tons per centimetre (inch) immersion in salt water at the summer load waterline.

Siendo: $\Delta = 13009 \text{ Tn}$

$T = \text{TCI} = 22,7 \text{ Tn/cm}$ (de curvas hidrostáticas)

Con esto se tiene:

$$F = S - \frac{\Delta}{40 \times T} = \mathbf{1,97 \text{ m.}} \text{ (Ec. 4.4)}$$

Como resumen se tiene que los francobordos y sus respectivos calados son:

	Francobordo (m)	Calado (m)
S	2,12	9,88
T	1,967	9,87
W	2,27	9,57
F	1,974	9,86

Como se puede ver el calado de verano (**9,88 m**) es **2,68 m** mayor que el calado de máxima carga de **7,2 m** (condición en que los tres tanques de LPG se encuentran cargados al 98% de capacidad con VCM, la carga de mayor densidad) dando una mayor reserva de francobordo a la situación de máxima carga, respecto al mínimo francobordo posible.

4.2.4. Regulaciones:

4.2.3.2 Marcas:

La marca de francobordo estará conformada por un anillo ubicado a unos **2,12 m** por debajo de la línea de cubierta en ambas bandas del buque. Este tendrá un diámetro de **300 mm.** y un espesor de **25 mm.** A su vez estará cortado en su centro por una línea horizontal de **45 mm.** de longitud y **25 mm.** de espesor. En el anexo se encuentra disponible el plano de las marcas.

4.2.3.3. Altura mínima de proa:

Regulation 39

P88 *Minimum bow height and reserve buoyancy*

P88 (1) The bow height (F_b), defined as the vertical distance at the forward perpendicular between the waterline corresponding to the assigned summer freeboard and the designed trim and the top of the exposed deck at side, shall be not less than:

$$F_b = (6075(\frac{L}{100}) - 1875(\frac{L}{100})^2 + 200(\frac{L}{100})^3) \times (2.08 + 0.609C_b - 1.603C_{wf} - 0.0129(\frac{L}{d_1}))$$

where:

F_b is the calculated minimum bow height, in millimetres;

L is the length, as defined in regulation 3, in metres;

B is the moulded breadth, as defined in regulation 3, in metres;

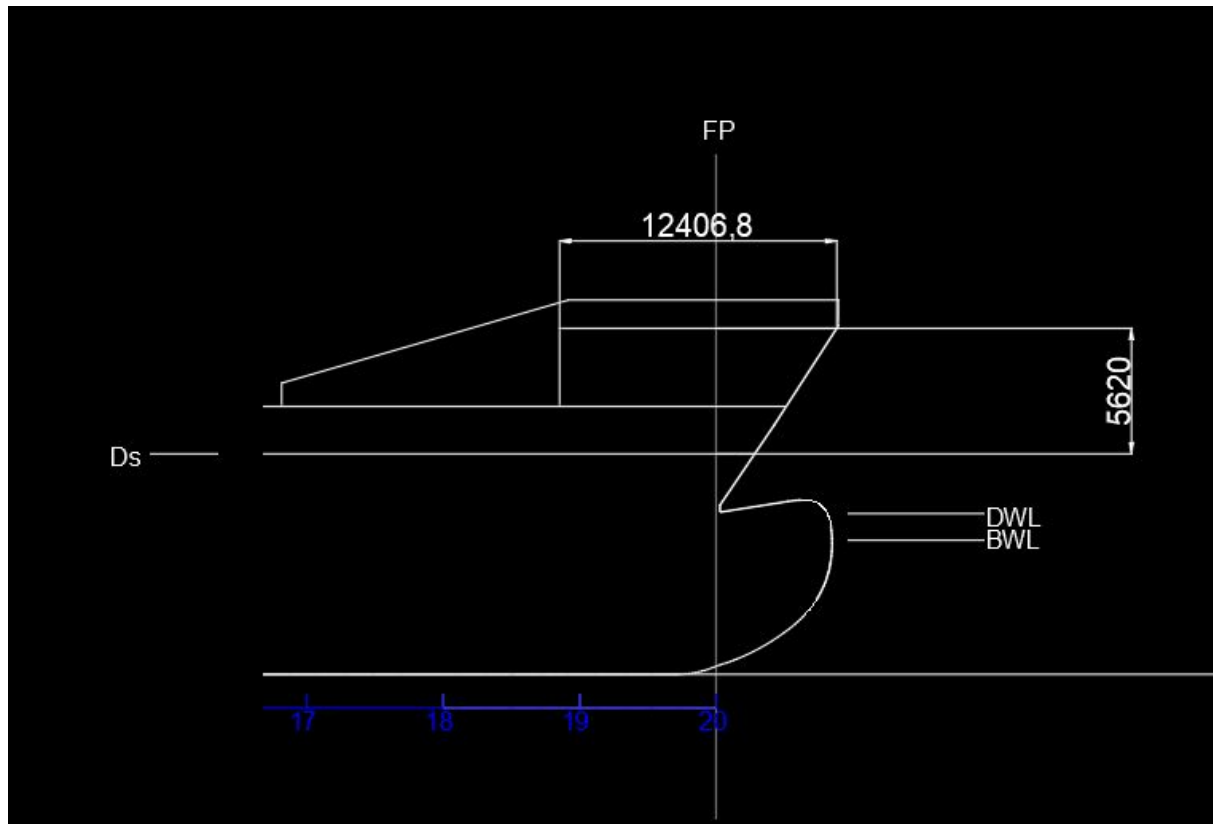
d_1 is the draught at 85% of the depth D , in metres;

C_b is the block coefficient, as defined in regulation 3;

C_{wf} is the waterplane area coefficient forward of $\frac{L}{2}$: $C_{wf} = \frac{A_{wf}}{(\frac{L}{2}) \times B}$;

A_{wf} is the waterplane area forward of $\frac{L}{2}$ at draught d_1 , in square metres.

Siendo esta igual a **4,34 m**. Del arreglo general se tiene que la altura desde el francobordo de verano hasta el tope de la cubierta del castillo es de **5,62 m**, por lo cual se cumple con la reglamentación. Para que se pueda considerar al castillo como reserva de flotabilidad este debe tener una longitud mayor al 7% de L (**8,54 m.**), requisito se cumple, como se puede ver en la imagen a continuación:



4.3. Referencias:

- Prefectura Naval Argentina (2003), Ordenanza Marítima N 1 9/02
- International Maritime Organization (2005), Load Lines
- Meizoso, M. (1997). Proyecto básico del Buque Mercante. España, Madrid. Fondo editorial de ingeniería naval colegio oficial de ingenieros navales

1

2

3

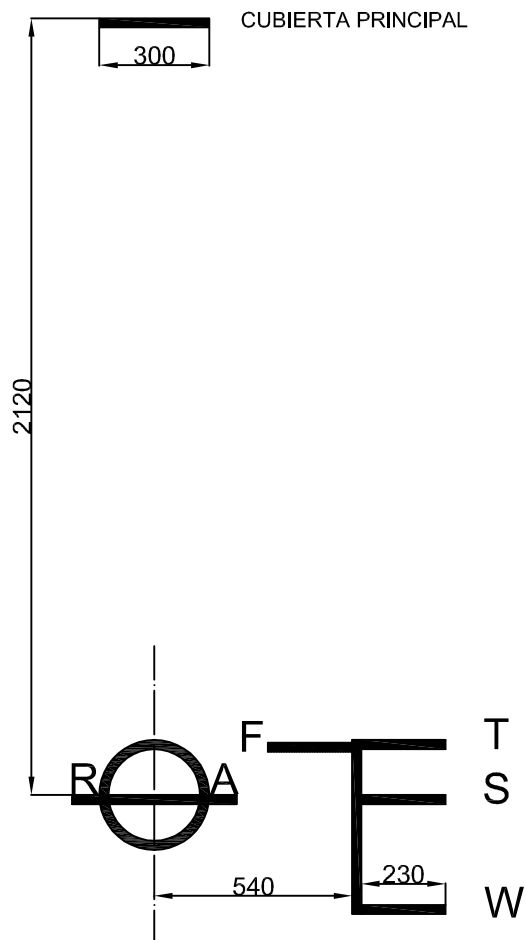
4

A

B

C

D



E

F

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: AGUSTIN BARUH			
FECHA: 25/02/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
ESCALA: 1:20	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 



32.57 PROYECTO DE BUQUES

ANEXO: PLANO MARCA DE PLIMSOL

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

1

2

3

4

A

B

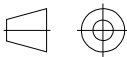
C

D

Cálculo de arqueo

E

F

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4		
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Índice:

Índice:	0
Introducción:	1
2. Desarrollo:	1
2.1. Arqueo bruto:	1
2.2 Arqueo neto:	2
3. Anexo:	3

1.Introducción:

El objetivo de este trabajo es realizar el cálculo de arqueo bruto y neto, del buque proyecto. siguiendo las reglas de Arqueo dadas en el Convenio internacional sobre arqueo de buques (Convenio 1969). Para esto se tomarán como guía los lineamientos dados en el libro *Proyecto básico del buque mercante* de Meizoso.

2. Desarrollo:

El cálculo de arqueo se hará para el buque proyecto el cual tiene las siguientes dimensiones principales:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 1)

2.1. Arqueo bruto:

Según el convenio de 1996 el arqueo bruto se obtiene según las siguiente fórmula:

$$GT = K1 \times V$$

Donde: $K1 = 0,2 + 0,02 \times \text{LOG}_{10}(V)$ (**$K1 = 0,287$**)

V = Volumen total de todos los espacios cerrados del buque (**$22085,21 \text{ m}^3$**)

En la tabla a continuación se listan todos los espacios cerrados del buque y sus volúmenes, obtenidos a través del modulo Volume del programa FORAN:

ESPACIO	VOLUMEN (m3)
Habilitación y espacios de trabajo	7453,51
Tanques de lastre	6108,1
Sistema de HFO	526,6
Sistema de MDO	84
Tanques de servicio	148,7
Tanques de carga	7764,3
Total	22085,21

(Tabla 2)

Con esto se obtiene un **GT = 6335,85 m³**.

En el anexo se encuentra disponible una tabla detallando los volúmenes de todos los subespacios aquí nombrados

2.2 Arqueo neto:

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$NT = K_2 \text{ VCAR} \left[\frac{4T}{3D} \right]^2 + K_3 (N1 + N2/10)$$

siendo:

K_2 : $0,2 + 0,02 \log_{10} \text{VCAR}$

K_3 : $1,25 (GT + 10.000) / 10.000$

N1: número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas

N2: número de los demás pasajeros

Si N1 + N2 es menor de 13, ambas cifras se considerarán iguales a cero.

Se tendrá en cuenta además que:

- el factor $(4 T / 3 D)^2$ no se tomará superior a 1
- el término $K_2 \times \text{VCAR} (4 T / 3 D)^2$ no se tomará inferior a 0,25 GT
- NT no se tomará inferior a 0,30 GT

De la tabla 2 se puede ver que **VCAR = 7764,3 m³**, quedando **K2 = 0,278** y **K3 = 2,042** y **(N1+N2)=0**. Con esto se obtiene que **NT = 3834,557 m³**.

Los espacios que forman parte del cálculo de arqueo se pueden ver en el plano de arreglo general (ABA-PB-011-001_C) y plano de capacidades (ABA-PB-011-002_A) mostrado a continuación.

3. Anexo:

ESPACIO	VOLUMEN (m3)
Habilitación y espacios de trabajo	
CCMM	3973
BOW THRUSTER	437,1
GUARDACALOR	155
SUPEST PL 1	672
SUPEST PL 2	557,1
SUPEST PL 3	434,1
SUPEST PL 4	434,1
PUENTE	370,9
CASTILLO	420,3
Subtotal	7453,51
Tanques de lastre	
WB1	73,2
WB2 P	293,1
WB2 S	293,1
WB3 P	387
WB3 S	387
WB4 P	338,9
WB4 S	338,9
WB5 P	65,7
WB5 S	65,7
WB6	24,3
WB7 P	106,8
WB7S	106,8
WB8 P	360,8
WB8 S	360,8
WB9 P	415,1
WB9 S	415,1
WB10 P	402,2
WB10 S	402,2

WB11 P	249,5
WB12 S	249,5
FORE PEAK	460,1
AFTER PEAK	312,3
Subtotal	6108,1
Sistema de HFO	
HFO P	230,5
HFO S	230,5
FODP	11,4
FODS	11,4
FOSP	21,4
FOSS	21,4
Subtotal	526,60
Sistema de MDO	
MDOP	34,9
MDOS	34,9
DODP	2,8
DODS	2,8
DOSP	4,3
DOSS	4,3
Subtotal	84
Tanques de servicio	
FW P	51,4
FW S	51,4
TACC	1,3
TAGR	22,3
TANE	8,6
TAS	1,3
TASD	5,2
TLO	1,3
TREB	1,7
TSEN	4,2
Subtotal	148,7
Tanques de carga	
LPG	7764,3
Subtotal	7764,3
Total	22085,21

1

2

3

4

A

B

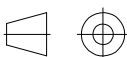
C

D

Resistencia y propulsión

E

F

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4		
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Índice:

6.1.Introducción:	1
6.2.Desarrollo:	1
6.2.1.Cálculo de resistencia:	1
6.2.2.Dimensionamiento de hélice:	4
6.2.2.1.Número de palas:	4
6.2.2.2.Estimación preliminar de diámetro de hélice:	5
6.2.2.3 Calculo de factor de estela y deducción de empuje:	5
6.2.2.4 Calculo de velocidad de avance:	6
6.2.2.5 Calculo de rendimiento del casco h:	6
6.2.2.6 Calculo de potencia efectiva de la hélice:	6
6.2.2.7 Calculo de empuje:	6
6.2.3. Análisis preliminar de cavitación:	6
6.2.4. Estimación de revoluciones por minuto (n)	7
6.2.5. Selección de motor y caja reductora:	7
6.2.6. Ajuste diámetro de hélice	8
6.2.7. Verificación de la performance casco-hélice-motor	9
6.2.7.1 Si la velocidad cumple con la velocidad de servicio:	9
6.2.7.2. Si la cupla requerida por la hélice es menor que la entregada por el motor:	10
6.2.7.3 Si la potencia requerida por la hélice es menor que la entregada por el motor	10
6.2.7.4. Verificación por cavitación	10
6.2.8. Geometría de la hélice	11

6.1.Introducción:

El objetivo de este trabajo fue realizar un cálculo previo del diseño de la hélice, tomando como base las hélices de la serie B, y seleccionar una planta propulsora para el buque a partir de la información disponible de distintos fabricantes con el fin de obtener el mayor rendimiento posible.

6.2.Desarrollo:

Para la realización de los cálculos se tomaron los siguientes datos del buque:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	128
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71
Vel de servicio (Kn)	15
Vel de servicio (m/s)	7,72

(Tabla 6.1)

6.2.1.Cálculo de resistencia:

El cálculo de la resistencia al avance se realizó utilizando diversos métodos de cálculo y obteniendo sus valores mediante el uso de los softwares Maxsurf y Foran. Siendo estos:

- Holtrop
- Serie 60
- Compton
- Lap-Keller

Los métodos de la serie 60, Compton y Lap-Keller fueron descartados ya que el buque proyecto no entraba dentro de sus rangos de aplicación y el espectro de velocidades propuesto quedaba fuera de rango para estos. Las relaciones dimensionales para el buque son:

Cp	0,68
LBP/B	6,1
B/d	2,78

(Tabla 6.2)

Para el método de Lap-Keller los parámetros de uso son:

Los límites de aplicación del Método son:

- a) Coeficiente Prismático $C_p < 0,85$
- b) Relación Eslora – Manga $5,00 < (L/B) < 8,00$
- c) Relación Manga – Calado $2,50 < (B/H) < 3,00$
- d) Buques de una Hélice.

Si bien el buque cae dentro de este rango, el método no incluye velocidades menores a los 7 nudos por lo que se lo descarta ya que se prefiere utilizar el método de Holtrop que se lo considera más completo.

En el caso del método de la serie 60 solo se aplica a velocidades mayores a los 18 nudos (limitado por el número de Froude), dentro de las cuales no se encuentra la de servicio por lo cual queda descartado.

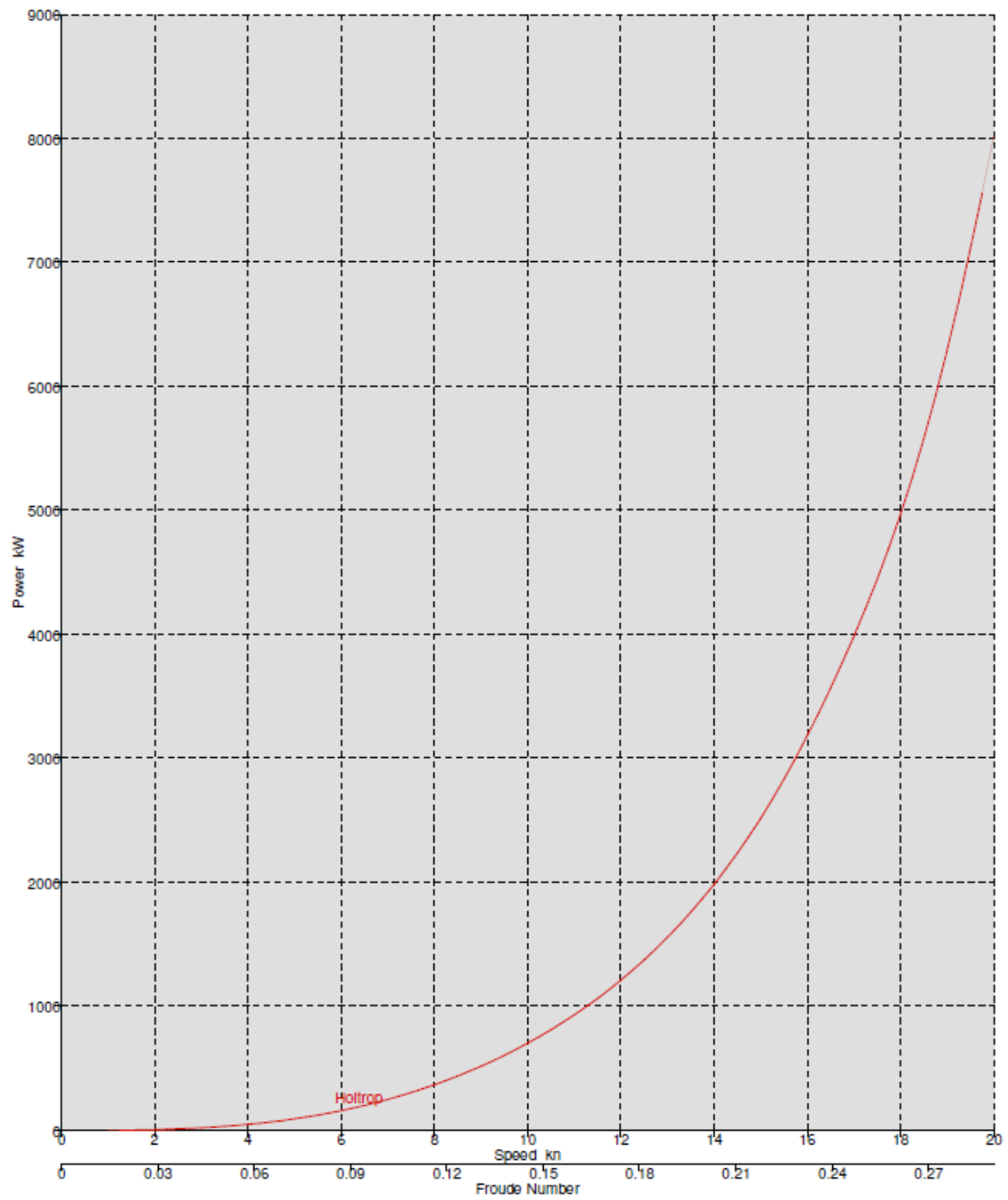
Al método de Compton se lo descarta ya que la relación eslora/manga y el número de Froude son muy bajo por lo cual solo se puede calcular la resistencia a partir de los 15 nudos y los resultados obtenidos difieren mucho de los otros métodos.

En las tablas A6.9 y A6.10 del anexo se encuentran los valores de resistencia obtenidos para los distintos métodos recién descritos.

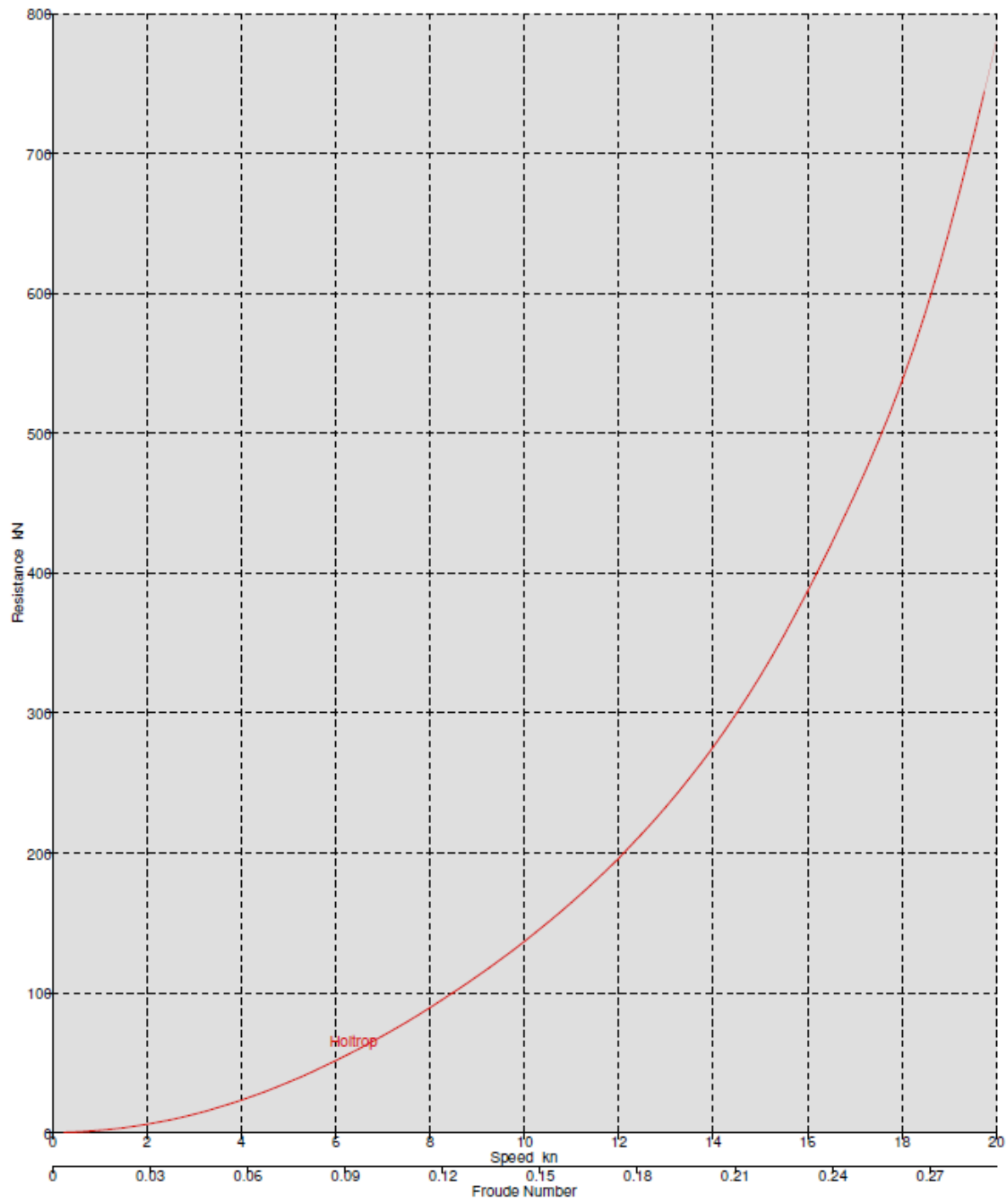
Finalmente se utilizó el método de Holtrop que es el que más se adecua al tipo de buque y sus dimensiones.

La resistencia al avance obtenida para la velocidad de servicio (**15 Kn**), mediante el uso del software FORAN, específicamente el módulo POWER, es de **326,2 KN** y la potencia de remolque requerida de **2516,96 KW**.

Los valores de las resistencias para las distintas velocidades, obtenidas de los softwares se encuentran disponibles en el anexo (Tabla A6.1 y A6.2).



(Fig. 6.1)



(Fig. 6.2)

6.2.2.Dimensionamiento de hélice:

6.2.2.1.Número de palas:

Como número de palas (Z) se eligió **4**. Para la selección del número de palas se utilizó las recomendaciones dadas en *Basic Principles of ship propulsion* de MANN, en el cual se establece que a un menor número de palas mayor será la eficiencia de la hélice. Sin embargo un menor número de palas implica un aumento en esfuerzos estructurales por lo

que, para buques que requieran gran potencia de freno no se recomienda usar menos de 4 palas. Si se usan 6 palas o mas la eficiencia cae demasiado y además aumenta el riesgo de vibraciones que se pueden transmitir a la zona de superestructura.

Por todas las razones expuestas anteriormente se decidió plantear como valor de entrada una hélice de 4 palas. En caso de que no se consiga un motor que cumpla los requerimientos de potencia y número de vueltas, con un número de cilindros impar se recomendará modificar el número de palas para evitar que las vibraciones generadas puedan entrar en el rango de resonancia.

6.2.2.2. Estimación preliminar de diámetro de hélice:

Lo primero que se hizo fue obtener una estimación previa del diámetro. Para hacer esto se utilizaron varios criterios (Kansai Society, DNV, por inmersión y línea base), pero finalmente se optó por el de línea base ya que este planteaba la situación límite. Con este se obtuvo un diámetro preliminar de 5.4 metros que se redujo a **5,2** para tener en cuenta los huelgos mínimos dados por el DNV.

Diámetro estimativo de hélice	
Criterio	Valor (m)
MANN	5,33
Línea base	5,2
Inmersión	1,44
NKK	5,04

(Tabla 6.2)

El NKK recomienda la siguiente ecuación para obtener el diámetro en función del calado

El criterio de inmersión propone: $D = 0,7 H_d$

$$0,55 < l/D < 0,65$$

El criterio de MANN sugiere:

$$d/D < 0,74$$

6.2.2.3 Calculo de factor de estela y deducción de empuje:

Se calcularon los factores de estela (w) y deducción de empuje (t) a partir de las fórmulas propuestas por Heckscher para buques de carga, siendo estas:

$$w = 0,7 \times C_p - 0,18 \text{ (Ec. 6.1)}$$

$$t = 0,5 \times C_p - 0,12 \text{ (Ec. 6.2)}$$

Obteniéndose **w=0,3** y **t=0,22**. Con estos valores y tomando las velocidades, resistencias y potencias de remolque calculadas en el trabajo anterior se pudieron obtener:

6.2.2.4 Calculo de velocidad de avance:

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$V_a = V \times (1 - w) \quad (\text{Ec. 6.3})$$

Siendo **V_a = 5,43 m/s** para la velocidad de servicio.

6.2.2.5 Calculo de rendimiento del casco η_h :

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\eta_h = (1 - t)/(1 - w) \quad (\text{Ec.6.4})$$

Quedando **$\eta_h = 1,11$**

6.2.2.6 Calculo de potencia efectiva de la hélice:

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$THP = EHP/\eta_h \quad (\text{Ec. 6.5})$$

Dando **THP = 3046,7 KW** para la condición de servicio.

6.2.2.7 Calculo de empuje:

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$T = R/(1 - t) \quad (\text{Ec.6.6})$$

Siendo **T=418,21 KN** para la condición de servicio.

6.2.3. Análisis preliminar de cavitación:

Este análisis se hizo con el fin de determinar una relación de áreas expandidas/disco (AE/A_o). Para esto se usó la siguiente ecuación:

$$\frac{AE}{AO} = \frac{(1,3+0,3Z)T}{(P_o - P_v)D^2} + k \quad (\text{Ec. 6.7})$$

Siendo Z el número de palas y k un coeficiente de seguridad (que se tomó igual a 0,13). ($P_o - P_v$) es la presión de cálculo (p) y está compuesta por:

- Presión hidrostática
- Presión atmosférica (10100 Kg/m² a 15°C)
- Presión de vapor (200 Kg/m² a 15°C)

La presión hidrostática se calculó a partir de la fórmula:

$$Ph = \rho x g x h \quad (\text{Ec.6.8})$$

Donde "h" es la inmersión de la hélice igual a 1,9 m.

Finalmente se obtuvo que $A_E/A_o = 0,46$ pero se adoptó como valor de cálculo **0,45**.

6.2.4. Estimación de revoluciones por minuto (n)

Para estimar las rpm (n) se utilizó la curva de Wageningen para hélices serie B de 4 palas y la relación de áreas obtenida en el punto anterior, que se muestra en la figura 6.1 del anexo. Lo primero que se tuvo que hacer fue obtener J para el mayor rendimiento. Para esto se armó la constante K_T/J^2 que sale a partir de la fórmula:

$$\frac{K_T}{J^2} = \frac{EHP_s}{\rho \cdot (1-t) \cdot (1-w)^2 \cdot D^5 \cdot V^3} \quad (\text{Ec. 6.9})$$

Siendo esta constante igual a **0,511**. Con esta se graficó la curva $K_T = (K_T/J^2) \times J^2$ para distintos valores de J, esta curva se muestra en la figura 6.1. Los valores de K_T y J utilizados y obtenidos se encuentran en la tabla A6.4 en el anexo. A partir de las intersecciones de esta curva con las curvas K_T para las distintas relaciones paso-diámetro (P/D) se obtuvieron los distintos valores de J, K_Q , K_T y η_o (rendimiento). Como lo que se busca es maximizar el rendimiento se eligió el J para el cual η_o es mayor, siendo este igual a **0,615**. En la tabla A6.5, en el anexo, se muestran los distintos valores para las relaciones P/D. Con el valor de J para este rendimiento, el diámetro calculado previamente y la V de servicio (igual 7,72 m/s) se obtuvieron las rpm a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{V \cdot (1-w)}{J \cdot D} \quad (\text{Ec. 6.10})$$

Quedando n igual a **107,51 rpm**.

6.2.5. Selección de motor y caja reductora:

Para determinar qué motor se va a instalar en el buque lo primero que se calculó fueron los BHP de servicio, los cuales vienen dados por la siguiente ecuación:

$$BHP_s = \frac{EHP_s}{\eta_h \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_o \cdot \eta_m} \quad (\text{Ec. 6.11})$$

Los EHPs son la potencia efectiva de remolque incrementada en un 25% para tener en cuenta las condiciones que se darán normalmente cuando el buque esté en operación. Este incremento viene dado por el *margen de mar* (15%) y el *margen de motor* (10%). Siendo

$$EHPs = (1,15 \times EHP) \times 1,1 \quad (\text{Ec. 6.12})$$

Los EHP para la velocidad de servicio son **2516,96 KW** quedando los EHPs iguales a **3184,24 KW**.

n_h y n_o son los rendimientos obtenidos previamente, n_m es el rendimiento mecánico que se usa la estimación de la “Guía para cálculo de hélice 2014 [4]” que lo toma como **0,985** y $n_{rr}=0,82$. n_b es la eficiencia del propulsor detrás del casco. Este se calculó a partir de la ecuación:

$$n_b = T \cdot V_a / (2 \cdot \pi \cdot n \cdot Q) \quad (\text{Ec.6.13})$$

y Q se obtuvo a partir de la ecuación

$$K_Q = Q / (x \cdot n^2 \cdot D^5) \quad (\text{Ec.6.14})$$

Tomando K_Q y n para la condición de máximo rendimiento y siendo la densidad del agua de mar igual a 1025 Kg/m^3 queda **Q= 400,38 KNm**.

En la tabla A6.6 del anexo se muestra los valores de n_h , n_o , n_m , n_{rr} y n_b .

Finalmente se obtuvo que **BHPs = 4576,29 KW**. Con este valor y las rpm calculadas anteriormente se optó por un motor **MAN 9L35** de 9 cilindros, **720 rpm** y BHP igual a **4590 KW** en su MCR. La información técnica del motor se encuentra en el “Anexo: Datos Técnicos de motor”. Se decidió instalar una caja reductora, de la marca China Hi Sea, con una **relación 6,5** (específicamente 6,56) por lo que las rpm de salida del eje serán de **109,75 rpm**. En el anexo se encuentra disponible el catálogo de la caja seleccionada.

6.2.6. Ajuste diámetro de hélice

Debido a que las revoluciones obtenidas a la salida de la caja reductora difieren de la calculadas previamente se debe realizar un ajuste del diámetro de la hélice. Para esto se calcula la siguiente constante:

$$K_T / J^4 = [EHP \cdot n^2] / [\rho \cdot (1-t) \cdot (1-w)^4 \cdot V^5] = K_{Tn}$$

Con las revoluciones obtenidas en el eje. Siendo el valor de K_{Tn} igual a **1,55**. Con esta constante y tomando valores de J entre 0 y 1,6 se obtiene una curva como la mostrada en la figura 6.1. Los valores de K_t para los distintos J se encuentran disponibles en el anexo en la tabla A7. Buscando las intersecciones entre la curva y las curvas K_t se encuentran los nuevos parámetros de la hélice para el máximo rendimiento:

P/D	K_t	J	K_q	n_o
0,9	0,156	0,558	0,0312	0,605

(Tabla 6.3)

Con el valor de J, para el máximo rendimiento, y las revoluciones en el eje se calcula el nuevo diámetro de la hélice a partir de la ec. 6.10. Quedando este igual a **5,27 m**. Este se lo toma igual a **5,3 m**.

6.2.7. Verificación de la performance casco-hélice-motor

El objetivo de esta verificación es determinar si la hélice diseñada y el motor seleccionado cumplen con 3 requisitos:

6.2.7.1 Si la velocidad cumple con la velocidad de servicio:

Para verificar esto se graficó la curva de potencia hélice. Esta se obtuvo sacando los valores de J , K_Q y η_o para distintas V_a , incluyendo la de servicio, de la curva de Wageningen usada en los puntos anteriores. Con estos valores y las fórmulas mostradas a continuación se obtuvo BHPm y BHPs.

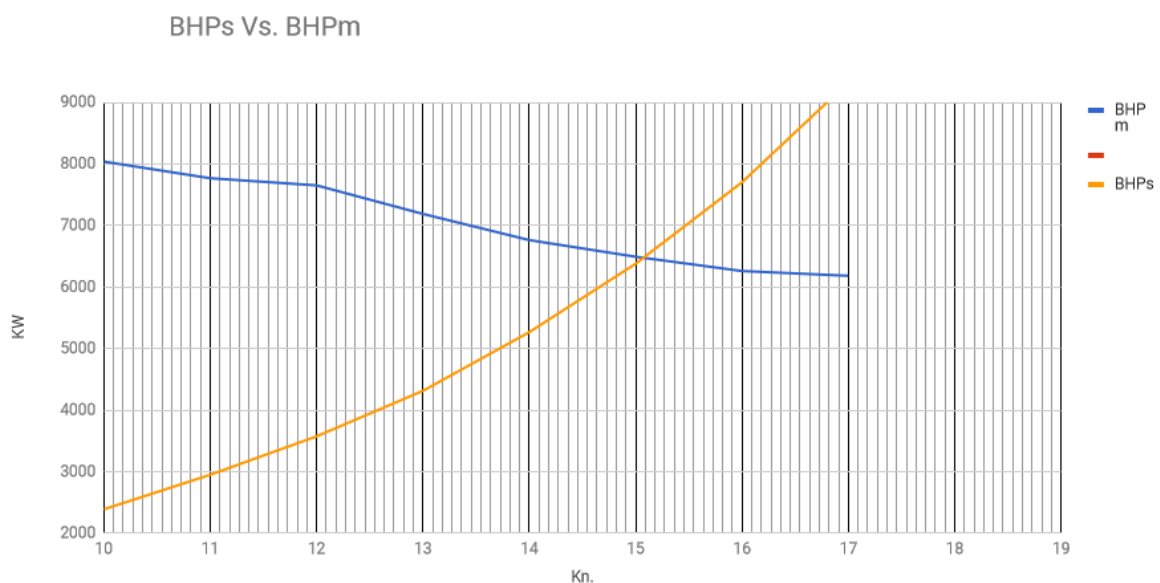
$$DHP_M = (2 \times \pi \times K_Q \times \rho \times n^3 \times D^5) / 750 \quad (\text{Ec. 6.15})$$

$$BHP_M = DHP_M / \eta_m \quad (\text{Ec. 6.16})$$

$$DHP_s = EHP_s / \eta_o \times \eta_H \times \eta_{rr} \quad (\text{Ec. 6.17})$$

$$BHP_s = DHP / \eta_m \quad (\text{Ec. 6.18})$$

En la tabla A8 y A9 del anexo se muestran los valores obtenidos para las distintas velocidades y en la gráfica 1 se puede ver la intersección entre las curvas. En la gráfica A1 se muestra la intersección con más detalle. Como se ve en estas gráficas las curvas se intersectan en **15,08 Kn** el cual está a un **0,53 %** de la velocidad de servicio.



(Fig. 6.1)

6.2.7.2. Si la cupla requerida por la hélice es menor que la entregada por el motor:

Esto se verificó mediante las siguientes fórmulas:

$$Q_H = K_Q \times \rho \times n^2 \times D^5 = 399,74 \text{ KNm (Ec. 6.19)}$$

$$Q_M = \text{BHP} / (2\pi n) = 541,1 \text{ KNm (Ec. 6.20)}$$

$$Q_H < Q_M$$

6.2.7.3 Si la potencia requerida por la hélice es menor que la entregada por el motor

$$\text{BHP}_M = 6673,85 \text{ KW}$$

$$\text{BHP}_H = 6379,26 \text{ KW}$$

$$\text{BHP}_H < \text{BHP}_M$$

6.2.7.4. Verificación por cavitación

EL objetivo de esta parte verificar, para las nuevas dimensiones de la hélice, como se comportara ante el fenómeno de cavitación. Para esto se usará el diagrama de Burrill.

Como datos de entrada se tiene:

- D
- P/D
- Inmersión

La presión de cálculo (p) será la sumatoria de la presión atmosférica, hidrostática y de vapor, la presión hidrostática se calcula mediante la Ec. 9, quedando:

$$P_h = 19085 \text{ Pa}$$

Calculando la presión (p) mediante la siguiente fórmula:

$$P = P_h + P_{atm} - P_v$$

Quedando **P = 116105,5 Pa**

A continuación se calculó la presión actuante que está dada por la fórmula

$$P_{act} = T / F_p \text{ (Ec. 6.21)}$$

Donde T se obtiene como:

$$T = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4 \text{ (Ec. 6.22)}$$

Y F_p sale de la fórmula:

$$F_p = F_D \times (1,067 - 0,229 \times (P/D)) \text{ (Ec. 6.23)}$$

F_D sale de la a partir de la relación de áreas obtenida en la Ec. 8 y $A_o = \pi \times D^2/4$. Finalmente se obtiene **$F_p = 8,79 \text{ m}^2$** y **$T = 430,02 \text{ KN}$** . Finalmente P_{act} queda igual a **48,9 KPa**.

Luego se calcularon q y σ que están dados por las fórmulas:

$$q_T = 0,5 \times \rho \times V_T^2 = 243,54 \text{ KPa (Ec. 6.24)}$$

$$\sigma = (p_1 - p_v) / q_T = 0,48 \text{ (Ec. 6.25)}$$

Dónde: $V_1^2 = V_A^2 + (0,7 \times \pi \times n \times D)^2 = 492,51 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (Ec. 6.26)

Y esto verifica que $F_p/q_T < \sigma$, que es la condición de no cavitación. Por último se verifica que la hélice esté dentro de los parámetros recomendados para la cavitación en el dorso mediante el diagrama de Burrill. Para esto se calculó el parámetro τ_c que está dado por la fórmula:

$$\tau_c = T/(F_p \times q_T) \text{ (Ec. 6.27)}$$

Con $\tau_c = 0,19$ y $\sigma_{0,7R} = \sigma$ se entra en el gráfica A6.2 y se ve que la cavitación en el dorso está en un punto ligeramente superior al **5%**, si se desea disminuir este porcentaje de cavitación se podría probar usando otra relación de áreas para la hélice.

6.2.8. Geometría de la hélice

A partir de la hélice diseñada se define su geometría. Las características de la hélice son:

Dimensiones finales de la hélice	
Tipo	B4-0,45
N° de palas	4
Diámetro	5,3
Paso	4,77
P/D	0,9
Rel de áreas	0,45

(Tabla 6.4)

Anexo: Resistencia y Propulsión:

- Tabla A6.1:

Datos obtenidos de software Maxsurf

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)	Series60 Resist. (kN)	Series60 Power (kW)	Compton Resist. (kN)	Compton Power (kW)
1	1,000	0,015	0,034	1,5	0,795	—	—	—	—
2	1,475	0,021	0,050	3,3	2,477	—	—	—	—
3	1,950	0,028	0,066	5,6	5,638	—	—	—	—
4	2,425	0,035	0,083	8,6	10,753	—	—	—	—
5	2,900	0,042	0,099	12,3	18,300	—	—	—	—
6	3,375	0,049	0,115	16,6	28,750	—	—	—	—
7	3,850	0,056	0,131	21,5	42,562	—	—	—	—
8	4,325	0,063	0,147	27,0	60,177	—	—	—	—
9	4,800	0,070	0,164	33,2	82,015	—	—	—	—
10	5,275	0,077	0,180	40,0	108,474	—	—	—	—
11	5,750	0,083	0,196	47,3	139,931	—	—	—	—
12	6,225	0,090	0,212	55,2	176,744	—	—	—	—
13	6,700	0,097	0,228	63,6	219,259	—	—	—	—
14	7,175	0,104	0,244	72,6	267,815	—	—	130,6	481,989
15	7,650	0,111	0,261	82,0	322,759	—	—	147,8	581,538
16	8,125	0,118	0,277	92,0	384,455	—	—	166,0	693,681
17	8,600	0,125	0,293	102,5	453,308	97,5	431,463	185,1	819,117
18	9,075	0,132	0,309	113,5	529,780	108,7	507,242	205,3	958,534
19	9,550	0,139	0,325	125,1	614,419	120,7	593,105	226,5	1112,615
20	10,025	0,146	0,342	137,3	707,873	133,1	686,222	248,6	1282,035
21	10,500	0,152	0,358	150,1	810,926	146,3	790,344	272,1	1470,042
22	10,975	0,159	0,374	163,7	924,508	160,1	903,892	297,7	1680,909
23	11,450	0,166	0,390	178,2	1049,726	174,5	1028,030	324,5	1911,406
24	11,925	0,173	0,406	193,6	1187,872	189,7	1163,999	352,5	2162,475
25	12,400	0,180	0,422	210,1	1340,438	205,3	1309,369	381,7	2435,069
26	12,875	0,187	0,439	227,8	1509,141	222,3	1472,225	412,2	2730,145
27	13,350	0,194	0,455	246,9	1695,921	240,0	1648,159	443,9	3048,676
28	13,825	0,201	0,471	267,5	1902,774	260,1	1849,554	477,7	3397,496
29	14,300	0,208	0,487	289,8	2131,905	281,7	2072,435	520,9	3832,028
30	14,775	0,214	0,503	314,0	2386,517	305,1	2319,303	566,6	4306,517
31	15,250	0,221	0,520	340,4	2670,586	330,2	2590,732	614,8	4823,316
32	15,725	0,228	0,536	369,2	2986,582	355,9	2879,197	665,6	5384,843
33	16,200	0,235	0,552	400,0	3333,671	380,1	3167,976	719,2	5993,585
34	16,675	0,242	0,568	432,5	3710,002	408,1	3500,666	775,5	6652,096
35	17,150	0,249	0,584	466,8	4118,382	447,7	3949,786	834,5	7362,994
36	17,625	0,256	0,601	504,0	4570,116	501,7	4548,911	906,9	8222,776
37	18,100	0,263	0,617	545,9	5083,578	570,0	5307,452	985,3	9174,269
38	18,575	0,270	0,633	594,3	5678,639	—	—	1068,1	10206,212
39	19,050	0,277	0,649	649,9	6369,251	—	—	1155,4	11323,029
40	19,525	0,283	0,665	712,4	7155,983	—	—	1247,4	12529,264
41	20,000	0,290	0,681	779,6	8021,370	—	—	1344,1	13829,579

- Tabla A6.2:

SENER Ingenieria y Sistemas,S.A.

DATE - 16.09.23

TIME - 18.23.13

FORAN SYSTEM

=====

MODULE POWER VERSION 70

FORAN SYSTEM

=====

CUSTOMER	- AGBA	FNAM	agba
DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3			
FORAN SYSTEM - MODULE POWER VERSION 70	DATA	PAGE	001
-----	DATE - 16.09.23		
CUSTOMER	- AGBA	FNAM	agba
DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3			
TOWING RESISTANCE PREDICTION			
METHOD : HOLTROP			

GENERAL DATA

=====

DISPLACEMENT	12965.9 TONNES
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	122.00 METERS
LENGTH OF WATERLINE	128.80 METERS
BREADTH	20.00 METERS
MEAN DRAUGHT	7.20 METERS
DRAUGHT AT AFT PERPENDICULAR	7.20 METERS
DRAUGHT AT FORE PERPENDICULAR	7.20 METERS
LONGITUDINAL CENTRE OF BUOYANCY	1.192 (%LBP - S10)
MIDSHIP SECTION COEFFICIENT	0.9814
WATERPLANE AREA COEFFICIENT	0.9063

OPTIONAL DATA

=====

TYPE OF AFT SECTIONS:	NORMAL SECTIONS
-----------------------	-----------------

CALCULATED DATA

=====

BLOCK COEFFICIENT	0.6814
WETTED SURFACE	3507.11 METERS
HALF ANGLE OF ENTRANCE OF THE WATERLINE	31.82 DEGREES
MEAN HULL ROUGHNESS	150 MICRAS
HULL FORM FACTOR	0.1926

MODEL-SHIP CORRELATION FACTOR *1000 0.4656

1

FORAN SYSTEM - MODULE POWER VERSION 70 DATA PAGE 002

----- DATE - 16.09.23

CUSTOMER - AGBA FNAM

DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3 agba

TOWING RESISTANCE PREDICTION

METHOD : HOLTROP

SPEED (Knots)		RESISTANCE (Knewtons)			TOWING POWER (KWatts)	
VISCOUS		WAVEMAKE	APENDAGES		TOTAL	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1.00	1.3	0.0	0.0	1.5		0.8
1.50	2.7	0.0	0.0	3.2		2.5
2.00	4.7	0.0	0.0	5.5		5.7
2.50	7.1	0.0	0.0	8.4	10.8	
3.00	9.9	0.0	0.0	11.9		18.4
3.50	13.2	0.0	0.0	15.9		28.6
4.00	16.9	0.0	0.0	20.5		42.1
4.50	21.1	0.0	0.0	25.5		59.1
5.00	25.6	0.0	0.0	31.2		80.2
5.50	30.6	0.0	0.0	37.3		105.6
6.00	36.0	0.0	0.0	44.0		135.8
6.50	41.8	0.0	0.0	51.2		171.2
7.00	48.0	0.0	0.0	58.9		212.2
7.50	54.6	0.1	0.0	67.2		259.2
8.00	61.6	0.2	0.0	76.0		312.7
8.50	69.0	0.4	0.0	85.4		373.5
9.00	76.8	0.7	0.0	95.5		442.1
9.50	85.0	1.3	0.0	106.3		519.5
10.00	93.6	2.3	0.0	118.0		607.1
10.50	102.5		3.8	0.0	130.7	706.1
11.00	111.8		6.0	0.0	144.7	818.6
11.50	121.5		9.2	0.0	160.0	946.7
12.00	131.6		13.5	0.0	177.1	1093.3
12.50	142.1		19.4	0.0	196.2	1261.4
13.00	152.9		27.2	0.0	217.6	1455.0
13.50	164.1		37.1	0.0	241.6	1678.1
14.00	175.7		49.6	0.0	268.7	1935.2
14.50	187.6		64.9	0.0	299.2	2231.5
15.00	200.0		83.8	0.0	333.7	2574.8
15.50	212.6	107.0		0.0	372.9	2973.4
16.00	225.7	134.2		0.0	416.7	3429.5
16.50	239.1	164.6		0.0	464.0	3938.7

17.00	252.8	197.7	0.0	514.6	4500.3
17.50	267.0	235.1	0.0	570.0	5131.4
18.00	281.5	280.5	0.0	633.8	5868.6
18.50	296.3	337.8	0.0	710.0	6757.2
19.00	311.5	410.0	0.0	801.5	7834.2
19.50	327.1	496.6	0.0	908.0	9108.4
20.00	343.0	593.5	0.0	1025.1	10547.1

1

FORAN SYSTEM - MODULE POWER VERSION 70 DATA PAGE 003

DATE - 16.09.23

CUSTOMER - AGBA

FNAM

DESCRIPTION OF SHIP - Buque LPG7500 m3

agba

- Tabla A6.4

Kt	Cte	J	J^2
0,000	0,511	0	0
0,005	0,511	0,1	0,01
0,020	0,511	0,2	0,04
0,046	0,511	0,3	0,09
0,082	0,511	0,4	0,16
0,128	0,511	0,5	0,25
0,184	0,511	0,6	0,36
0,251	0,511	0,7	0,49
0,327	0,511	0,8	0,64
0,414	0,511	0,9	0,81
0,511	0,511	1	1
0,619	0,511	1,1	1,21
0,736	0,511	1,2	1,44
0,864	0,511	1,3	1,69
1,002	0,511	1,4	1,96
1,151	0,511	1,5	2,25
1,309	0,511	1,6	2,56

- Tabla A6.5

P/D	Kt	J	Kq	no
0,5				0,5
0,6				0,56
0,7				0,588
0,8				0,609
0,9	0,18	0,583	0,032	0,615
1				0,612
1,1				
1,2				
1,3				
1,4				

- Tabla A6.6

nm	0,985
nrr	0,82
nb	0,50
no	0,62
nh	1,11

- Tabla A6.9

J	J ⁴	Cte Kt/J ⁴	Kt
0	0	1,60	0,000
0,1	0,0001	1,60	0,000
0,2	0,0016	1,60	0,003
0,3	0,0081	1,60	0,013
0,4	0,0256	1,60	0,041
0,5	0,0625	1,60	0,100
0,6	0,1296	1,60	0,207
0,7	0,2401	1,60	0,383
0,8	0,4096	1,60	0,654
0,9	0,6561	1,60	1,048
1	1	1,60	1,597
1,1	1,4641	1,60	2,338
1,2	2,0736	1,60	3,312
1,3	2,8561	1,60	4,562
1,4	3,8416	1,60	6,136
1,5	5,0625	1,60	8,085
1,6	6,5536	1,60	10,467

• Tabla A6.8

Vs (Kn)	Vs (m/seg)	P/D	D (m)	n (1/s)	Va (m/s)	J	Kq	DHPm (KW)	BHPm (KW)
10	5,14	0,9	5,2	1,85	3,62	0,38	0,0366	7512,85	7627,26
11	5,66	0,9	5,2	1,85	3,98	0,41	0,0352	7238,95	7349,18
12	6,17	0,9	5,2	1,85	4,35	0,45	0,0339	6965,04	7071,11
13	6,69	0,9	5,2	1,85	4,71	0,49	0,0322	6612,87	6713,58
14	7,20	0,9	5,2	1,85	5,07	0,53	0,0309	6338,97	6435,50
15	7,72	0,9	5,2	1,85	5,43	0,57	0,0301	6182,45	6276,60
16	8,23	0,9	5,2	1,85	5,79	0,60	0,0276	5673,77	5760,17
17	8,74	0,9	5,2	1,85	6,16	0,64	0,0251	5165,09	5243,74

• Tabla A6.9

Vs (Kn)	Vs (m/seg)	P/D	D (m)	n (1/s)	Va (m/s)	J	no	EHP (KW)	EHPs (KW)	DHPs (KW)	BHPs (KW)
10	5,14	0,9	5,2	1,85	3,62	0,38	0,420	702,72	888,94	2331,16	2366,66
11	5,66	0,9	5,2	1,85	3,98	0,41	0,466	930,79	1177,45	2784,65	2827,06
12	6,17	0,9	5,2	1,85	4,35	0,45	0,500	1210,96	1531,86	3374,42	3425,80
13	6,69	0,9	5,2	1,85	4,71	0,49	0,541	1556,46	1968,92	4008,83	4069,88
14	7,20	0,9	5,2	1,85	5,07	0,53	0,573	1984,46	2510,34	4822,52	4895,96
15	7,72	0,9	5,2	1,85	5,43	0,57	0,586	2516,96	3183,95	5987,27	6078,45
16	8,23	0,9	5,2	1,85	5,79	0,60	0,619	3183,9	4027,63	7165,96	7275,08
17	8,74	0,9	5,2	1,85	6,16	0,64	0,638	3985,45	5041,59	8702,23	8834,75

- Tabla A6.9:

Datos obtenidos de software Maxsurf

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)	Series60 Resist. (kN)	Series60 Power (kW)	Compton Resist. (kN)	Compton Power (kW)
1	0.000	0.000	0.000	--	--	--	--	--	--
2	0.500	0.007	0.017	0.4	0.107	--	--	--	--
3	1.000	0.015	0.034	1.5	0.795	--	--	--	--
4	1.500	0.022	0.051	3.4	2.602	--	--	--	--
5	2.000	0.029	0.068	5.9	6.076	--	--	--	--
6	2.500	0.036	0.085	9.2	11.771	--	--	--	--
7	3.000	0.044	0.102	13.1	20.243	--	--	--	--
8	3.500	0.051	0.119	17.8	32.041	--	--	--	--
9	4.000	0.058	0.136	23.2	47.694	--	--	--	--
10	4.500	0.065	0.153	29.2	67.710	--	--	--	--
11	5.000	0.073	0.170	36.0	92.571	--	--	--	--
12	5.500	0.080	0.187	43.4	122.730	--	--	--	--
13	6.000	0.087	0.204	51.4	158.617	--	--	--	--
14	6.500	0.094	0.221	60.0	200.641	--	--	--	--
15	7.000	0.102	0.239	69.2	249.202	--	--	124.5	448.348
16	7.500	0.109	0.256	79.0	304.696	--	--	142.2	548.774
17	8.000	0.116	0.273	89.3	367.542	--	--	161.1	662.910
18	8.500	0.123	0.290	100.2	438.196	95.2	416.187	181.0	791.570
19	9.000	0.131	0.307	111.7	517.178	106.9	494.924	202.1	935.563
20	9.500	0.138	0.324	123.8	605.106	119.4	583.760	224.2	1095.685
21	10.000	0.145	0.341	136.6	702.723	132.4	680.917	247.4	1272.725
22	10.500	0.152	0.358	150.1	810.926	146.3	790.344	272.1	1470.042
23	11.000	0.160	0.375	164.5	930.798	160.9	910.255	299.1	1692.543
24	11.500	0.167	0.392	179.8	1063.635	176.0	1041.496	327.4	1936.849
25	12.000	0.174	0.409	196.2	1210.962	192.2	1186.462	357.0	2204.061
26	12.500	0.181	0.426	213.8	1374.551	208.8	1342.660	388.0	2495.289
27	13.000	0.189	0.443	232.7	1556.459	226.8	1516.536	420.4	2811.656
28	13.500	0.196	0.460	253.3	1758.980	246.3	1710.725	454.2	3154.293
29	14.000	0.203	0.477	275.5	1984.457	267.4	1926.158	493.3	3553.084
30	14.500	0.210	0.494	299.7	2235.775	291.6	2175.018	539.8	4026.808
31	15.000	0.218	0.511	326.2	2517.184	316.7	2443.831	589.1	4545.896
32	15.500	0.225	0.528	355.3	2832.897	343.8	2741.029	641.2	5113.125
33	16.000	0.232	0.545	386.8	3183.895	369.9	3045.041	696.3	5731.356
34	16.500	0.240	0.562	420.3	3567.940	395.4	3356.196	754.4	6403.532
35	17.000	0.247	0.579	455.7	3985.448	435.2	3805.906	815.6	7132.678
36	17.500	0.254	0.596	493.9	4446.085	483.7	4354.781	887.0	7985.211
37	18.000	0.261	0.613	536.6	4969.329	555.6	5145.017	968.4	8967.416
38	18.500	0.269	0.630	586.2	5578.565	--	--	1054.7	10037.746
39	19.000	0.276	0.647	643.7	6291.898	--	--	1146.0	11201.339
40	19.500	0.283	0.664	709.0	7112.383	--	--	1242.4	12463.474
41	20.000	0.290	0.681	779.6	8021.370	--	--	1344.1	13829.579

- Tabla A6.10

FORAN SYSTEM

=====

MODULE POWER VERSION 70

FORAN SYSTEM

=====

CUSTOMER	- AGBA	FNAM	
DESCRIPTION OF SHIP	- Buque LPG7500 m3		agba
1			
FORAN SYSTEM - MODULE POWER	VERSION 70	DATA	PAGE 001
-----	DATE - 16.09.23		
CUSTOMER	- AGBA	FNAM	
DESCRIPTION OF SHIP	- Buque LPG7500 m3		agba

TOWING RESISTANCE PREDICTION

METHOD : LAP

GENERAL DATA

=====

DISPLACEMENT	12965.9 TONNES
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	122.00 METERS
LENGTH OF WATERLINE	128.80 METERS
BREADTH	20.00 METERS
MEAN DRAUGHT	7.20 METERS
DRAUGHT AT AFT PERPENDICULAR	7.20 METERS
DRAUGHT AT FORE PERPENDICULAR	7.20 METERS
LONGITUDINAL CENTRE OF BUOYANCY	1.192 (%LBP - S10)
MIDSHIP SECTION COEFFICIENT	0.9814
WATERPLANE AREA COEFFICIENT	0.9063

OPTIONAL DATA

=====

TYPE OF AFT SECTIONS:	NORMAL SECTIONS
-----------------------	-----------------

CALCULATED DATA

=====

BLOCK COEFFICIENT	0.6814
WETTED SURFACE	3344.91 METERS
HALF ANGLE OF ENTRANCE OF THE WATERLINE	31.82 DEGREES

1

FORAN SYSTEM - MODULE POWER	VERSION 70	DATA	PAGE 002
-----	DATE - 16.09.23		
CUSTOMER	- AGBA	FNAM	
DESCRIPTION OF SHIP	- Buque LPG7500 m3		agba
TOWING RESISTANCE PREDICTION			
METHOD : LAP			

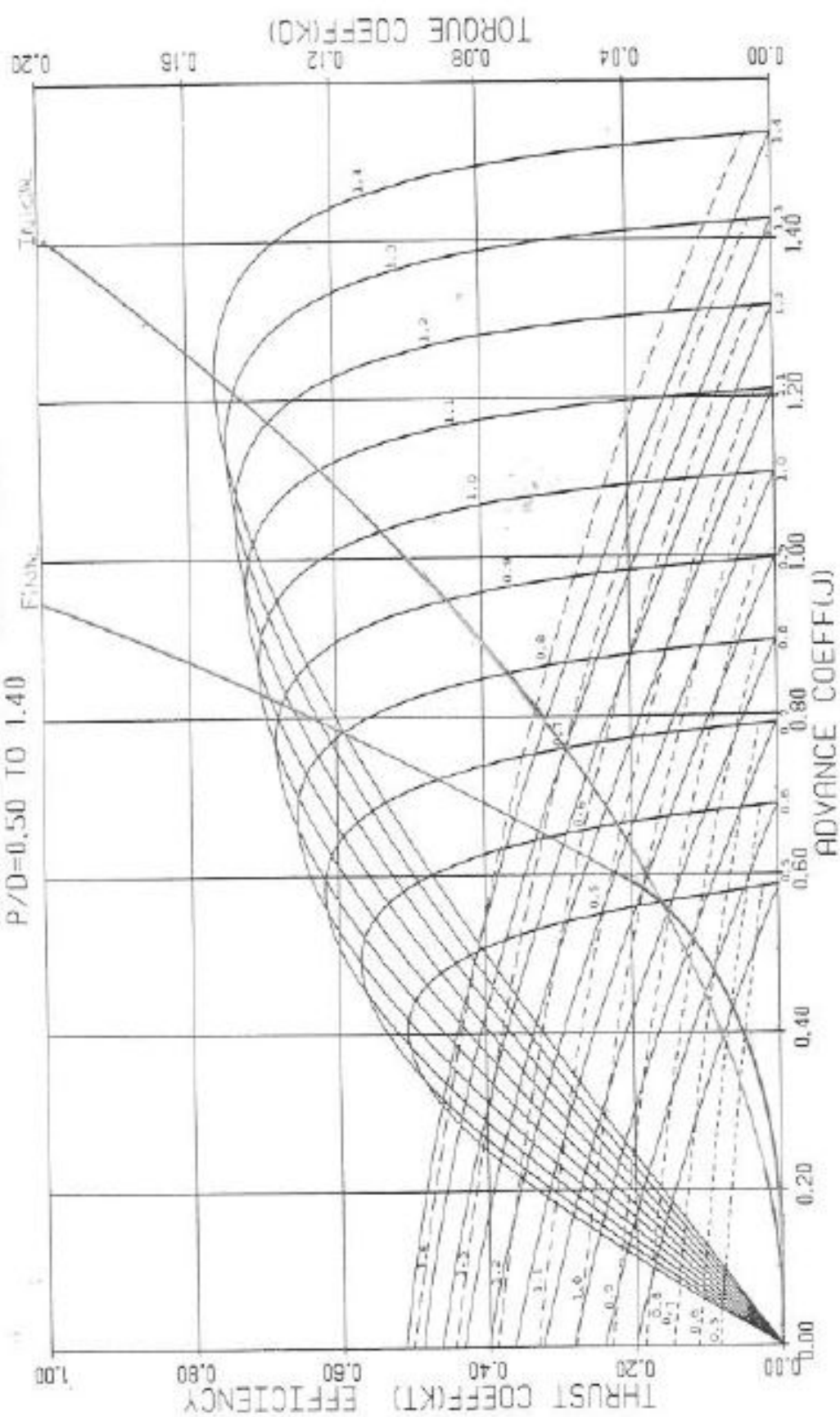
SPEED	RESISTANCE	TOWING POWER
-------	------------	--------------

(Knots)	(Knewtons)	(KWatts)
VISCOUS	WAVEMAKE	APENDAGES TOTAL
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****
E - OUT OF RANGE :	*****	*****

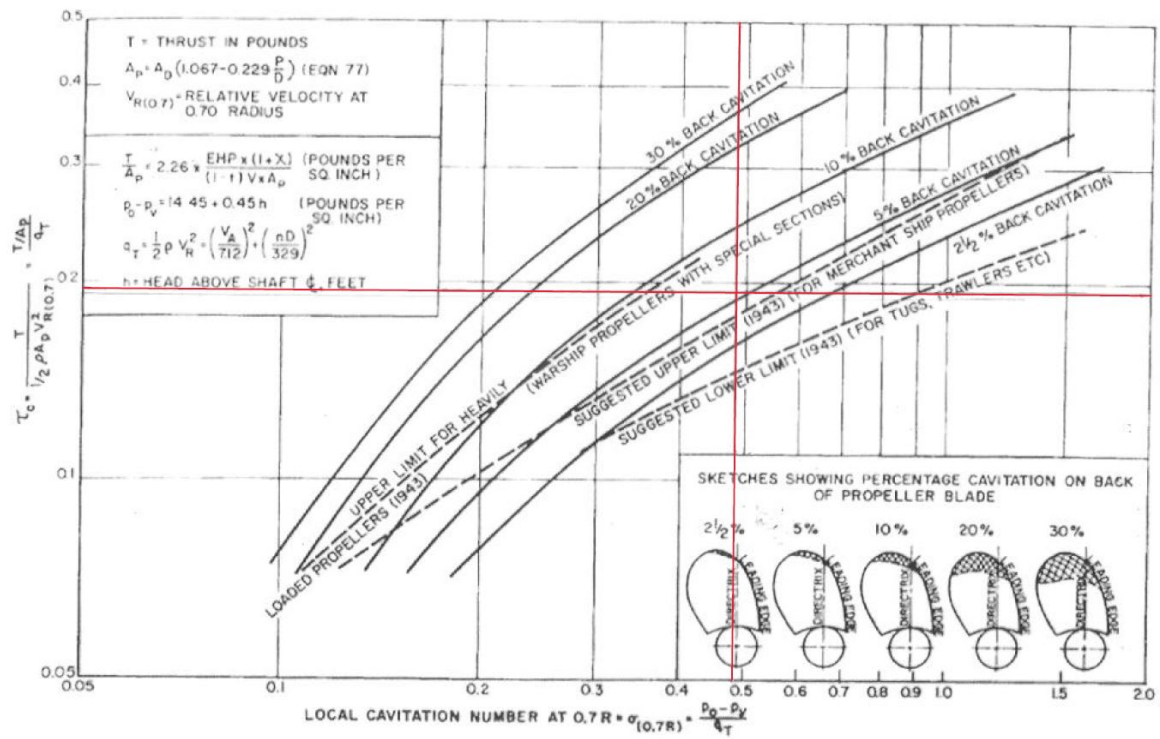
7.50	0.0	0.0	0.0	61.2	236.2
8.00	0.0	0.0	0.0	70.0	287.9
8.50	0.0	0.0	0.0	79.4	347.2
9.00	0.0	0.0	0.0	89.6	414.6
9.50	0.0	0.0	0.0	100.4	490.9
10.00	0.0	0.0	0.0	112.1	576.7
10.50	0.0	0.0	0.0	124.7	673.8
11.00	0.0	0.0	0.0	138.3	782.7
11.50	0.0	0.0	0.0	152.9	904.8
12.00	0.0	0.0	0.0	168.6	1040.9
12.50	0.0	0.0	0.0	185.4	1192.3
13.00	0.0	0.0	0.0	203.2	1358.6
13.50	0.0	0.0	0.0	221.7	1539.7
14.00	0.0	0.0	0.0	241.5	1739.6
14.50	0.0	0.0	0.0	262.7	1959.7
15.00	0.0	0.0	0.0	285.6	2203.7
15.50	0.0	0.0	0.0	310.4	2474.7
16.00	0.0	0.0	0.0	338.1	2782.7
16.50	0.0	0.0	0.0	369.5	3136.0
17.00	0.0	0.0	0.0	404.8	3539.7
17.50	0.0	0.0	0.0	449.7	4048.1
18.00	0.0	0.0	0.0	508.9	4712.4
18.50	0.0	0.0	0.0	588.1	5597.4
19.00	0.0	0.0	0.0	694.5	6788.2
19.50	0.0	0.0	0.0	803.2	8057.1
20.00	0.0	0.0	0.0	910.0	9362.9

- Gráfica A6.1

FIGURE 36. WAGENINGEN B-SERIES PROPELLERS
FOR 4 BLADES $AE/A0 = 0.450$
 $P/D = 0.50$ TO 1.40



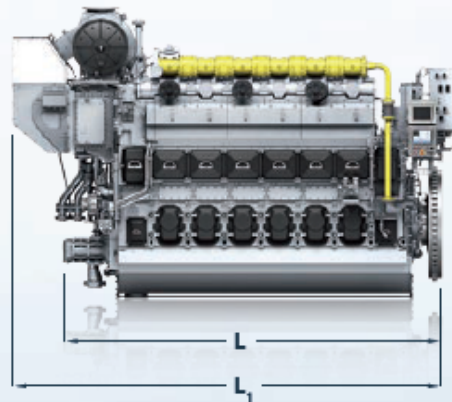
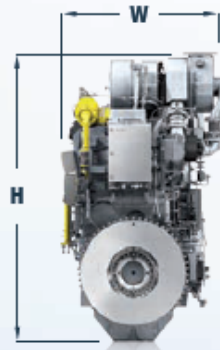
- Gráfica A6.2



- Motor:

MAN L35/44DF

PROPULSION



Dimensions

Cyl. No.	6	7	8	9	10	
L	6,485	7,015	7,545	8,075	8,605	mm
L ₁	5,265	5,877	6,407	6,937	7,556	mm
W	2,539	2,678	2,678	2,678	2,678	mm
H	4,163	4,369	4,369	4,369	4,369	mm
Dry mass ¹⁾	43.1	48.2	53.3	57.6	62.3	t

Output

Speed	750	720	rpm
mep	20.0	20.1	bar
MAN 6L35/44DF	3,180	3,060	kW
MAN 7L35/44DF	3,710	3,570	kW
MAN 8L35/44DF	4,240	4,080	kW
MAN 9L35/44DF	4,770	4,590	kW
MAN 10L35/44DF	5,300	5,100	kW

LHV of fuel gas $\geq 28,000$ kJ/Nm³ (Nm³ corresponds to one cubic meter of gas at 0 °C and 1.013 bar)

Minimum centreline distance for twin engine installation: 2,500 mm I V-engine type under preparation

¹⁾ Including built-on lube oil automatic filter, fuel oil filter and electronic equipment

Speed 720 rpm for generator drive only

Last updated August 2016

- Caja reductora:

300 Series Marine Gearbox [\[Back\]](#) [\[Search Related Products\]](#)



Feature		Oil pump rotate 180 degree can change the input direction		
Shield: SAE 0.1		Flange::14',16',18'		
L×W×H:			N.W.	
	300	910×800×1080mm	700kg	
	D300A	910×855×1225mm	940kg	
	Nominal Ratio	Exact Ratio	Rate(HP/RPM) (300)	Rate(HP/RPM) (J300)
300	2:1	2.04:1	0.35	0.42
	2.5:1	2.54:1	0.35	0.42
	3:1	3.0:1	0.33	0.396
	3.5:1	3.53:1	0.30	0.36
	4:1	4.10:1	0.25	0.3
D300A	4:1	4.00:1	0.35	
	4.5:1	4.48:1	0.33	
	5:1	5.05:1	0.30	
	5.5:1	5.52:1	0.25	
	6:1	5.90:1	0.25	
	6.5:1	6.56:1	0.20	
	7:1	7.06:1	0.20	
	7.5:1	7.63:1	0.17	
Recommend engine: CUMMINS VTA28-M;CAT 3412TA;GARDNER 6LYT1;DETROIT 12V92TA;BAUDOUIN 12P15.2S DAUHATSU M5S				

Cálculo y dimensionamiento de sistema de gobierno



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4		
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

Índice

1. Introducción:	1
2. Desarrollo:	1
2.1. Cálculo de área de pala:	2
2.2. Cálculo de área compensada:	2
2.3. Dimensiones de la pala de timón:	2
2.4. Cálculo de compensación de la pala:	2
2.3. Cálculo de fuerza del timón:	3
2.4. Cálculo de torque de timón:	4
2.5. Dimensionamiento de mecha de timón:	4
2.5.1. Diámetro superior	4
2.5.2. Diámetro inferior del eje:	5
2.6. Selección de servomotor:	5

1. Introducción:

El objetivo de este informe es el diseño y dimensionamiento del buque proyecto a través de los lineamientos establecidos por el DNV-GL. Una vez que se haya dimensionado la pala y eje de timón necesario para cumplir con la reglamentación se procederá a la elección de un equipo capaz de proporcionar el torque necesario para que esta pueda rotar cuando se lo requiera.

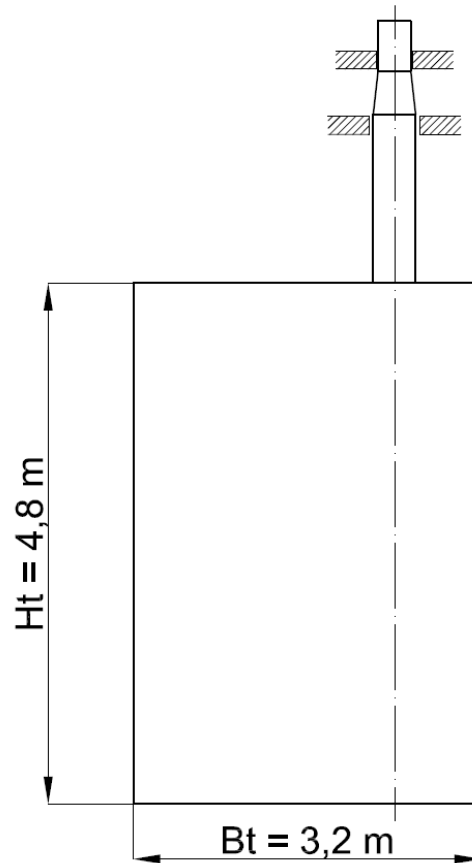
2. Desarrollo:

El diseño de la pala y su eje se hará para un buque LPG con las siguientes características:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	128
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 1)

Para el buque proyecto se optó por diseñar un timón semi-balanceado, suspendido, con un perfil tipo NACA. Para simplificar los cálculos en esta etapa del proyecto se decidió diseñar la pala con una geometría rectangular.



2.1. Cálculo de área de pala:

Lo primero que se hizo fue obtener el área proyectada de pala (AR), que es de **15,37 m²**. Esto se hizo utilizando la guía de cálculo dada por el DNV-GL R.1 Pt.1 Ch.1.A.5, que se muestra en la siguiente ecuación:

$$A = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100} \quad [\text{m}^2]$$

Donde: $c_1 = 1$

$c_2 = 1$

$c_3 = 1$

$c_4 = 1$

$T = 7,2 \text{ m}$

2.2. Cálculo de área compensada:

El área compensada se puede tomar entre un 20 y un 25% del área proyectada de pala

$$0,2 * AR < COMP < 0,25 * AR$$

Se decide que esta será igual a un 25%, por lo que queda igual a **3,84 m²**.

2.3. Dimensiones de la pala de timón:

Se procedió a calcular la altura (Ht) y largo (Bt) de pala. Para esto se planteó una relación de aspecto (RA) que se usualmente tiene un valor cercano a **1,5**, según lo recomendado en [1], quedando que:

$$RA = Ht/Bt = 1,5$$

Y se sabe:

$$AR = Ht \times Bt = 15,37 \text{ m}^2$$

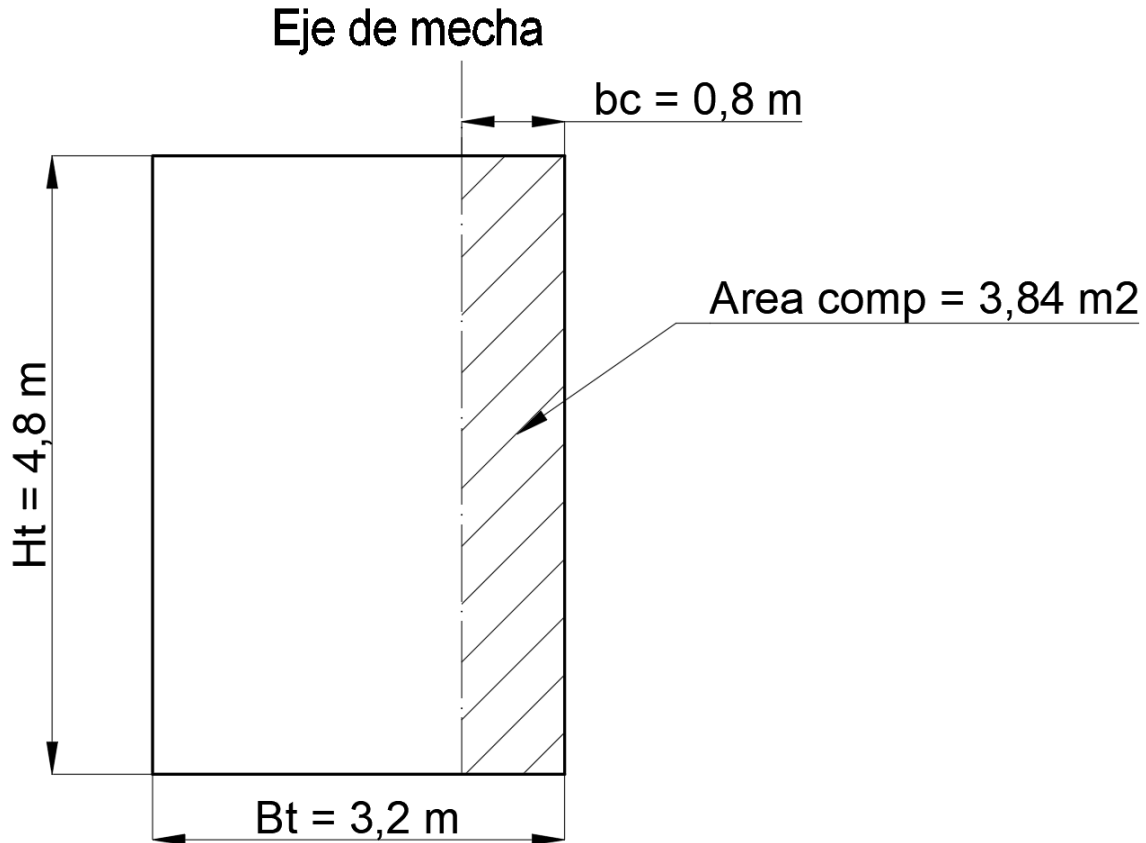
De las ecuaciones 2 y 3 se obtiene que **Ht=4,80 m** y **Bt=3,2 m**.

2.4. Cálculo de compensación de la pala:

Con la altura Ht fijada en **4,8 m** se calcula la longitud de compensación, que consiste en la distancia de la mecha de timón al borde de fuga de la pala. Esta se obtiene como:

$$bc = \frac{COMP}{Ht} = \frac{3,84}{4,8} = 0,8 \text{ m}$$

A continuación se muestra un croquis con las dimensiones del timón:



2.3. Cálculo de fuerza del timón:

Una vez que se obtuvo el área de pala se calculó la fuerza actuante sobre el timón para los casos de marcha adelante y atrás. Esto se hizo con la siguiente ecuación, dada por el DNV-GL Pt.3 Ch.14 Sc.2.1.1:

$$C_R = 132 K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot A \cdot V^2$$

Donde: $K_1 = (\lambda + 2)/3$, no puede ser mayor que 2

$K_2 = 1,1$ para marcha hacia adelante y $0,8$ en marcha hacia atrás

$K_3 = 1$

$A = 15,37 \text{ m}^2$

$V = 15 \text{ Kns}$ y $7,5 \text{ Kns}$ para condición de reversa

Con esto se obtiene una fuerza de **446,4 KN** para el caso de marcha adelante y **81,6 KN** en marcha hacia atrás.

2.4. Cálculo de torque de timón:

Se obtiene con la siguiente ecuación, dada por el DNV-GL Pt.3 Ch.14 Sc.1.2.1.2:

$$Q_R = C_R \cdot r$$

Donde: $r = \max(c(\alpha - k); 0.1c)$ Para condición de marcha hacia adelante

$r = c(\alpha - k)$, para condición de marcha hacia atrás.

$c = 3,13$

$\alpha = 0,33$ para condición de marcha hacia adelante

$\alpha = 0,66$ para condición de marcha hacia atrás

$k = A_f/A = 0,3$

$A_f = \text{Área compensada}$

Con esto se obtiene un torque de **142,9 KN-m** para condición de marcha hacia adelante y **106,53 KN-m** para condición de marcha hacia atrás.

2.5. Dimensionamiento de mecha de timón:

2.5.1. Diámetro superior

Para calcular el diámetro superior del eje de timón se utiliza la siguiente ecuación, dada por el DNV-GL Pt.3 Ch.14 Sc.4.1.1:

$$d_t = 4.2 \sqrt[3]{Q_R k}$$

Donde: Q_R = Es el torque del timón para la condición más extrema

k = Es el factor de material (0,61)

obteniéndose un diámetro de **186,66 mm**.

2.5.2. Diámetro inferior del eje:

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$d_c = d_t \sqrt[6]{1 + 4/3 [M/Q_R]^2}$$

Donde:

M = bending moment, in Nm, at the station of the rudder stock considered, as described in [3]
 d_t = rudder stock diameter for the transmission of the rudder torque, in mm, as defined [4.1.1].

Quedando el diámetro igual a **384,2 mm**.

La disposición del timón y sus dimensiones se encuentra disponible en el plano
 ABA-PB-210-007_B.

2.6. Selección de servomotor:

Se selecciona el equipo en función del diámetro mínimo de mecha y el torque requerido para el servomotor. El torque requerido para el servomotor se dimensiona en función del torque requerido en la unión entre la unión de la máquina de timón y el eje de acuerdo con lo establecido por el DNV-GL Pt.4 Ch.10 Sc.2.12.2 en el que se establece que este debe ser el 1,5 veces el torque requerido, obtenido mediante la ecuación 5 (**142,9 KNm**), quedando igual a **214,36 KNm**. En función de esto se selecciona un servomotor de la marca **HATLAPA RAM** del tipo **POSEIDÓN** modelo **250**. Las características del mismo se muestran en la tabla a continuación:

Type			150	250	400	500	700	900	1300
Working torque* at 35°	[kNm]		161	252	413	525	730	900	1280
Max rudder stock diameter"	[mm]		250	300	340	380	420	460	500
Length	L [mm]	± 35°	2175	2560	2800	2900	3260	3470	3980
		± 45°	2430	2920	3250	3620	4080	4260	-
Width	B [mm]	± 35°	1020	1110	1300	1400	1500	1580	2280
		± 45°	1050	1110	1350	1500	1650	1715	-
Height	H1 [mm]	± 35°	820	810	1050	1000	1100	1165	1500
		± 45°	780	1010	1050	1150	1200	1280	-
Depth	H2 [mm]	± 35°	225	300	310	350	400	430	385
		± 45°	255	300	310	345	360	360	-
El. Motor output at 50/60 Hz **	[kW]		2 x 9.5	2 x 14	2 x 23	2 x 29	2 x 37	2 x 46	2 x 61
Oil charge	liter [l]	± 35°	110	200	300	340	370	460	250
		± 45°	160	240	350	380	480	620	-
Weight	[kg]	± 35°	2200	3450	4800	5050	7000	9150	12700
		± 45°	2300	3750	5280	7000	9000	11200	-
Admissible axial/radial load on rudder carrier	[kN]	± 35°	435/690	600/990	750/1150	1700/570	1800/620	2015/720	2500/620
		± 45°	435/690	600/990	750/1150	1400/1370	1780/1540	2180/1750	-

* at working pressure

** acc. to IEC 92-204: duty S 6-25%. Torques at 35° rudder angle. Reduced torques at 20° to approx. 82%, increased torques at 45° to approx. 134% of the above values.

En base a esto se dispone un diámetro superior en el eje de 300 mm y uno inferior de 390 mm.

	1	2	3	4																																					
A																																									
B																																									
C																																									
D																																									
E	<table border="1"> <tr> <td colspan="2"></td> <td>VERIFICADO</td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">NOMBRE: BARUH AGUSTIN</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">FECHA: 05/04/2018</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				VERIFICADO	APROBADO	NOMBRE: BARUH AGUSTIN				FECHA: 05/04/2018				• UNIVERSIDAD PRIVADA •																										
		VERIFICADO	APROBADO																																						
NOMBRE: BARUH AGUSTIN																																									
FECHA: 05/04/2018																																									
	<table border="1"> <tr> <td>NÚMERO PLANO</td> <td>REV</td> <td>HOJA N°</td> <td>N° HOJAS</td> </tr> <tr> <td>210-007</td> <td>B</td> <td>001</td> <td>001</td> </tr> <tr> <td>ESCALA: 1:100</td> <td>ARCHIVO: ABA-PB-210-007_B</td> <td>FORMATO: A4</td> <td> </td> </tr> </table>		NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	210-007	B	001	001	ESCALA: 1:100	ARCHIVO: ABA-PB-210-007_B	FORMATO: A4		32.57 PROYECTO DE BUQUES																										
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS																																						
210-007	B	001	001																																						
ESCALA: 1:100	ARCHIVO: ABA-PB-210-007_B	FORMATO: A4																																							
F	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>INICIAL</td> <td>19/03/18</td> <td>ABA</td> <td>NFI</td> </tr> <tr> <td>REV.</td> <td>DESCRIPCIÓN</td> <td>FECHA</td> <td>DIBUJ.</td> <td>VERIF.</td> </tr> <tr> <td colspan="5">MODIFICACIONES</td> </tr> </table>																									INICIAL	19/03/18	ABA	NFI	REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.	MODIFICACIONES					SISTEMA DE GOBIERNO BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA"	
	INICIAL	19/03/18	ABA	NFI																																					
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.																																					
MODIFICACIONES																																									

1

2

3

4

A

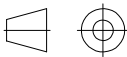
B

C

D

Cálculo y dimensionamiento de la sección media

E

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
	0	1	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

F

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Índice:

1 Introducción:	1
2 Desarrollo:	1
2.1. Esfuerzos de corte y momento flector:	1
2.2 Momento en la ola	2
2.3 Esfuerzo cortante:	4
2.4 Cálculo de módulo resistente según SC:	5
2.4.1. Módulo resistente a partir del momento flector máximo:	6
2.4.2 Módulo resistente en función de las características del buque	6
2.5 Dimensionamiento de elementos estructurales:	7
2.5.1 Estructura de fondo	7
2.5.1.1. Planchas del fondo:	7
2.5.1.2. Planchas del quilla:	7
2.5.1.3. Planchas de pantoque:	7
2.5.1.4. Planchas de cielo de doble fondo:	8
2.5.1.5. Traca de quilla:	8
2.5.1.6. Vagras:	8
2.5.1.7. Varengas:	8
2.5.1.8. Longitudinales:	9
2.5.1.9. Contretes:	9
2.5.2 Estructura de costado:	10
2.5.2.1 Planchas de forro exterior	10
2.5.2.2 Traca de cinta	10
2.5.2.3 Mamparo longitudinal	10
2.5.2.4 Traca de trancanil	11
2.5.2.5. Palmejares:	11
2.5.2.6. Bularcamas:	11
2.5.2.7. Longitudinales del forro exterior:	12
2.5.2.8. Longitudinales del mamparo longitudinal:	12
2.5.2.9. Longitudinales de cubierta:	13
2.5.2.10. Eslora de cubierta:	14
2.5.3. Estructura de cubertada de tanques:	15
2.5.3.1 Planchas de cubertada de tanques:	15
2.5.3.2. Longitudinales de cubertada de tanques:	15
2.5.3.2. Eslora de cubertada de tanques:	16
2.6 Normalización de elementos estructurales:	17
2.7 Cálculo de módulo de sección media:	17
2.8 Plano de sección media	18

3. Anexo:

19

1 Introducción:

El objetivo de este trabajo es, a partir de los momentos flectores y esfuerzos cortantes máximos obtenidos a partir de las curvas de pesos y empuje para la condición de diseño, calcular el módulo de sección media admisible según los procedimientos dados por el DNV-GL, luego dimensionar los elementos estructurales que compondrán la sección media del buque proyecto de forma de que sean capaces de soportar los esfuerzos a los que estará sometido el buque. A continuación se normalizarán estos elementos según perfiles comerciales y finalmente se obtendrá el módulo de la sección media y se lo comparará con el obtenido con los requisitos del DNV-GL. Por último se incluirá un esquema en el que se mostrará una sección que contará con medio anillo reforzado y medio anillo normal.

2 Desarrollo:

El dimensionamiento de la sección media se hará para un buque LPG con las siguientes características generales:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 1)

2.1. Esfuerzos de corte y momento flector:

La diferencia entre el peso y el empuje del buque da origen a la curva de cargas, la integración de esta a lo largo de la eslora del buque permite obtener la curva y valores de esfuerzo cortantes. Si se repite este procedimiento con la curva de esfuerzos cortantes se obtiene como resultado la curva de momento flector. Este procedimiento se realizó mediante el programa FORAN, específicamente el módulo LOAD, para las distintas condiciones de carga. A continuación se muestran los valores máximos para la condición de máxima carga (100% VCM y 100% Consumibles)

2.2 Momento en la ola

El momento en la ola se hace según las fórmulas dadas por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.4 Sc.4.3.1.1 para las condiciones de arrufo y quebranto

Quebranto (Hogging):

$$M_{wv-h} = 0.19 f_{n\ell-vh} f_m f_p C_w L^2 B C_B$$

Arrufo (Sagging):

$$M_{wv-s} = -0.19 f_{n\ell-vs} f_m f_p C_w L^2 B C_B$$

Donde:

$f_{n\ell-vh}$ = coefficient considering non-linear effects applied to hogging, shall be taken as:
 $f_{nt-h} = 1.0$ for strength and fatigue assessment

$f_{n\ell-vs}$ = coefficient considering non-linear effects applied to sagging, shall be taken as:

$$f_{nt-s} = 0.58 \left(\frac{C_B + 0.7}{C_B} \right) \quad \text{for strength assessment}$$

$$f_{nt-s} = 1.0 \quad \text{for fatigue assessment}$$

f_p = coefficient shall be taken as:

$$f_p = f_{ps} \quad \text{for strength assessment}$$

$$f_p = 0.9 f_{vib} [0.27 - (6 + 4 f_T) L \cdot 10^{-5}] \quad \text{for fatigue assessment}$$

f_{vib} = correction for minimum contribution from hull girder vibration

$$= 1.10 \text{ for } B \leq 28 \text{ m}$$

$$= 1.2 \text{ for } B > 40 \text{ m}$$

linear interpolation shall be applied between $28 \text{ m} < B \leq 40 \text{ m}$

f_m = distribution factor for vertical wave bending moment along the ship's length, shall be taken as:

$$f_m = 0.0 \quad \text{for } x \leq 0$$

$$f_m = 1.0 \quad \text{for } 0.4 L \leq x \leq 0.65 L$$

$$f_m = 0.0 \quad \text{for } x \geq L$$

C_w = wave coefficient, in m, shall be taken as:

$$C_w = 0.0856 L \quad \text{for } L < 90$$

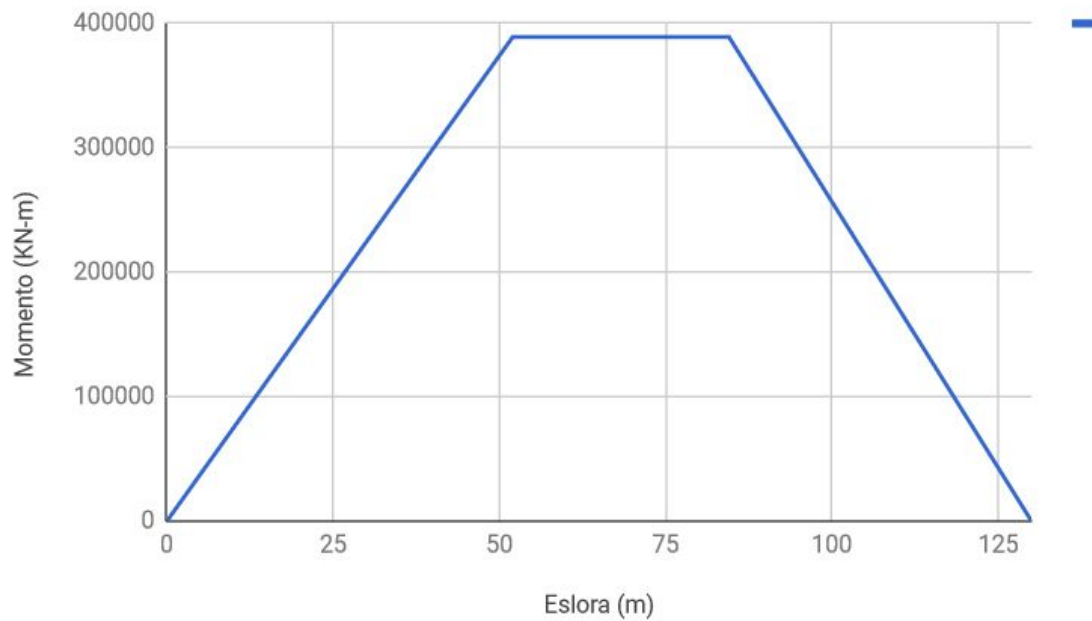
$$C_w = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1.5} \quad \text{for } 90 \leq L \leq 300$$

$$C_w = 10.75 \quad \text{for } 300 < L \leq 350$$

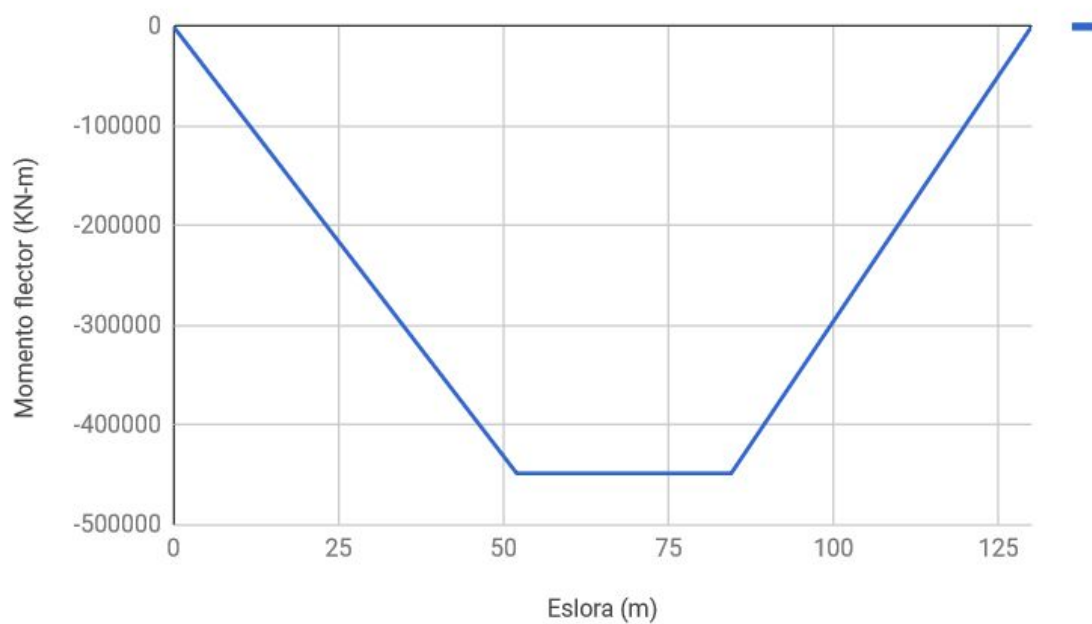
$$C_w = 10.75 - \left(\frac{L - 350}{150} \right)^{1.5} \quad \text{for } 350 < L \leq 500$$

Se realiza la distribución del momento a lo largo de la eslora según el factor f_m . Las curvas obtenidas se muestran a continuación:

Distribucion de momento flector en quebranto



Distribucion de momento flector en arrufo



Obteniéndose un momento flector máximo en arrufo igual a -448170,36 KN-m y en quebranto 389093,85 KN-m

2.3 Esfuerzo cortante:

Se calculan los esfuerzos cortantes según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.4. Sc.4.3.2.1. Los esfuerzos positivos y negativos se obtienen según las siguientes ecuaciones:

$$Q_{wv-pos} = 0.52 f_{q-pos} f_p \cdot C_W L \cdot B \cdot C_B$$

$$Q_{wv-neg} = -(0.52 f_{q-neg} f_p \cdot C_W L \cdot B \cdot C_B)$$

Donde:

f_p = coefficient shall be taken as:

$$f_p = f_{ps} \quad \text{for strength assessment}$$

$$f_p = 0.97 [0.27 - (17 - 8 f_T) L \cdot 10^{-5}] \quad \text{for fatigue assessment}$$

f_{q-pos} = distribution factor along the ship length for positive wave shear force, shall be taken as shown in [Figure 3](#)

$$f_{q-pos} = 0.0 \quad \text{for } x \leq 0$$

$$f_{q-pos} = 0.92 f_{nt-h} \quad \text{for } 0.2 L \leq x \leq 0.3 L$$

$$f_{q-pos} = 0.7 f_{nl-s} \quad \text{for } 0.4 L \leq x \leq 0.6 L$$

$$f_{q-pos} = 1.0 f_{nt-s} \quad \text{for } 0.7 L \leq x \leq 0.85 L$$

$$f_{q-pos} = 0.0 \quad \text{for } x \geq L$$

Intermediate values of f_{q-pos} shall be obtained by linear interpolation (see [Figure 3](#))

f_{q-neg} = distribution factor along the ship length for negative wave shear force, shall be taken as shown in [Figure 4](#)

$$f_{q-neg} = 0.0 \quad \text{for } x \leq 0$$

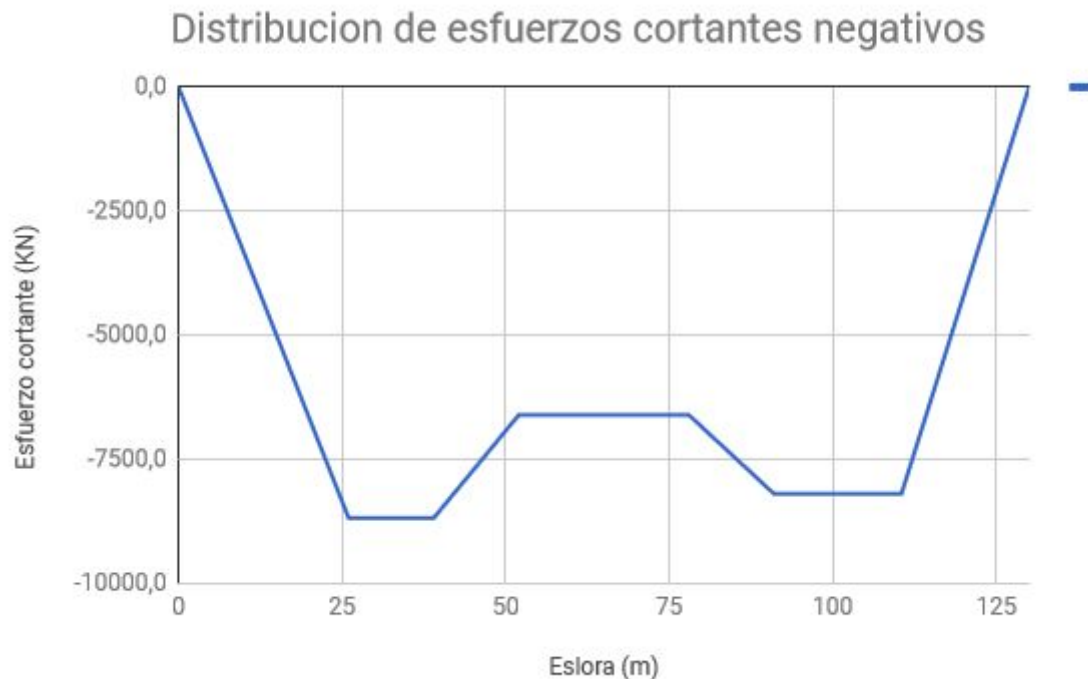
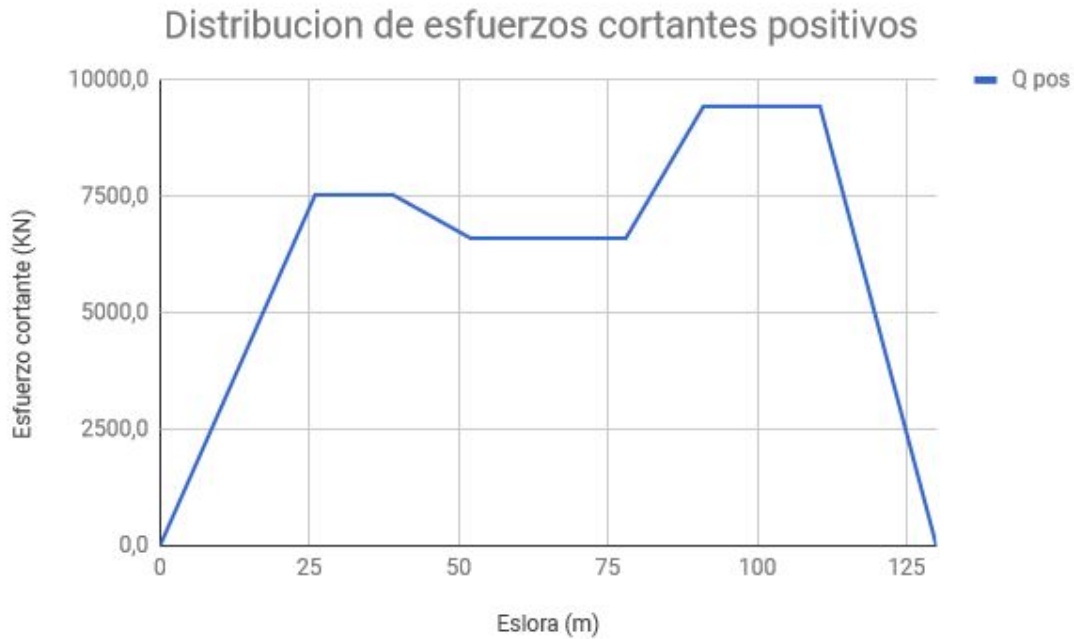
$$f_{q-neg} = 0.92 f_{nt-s} \quad \text{for } 0.2 L \leq x \leq 0.3 L$$

$$f_{q-neg} = 0.7 f_{nl-s} \quad \text{for } 0.4 L \leq x \leq 0.6 L$$

$$f_{q-neg} = 1.0 f_{nt-h} \quad \text{for } 0.7 L \leq x \leq 0.85 L$$

$$f_{q-neg} = 0.0 \quad \text{for } x \geq L$$

Las distribuciones de los esfuerzos cortantes se muestran en la figura a continuación:



Para ver las curvas de carga, esfuerzo cortante y momento flector del buque en la condición de carga analizada (tanques al 100% llenos con VCM) referirse a ABA-PB-010-007_D, que se encuentran disponibles en el anexo.

2.4 Cálculo de módulo resistente según SC:

De acuerdo a lo establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.1.2.3.1 el acero utilizado para el dimensionamiento de la sección media será grado A con una tensión admisible de 235 N/mm². La configuración estructural del buque será longitudinal con un doble casco y doble fondo y quilla tipo plancha.

La clara de cuadernas se obtuvo por interpolación lineal a partir del espesor de las placas de fondo tomando como base que para un espesor de 8mm. la clara será, como máximo 600 mm. Se las fija para tratar de que coincidan lo mejor posible con la ubicación de los mamparos y cumpla los requisitos de la sociedad de clasificación DNV-GL Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.3.1. En la zona media la clara se fija en **750 mm**. Esto se hace en función del espesor mínimo de plancha de forro en el fondo que se obtiene con la siguiente ecuación, dada por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde $a = 4,5$

$b = 0,035$

$L_2 = 130$

$k = 1$

Los valores de a y b se obtienen a partir de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. El valor de k se obtiene en función del material usado en la construcción del buque, según lo establecido por el DNV-GL Pt.3 Ch.3 Sc.1.2.2 en la tabla 2, que se encuentra disponible en el anexo. Obteniéndose un espesor mínimo para el fondo de 9,05 mm a este se lo establece en 10 mm para poder utilizar planchas de producción comercial. La clara mínima para un espesor de 8 mm se la fija en 600 mm como requisito mínimo. Por lo tanto para 10 mm se tiene una clara de cuaderna mínima de **750 mm**.

2.4.1. Módulo resistente a partir del momento flector máximo:

Se calcula a partir de la suma del momento flector máximo en aguas tranquilas y en la ola, según lo establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.5 Sc.2.1.4. Se tomará el valor absoluto de estos valores. El momento flector máximo en aguas tranquilas se obtuvo en el informe de cálculo de pesos, cuando se obtuvieron las curvas de carga para las distintas condiciones del buque. El módulo de sección, en m^3 , se obtiene según la siguiente ecuación;

$$SM = \frac{M_t}{\sigma_{perm}} \times 10^{-3}$$

Donde: $M_t = |M_{sw} + M_{wv}| = 461870,36 \text{ KN-m}$

M_{sw} = Máximo momento en aguas tranquilas (-13700 KN-m)

M_w = Máximo momento en la ola, en condición de arrufo (-448170,36 KN-m)

$k = 1$

σ_{perm} = permissible hull girder bending stress, in kN/m^2 , to be taken as:

$$\sigma_{perm} = \frac{125}{k} \quad \text{for } \frac{x}{L} \leq 0,1$$

$$\sigma_{perm} = \frac{175}{k} \quad \text{for } 0,3 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7$$

$$\sigma_{perm} = \frac{125}{k} \quad \text{for } \frac{x}{L} \geq 0,9$$

Intermediate values of σ_{perm} shall be obtained by linear interpolation.

Para la sección a dimensionar $x=0,5L$ y k depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4, por lo que el valor de $\sigma_{perm} = 175 \text{ KN/m}^2$

Con esto se obtiene que el SM es igual a **4,07 m³**.

2.4.2 Módulo resistente en función de las características del buque

Se obtiene según lo establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.5 Sc.2.1.3 a partir de las dimensiones del buque y sus coeficientes de forma con la siguiente ecuación:

$$Z_{R-gr} = k \left(\frac{1+f_r}{2} \right) C_w L^2 B (C_b + 0.7) 10^{-6}$$

Donde: $f_r = 1$

$k = 1$

$C_b = 0.71$

$C_w = 8.53$

k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4 y f_r es un factor de reducción relacionado con las restricciones de servicio. Con esto el SM queda igual a **2,64 m3**.

A partir de los valores de SM obtenidos en los dos métodos se toma como valor mínimo para el dimensionamiento de la sección media, el mayor de estos (**4,07 m3**).

2.5 Dimensionamiento de elementos estructurales:

2.5.1 Estructura de fondo

2.5.1.1. Planchas del fondo:

El espesor de las planchas del fondo en mm, exceptuando la de quilla, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + b L_2 \sqrt{k}$$

Donde: $a = 4.5$

$b = 0.035$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **8,77 mm**.

2.5.1.2. Tracas de quilla:

El espesor de las traca de quilla en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + b L_2 \sqrt{k}$$

Donde: $a = 5$

$b = 0.05$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **11,1 mm**.

El ancho mínimo de la traca de quilla en m, se obtiene según lo establecido en la Pt.3 Ch.3 Sc.5.3.1.5, a través de la siguiente ecuación:

$$B_p = 0.8 + L/200$$

L es la eslora de cálculo, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. Quedando igual a **1,41 m**, sin embargo esta no debe ser mayor a 2,3 m.

2.5.1.3. Planchas de pantoque:

El espesor de las planchas del pantoque en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4.5$

$b = 0.035$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **8,77 mm**.

2.5.1.4. Planchas de cielo de doble fondo:

El espesor de las planchas de cielo de doble fondo en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4.5$

$b = 0.02$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **6,94 mm**.

2.5.1.5. Plancha de quilla:

El espesor de la plancha de quilla, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 5$

$b = 0.03$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **8,66 mm**.

2.5.1.6. Vagras:

El espesor de las vagras, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 5$

$b = 0.017$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 3, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **7,07 mm**.

2.5.1.7. Varengas:

El espesor de las varengas, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 5$

$b = 0.015$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 3, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **6,83 mm**.

2.5.1.8. Longitudinales:

El espesor de los longitudinales, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.2.1.1, utilizando la ecuación de la tabla 2, que se muestra a continuación:

$$t = 4,5 + 0,005L1$$

Donde: L = 122

L1 es igual a la eslora de cálculo L, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **5,11 mm**. El espesor no será menor al 40% del espesor de la plancha asociada. Para los longitudinales se emplean perfiles bulbo.

El área transversal mínima que deben tener estos perfiles se obtienen según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, a través de la siguiente ecuación:

$$A_s = d_{shr} t_w 10^{-2}$$

Donde: t_w = Espesor del perfil (mm)

y d_{shr} se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, como

$$d_{shr} = (h_{stf} + t_p) \sin \varphi_w$$

Donde: t_p = Espesor de plancha asociada

φ_w = Ángulo del perfil respecto de la plancha asociada (90 grados)

h_{stf} = Altura del perfil

$h_{stf}=h_w$ se obtiene según el criterio de pandeo del perfil establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.8 Sc. 2.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t_w \geq \frac{h_w}{C_w} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Donde: $C_w = 45$

$R_{eH} = 235 \text{ N/mm}^2$

Con esto se obtiene que el área transversal mínima para los perfiles de la estructura de fondo es igual a **12,2 cm²**.

2.5.1.9. Contretes:

El espesor de los contretes, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.2.1.1, utilizando la ecuación de la tabla 2, que se muestra a continuación:

$$t = 4,5 + 0,01L$$

Donde: L = 122

L1 es igual a la eslora de cálculo L, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **5,8 mm**.

2.5.2 Estructura de costado:

2.5.2.1 Planchas de forro exterior

El espesor de las planchas del forro exterior va disminuyendo su espesor a medida que aumenta la altura respecto de la línea base del buque. El espesor, en mm, hasta una altura de **11,8 m** respecto de la línea base se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: a = 4

b = 0.035

L2 = 122

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L2 es igual a la eslora de cálculo L, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **8,27 mm**.

2.5.2.2 Traca de cinta

El espesor de las planchas del forro exterior va disminuyendo su espesor a medida que aumenta la altura respecto de la línea base del buque. El espesor de la traca de cinta, en mm, desde una altura de **11,8 m** respecto de la línea base se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: a = 4

b = 0.025

L2 = 122

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L2 es igual a la eslora de cálculo L, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **7,05 mm**.

El ancho mínimo de la traca de cinta en m, se obtiene según lo establecido en la Pt.3 Ch.3 Sc.5.2.5.1, a través de la siguiente ecuación:

$$B_p = 0.8 + L/200$$

Quedando igual a **1,41 m**, sin embargo esta no debe ser mayor a **1,8 m**.

2.5.2.3 Mamparo longitudinal

El espesor de mamparo longitudinal se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4$

$b = 0.015$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **6,33 mm**.

2.5.2.4 Traca de trancanil

El espesor de la traca de trancanil se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4$

$b = 0.02$

$L_2 = 122$

Los valores a y b se obtienen de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **6,94 mm**.

El ancho mínimo de la traca de quilla en m , se obtiene según lo establecido en la Pt.3 Ch.3 Sc.5.2.6.1, a través de la siguiente ecuación:

$$B_p = 0.8 + L/200$$

Quedando igual a **1,41 m**, sin embargo esta no debe ser mayor a **1,8 m**. Para este caso el ancho será el mismo que el del doble casco (1,75 m).

2.5.2.5. Palmejares:

El espesor de los palmejares, en mm , se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4.5$

$b = 0.015$

$L_2 = 122$

Los valores de a y b se obtienen de la tabla 3, que se encuentra disponible en el anexo. L2 es igual a la eslora de cálculo L, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **6,33 mm**.

2.5.2.6. Bularcamas:

El espesor de las bulárcamas, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: a = 4.5

b = 0.015

L2 = 122

Los valores de a y b se obtienen de la tabla 3, que se encuentra disponible en el anexo. L2 es igual a la eslora de cálculo L, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **6,33 mm**.

2.5.2.7. Longitudinales del forro exterior:

El espesor de los longitudinales del forro exterior, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.2.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = 4.5 + 0.01L1$$

Donde: L1 = 122

L1 es igual a la eslora de cálculo L, que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **5,11 mm**. El espesor no será menor al 40% del espesor de la plancha asociada. Para los longitudinales se emplean perfiles bulbo.

El área transversal mínima que deben tener estos perfiles se obtienen según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, a través de la siguiente ecuación:

$$A_s = d_{shr} t_w 10^{-2}$$

Donde: t_w = Espesor del perfil (mm)

y d_{shr} se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, como

$$d_{shr} = (h_{stf} + t_p) \sin \varphi_w$$

Donde: t_p = Espesor de plancha asociada

φ_w = Ángulo del perfil respecto de la plancha asociada (90 grados)

h_{stf} = Altura del perfil

hstf=hw se obtiene según el criterio de pandeo del perfil establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.8 Sc. 2.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t_w \geq \frac{h_w}{c_w} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Donde: $C_w = 45$

$R_{eH} = 235 \text{ N/mm}^2$

Con esto se obtiene que el área transversal mínima para los perfiles de la estructura de costado es igual a **12,11 cm²**.

2.5.2.8. Longitudinales del mamparo longitudinal:

El espesor de los longitudinales del mamparo longitudinal, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.2.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = 4.5 + 0.01L_1$$

Donde: $L_1 = 122$

L_1 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt.3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **5,72 mm**. El espesor no será menor al 40% del espesor de la plancha asociada. Para los longitudinales se emplean perfiles bulbo.

El área transversal mínima que deben tener estos perfiles se obtienen según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, a través de la siguiente ecuación:

$$A_s = d_{shr} t_w 10^{-2}$$

Donde: t_w = Espesor del perfil (mm)

y d_{shr} se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, como

$$d_{shr} = (h_{stf} + t_p) \sin \varphi_w$$

Donde: t_p = Espesor de plancha asociada

φ_w = Ángulo del perfil respecto de la plancha asociada (90 grados)

hstf = Altura del perfil

hstf=hw se obtiene según el criterio de pandeo del perfil establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.8 Sc. 2.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t_w \geq \frac{h_w}{c_w} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Donde: $C_w = 45$

$R_{eH} = 235 \text{ N/mm}^2$

Con esto se obtiene que el área transversal mínima para los perfiles de la estructura de costado es igual a **15,05 cm²**.

2.5.2.9. Longitudinales de cubierta:

El espesor de los longitudinales de cubierta, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.2.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = 4.5 + 0.01L_1$$

Donde: $L_1 = 122$

L_1 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt.3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **5,11 mm**. El espesor no será menor al 40% del espesor de la plancha asociada. Para los longitudinales se emplean perfiles bulbo.

El área transversal mínima que deben tener estos perfiles se obtienen según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, a través de la siguiente ecuación:

$$A_s = d_{shr} t_w 10^{-2}$$

Donde: t_w = Espesor del perfil (mm)

y d_{shr} se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, como

$$d_{shr} = (h_{stf} + t_p) \sin \varphi_w$$

Donde: t_p = Espesor de plancha asociada

φ_w = Ángulo del perfil respecto de la plancha asociada (90 grados)

h_{stf} = Altura del perfil

$h_{stf}=h_w$ se obtiene según el criterio de pandeo del perfil establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.8 Sc. 2.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t_w \geq \frac{h_w}{C_w} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Donde: $C_w = 45$

$R_{eH} = 235 \text{ N/mm}^2$

Con esto se obtiene que el área transversal mínima para los perfiles de la estructura de costado es igual a **12,11 cm²**.

2.5.2.10. Eslora de cubierta:

Para las esloras de cubierta se utilizará un perfil T armado. El espesor del alma de las esloras de cubierta, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4,5$

$b = 0.01$

$L_2 = 122$

Los valores de a y b se obtienen de la tabla 3, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **5,72 mm**. El área transversal mínima que deben tener estos perfiles se obtienen según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.6, a través de la siguiente ecuación:

$$A_{sh-0-n50} = (h_w + t_{f-n50} + t_{p-n50}) t_{w-n50} 10^{-2}$$

Donde: t_w = Espesor del alma (mm)

t_f = Espesor del ala

t_p = Espesor de la plancha asociada (mm)

h_w = Altura del alma (mm)

h_w se obtiene según el criterio de pandeo del perfil establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.8 Sc. 2.4.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t_w \geq \frac{h_w}{C_w} \sqrt{\frac{R_e H}{235}}$$

Donde: $C_w = 45$

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$

y t_f como:

$$t_f \geq \frac{b_{f-out}}{C_f} \sqrt{\frac{R_e H}{235}}$$

Donde $C_f = 12$

y b_f se calcula como:

$$b_f \geq 0.25 h_w.$$

Con esto se obtiene que el área transversal mínima para los perfiles de la estructura de cubierta es igual a **15,42 cm²**.

2.5.3. Estructura de cubertada de tanques:

2.5.3.1 Planchas de cubertada de tanques:

El espesor de las planchas de la cubertada de tanques en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.1.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4.5$

$b = 0.015$

$L_2 = 122$

Los valores de a y b se obtuvieron de la tabla 1, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **6,33 mm**.

2.5.3.2. Longitudinales de cubertada de tanques:

El espesor de los longitudinales de cubertada de tanques en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.2.1.1, según lo establecido en la tabla 2, quedando un espesor igual a **4 mm**. Este no será menor al 40% del espesor de la plancha asociada. Para los longitudinales se emplean perfiles bulbo.

El área transversal mínima que deben tener estos perfiles se obtienen según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.2, a través de la siguiente ecuación:

$$A_s = d_{shr} t_w 10^{-2}$$

Donde: t_w = Espesor del perfil (mm)

y d_{shr} se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.3, como

$$d_{shr} = (h_{stf} + t_p) \sin \varphi_w$$

Donde: t_p = Espesor de plancha asociada

φ_w = Ángulo del perfil respecto de la plancha asociada (90 grados)

h_{stf} = Altura del perfil

$h_{stf}=h_w$ se obtiene según el criterio de pandeo del perfil establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.8 Sc. 2.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t_w \geq \frac{h_w}{C_w} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Donde: $C_w = 45$

$R_{eH} = 235 \text{ N/mm}^2$

Con esto se obtiene que el área transversal mínima para los perfiles de la estructura de costado es igual a **7,45 cm²**.

2.5.3.2. Eslora de cubierta de tanques:

Para las esloras de cubierta de tanques se utilizará un perfil T armado. El espesor del alma de las esloras de cubierta, en mm, se obtiene según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.6 Sc.3.3.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t = a + bL_2\sqrt{k}$$

Donde: $a = 4,5$

$b = 0.01$

$L_2 = 122$

Los valores de a y b se obtienen de la tabla 3, que se encuentra disponible en el anexo. L_2 es igual a la eslora de cálculo L , que se define según lo establecido por el DNV-GL Pt3. Ch.1 Sc.4.3.1.1 en función del calado de escantillonado. k es un factor que depende del tipo de material, que en este caso toma un valor igual a 1 según lo explicado en el punto 2.4. Con esto se obtiene un espesor mínimo de **5,72 mm**. El área transversal mínima que deben tener estos perfiles se obtienen según lo establecido en el DNV-GL en la Pt.3 Ch.3 Sc.7.1.4.6, a través de la siguiente ecuación:

$$A_{sh-0-n50} = (h_w + t_{f-n50} + t_{p-n50}) t_{w-n50} 10^{-2}$$

Donde: t_w = Espesor del alma (mm)

t_f = Espesor del ala

t_p = Espesor de la plancha asociada (mm)

h_w = Altura del alma (mm)

h_w se obtiene según el criterio de pandeo del perfil establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.8 Sc. 2.4.1.1 con la siguiente ecuación:

$$t_w \geq \frac{h_w}{c_w} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Donde: $C_w = 45$

$R_{eH} = 235 \text{ N/mm}^2$

y t_f como:

$$t_f \geq \frac{b_{f-out}}{c_f} \sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

Donde $C_f = 12$

y b_f se calcula como:

$$b_f \geq 0.25 h_w.$$

Con esto se obtiene que el área transversal mínima para los perfiles de la estructura de cubierta de tanques es igual a **15,4 cm²**.

2.6 Normalización de elementos estructurales:

Para la construcción de la sección media se utilizarán chapas y perfiles comerciales que tendrán como requisito tener un espesor y un área transversal mayor a la mínima establecida en los requisitos del DNV-GL.

En el anexo se encuentran disponibles las características de los distintos perfiles utilizados. A su vez también se encuentran disponible los catálogos comerciales

2.7 Cálculo de módulo de sección media:

Con las dimensiones de los perfiles dimensionados para cumplir los requisitos de la sociedad de clasificación se obtiene el momento de inercia de la sección media, altura del eje neutro respecto a LB (y) y módulo resistente de la cubierta y fondo, respectivamente. Estos valores se muestran en la tabla a continuación:

Área total (cm ²)	12160,13
Mom estático (cm ³)	6802482,71
Mom inercia (cm ⁴)	7364664835,59
Itotal resp a LB (cm ⁴)	7579557358,05
y (cm)	559,41
Itotal resp a EN (cm ⁴)	7572754875,34
SM (cm ³)	13537069,86
Dist EN a quilla (cm)	564,88
Dist EN a cub (cm)	635,12
SM cub (cm ³)	11976535,52
SM quilla (cm ³)	13465708,42
SM de SC (cm ³)	4070000,00
Sigma cub (MPa)	39,07
Sigma quilla (MPa)	34,12
Sigma admisible (MPa)	235
SM cub/SM de SC	2,94
SM quilla/SM de SC	3,31

Como se puede ver el módulo de sección de la cubierta y del fondo es mayor al mínimo requerido por la SC. También las tensiones en cubierta y fondo son menores a la admisibles del material (235 N/mm²).

En el anexo se encuentra disponible la tabla con todas las propiedades calculadas para los distintos elementos estructurales.

2.8 Plano de sección media

El plano de sección media ABA-PB-100-003_C (Hoja 1 y 2).

3. Anexo:

3.1. Tabla de k de material:

Table 2 Material factor, k

Specified minimum yield stress R_{eH} , in N/mm^2	k
235	1.00
315	0.78
355	0.72
390	0.66
460	0.62

3.1. Características de perfiles:

Para costado	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	12,1107
dshr (mm)	237
tw (mm)	5,11
tp (mm)	7,05
tita'	90
sen tita	1
hst (mm)	229,95
Perfil comercial	
A (cm ²)	12,43
b (mm)	140
t (mm)	7
DN	140x7

Para costado (A)	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	12,173042
dshr (mm)	238,22
tw (mm)	5,11
tp (mm)	8,27

tita'	90
sen tita	1
hst (mm)	229,95
Perfil comercial	
A (cm2)	12,43
b (mm)	140
t (mm)	7
DN	140x7

Para pantoque	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm2)	12,198592
dshr (mm)	238,72
tw (mm)	5,11
tp (mm)	8,77
tita'	90
sen tita	1
hst (mm)	229,95
Perfil comercial	
A (cm2)	12,43
b (mm)	140
t (mm)	7
DN	140x7

Para fondo	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm2)	12,198592
dshr (mm)	238,72
tw (mm)	5,11
tp (mm)	8,77
tita'	90
sen tita	1
hst (mm)	229,95
Perfil comercial	

A (cm ²)	12,43
b (mm)	140
t (mm)	7
DN	140x7

Para cubierta	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	15,120248
dshr (mm)	264,34
tw (mm)	5,72
tp (mm)	6,94
l	90
sen tita	1
hst (mm)	257,4
Perfil comercial	
A (cm ²)	12,43
b (mm)	140
t (mm)	7
DN	140x7

Para doblefondo	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	12,105079
dshr (mm)	236,89
tw (mm)	5,11
tp (mm)	6,94
tita'	90
sen tita	1
hst (mm)	229,95
Perfil comercial	

A (cm ²)	12,43
b (mm)	140
t (mm)	7
DN	140x7

Para Mamp long	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	15,050464
dshr (mm)	263,12
tw (mm)	5,72
tp (mm)	5,72
tita'	90
sen tita	1
hst (mm)	257,4
Perfil comercial	
A (cm ²)	16,2
b (mm)	160
t (mm)	8
DN	160x8

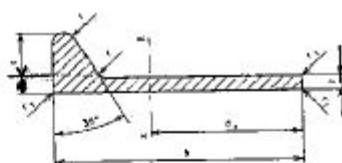
Para cub tq	
Se usa perfil bulbo	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	7,4532
dshr (mm)	186,33
tw (mm)	4
tp (mm)	6,33
tita'	90
sen tita	1
hst (mm)	180
Perfil comercial	

A (cm ²)	8,74
b (mm)	100
t (mm)	7
DN	100x7

Para eslora de cubierta	
Se usa perfil T armado	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	15,426983
tw (mm)	5,72
tp (mm)	6,94
tf	5,36
bf (mm)	64,35
hw (mm)	257,4
Perfil comercial	
A (cm ²)	15,9
bf (mm)	125
tf (mm)	6
hw (mm)	140
tw (mm)	6
Dist a C.G	3,84
Iw (cm ⁴)	1646,4
If (cm ⁴)	2,7
Itotal (cm ⁴)	1649,10

Para eslora de cubierta de tq's	
Se usa perfil T armado	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	15,392091
tw (mm)	5,72
tp (mm)	6,33
tf	5,36
bf (mm)	64,35
hw (mm)	257,4
Perfil comercial	
A (cm ²)	15,9
bf (mm)	125
tf (mm)	6
hw (mm)	140
tw (mm)	6
Dist a C.G	3,84
Iw (cm ⁴)	1646,4
If (cm ⁴)	2,7
Itotal (cm ⁴)	1649,10

Para baos	
Se usa perfil T armado	
Cálculo de SC	
As (cm ²)	15,392091
tw (mm)	5,72
tp (mm)	6,33
tf	5,36
bf (mm)	64,35
hw (mm)	257,4
Perfil comercial	
A (cm ²)	15,9
bf (mm)	125
tf (mm)	6
hw (mm)	140
tw (mm)	6
Dist a C.G	3,84
Iw (cm ⁴)	1646,4
If (cm ⁴)	2,7
Itotal (cm ⁴)	1649,10



LLANTAS BULBO LAMINADAS EN CALIENTE. NORMA UNE-EN 10067:1997

Dimensión nominal	Dimensiones para				Sección transversal	Masa/Id de longitud	Superficie lateral	Distancia al centro de gravedad	Características geométricas respecto al eje x-x	
	b mm	t mm	h mm	β mm	S _A cm ²	G kg/m	S _L (m ² /m)	e cm	I _{xx} cm ⁴	W _{xx} cm ³
80 x 5	80	5	14	4	5.41	4.25	0.189	4.9	33.87	6.91
80 x 6	80	6	14	4	6.21	4.88	0.191	4.9	38.79	8.1
100 x 7	100	7	15.5	4.5	8.74	5.68	0.236	5.87	85.3	14.5
100 x 8	100	8	15.5	4.5	9.74	7.65	0.238	5.78	94.3	16.3
120 x 6	120	6	17	5	9.32	7.32	0.276	7.21	133	18.5
120 x 7	120	7	17	5	10.52	8.26	0.278	7.07	149	21
120 x 8	120	8	17	5	11.72	9.2	0.28	6.96	165	23.6
140 x 7	140	7	19	5.5	12.43	9.75	0.32	8.32	241	30.9
140 x 8	140	8	19	5.5	13.83	10.85	0.322	8.18	266	32.5
140 x 10	140	10	19	5.5	15.63	13.05	0.326	7.69	315	39.5
160 x 7	160	7	22	6	14.6	11.46	0.365	9.66	373	38.6
160 x 8	160	8	22	6	16.2	12.72	0.367	9.53	411	43.3
160 x 9	160	9	22	6	17.8	13.97	0.369	9.37	449	47.9
160 x 11	160	11	22	6	21.8	16.49	0.373	9.18	522	57
180 x 8	180	8	25	7	18.85	14.8	0.411	10.89	609	55.9
180 x 9	180	9	25	7	20.66	16.22	0.413	10.73	664	61.6
180 x 10	180	10	25	7	22.46	17.53	0.415	10.59	717	67.7
180 x 11	180	11	25	7	24.26	18.84	0.417	10.44	770	73.8
200 x 9	200	9	28	8	23.66	18.57	0.457	12.12	942	77.7
200 x 10	200	10	28	8	25.66	20.41	0.459	11.95	1017	84.1
200 x 11	200	11	28	8	27.66	21.71	0.461	11.82	1091	92.3
200 x 12	200	12	28	8	29.66	23.28	0.463	11.69	1165	100
220 x 10	220	10	31	9	29	22.77	0.503	13.35	1396	105
220 x 11	220	11	31	9	31.27	24.5	0.506	13.19	1498	114
220 x 12	220	12	31	9	33.4	26.22	0.507	13.04	1595	122
240 x 10	240	10	34	10	32.49	25.5	0.547	13.77	1855	126
240 x 11	240	11	34	10	34.89	27.39	0.549	14.58	1997	137
240 x 12	240	12	34	10	37.29	29.77	0.551	14.43	2137	147
260 x 10	260	10	37	11	36.11	28.35	0.591	16.22	2434	150
260 x 11	260	11	37	11	38.51	30.93	0.593	16.07	2605	163
260 x 12	260	12	37	11	41.31	32.43	0.596	15.81	2774	175
280 x 11	280	11	40	12	40.6	31.3	0.637	17.33	3330	191
280 x 12	280	12	40	12	45.48	35.7	0.639	17.23	3647	206
280 x 13	280	13	40	12	49.79	39.7	0.641	17.13	3964	221
300 x 11	300	11	43	13	43.78	36.7	0.681	18.9	4192	222
300 x 12	300	12	43	13	48.72	40.7	0.683	18.8	4510	237
300 x 13	300	13	43	13	52.79	44.44	0.685	18.45	4722	256
320 x 12	320	12	46	14	50.2	42.5	0.725	20.7	5270	271
320 x 13	320	13	46	14	57.45	45.09	0.73	19.89	5649	294
320 x 14	320	14	46	14	60.65	47.5	0.732	19.79	5968	313
340 x 12	340	12	49	15	58.84	46.2	0.772	21.69	6757	313
340 x 13	340	13	49	15	62.24	49.28	0.774	21.59	7152	332
340 x 14	340	14	49	15	65.54	51.5	0.776	21.4	7552	357
370 x 13	370	13	53	16	57.5	45.5	0.817	23.59	8199	377
370 x 14	370	14	53.5	16.5	73.4	57.6	0.842	23.29	9960	429
370 x 15	370	15	53.5	16.5	77.4	60.5	0.844	23.19	10460	454
400 x 14	400	14	58	18	81.48	63.96	0.908	25.49	12924	507
400 x 15	400	15	58	18	85.48	67.4	0.91	25.39	13424	532
400 x 16	400	16	58	18	89.49	70.2	0.912	25.29	14211	566
430 x 14	430	14	62.5	19.5	94.19	73.9	0.976	27.48	17249	629
430 x 15	430	15	62.5	19.5	98.19	77.4	0.978	27.38	17749	654
430 x 19	430	19	62.5	19.5	111.39	87.4	0.984	26.53	20413	770

PLATES FOR SHIPBUILDING AND OFF-SHORE APPLICATIONS

Thickness mm	Weight kg / m ²	Thickness mm	Weight kg / m ²
4	32	32	256
4,5	36	33	264
5	40	34	272
5,5	44	35	280
6	48	36	288
6,5	52	37	296
7	56	38	304
7,5	60	39	312
8	64	40	320
8,5	68	41	328
9	72	42	336
9,5	76	43	344
10	80	44	352
10,5	84	45	360
11	88	46	368
11,5	92	47	376
12	96	48	384
12,5	100	49	392
13	104	50	400
13,5	108	55	440
14	112	60	480
14,5	116	65	520
15	120	70	560
15,5	124	75	600
16	128	80	640
17	136	85	680
18	144	90	720
19	152	95	760
20	160	100	800
21	168	110	880
22	176	120	960
23	184	130	1040
24	192	140	1120
25	200	150	1200
26	208	160	1280
27	216	170	1360
28	224	180	1440
29	232	190	1520
30	240	200	1600
31	248		



G. BAGLIETTO
NAVAL STEEL

Tablas DNV-GL:

Table 2 Material factor, k

Specified minimum yield stress R_{eH} , in N/mm^2	k
235	1.00
315	0.78
355	0.72
390	0.66
460	0.62

Table 1 Minimum net thickness for plating

Element	Location	a	b
Shell	Keel	5.0	0.05
	Bottom and bilge	4.5	0.035
	Side shell and superstructure side	4.0	0.035
			0.025
			0.015
			0.01
	Sea chest boundaries	4.5	0.05
Deck	Weather deck ^{1),2),3),4)} , strength deck ^{2),3)} and platform deck in machinery space	4.5	0.02
	Boundary for cargo tanks, water ballast tanks and hold intended for cargo in bulk		0.015
	Other decks ^{3),4),5)}		0.01
Inner bottom	Cargo spaces loaded through cargo hatches except container holds	5.5	0.025
	Other spaces	4.5	0.02
Bulkheads	Bulkheads for cargo tanks, water ballast tanks and hold intended for cargo in bulk	4.5	0.015
	Peak bulkheads and machinery space end bulkheads		0.01
	Watertight bulkheads and other tanks bulkheads		0.005
	Non-tight bulkheads in tanks	5.0	0
	Other non-tight bulkheads		0
	Walls in accommodation	4.5	0

Table 3 Minimum net thickness for primary supporting members

<i>Element</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Bottom centreline girder and lower strake of centreline wash bulkhead	5.0	0.03
Other bottom girders	5.0	0.017
Floors	5.0	0.015
PSM supporting side shell, ballast tank, cargo tank and hold intended for cargo in bulk ^{2),3)}	4.5	0.015
Other PSM	4.5	0.01
PSM in peak tanks	5.0	0.025 ¹⁾
1) The value of bL_2 does not need to be greater than 5.0. 2) For stringers in double side next to dry space not intended for cargo in bulk, the value of bL_2 does not need to be taken greater than 2.5. 3) Other specific requirements related to ship types are given in Pt.5.		

		Refuerzo	Cantidad	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Area (cm2) (Por elemento)	Area total (cm2)	Dist a C.G (cm)	Dist a E.N (cm)	Mom estatico = A x y (cm3)	Mom de inercia = Mom estatico x y (cm4)	lpropio (cm4) (Por elemento)	lpropio (cm4) (Total de elementos)	ltotal = Mom In + lpropio
Estructura de fondo	Forro exterior	Longitudinales												
		Columna 1	8	-	-	12,43	99,44	8,32	9,22	916,84	8453,24	241	1928	10381,24
		Columna 2	8	-	-	12,43	99,44	8,32	9,22	916,84	8453,24	241	1928	10381,24
		Columna 3	2	-	-	12,43	24,86	8,32	9,22	229,21	2113,31	241	482	2595,31
		Pantoque	8	-	-	12,43	99,44	8,32	9,22	916,84	8453,24	241	1928	10381,24
		Tracas												
		Traca 1	2	9	2400	216	432	0,45	0,45	194,40	87,48	174,96	349,92	437,40
		Traca 2	2	9	2000	180	360	0,45	0,45	162,00	72,90	145,8	291,6	364,50
		Traca 3	2	9	1800	162	324	0,45	0,45	145,80	65,61	131,22	262,44	328,05
		Traca 4	2	9	1800	162	324	0,45	0,45	145,80	65,61	131,22	262,44	328,05
		Traca 5	2	9	1700	153	306	0,45	0,45	137,70	61,97	123,93	247,86	309,83
		Quilla	1	12	2000	240	240	0,6	0,6	144,00	86,40	345,6	345,6	432,00
	Doble fondo	Longitudinales												
		Columna 1	8			12,43	99,44	8,32	171,6	17063,90	2928165,93	241	1928	2930093,93
		Columna 2	8			12,43	99,44	8,32	171,6	17063,90	2928165,93	241	1928	2930093,93
		Columna 3	2			12,43	24,86	8,32	171,6	4265,98	732041,48	241	482	732523,48
		Pantoque	6			12,43	74,58	8,32	171,6	12797,93	2196124,44	241	1446	2197570,44
		Tracas												
		Traca 1	2	7	1650	115,5	231	0,35	181,25	41868,75	7588710,94	56,595	113,19	7588824,13
		Traca 2	2	7	1800	126	252	0,35	181,25	45675,00	8278593,75	61,74	123,48	8278717,23
		Traca 3	2	7	2000	140	280	0,35	181,25	50750,00	9198437,50	68,6	137,2	9198574,70
		Traca 4	2	7	2000	140	280	0,35	181,25	50750,00	9198437,50	68,6	137,2	9198574,70
		Traca 5	2	7	1376	96,32	192,64	0,35	181,25	34916,00	6328525,00	47,1968	94,3936	6328619,39
		Traca 0	1	7	2200	154	154	0,35	181,25	27912,50	5059140,63	75,46	75,46	5059216,09
	Refuerzos	Vagras												
		Quilla	1	9	1800	162	162	90	90,9	14725,80	1338575,22	5248800	5248800	6587375,22
		Vagra 1	2	8	1800	144	288	90	90,9	26179,20	2379689,28	4665600	9331200	11710889,28
		Vagra 2	2	8	1800	144	288	90	90,9	26179,20	2379689,28	4665600	9331200	11710889,28
		Vagra 3	2	8	1800	144	288	90	90,9	26179,20	2379689,28	4665600	9331200	11710889,28
Estructura de costado	Forro exterior	Longitudinales												
		Fila 1	8			12,43	99,44	0,35	280	27843,20	7796096,00	241	1928	7798024,00
		Fila 2	8			12,43	99,44	0,35	577,1	57386,82	33117936,13	241	1928	33119864,13
		Fila 3	8			12,43	99,44	0,35	872,2	86731,57	75647273,61	241	1928	75649201,61
		Fila 4	4			12,43	49,72	0,35	1109,6	55169,31	61215868,60	241	964	61216832,60
		Tracas												
		Traca 1	2	8,5	1800	153	306	90	270	82620,00	22307400,00	4957200	9914400	32221800,00
		Traca 2	2	8,5	2200	187	374	110	470	175780,00	82616600,00	9050800	18101600	100718200,00
		Traca 3	2	8,5	2200	187	374	110	690	258060,00	178061400,00	9050800	18101600	196163000,00
		Traca 4	2	8,5	2000	170	340	100	900	306000,00	275400000,00	6800000	13600000	289000000,00
		Traca cinta	2	7,5	2200	165	330	110	1110	366300,00	406593000,00	7986000	15972000	422565000,00
	Mamparo longitudinal	Longitudinales												
		Fila 1	8			16,2	129,6	0,35	280	36288,00	10160640,00	411	3288	10163928,00
		Fila 2	8			16,2	129,6	0,35	577,1	74792,16	43162555,54	411	3288	43165843,54
		Fila 3	8			16,2	129,6	0,35	872,2	113037,12	98590976,06	411	3288	98594264,06
		TRA	4			16,2	64,8	0,35	1109,6	71902,08	79782547,97	411	1644	79784191,97
		Tracas												
		Traca 1	2	6,5	1401	91,1	182,13	70,05	234,7	42745,91	10032465,31	1787424,73	3574849,461	13607314,77
		Traca 2	2	6,5	1300	84,5	169	65	340,2	57493,80	19559390,76	1428050	2856100	22415490,76

		Traca 3	2	6,5	2000	130	260	100	505	131300,00	66306500,00	5200000	10400000	76706500,00
		Traca 4	2	6,5	2200	143	286	110	690	197340,00	136164600,00	6921200	13842400	150007000,00
		Traca 5	2	6,5	2000	130	260	100	900	234000,00	210600000,00	5200000	10400000	221000000,00
		Traca 6	2	6,5	2000	130	260	100	1100	286000,00	314600000,00	5200000	10400000	325000000,00
	Refuerzos	Palmejares												
		Palmejar 1	2	6,5	1750	113,75	227,5	0,325	430	97825,00	42064750,00	3483593,75	6967187,5	49031937,50
		Palmejar 2	2	6,5	1750	113,75	227,5	0,325	725	164937,50	119579687,50	3483593,75	6967187,5	126546875,00
		Palmejar 3	2	6,5	1750	113,75	227,5	0,325	1020	232050,00	236691000,00	3483593,75	6967187,5	243658187,50
		Longitudinales en palmejares												
		Palmejar 1	6			16,2	97,2	9,5	420,5	40872,60	17186928,30	411	2466	17189394,30
		Palmejar 2	6			16,2	97,2	9,5	715,5	69546,60	49760592,30	411	2466	49763058,30
		Palmejar 3	6			16,2	97,2	9,5	1010,5	98220,60	99251916,30	411	2466	99254382,30
Estructura de cubierta	Refuerzos	Longitudinales												
		Longitudinal 1	4			12,43	49,72	8,32	1191,33	59232,93	70565963,64	241	964	70566927,64
		Esloras												
	Eslora 1	2			15,9	31,8	3,84	1195,81	38026,77	45472806,18	1649,10	3298,2	45476104,38	
	Cubierta	Tracas												
Traca tramcanil		2	7	1750	122,5	245	0,35	1199,65	293914,25	352594230,01	60,025	120,05	352594350,06	
Estructura cubierta de tanques	Refuerzos	Longitudinales												
		Longitudinal 1	34			8,74	297,16	5,87		0,00	0,00	85,3	2900,2	2900,20
		Esloras												
		Eslora 1	1			15,9	15,9	3,84	1836,16	29194,95	53606610,41	1649,10	1649,1	53608259,51
	Cubierta de tanques	Tracas												
		Traca en LC	1	6,5	2200	143	143	0,325	1840	263120,00	484140800,00	60,4175	60,4175	484140860,42
		Traca 1	2	6,5	2000	130	260	0,325	1840	478400,00	880256000,00	54,925	109,85	880256109,85
		Traca 2	2	6,5	1800	117	234	0,325	1840	430560,00	792230400,00	49,4325	98,865	792230498,87
		Traca 3	2	6,5	2000	130	260	100	1776	461760,00	820085760,00	5200000	10400000	830485760,00
		Traca 4	2	6,5	2200	143	286	110	1578	451308,00	712164024,00	6921200	13842400	726006424,00
		Traca 5	2	6,5	1528	99,32	198,64	76,4	1409	279883,76	394356217,84	2318907,47	4637814,938	398994032,78
		Traca 6	2	6,5	1530	99,45	198,9	76,5	1270	252603,00		2328025,05	4656050,1	4656050,1
TOTAL:					5690,435	12160,13	1914,929245	36362,38075	6802482,71	7364664835,59	110057037,7	214892522,5	7579557358,05	

[illegible]

DIMENSIONES		
ITEM	UBICACIÓN	DIMENSIONES
LONGITUDINALES FONDO	COLUMNA 1	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES FONDO	COLUMNA 2	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES FONDO	COLUMNA 3	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES FONDO	PANTOQUE	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	COLUMNA 1	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	COLUMNA 2	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	COLUMNA 3	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	PANTOQUE	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 1	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 2	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 3	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 4	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO ML	FILA 1	P.B 160 X 8
LONG. COSTADO ML	FILA 2	P.B 160 X 8
LONG. COSTADO ML	FILA 3	P.B 160 X 8
LONG. COSTADO ML	FILA 4	P.B 160 X 8
LONG. PALMEJAR	PALMEJAR 1	P.B 160 X 8
LONG. PALMEJAR	PALMEJAR 2	P.B 160 X 8
LONG. PALMEJAR	PALMEJAR 3	P.B 160 X 8
LONG. CUBIERTA	CUBIERTA	P.B 140 X 7
QUILLA	FONDO	PLANCHA 1800 X 9
VAGRA 1	FONDO	PLANCHA 1800 X 8
VAGRA 2	FONDO	PLANCHA 1800 X 8
VAGRA 3	FONDO	PLANCHA 1800 X 8
PALMEJAR 1	COSTADO	PLANCHA 1300 X 9
PALMEJAR 2	COSTADO	PLANCHA 1300 X 9
ESLORA CUBIERTA	CUBIERTA	P. T 59 X 3,9 W + 42 X 5,9
VARENGA 0	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
VARENGA 1	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
VARENGA 2	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
VARENGA 3	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
BULÁRCAMA 1	COSTADO	PLANCHA 1300 X 11
BULÁRCAMA 2	COSTADO	PLANCHA 1300 X 10
BULÁRCAMA 3	COSTADO	PLANCHA 1300 X 8
CONTRETE	COLUMNA 1	PLANCHA 1000 X 20
CONTRETE	COLUMNA 2	PLANCHA 1000 X 25
CONTRETE	COLUMNA 3	PLANCHA 1000 X 25
CARTELAS	COSTADO	PLANCHA 100 X 10

DIMENSIONES DE TRACAS		
ITEM	UBICACIÓN	DIMENSIONES
TRACA 1	FONDO	PLANCHA 2400 X 9
TRACA 2	FONDO	PLANCHA 2000 X 9
TRACA 3	FONDO	PLANCHA 1800 X 9
TRACA 4	FONDO	PLANCHA 1800 X 9
TRACA 5	FONDO	PLANCHA 1700 X 9
QUILLA	FONDO	PLANCHA 2000 X 12
TRACA 0	DOBLE FONDO	PLANCHA 2200 X 7
TRACA 1	DOBLE FONDO	PLANCHA 1650 X 7
TRACA 2	DOBLE FONDO	PLANCHA 1800 X 7
TRACA 3	DOBLE FONDO	PLANCHA 2000 X 7
TRACA 4	DOBLE FONDO	PLANCHA 2000 X 7
TRACA 5	DOBLE FONDO	PLANCHA 2000 X 7
TRACA 1	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 1800 X 8.5
TRACA 2	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 8.5
TRACA 3	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 8.5
TRACA 4	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 8.5
TRACA DE CINTA	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 7.5
TRACA 1	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 1400 X 6,5
TRACA 2	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 1300 X 6,5
TRACA 3	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 4	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2200 X 6,5
TRACA 5	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 6	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA TRANCANIL	CUBIERTA	PLANCHA 1750 X 7
TRACA EN LC	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2200 X 6,5
TRACA 1	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 2	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 1800 X 6,5
TRACA 3	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 4	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2200 X 6,5
TRACA 5	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 1527 X 6,5
TRACA 6	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 1530 X 6,5

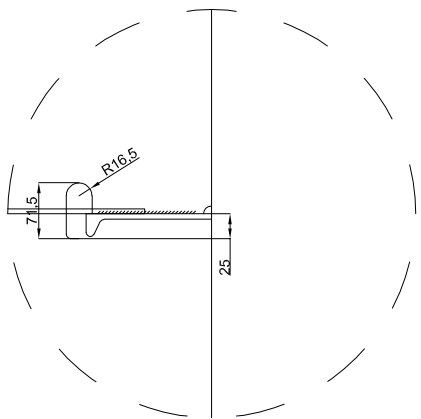
NOTA: LA CUADERNA DEL ANILLO NORMAL ES LA 111

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

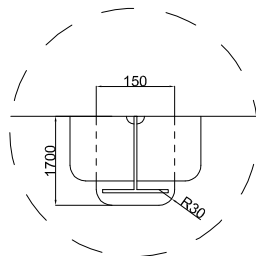
3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO	
FECHA: 28/03/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
100-008	0	001	002	
ESCALA: 1:100	ARCHIVO: ABA-PB-100-008_C	FORMATO: A2	 	
	COMENTARIOS NFI	28/03/18	ABA	NFI
	COMENTARIOS NFI	19/03/18	ABA	NFI
	INICIAL	15/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

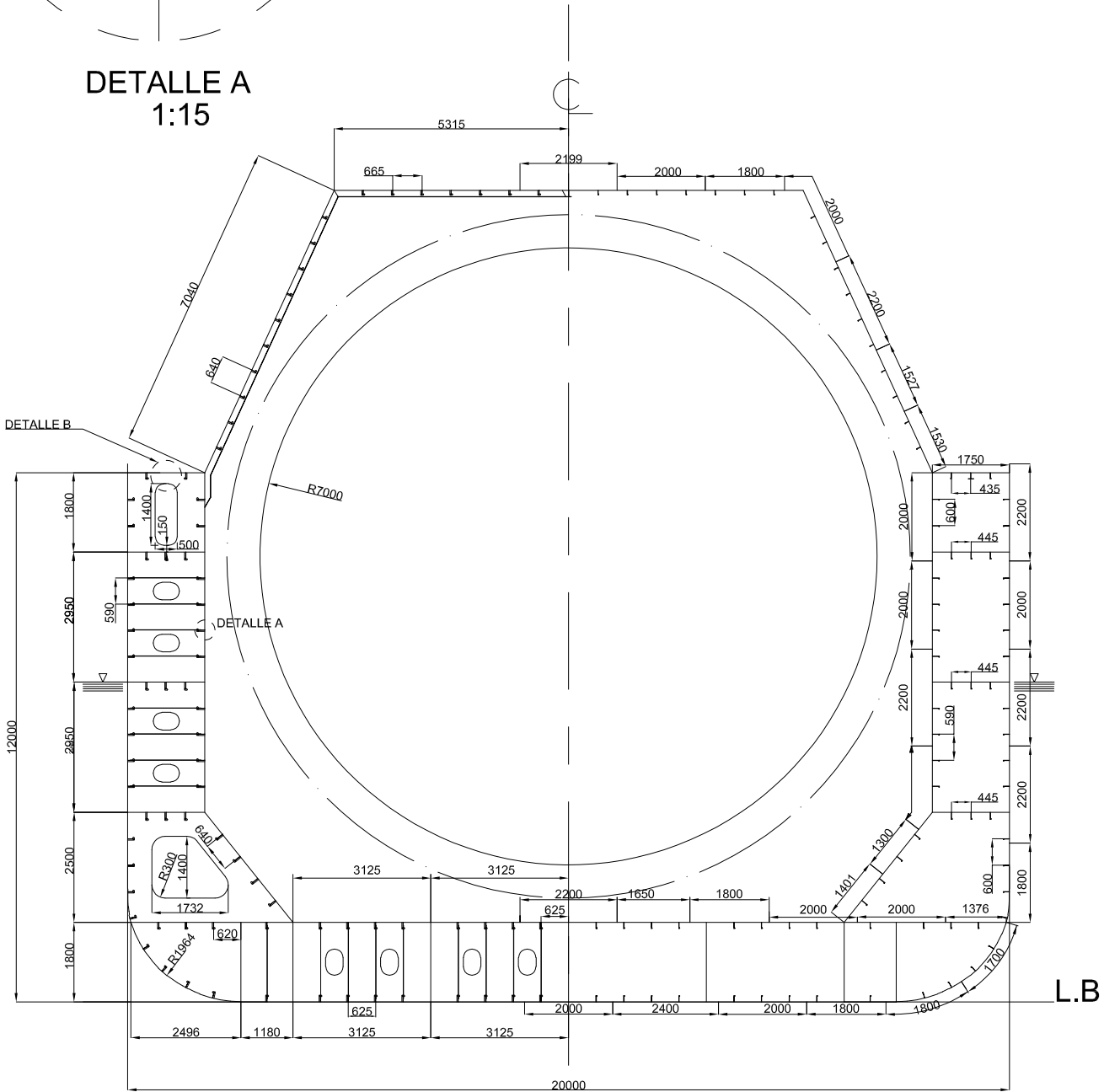
SECCIÓN MEDIA: GEOMÉTRICO



DETALLE A
1:15



DETALLE B
1:10



DIMENSIONES REFUERZOS		
ITEM	UBICACIÓN	DIMENSIONES
LONGITUDINALES FONDO	COLUMNA 1	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES FONDO	COLUMNA 2	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES FONDO	COLUMNA 3	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES FONDO	PANTOQUE	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	COLUMNA 1	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	COLUMNA 2	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	COLUMNA 3	P.B 140 X 7
LONGITUDINALES DF	PANTOQUE	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 1	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 2	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 3	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO FE	FILA 4	P.B 140 X 7
LONG. COSTADO ML	FILA 1	P.B 160 X 8
LONG. COSTADO ML	FILA 2	P.B 160 X 8
LONG. COSTADO ML	FILA 3	P.B 160 X 8
LONG. COSTADO ML	FILA 4	P.B 160 X 8
LONG. PALMEJAR	PALMEJAR 1	P.B 160 X 8
LONG. PALMEJAR	PALMEJAR 2	P.B 160 X 8
LONG. PALMEJAR	PALMEJAR 3	P.B 160 X 8
LONG. CUBIERTA	CUBIERTA	P.B 140 X 7
QUILLA	FONDO	PLANCHA 1800 X 9
VAGRA 1	FONDO	PLANCHA 1800 X 8
VAGRA 2	FONDO	PLANCHA 1800 X 8
VAGRA 3	FONDO	PLANCHA 1800 X 8
PALMEJAR 1	COSTADO	PLANCHA 1300 X 9
PALMEJAR 2	COSTADO	PLANCHA 1300 X 9
ESLORA CUBIERTA	CUBIERTA	P. T 59 X 3,9 W + 42 X 5,9 F
VARENGA 0	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
VARENGA 1	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
VARENGA 2	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
VARENGA 3	FONDO	PLANCHA 1000 X 10
BULÁRCAMA 1	COSTADO	PLANCHA 1300 X 11
BULÁRCAMA 2	COSTADO	PLANCHA 1300 X 10
BULÁRCAMA 3	COSTADO	PLANCHA 1300 X 8
CONTRETE	COLUMNA 1	PLANCHA 1000 X 20
CONTRETE	COLUMNA 2	PLANCHA 1000 X 25
CONTRETE	COLUMNA 3	PLANCHA 1000 X 25
CARTELAS	COSTADO	PLANCHA 100 X 10

DIMENSIONES DE TRACAS		
ITEM	UBICACIÓN	DIMENSIONES
TRACA 1	FONDO	PLANCHA 2400 X 9
TRACA 2	FONDO	PLANCHA 2000 X 9
TRACA 3	FONDO	PLANCHA 1800 X 9
TRACA 4	FONDO	PLANCHA 1800 X 9
TRACA 5	FONDO	PLANCHA 1700 X 9
QUILLA	FONDO	PLANCHA 2000 X 12
TRACA 0	DOBLE FONDO	PLANCHA 2200 X 7
TRACA 1	DOBLE FONDO	PLANCHA 1650 X 7
TRACA 2	DOBLE FONDO	PLANCHA 1800 X 7
TRACA 3	DOBLE FONDO	PLANCHA 2000 X 7
TRACA 4	DOBLE FONDO	PLANCHA 2000 X 7
TRACA 5	DOBLE FONDO	PLANCHA 2000 X 7
TRACA 1	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 1800 X 8,5
TRACA 2	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 8,5
TRACA 3	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 8,5
TRACA 4	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 8,5
TRACA DE CINTA	COSTADO FORRO EXT.	PLANCHA 2200 X 7,5
TRACA 1	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 1400 X 6,5
TRACA 2	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 1300 X 6,5
TRACA 3	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 4	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2200 X 6,5
TRACA 5	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 6	MAMPARO LONGITUDINAL	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA TRANCANIL	CUBIERTA	PLANCHA 1750 X 7
TRACA EN LC	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2200 X 6,5
TRACA 1	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 2	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 1800 X 6,5
TRACA 3	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2000 X 6,5
TRACA 4	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 2200 X 6,5
TRACA 5	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 1527 X 6,5
TRACA 6	CUBIERTA DE TANQUES	PLANCHA 1530 X 6,5

NOTA: LA CLARA DE CUADERNAS EN LA SECCIÓN REPRESENTADA ES DE 750 mm.

NOTA: LA CUADERNA DEL ANILLO REFORZADO ES LA 110 Y LA DEL ANILLO NO REFORZADO LA 111

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO		 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES • UNIVERSIDAD PRIVADA •
FECHA: 28/03/2018					
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS		32.57 PROYECTO DE BUQUES
100-008	C	002	002		
ESCALA: 1:100	ARCHIVO: ABA-PB-100-008_C	FORMATO: A2	 		
					BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA" SECCION MEDIA
	COMENTARIOS NFI	28/03/18	ABA	NFI	
	COMENTARIOS NFI	19/03/18	ABA	NFI	
	INICIAL	15/01/18	ABA	NFI	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.	
MODIFICACIONES					

1

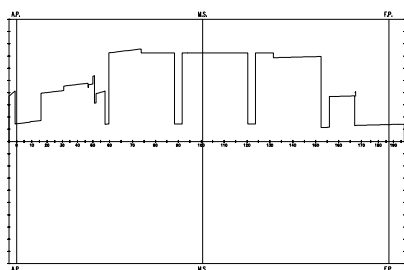
2

3

4

Condicion de carga:
Maxima carga
Tanques 98% con VCM

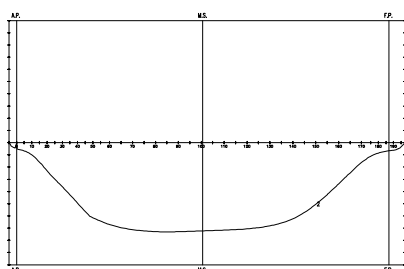
CURVA DE PESOS



WEIGHT DISTRIBUTION
ABSCISSAE

1 CM - 20.0 T/M
1 CM - 4.0 M

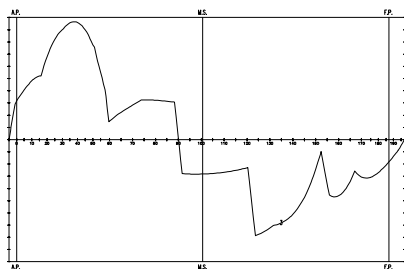
CURVA DE EMPUJE



BOUYANCY DISTRIBUTION
ABSCISSAE

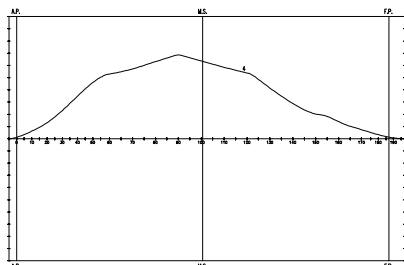
1 CM - 20.0 T/M
1 CM - 4.0 M

CURVA DE ESFUERZOS DE CORTE



MAX. POSITIVE SHEARING F. 482.6 T. TO 19.000 M. AFT PERP.
MAX. NEGATIVE SHEARING F. -393.7 T. TO 78.251 M. AFT PERP.
SHEARING FORCE DIAGRAM
ABSCISSAE 1 CM - 50.0 T
1 CM - 4.0 M

CURVA DE MOMENTO FLECTOR



MAX. POSITIVE BENDING M. 13700.4 T/M TO 53.062 M. AFT PERP.
MAX. NEGATIVE BENDING M. -0.1 T/M TO -2.500 M. AFT PERP.
BENDING MOMENT DIAGRAM
ABSCISSAE 1 CM - 2000.0 T/M
1 CM - 4.0 M

NOMBRE: BARUH AGUSTIN

FECHA: 14/01/2018

VERIFICADO

APROBADO



• UNIVERSIDAD PRIVADA •

NÚMERO PLANO REV HOJA N° N° HOJAS

010-007 D 001 001

ESCALA:

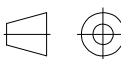
1 : 6

ARCHIVO:

ABA-PB-010-007_D

FORMATO:

A4



32.57 PROYECTO DE BUQUES

C	COMM DOCENTE	06/11/2017	ABA	NFI	
B	COMM DOCENTE	07/09/2017	ABA	NFI	
A	INICIAL	31/10/2016	ABA	NFI	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.	

MODIFICACIONES

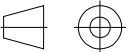
DISTRIBUCION DE CARGAS
CONDICION: MAXIMA CARGA
BUQUE LPG SR/SP 7500 CBM
"INGENIERO ESPONA"

Cálculo y dimensionamiento de equipos de amarre y fondeo



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

			VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN					
FECHA: 22/08/2018					
NÚMERO PLANO		REV	HOJA N°	N° HOJAS	
		0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:		FORMATO: A4		
REV.	DESCRIPCIÓN		FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES					

Índice:

1. Introducción:	2
2. Desarrollo:	2
2.1 Dimensionamiento de equipos de fondeo:	2
2.1.1 Cálculo de equipos:	2
2.1.1.1 Obtención del numeral de equipo:	2
2.1.1.2 Dimensionamiento de ancla y cadena	4
2.1.1.3 Dimensionamiento de cabrestante:	5
2.1.1.4 Dimensionamiento de tubo de escobén:	5
2.1.1.5 Dimensionamiento de gatera:	6
2.1.1.6 Dimensionamiento de caja de cadenas:	6
2.1.2 Normalización de equipos	7
2.1.2.1 Cadena de ancla:	7
2.1.2.2 Ancla:	7
2.1.2.3 Cabrestante:	7
2.1.2.4 Freno de cabrestante:	7
2.2 Equipo de amarre:	8
2.2.1 Cálculo de resistencia y tensiones:	8
2.2.1.1 Resistencia al viento:	8
2.2.1.2 Resistencia de corriente	8
2.2.1.3 Resistencia del casco:	9
2.2.1.4 Resistencia de la helice:	9
2.2.1.5 Resistencia total:	10
2.2.1.6 Tensión en los cabos:	10
2.2.1.7 Dimensionamiento de los cabos de amarre:	12
2.2.1.8 Dimensionamiento de guinche de proa:	13
2.2.1.9. Dimensionamiento de guinche de popa:	13
2.2.1.9 Dimensionamiento del cabirón:	13
2.2.1.10 Dimensionamiento de bitas:	13
2.2.1.11 Dimensionamiento de roletes:	13
2.2.1.12 Dimensionamiento de porta espías:	14
2.2.1.13 Dimensionamiento de rodillos:	14
2.3 Esquema de equipos de amarre y fondeo:	14
3. Anexo:	15

9.1. Introducción:

El objetivo de este trabajo es dimensionar la maquinaria y equipos requeridos para las operaciones de amarre y fondeo de un buque LPG y realizar un esquema de equipos en cubierta para mostrar sus ubicaciones. Para esto se usarán las reglas dadas por el *DNV-GL*. Los equipos se seleccionarán a través de catálogos comerciales

9.2. Desarrollo:

El dimensionamiento de los elementos de amarre y fondeo se hará para un buque LPG con las siguientes características generales:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 1)

9.2.1 Dimensionamiento de equipos de fondeo:

9.2.1.1 Cálculo de equipos:

9.2.1.1.1 Obtención del numeral de equipo:

Para obtener el número de equipo la fórmula dada por el *DNV-GL* en Pt.3 Ch.11 Sc.1.3.1, mostrada a continuación:

$$EN = k \times (\Delta^2/3) + mBh + nA \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: $k = 1$

$m = 2$

$n = 0,1$

Δ = Desplazamiento para el calado de verano (19.185,4 Tn)

B = Manga moldeada (20 m)

$h = a + h1 + h2 + h3 + h4 + h5 + hcub\ tqs + hcastillo$ (28,48 m)

a = francobordo moldeado (2,12 m)

$h1 = 3,2$ m

$h2 = 3$ m

$h3 = 3$ m

$h4 = 3$ m

$h5 = 3$ m

$hcub\ tqs = 6,4$ m

$hcastillo = 4,76$ m

$A = 1040$ m²

Ver plano ABA-PB-200-003_B (Hoja 3)

Con estos valores se obtiene que EN es igual a **1959,86**. Debido a que en la tabla dada en el DNV-GL para obtener el número y datos de los equipos los EN son números enteros, se adopta un EN igual a **1960**. De la tabla mostrada a continuación se puede ver que la letra del equipo es **G**.

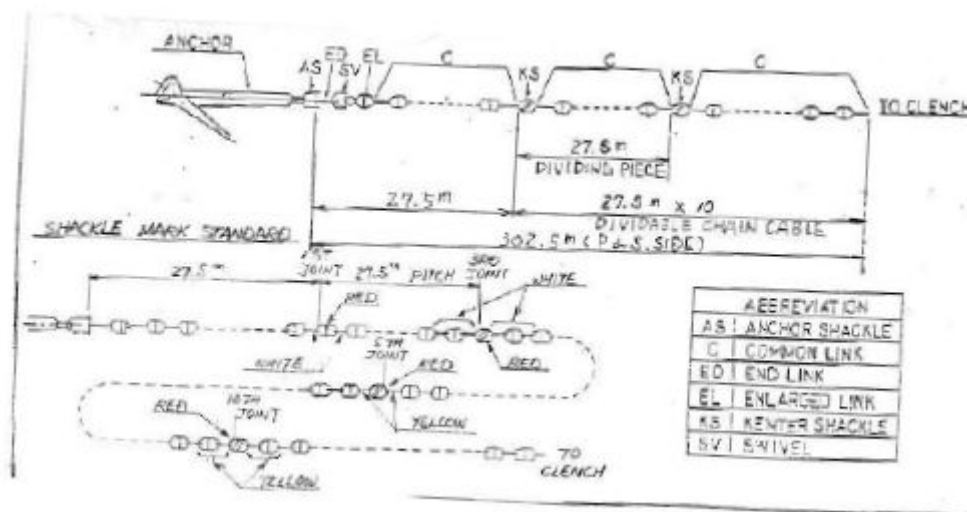
Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables				Towline (guidance)		Mooring lines ¹⁾ (guidance)		
		Number	Mass per anchor kg	Total length	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
				m	VL K1 mm	VL K2 mm	VL K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
550 to 599	p	2	1740	440	42	36	32	190	338	4	160	132
600 to 659	q	2	1920	440	44	38	34	190	371	4	160	147
660 to 719	r	2	2100	440	46	40	36	190	406	4	160	157
720 to 779	s	2	2280	467.5	48	42	36	190	441	4	170	172
780 to 839	t	2	2460	467.5	50	44	38	190	480	4	170	186
840 to 909	u	2	2640	467.5	52	46	40	190	518	4	170	201
910 to 979	v	2	2850	495	54	48	42	190	559	4	170	216
980 to 1059	w	2	3060	495	56	50	44	200	603	4	180	230
1060 to 1139	x	2	3300	495	58	50	46	200	647	4	180	250
1140 to 1219	y	2	3540	522.5	60	52	46	200	691	4	180	270
1220 to 1299	z	2	3780	522.5	62	54	48	200	738	4	180	284
1300 to 1389	A	2	4050	522.5	64	56	50	200	786	4	180	309
1390 to 1479	B	2	4320	550	66	58	50	200	836	4	180	324
1480 to 1569	C	2	4590	550	68	60	52	220	888	5	190	324
1570 to 1669	D	2	4890	550	70	62	54	220	941	5	190	333
1670 to 1789	E	2	5250	577.5	73	64	56	220	1024	5	190	353
1790 to 1929	F	2	5610	577.5	76	66	58	220	1109	5	190	378
1930 to 2079	G	2	6000	577.5	78	68	60	220	1168	5	190	402
2080 to 2229	H	2	6450	605	81	70	62	240	1259	5	200	422
2230 to 2379	I	2	6900	605	84	73	64	240	1356	5	200	451
2380 to 2529	J	2	7350	605	87	76	66	240	1453	5	200	480
2530 to 2699	K	2	7800	632.5	90	78	68	260	1471	6	200	480
2700 to 2869	L	2	8300	632.5	92	81	70	260	1471	6	200	490
2870 to 3039	M	2	8700	632.5	95	84	73	260	1471	6	200	500
3040 to 3209	N	2	9300	660	97	84	76	280	1471	6	200	520
3210 to 3399	O	2	9900	660	100	87	78	280	1471	6	200	554
3400 to 3599	P	2	10500	660	102	90	78	280	1471	6	200	588
3600 to 3799	Q	2	11100	687.5	105	92	81	300	1471	6	200	618
3800 to 3999	R	2	11700	687.5	107	95	84	300	1471	6	200	647
4000 to 4199	S	2	12300	687.5	111	97	87	300	1471	7	200	647

(Tabla 2)

9.2.1.1.2 Dimensionamiento de ancla y cadena

De la tabla 2 se ve que el **número requerido de anclas es 2**. Cada una de estas tendrá que tener un peso de **6000 Kg**.

La cadena por requerimiento del DNV-GL deberá tener una **longitud total de 577,5 metros**, un **diámetro de 78 mm** y deberá ser de **grado K1** por condición de diseño. La longitud de la cadena se separa en tramos o grilletes de 27,5 m (15 brazas) por lo que son **21 tramos**. Debido a que es un número impar una banda contará con 11 tramos y la otra con 10. Cada tramo se une con un eslabón o grillete desacoplable. En la figura a continuación se muestran los distintos tipos de eslabones a lo largo de la cadena.



Cada cadena contará con:

1. Un grillete de unión, entre cadena y ancla (anchor shackle)
2. Eslabón de fin de tramo (End link)
3. Grillete giratorio (swivel)
4. Eslabón común (common link)
5. Grillete desacoplable (Kenter shackle)
6. Eslabón de unión entre el eslabón giratorio y el eslabón común (enlarged link)

Elemento	Peso unitario (Kg/m) o (Kg)	Cadena de 10 tramos		Cadena de 11 tramos	
		Cantidad	Peso (Kg)	Cantidad	Peso (Kg)
Anchor shackle	150	1	150	1	150
Common link	42	10	11550	11	12705
End link	63	1	63	1	63
Enlarged link	55	1	55	1	55
Kenter shackle	65	10	650	11	715
Swivel	194	1	194	1	194
Total	569	24	12662	26	13882

(Tabla 3)

El peso unitario (Pu) de la cadena es de **46,04 Kg/m**.

9.2.1.1.3 Dimensionamiento de cabrestante:

Se obtiene la carga en la cadena, según los requerimientos dados por el DNV-GL Pt.3 Ch.11 sc.1.6.1.5, a través de la siguiente ecuación:

$$F_{mol} = 41,7 d^2 \text{ (Ec. 4)}$$

Donde: d = Diámetro de la cadena (**78 mm**)

Quedando esta igual a **253,7 KN**. Este trabajara con una velocidad de izado de **9 m/min**.

La carga del cabrestante en sobrecarga se obtiene como **1.5 x F_{mol}** , siendo igual a **380,55 KN**

9.2.1.1.4 Dimensionamiento de tubo de escobén:

El diámetro interior del tubo se obtuvo como:

$$D_{esc} = 10 \times d \text{ (Ec. 11)}$$

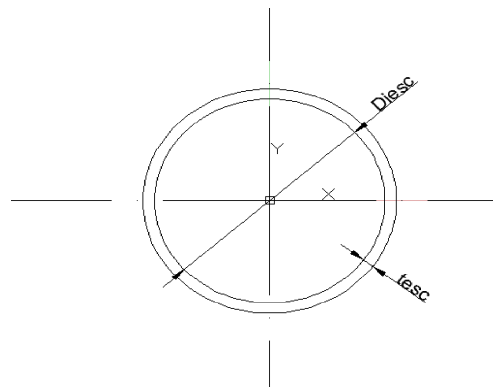
Donde: d = Diámetro de cadena (**78 mm**)

Quedando igual a **780 mm**. El espesor del tubo se calculó como:

$$t_{esc} = 0,5 \times d \text{ (Ec. 12)}$$

Donde: d = Diámetro de cadena (**78 mm**)

Quedando igual a **39 mm**.



(Fig. 2)

9.2.1.1.5 Dimensionamiento de gatera:

El diámetro de la gatera se obtuvo como:

$$D_{gatera} = 7 \times d \quad (\text{Ec. 13})$$

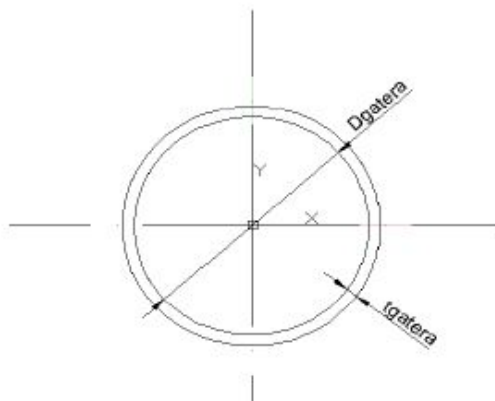
Donde: d = Diámetro de cadena (**78 mm**)

Quedando igual a **546 mm.**, y el espesor como

$$t_{gatera} = 0,3 \times d \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde: d = Diámetro de cadena (**78 mm**)

Siendo igual a **23,4 mm.**



(Fig. 3)

9.2.1.1.6 Dimensionamiento de caja de cadenas:

El volumen ocupado por la cadena en la caja se calculó con la siguiente ecuación:

$$V_{cad-caja} = 0,082 \times (d^2) \times L \times (1 \times 10^{-4}) \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde: d = Diámetro de cadena (**78 mm**)

L = Largo de cadena (**288,75 m**)

Quedando igual a **14,41 m³**. En caso de ser cilíndrica, el diámetro de la caja ($D_{cad-caja}$) se lo podría fijar como $30 \times d$, siendo igual **2340 mm**. Esto sirve para obtener una primer aproximación a las dimensiones de los lados para una caja de forma prismática, lo que facilita su construcción. En el caso de la caja de cadenas del buque tendrá una forma prismática, en la cual cada lado (a) tendrá una longitud de 2,5 m, para que coincida con la clara de cuadernas del buque.

La altura de la caja se calculó con la siguiente ecuación:

$$H_{caja} = \frac{V_{cad-caja}}{a \times a} + 1,7 \quad (\text{Ec. 16})$$

Quedando igual a **4 m**. El segundo término tiene en cuenta el espacio ocupado por el pocete de achique, según lo recomendado por N. Fiorentino en *Apuntes de alistamiento naval*.

Con estas dimensiones se obtiene un volumen de 25 m³ para cada caja. En el esquema ABA-PB-200-004_C se presenta un croquis con las dimensiones de la caja de cadena y su ubicación en el buque.

9.2.1.2 Normalización de equipos

A continuación se darán los detalles de los equipos comerciales seleccionados en función de los distintos requerimientos particulares

9.2.1.2.1 Cadena de ancla:

Para la cadena se tomó de la marca **Sotra** una cadena de **78 mm de diámetro, grado 1**, con tensión de rotura de **2260 KN**. El resto de la información sobre esta cadena se encuentra disponible en el catálogo ubicado en el anexo.

9.2.1.2.2 Ancla:

Debido al tipo de suelo considerado se optó por elegir una ancla tipo **Hall** de la marca **Sotra**, con un peso de **6000 Kg**. Más información sobre el ancla elegida se encuentra disponible en el catálogo ubicado en el anexo.

9.2.1.2.3 Cabrestante:

Se eligió un equipo de la marca **Ellsen marine**, con estopor, **78 mm** de diámetro de cadena, de **26 Tn** de carga de trabajo, **9 m/min** de velocidad de trabajo.

9.2.1.2.4 Freno de cabrestante:

Se eligió uno de la marca **Towimor**, para un diámetro de cadena de **78 mm**. Más información sobre este equipo se encuentra disponible en el catálogo ubicado en el anexo.

9.2.2 Equipo de amarre:

Se hará el dimensionamiento del equipo de amarre para un calado de lastre (**6 m**).

9.2.2.1 Cálculo de resistencia y tensiones:

En la tabla mostrada a continuación se mostraran los valores de los distintos componentes de resistencia para las condiciones de amarre y maniobra. En los puntos siguientes se explicará cómo se obtuvieron los distintos valores:

Resistencia total		
Condicion	Maniobra	Amarrado
Rviento (KN)	0,93	1,40
Rcorriente (KN)	0,95	0,95
Rcasco (KN)	133,59	133,59
Rhelice (KN)	1,48	1,48
Rlongitudinal (KN)	2,43	2,43
Rtransversal (KN)	134,52	134,98

R total (KN)	134,54	135,00
--------------	--------	--------

(Tabla 2)

9.2.2.1.1 Resistencia al viento:

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$R \text{ viento} = K_a \times A_a \times V_a \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde: K_a = Coeficiente de resistencia al viento

A_a = Área proyectada del buque perpendicular al viento

V_a = Velocidad relativa del viento

A continuación se muestran los resultados obtenidos para la condición de amarre y maniobra

Resistencia al viento		
Condicion	Maniobra	Amarrado
K_a	0,0735	0,0735
A_a (m ²)	1267,32	1267,32
V_a (m/s)	10	15
R_a (KN)	0,93	1,40

(Tabla 3)

9.2.2.1.2 Resistencia de corriente

Se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$R_{\text{corr}} = 0,1212 \times A_w \times \{(V_w + V_s)^2 + 0,33 \times (V_w + V_s)\} \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde: A_w = Área mojada (m²)

V_w = velocidad de la corriente (m/seg)

V_s = Velocidad del buque (m/seg)

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las condiciones de amarre y maniobra:

Resistencia a corriente		
Condición	Maniobra	Amarrado
A_w (m ²)	4260	4260
V_w (m/s)	1,03	1,03
V_s (m/s)	0,17	0,17
R_w (KN)	0,95	0,95

(Tabla 4)

9.2.2.1.3 Resistencia del casco:

Se calculó con la siguiente ecuación:

$$R_{\text{casco}} = 73,2 \times A_s \times ((V_s + V_w)^2) \quad (\text{Ec. 19})$$

Donde: A_s = Área proyectada de la obra viva (m^2)

A continuación se muestran los valores obtenidos para la condición de maniobra y amarrado

Resistencia a casco		
Condicion	Maniobra	Amarrado
A_s (m^2)	1267,32	1267,32
V_w (m/s)	1,03	1,03
V_s (m/s)	0,17	0,17
R_v (KN)	133,59	133,59

(Tabla 5)

9.2.2.1.4 Resistencia de la hélice:

Se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$R_{\text{hélice}} = 26,4 \times (D^2) \times ((V_w + V_s)^4) \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde D = Diámetro de la hélice

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las distintas condiciones

Resistencia a hélice		
Condición	Maniobra	Amarrado
D hélice (m)	5,20	5,20
V_w (m/s)	1,03	1,03
V_s (m/s)	0,17	0,17
R_v (KN)	1,48	1,48

(Tabla 6)

9.2.2.1.5 Resistencia total:

Se dividió en resistencia longitudinal y transversal. La resistencia longitudinal se obtiene con la siguiente ecuación:

$$R_{\text{long}} = R_{\text{corr}} + R_{\text{hélice}} \quad (\text{Ec. 21})$$

y la resistencia transversal como:

$$R_{\text{trs}} = R_{\text{viento}} + R_{\text{casco}} \quad (\text{Ec. 22})$$

En la tabla mostrada a continuación se pueden ver los resultados obtenidos para la condición de maniobra y amarre

Resistencia total		
Condicion	Maniobra	Amarrado
Longitudinal (KN)	2,43	2,43

Transversal (KN)	134,52	134,98
R total (KN)	134,54	135,00

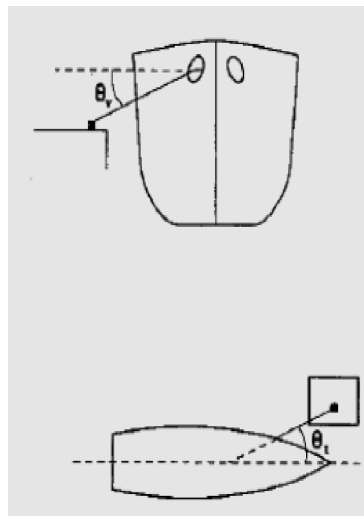
(Tabla 7)

9.2.2.1.6 Tensión en los cabos:

La tensión en los cabos se calculó con la siguiente ecuación:

$$T = R \text{ total} / (\cos \theta_t \times \cos \theta_v) \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde θ_t y θ_v son los ángulos de cabos de amarre



(Fig. 5)

Los resultados obtenidos para las dos condiciones son:

Tension en en los cabos		
Condicion	Maniobra	Amarrado
R total (KN)	134,54	135,00
tita v	25	25
tita t	45	60
cos tita v	0,906307787	0,906307787
cos tita t	0,707	0,5
T (KN)	209,94	297,92

(Tabla 8)

La tensión por cabo se obtiene como:

$$T = R \text{ total} \times f_1 \times f_2 / ((\cos \theta_t \times \cos \theta_v) \times N^\circ \text{ de cabos}) \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde f_1 = Factor de seguridad por desfase de tensión en los cabos

f_2 = Factor de seguridad por resistencia de los cabos

Tomando la tensión de corte dada por el DNV-GL en la tabla 2 se puede obtener el número de cabos mínimos y luego la tensión por cabo con las siguientes ecuaciones:

$$N^{\circ} \text{ de cabos mínimo} = R \text{ total} \times f1 \times f2 / ((\cos \Theta_t \times \cos \Theta_v) \times Q_{rot})$$

(Ec. 24)

$$T \text{ cabo (KN)} = R \text{ total} \times f1 \times f2 / ((\cos \Theta_t \times \cos \Theta_v) \times N^{\circ} \text{ de cabos})$$

(Ec. 24)

Los resultados obtenidos para las dos condiciones fueron:

Tensión en en los cabos		
Condición	Maniobra	Amarrado
T (KN)	209,94	297,92
f1	1,25	1
f2	3,8	3,8
Qrotura	402	402
N° de cabos mínimo	2,48	2,82
N° de cabos	5	5
T cabo (KN)	199,44	226,42

(Tabla 9)

9.2.2.1.7 Dimensionamiento de los cabos de amarre:

A partir del numeral de equipo obtenido en el punto 2.1.1.1 (**EN = 1960**) se ingresa en la tabla 2 y se obtienen los distintos requisitos para los cabos

Los requisitos para los cabos son:

Datos de cabos de amarre	
Longitud por cabo (m)	190
Num min de cabos	5,00
Qrotura (KN)	402
Datos de cabos de remolque	
Longitud (m)	220
Qrotura (KN)	1168
Datos de cabos comerciales seleccionados (amarre)	
Marca	Stenhouselifting
Modelo	SuperMax 12-Strand Braided Rope
d (mm)	20
Qrot (KN)	407,1
Datos de cabos comerciales seleccionados (remolque)	
Marca	Stenhouselifting
Modelo	SuperMax 12-Strand Braided Rope

d (mm)	40
Qrot (KN)	1245,8

(Tabla 11)

Más información sobre el cabo seleccionado se encuentra disponible en el anexo.

Adicionalmente se deben agregar 6 cabos a proa y 6 a popa para cumplimentar lo exigido por las autoridades del canal de Panamá. A continuación se muestra un extracto del reglamento, sobre equipos de amarre, para realizar el cruce por dicha vía.

7. Cabos Requeridos:

1. Para el amarre a un muelle a los muros de aproximación o para asegurar el buque dentro de la cámara, será responsabilidad del buque tener en cubierta y listos para ser usados de inmediato, seis (6) cabos de manila o material sintético a proa y seis (6) a popa de tamaño y resistencia adecuados antes de iniciar el tránsito. El capitán informará al Oficial de Inspección si se cumple con lo anterior, para su posterior notificación a la Autoridad.

2. Cada cabo será de al menos 75 metros (250 pies) de largo y tendrá un ojo de no menos de 1.50 metros (5 pies) ayustado en uno de sus extremos. Estos deberán estar en buenas condiciones. Las amarras de cable y las compuestas de cable y fibra o filamentos, no son aceptables para las operaciones del Canal. El no cumplir con estos requisitos resultará en demoras para el tránsito.

9.2.2.1.8 Dimensionamiento de guinche de proa:

Los guinches utilizados para realizar la maniobra en proa se encuentran formando parte del equipo de fondeo.

9.2.2.1.9. Dimensionamiento de guinche de popa:

Se instalan dos guinches uno a cada banda con una capacidad mínima de tiro igual a la de rotura de los cabos de remolque (**402 KN**). Para esto se selecciona un guinche de la marca **China Hi-Sea** con una carga de trabajo de **450 KN** y un motor de **85 KW** de potencia. Más información se encuentra disponible en el anexo.

9.2.2.1.9 Dimensionamiento del cabirón:

El diámetro se obtiene como $7 \times d_{\text{cabo}}$, quedando igual a **126 mm** y el largo como $8,5 \times d_{\text{cabo}}$, quedando igual a **153 mm**.

9.2.2.1.10 Dimensionamiento de bitas:

Se dimensiona teniendo en cuenta la carga por cabo calculada en el punto 2.2.1.6 y aplicandole un factor de seguridad de 1.25, según lo establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.11 Sc.2.5.5.1 (**T = 1460 KN**) se selecciona el modelo un equipo de la marca **TecContainer**, modelo **DIN 82607/BI-05 (508)** que tiene una carga de trabajo máxima de **20 Tn** y un diámetro de **545**

mm. Las dimensiones de este equipo se encuentran disponibles en el anexo.

9.2.2.1.11 Dimensionamiento de roletes:

Se dimensiona teniendo en cuenta la carga por cabo calculada en el punto 2.2.1.6 y aplicándole un factor de seguridad de 1.25, según lo establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.11 Sc.2.5.5.1 (**T = 1460 KN**) se selecciona el modelo un equipo de la marca **TecContainer**, modelo **DIN 81906/RG-81906 (500)**, que tiene una carga de trabajo máxima de **20 Tn** y un diámetro de **500 mm**. Las dimensiones de este equipo se encuentran disponibles en el anexo.

9.2.2.1.12 Dimensionamiento de portaespías:

Se dimensiona teniendo en cuenta la carga por cabo calculada en el punto 2.2.1.6 y aplicándole un factor de seguridad de 1.25, según lo establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.11 Sc.2.5.5.1 (**T = 1460 KN**) se selecciona el modelo un equipo de la marca **TecContainer**, modelo **C DIN 81915/GC-55**, que tiene una carga de trabajo máxima de **25 Tn**. Las dimensiones de este equipo se encuentran disponibles en el anexo.

9.2.2.1.13 Dimensionamiento de rodillos:

Se dimensiona teniendo en cuenta la carga por cabo calculada en el punto 2.2.1.6 y aplicándole un factor de seguridad de 1.25, según lo establecido por el DNV-GL en la Pt.3 Ch.11 Sc.2.5.5.1 (**T = 1460 KN**) se selecciona el modelo un equipo de la marca **TecContainer**, que tiene una carga de trabajo máxima de **15 Tn**. Las dimensiones de este equipo se encuentran disponibles en el anexo.

9.2.3 Esquema de equipos de amarre y fondeo:

La disposición de elementos se puede ver en el plano ABA-PB-200-003_B (Hojas 1 y 2). Esta se hace de forma tal de cumplir con lo reglamentado para hacer el cruce a través del canal de Panamá. Un extracto de dicho reglamento, referido a la ubicación de los elementos de amarre se encuentra disponible en el anexo.

9.3. Anexo:

Cabrestante:



Ellsen Single Drum Anchor Mooring Winch

Single Drum anchor mooring winch parameters:

- Load capacity: 1 ton-100 ton
- Drum capacity: 100- 1000 m
- Dia of anchor chain: $\varnothing 12\text{mm}$ – $\varnothing 128\text{mm}$
- Driven type: electric,hydraulic,diesel

 **Get a Free Quote**

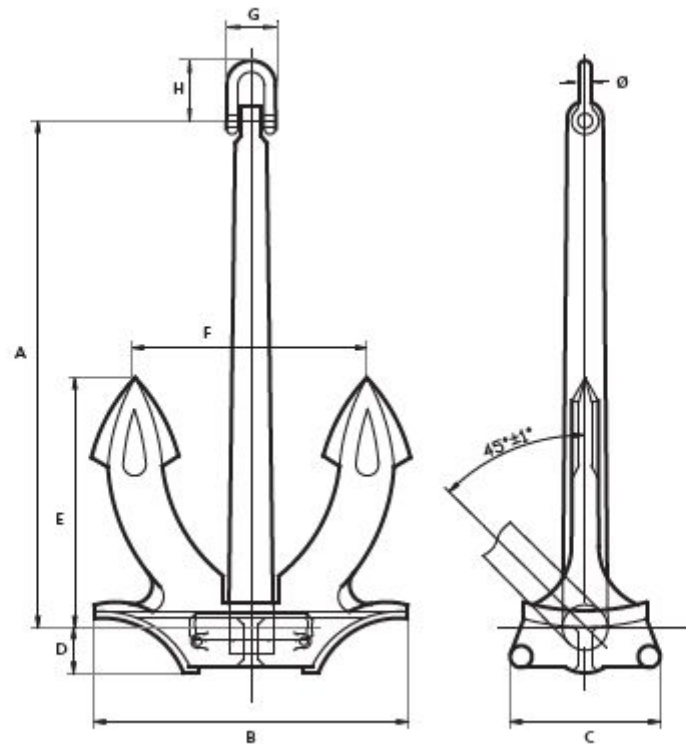
Cadena



Diam	Studlink Chain Weights		Common Link	Enlarged Link	End Link	Joining Shackle Kenter	Anchor Shackle Type D	Swivel	Swivel Shackle type A	Complete Swivel-Forerunner
mm	Kgs/mtr	Kgs/27,5 mtr	Kgs	Kgs	Kgs	Kgs	Kgs	Kgs	Kgs	Kgs
12.5	3.5	96	0.17	0.23	0.23	0.39	1.1	0.9	—	1.76
14	4.4	121	0.24	0.32	0.36	0.51	1.3	1.3	—	2.52
16	5.8	160	0.36	0.50	0.51	0.62	1.6	1.7	—	3.57
17.5	7.0	193	0.47	0.74	0.68	0.82	2.0	2.1	—	4.73
19	8.1	223	0.60	0.88	0.89	1.00	2.5	2.5	9.0	5.75
20.5	10.0	275	0.75	1.10	1.13	1.35	3.3	3.1	11.3	7.18
22	11.1	305	0.93	1.25	1.28	1.6	4.0	3.5	13.9	8.21
24	13.3	366	1.21	1.70	1.77	2.0	5.0	5.0	18.1	11.38
26	15.7	432	1.55	2.15	2.20	2.7	6.0	6.0	23.9	14.05
28	18.3	503	1.9	2.8	2.9	3.3	8.0	7.5	29.6	17.90
30	21.0	578	2.4	3.2	3.3	3.9	9.5	9.0	35.4	21.1
32	23.9	657	2.9	3.9	4.0	4.6	12.0	11.0	44.6	25.7
34	27.0	743	3.4	4.7	5.0	5.8	14.0	13.5	53.7	31.3
36	30.2	831	4.0	5.5	5.9	6.6	17.0	16.0	62.9	36.9
38	33.7	927	4.7	6.1	6.8	7.8	20.0	19.0	71.9	42.7
40	37.1	1020	5.5	7.1	8.0	9.1	23.0	23.0	85.9	50.7
42	40.5	1114	6.4	8.4	9.6	10.5	26.0	27.0	100.0	59.8
44	44.3	1218	7.4	10.0	11.2	12.2	29.0	32.0	114.0	70.6
46	48.5	1334	8.5	11.5	13.0	14.0	33	37.0	128.0	81.5
48	52.8	1452	9.8	13.1	15.0	16.0	37	44.0	147.5	95.0
50	57	1568	11	15	17	18	41	57	167.0	115
52	62	1705	13	17	20	20	45	57	186.5	124
54	66	1815	14	19	22	20	50	67	206.0	141
56	71	1953	16	21	23	24	54	67	232.5	148
58	77	2118	17	23	25	28	65	80	259.0	168
60	83	2283	19	25	27	28	70	95	285.5	191
62	88	2420	21	28	30	33	76	95	312.0	202
64	94	2585	23	31	34	38	82	112	345.0	231
66	100	2750	25	34	38	38	94	130	378.7	261
68	107	2943	27	37	42	44	101	130	412.0	273
70	114	3135	30	40	45	44	108	152	451.2	307
73	124	3410	34	45	52	51	124	172	510.0	348
76	135	3713	39	50	59	58	141	194	575.0	392
78	142	3905	42	55	64	65	150	194	623.4	409
81	154	4235	46	61	70	74	171	220	696.0	458
84	166	4565	52	68	78	84	193	242	776.0	508
87	178	4895	58	75	86	94	218	270	867.5	564
90	189	5198	64	82	95	105	243	300	959.0	623
92	199	5473	68	88	100	105	256	325	1020.0	669
95	211	5803	75	98	112	115	290	350	1123.0	733
97	220	6050	80	102	120	135	305	350	1196.0	754
100	234	6435	88	112	130	150	335	385	1310.0	827
102	243	6683	93	120	138	150	350	420	1397.3	891
107	266	7315	109	140	158	175	410	495	1615.5	1042
111	287	7893	120	160	175	200	445	535	1792.0	1150
114	304	8360	130	173	193	225	475	570	1959.1	1239
117	317	8718	142	185	210	225	505	610	2126.1	1332
122	345	9488	160	210	235	267	550	650	2404.6	1465
127	375	10313	182	235	260	315	600	720	2683.0	1632
132	400	11000	205	260	305	370	675	760	3095.4	1790
137	436	11990	230	285	330	390	750	900	3507.9	2030
142	467	12843	255	325	375	450	900	1100	3920.3	2380
147	489	13723	280	395	410	505	1055	1200	4332.7	2680
152	535	14713	310	410	460	545	1200	1400	4745.1	2990
157	570	15675	345	455	510	605	1340	1550	5157.6	3315
162	610	16775	375	500	560	660	1450	1700	5570.0	3635

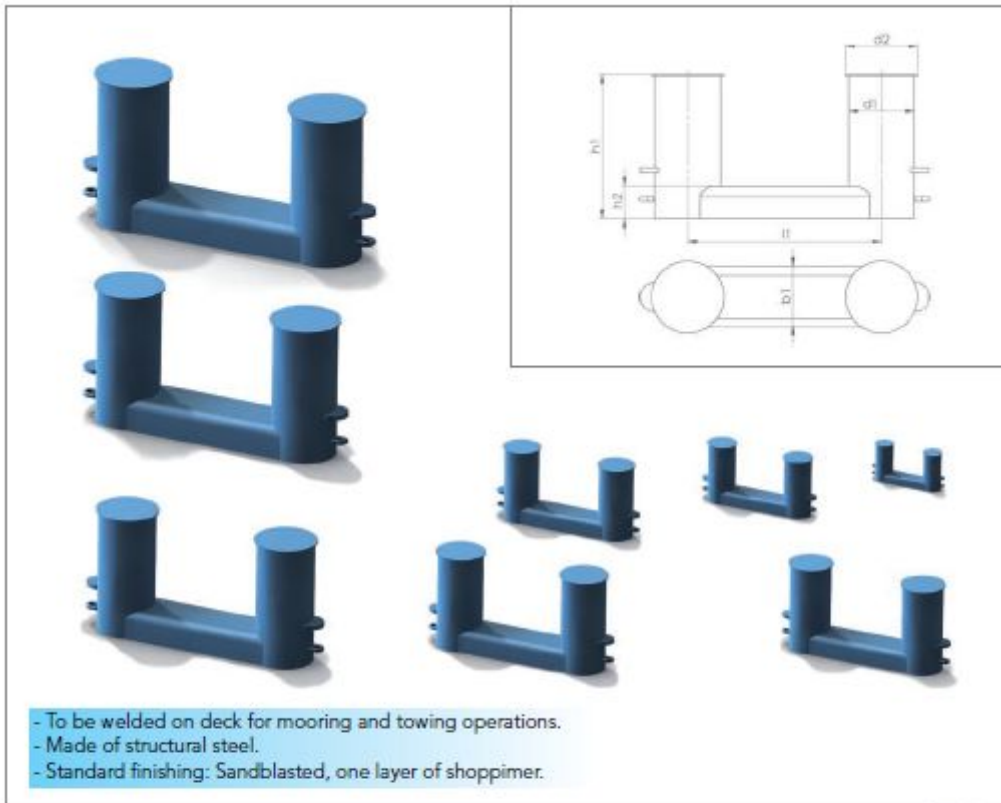
Chain diameter		Grade 1		Grade 2		Grade 3		Number of links per 27.5 mtr
inches	mm	Proofload kN	Breakload kN	Proofload kN	Breakload kN	Proofload kN	Breakload kN	
1/2	12.5	46	66	66	92	-	-	549
9/16	14	58	82	82	116	-	-	491
5/8	16	76	107	107	150	-	-	429
11/16	17.5	89	127	127	179	-	-	391
3/4	19	105	150	150	211	-	-	357
13/16	20.5	123	175	175	244	244	349	329
7/8	22	140	200	200	280	280	401	305
15/16	24	167	237	237	332	332	476	285
1	26	194	278	278	389	389	556	259
1 1/8	28	225	321	321	449	449	642	245
1 3/16	30	257	368	368	514	514	735	225
1 1/4	32	291	417	417	583	583	833	213
1 5/16	34	328	468	468	655	655	937	195
1 7/16	36	366	523	523	732	732	1050	187
1 1/2	38	406	581	581	812	812	1160	179
1 9/16	40	448	640	640	896	896	1280	171
1 5/8	42	492	703	703	981	981	1400	165
1 3/4	44	538	769	769	1080	1080	1540	153
1 13/16	46	585	837	837	1170	1170	1680	147
1 7/8	48	635	908	908	1270	1270	1810	143
2	50	686	981	981	1370	1370	1960	137
2 1/16	52	739	1060	1060	1480	1480	2110	129
2 1/8	54	794	1140	1140	1590	1590	2270	125
2 3/16	56	851	1220	1220	1710	1710	2430	123
2 5/16	58	909	1290	1290	1810	1810	2600	119
2 3/8	60	969	1380	1380	1940	1940	2770	113
2 7/16	62	1030	1470	1470	2060	2060	2940	111
2 1/2	64	1100	1560	1560	2190	2190	3130	107
2 5/8	66	1160	1660	1660	2310	2310	3300	105
2 11/16	68	1230	1750	1750	2450	2450	3500	99
2 3/4	70	1290	1840	1840	2580	2580	3690	97
2 7/8	73	1390	1990	1990	2790	2790	3990	93
3	76	1500	2150	2150	3010	3010	4300	89
3 1/16	78	1580	2260	2260	3160	3160	4500	87
3 3/16	81	1690	2410	2410	3380	3380	4820	85
3 5/16	84	1800	2580	2580	3610	3610	5160	81
3 7/16	87	1920	2750	2750	3850	3850	5500	79
3 9/16	90	2050	2920	2920	4090	4090	5840	77
3 5/8	92	2130	3040	3040	4260	4260	6080	73
3 3/4	95	2260	3230	3230	4510	4510	6440	71
3 13/16	97	2340	3340	3340	4680	4680	6690	71
3 15/16	100	2470	3530	3530	4940	4940	7060	69
4	102	2560	3660	3660	5120	5120	7320	67
4 1/8	105	2700	3850	3850	5390	5390	7700	65
4 3/16	107	2790	3980	3980	5570	5570	7960	63
4 3/8	111	2970	4250	4250	5940	5940	8480	61
4 1/2	114	3110	4440	4440	6230	6230	8890	59
4 5/8	117	3260	4650	4650	6510	6510	9300	57
4 3/4	120	3400	4850	4850	6810	6810	9720	57
4 13/16	122	3500	5000	5000	7000	7000	9990	57
4 7/8	124	3600	5140	5140	7200	7200	10280	55
5	127	3750	5350	5350	7490	7490	10710	55
5 1/8	130	3900	5570	5570	7800	7800	11140	53
5 3/16	132	4000	5720	5720	8000	8000	11420	53
5 3/8	137	4260	6080	6080	8510	8510	12160	51

Ancla:



Weight	A	B	C	D	E	F	G	H	Ø
Kgs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1020	1645	1268	584	195	891	891	183	255	50
1290	1778	1374	630	211	965	965	216	280	62
1500	1869	1447	664	222	1015	1015	216	280	62
1740	1966	1517	698	234	1068	1068	238	310	68
2000	2058	1590	732	245	1120	1120	238	310	68
2280	2150	1657	763	255	1165	1165	260	340	74
2460	2207	1700	784	262	1194	1194	260	340	74
3000	2374	1832	841	282	1283	1283	284	360	82
3540	2490	1926	883	295	1349	1349	287	380	82
4000	2610	2008	924	309	1406	1406	310	385	90
4500	2712	2093	962	322	1465	1465	316	410	90
4890	2769	2135	984	329	1498	1498	346	415	100
5000	2790	2150	991	331	1510	1510	346	415	100
6000	2965	2284	1054	352	1605	1605	350	450	100
6900	3100	2393	1105	369	1681	1681	370	480	110
7800	3235	2493	1152	385	1752	1752	380	500	110
8775	3355	2585	1195	399	1816	1816	400	540	117
9072	3392	2615	1209	404	1837	1837	421	580	124
9900	3502	2699	1248	417	1896	1896	421	580	124
11100	3638	2803	1297	433	1970	1970	437	600	130
15400	4056	3126	1446	483	2199	2199	498	680	150
16100	4117	3173	1468	490	2232	2232	498	680	150

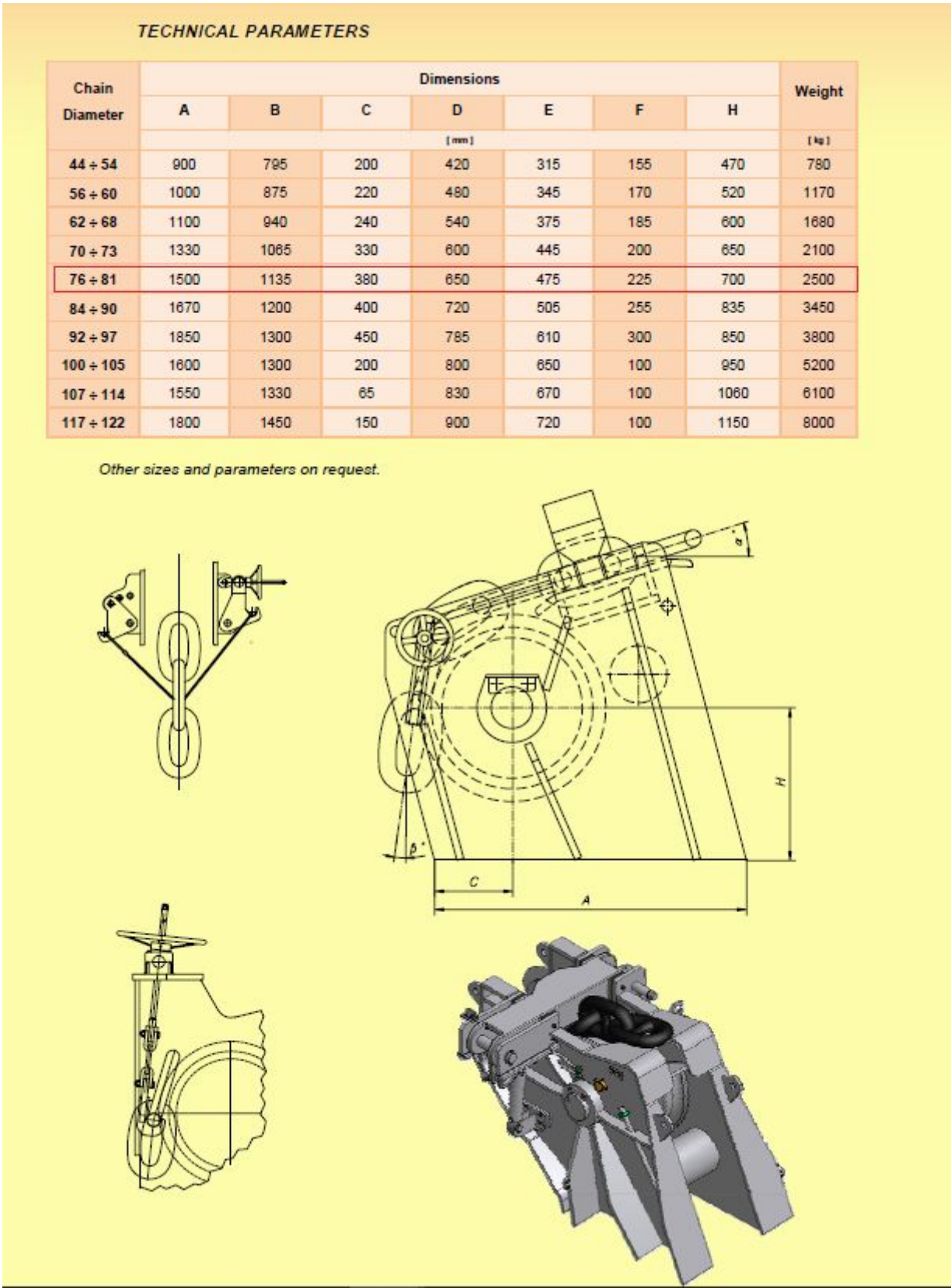
Bitas:

Bollards DIN 82607 / BI-05

Dimensions in mm

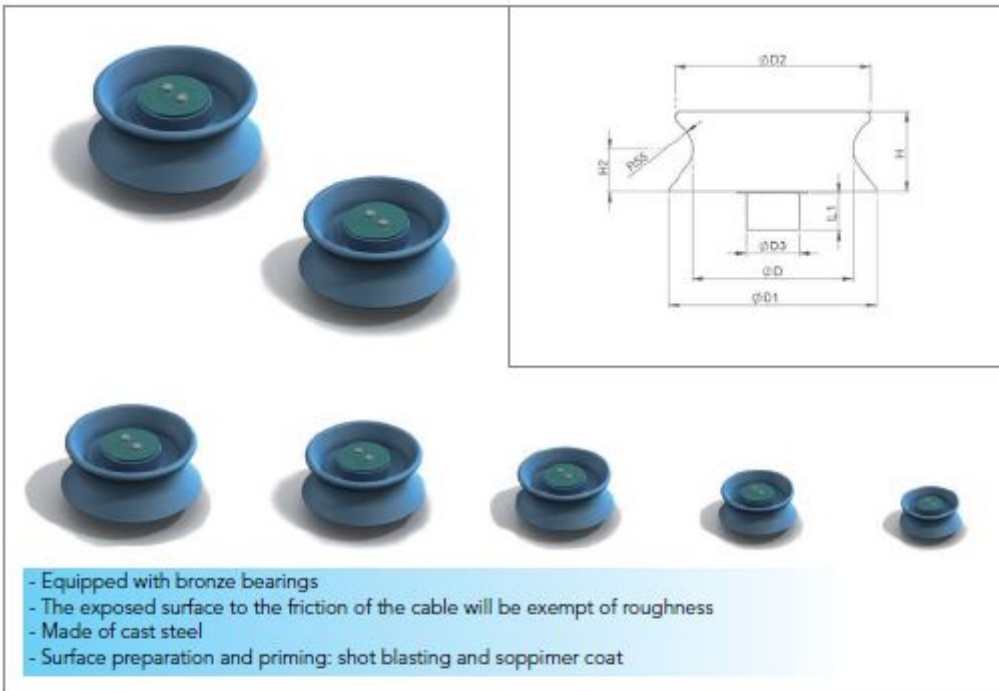
Model	Rope working load	d1	d2	h1	h2	l1 ± 10	b1
BI-05 (140)	1 Tn	139,7	160	370	105	430	130
BI-05 (220)	2 Tn	219,1	240	475	115	570	180
BI-05 (273)	3.2 Tn	273	300	570	135	700	250
BI-05 (325)	5 Tn	323,9	355	670	150	880	300
BI-05 (355)	8 Tn	355,6	390	780	175	1050	330
BI-05 (457)	12 Tn	457	490	860	195	1200	420
BI-05 (508)	20 Tn	508	545	970	230	1350	470
BI-05 (559)	32 Tn	559	600	1000	270	1400	530

Freno de ancla:



Roletes:

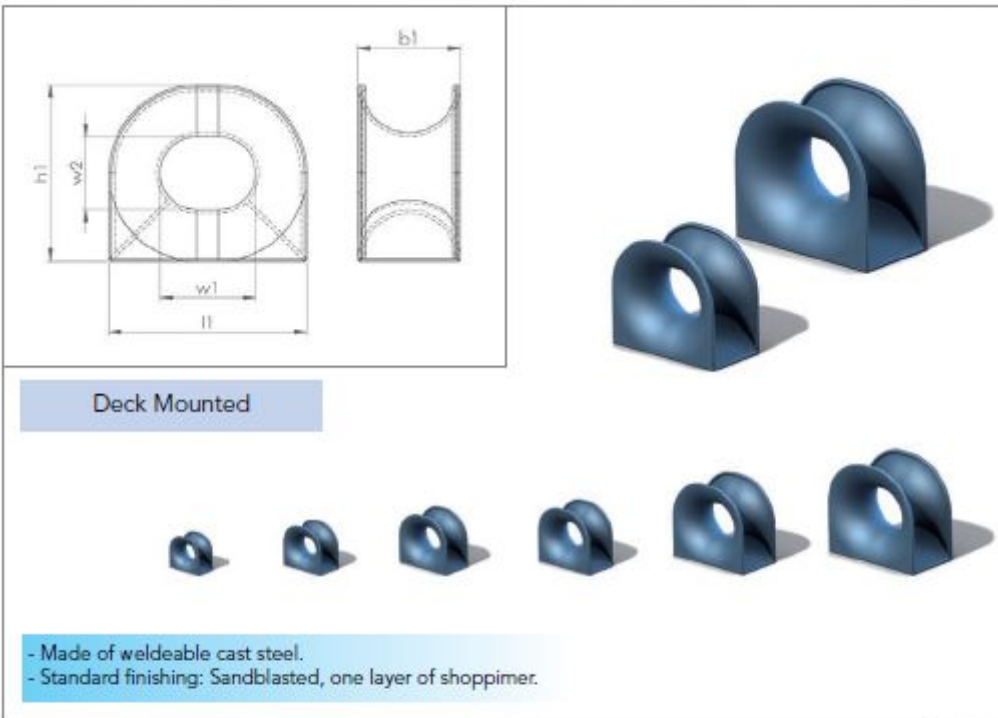
Din 81906 / RG-81906



Dimensions in mm

MODEL	Wire traction	L1	D	D1	D2	D3	H	H2
RG-81906 (200)	2 Tn	50	200	265	245	70	102	56
RG-81906 (250)	3 Tn	50	250	330	300	85	126	71
RG-81906 (320)	5 Tn	50	320	420	390	106	160	88
RG-81906 (400)	8 Tn	60	400	530	490	125	208	113
RG-81906 (450)	12 Tn	85	450	610	560	160	256	139
RG-81906 (500)	20 Tn	100	500	640	620	190	278	144
RG-81906 (560)	32 Tn	150	560	780	740	230	348	183

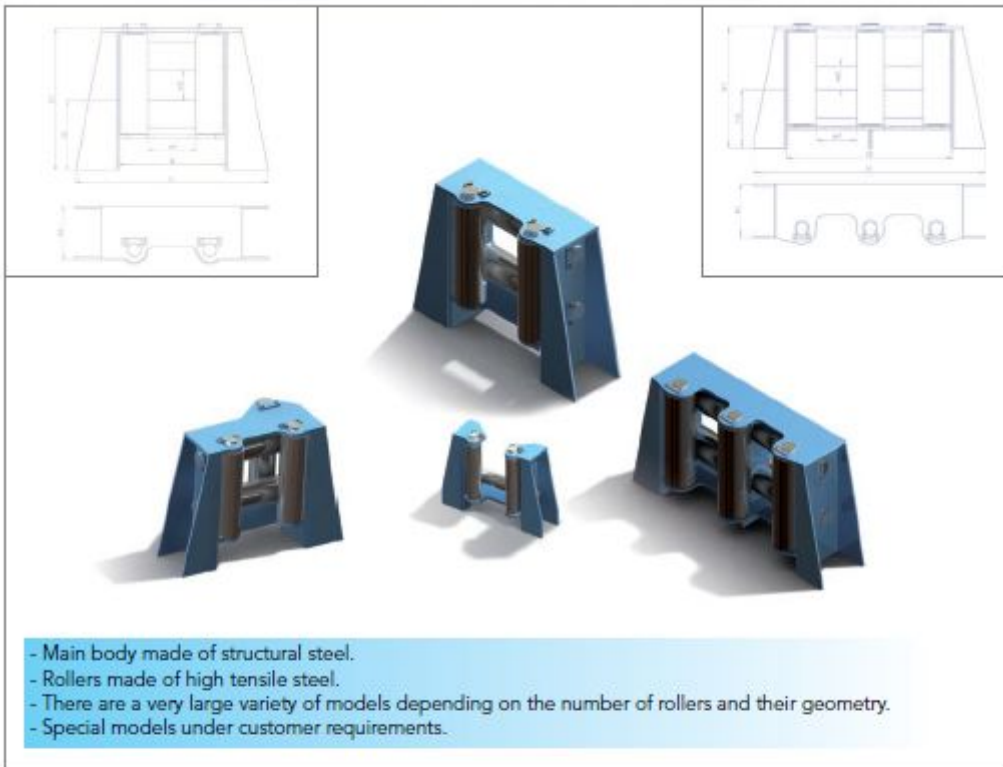
Gatera:

Model C DIN - 81915

Dimensions in mm

Model	SWL	Wire window (w1 x w2)	l1 x h1 x b1	Weight
GC-1	5 Tn	125 x 90	285 x 160 x 250	19,5
GC-2	10 Tn	160 x 115	360 x 200 x 315	29
GC-3	16 Tn	200 x 140	450 x 250 x 390	48
GC-55	25 Tn	300 x 250	480 x 180 x 430	85
GC-8	40 Tn	320 x 225	680 x 360 x 585	136
GC-12	65 Tn	400 x 270	840 x 440 x 710	211
GC-20	100 Tn	500 x 320	1020 x 520 x 840	325
GC-32	160 Tn	600 x 400	1300 x 700 x 1100	840

Rodillos:

Welded Fairleads

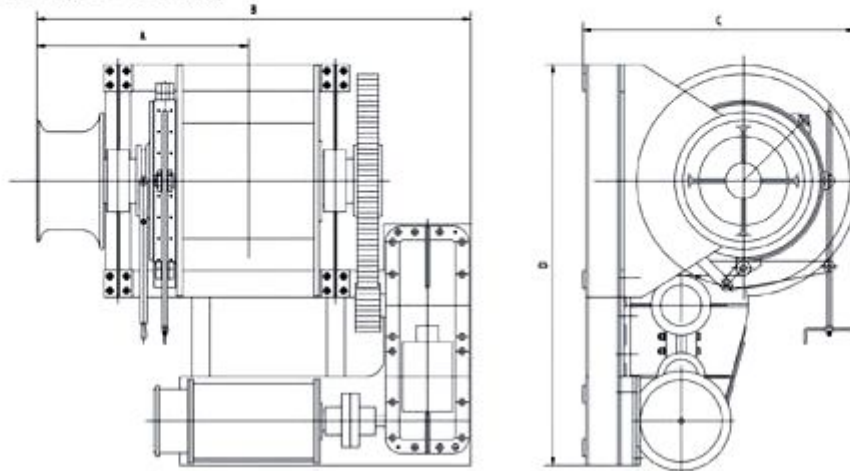
Dimensions in mm

Ø	Rope BL	w1	w2	h1	h2	l1	l2	b1
100	15 Tn	220	120	570	265	800 / 1120	450 / 770	190
127	22 Tn	250	140	670	310	910 / 1285	535 / 910	250
140	40 Tn	280	150	740	355	1010 / 1430	590 / 1010	275
178	60 Tn	300	160	850	410	1205 / 1685	685 / 1165	340
194	80 Tn	320	170	930	450	1310 / 1825	740 / 1255	370
244	100 Tn	340	180	1060	520	1355 / 1940	860 / 1445	475
298	160 Tn	400	250	1290	610	1705 / 2400	1030 / 1725	580

Guinche de amarre por popa:

Electric Single Drum Mooring Winch[\[Back\]](#)[\[Search Related Products\]](#)

■ 外形图 Figure drawing



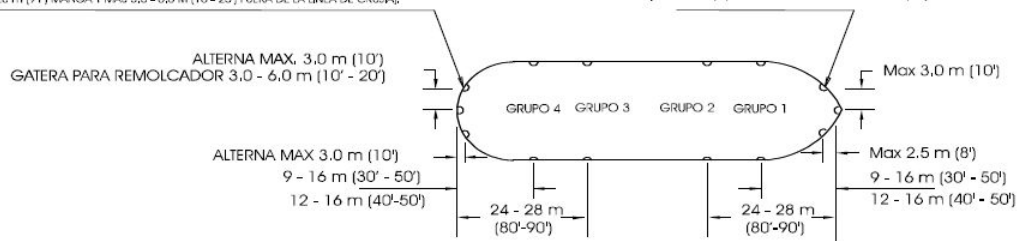
Rated Pull(kN)	Rated Speed(m/min)	Drum Capacity(m)	Motor Power(kW)
5	≥12	Φ8x100	3/1.2
10	≥12	Φ10x150	4.3/1.7
20	≥12	Φ15x150	8.5/3.5
30	≥15	Φ17x150	11/11/7.5
40	≥15	Φ18x150	16/16/11
50	≥15	Φ20.5x150	22/22/16
75	≥15	Φ26x200	30/30/22
80	≥15	Φ26x200	30/30/22
100	≥15	Φ30x200	45/45/30
125	≥15	Φ30x200	45/45/30
160	≥15	Φ32x250	60/60/45
200	≥9.6	Φ41x250	60/60/45
250	≥9.6	Φ44.5x250	60/60/45
315	≥7.8	Φ52x250	60/60/45
400	≥7.8	Φ56x250	85/85/64
450	≥7.8	Φ56x250	85/85/64
500	≥7.8	Φ58x250	85/85/64
560	≥6	Φ64x250	85/85/64
600	≥6	Φ64x250	85/85/64
650	≥6	Φ70x250	85/85/64
1000	≥4	Φ85x250	85/85/64
1200	≥4	Φ95x250	120/120/90
1500	≥4	Φ95x250	150/150/72
1800	≥4	Φ95x250	150/150/72
2000	≥4	Φ100x250	180/180/135

Requisitos canal de Panamá:

GATERA ALTERNA DE NO CONTAR CON GATERA DE POPA EN LA LINEA DE CRUJIA
[MAX. 3,0 m (10') A PROA DE LA POPA Y MAX. 3,0 m (10') FUERA DE LA LINEA DE CRUJIA]

GATERA ADICIONAL SENCILLA PARA REMOLCADOR.
[28 m (91') MANGA Y MAS 3,0 - 6,0 m (10' - 20') FUERA DE LA LINEA DE CRUJIA].

GATERA ALTERNA DE NO CONTAR CON GATERA DE PROA EN LA LINEA DE CRUJIA.
[MAX 2,5 m (8') A POPA DE LA PROA, MAX. 3,0 m (10') FUERA DE LA LINEA DE CRUJIA].



REQUISITOS MINIMOS (cm):
GATERA SENCILLA - 30.5 X 23.0
GATERA DOBLE - 35.5 X 25.5
RADIO - 18

TAMAÑO DEL BUQUE

Buques de menos de 60.96 m (200') de eslora y de menos de 9.14 m (30') de manga.

Buques de más de 60.96 m (200') y de menos de 121.92 m (400') de eslora y menos de 22.86 m (75') de manga.

Buques de más de 121.92 m (400') y de menos de 173.74 m (570') de eslora y menos de 22.86 m (75') de manga.

Buques de más de 173.74 m (570') de eslora y de 22.86 m (75') o más de manga.

NOTA: Buques con un francobordo inusualmente alto como los cargueros de vehículos, podrán sustituir las gateras de los Grupos 2 y 3 con bitas empotradas a no menos de 3.60 m (12 pies) ni más de 4.60 m (15 pies) sobre la línea de flotación.

GATERAS REQUERIDAS

Línea de crujía de proa (Doble) Línea de crujía de popa (Doble).
Dos sencillas (Alternas, de no contar con las de línea de crujía).

Además de las de proa y popa anteriores:

Grupo 1 [Sencilla de 9 a 16 m (30' a 50') a popa de proa].
Grupo 4 [Sencilla de 9 a 16 m (30' a 50') a proa de popa].

Además de las de proa y popa anteriores:

Grupo 1 [Dobles de 12 a 16 m (40' a 50') a popa de popa].
Grupo 2 [Sencillas de 24 a 28 m (80' a 90') a popa de popa].
Grupo 4 [Sencillas de 12 a 16 m (40' a 50') a proa de popa].

Línea de crujía de proa (Doble) Línea de crujía de popa (Doble).
Dos cables en la línea de crujía (Alternas, de no contar con las de línea de crujía).
Grupo 1 [Dobles de 12 a 16 m (40' a 50') a popa de popa].
Grupo 2 [Sencillas de 24 a 28 m (80' a 90') a popa de popa].
Grupo 3 [Sencillas de 24 a 28 m (80' a 90') a proa de popa].
Grupo 4 [Dobles de 12 a 16 m (40' a 50') a proa de popa].

9.4. Referencias:

- DNV-GL, Rules for building and classing steel vessel, Pt.3 Ch.11
- Fiorentino, N. (2014). “ Sistemas de amarre y fondeo”. Apuntes de Alistamiento Naval. Buenos Aires: ITBA
- Canal de Panamá (1999), Reglamento para la navegación en aguas del canal de Panamá.

Anexo

Cabrestante:

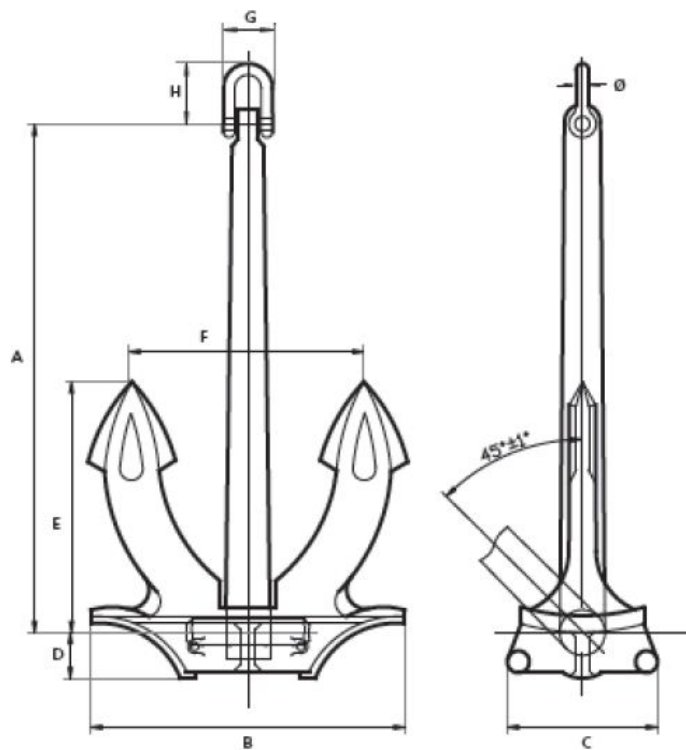
Chain Dia.(mm)	Working Load(kN)	Working Speed(m/ min)	Mooring Pull(kN)	Mooring Speed(m/ min)	Drum Capacity(m)	Motor Power(kW)
14/16/17.5	8.3/10.9/13.0	≥9	8	≥12	Φ11x100	4.3/1.7
19/20.5/22	15.3/17.9/20.6	≥9	15	≥12	Φ13x120	8.5/3.5
24/26	24.5/28.7	≥9	20	≥12	Φ15x120	8.5/3.5
28/30	33.3/38.3	≥9	30	≥12	Φ18x150	11/11/7.5
32/34/36	43.5/49.1/55.1	≥9	40	≥12	Φ20.5x150	16/16/11
38/40/42	61.4/68.0/75.0	≥9	50	≥12	Φ20.5x150	22/22/16
44/46/48	82.3/89.9/97.9	≥9	60	≥12	Φ26x200	30/30/22
50/52/54	106.3/114.9/123.9	≥9	60	≥15	Φ26x200	30/30/22
56/58/60	133.3/143.0/153.0	≥9	80	≥15	Φ26x200	45/45/30
62/64	163.4/174.1	≥9	80	≥15	Φ30x200	45/45/30
66/68	185.1/196.5	≥9	100	≥15	Φ30x200	45/45/30
70/73	208.3/226.5	≥9	120	≥15	Φ32.5x200	60/60/45
76/78	245.5/258.6	≥9	125	≥15	Φ32.5x200	60/60/45
81/84	311.7/335.2	≥9	140	≥15	Φ36x200	75/75/36
78/90	359.5/384.8	≥9	150	≥15	Φ38x200	75/75/36
92/95	402.0/428.7	≥9	200	≥15	Φ40x200	85/85/64
97/100	446.9/475.0	≥9	250	≥15	Φ42x200	100/100/50
105/107	523.7/543.8	≥9	300	≥15	Φ44x200	110/110/55
112/114	595.8/617.3	≥9	350	≥15	Φ48x200	132/132/66



Cadena

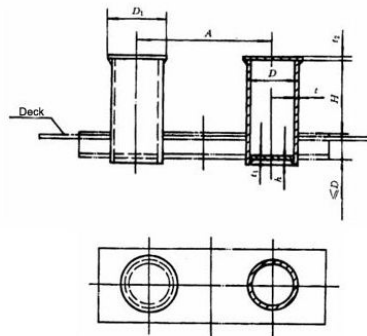
Chain diameter		Grade 1		Grade 2		Grade 3		Number of links per 27.5 mtr
inches	mm	Proofload kN	Breakload kN	Proofload kN	Breakload kN	Proofload kN	Breakload kN	
1/2	12.5	46	66	66	92	-	-	549
9/16	14	58	82	82	116	-	-	491
5/8	16	76	107	107	150	-	-	429
11/16	17.5	89	127	127	179	-	-	391
3/4	19	105	150	150	211	-	-	357
13/16	20.5	123	175	175	244	244	349	329
7/8	22	140	200	200	280	280	401	305
15/16	24	167	237	237	332	332	476	285
1	26	194	278	278	389	389	556	259
1 1/8	28	225	321	321	449	449	642	245
1 3/16	30	257	368	368	514	514	735	225
1 1/4	32	291	417	417	583	583	833	213
1 5/16	34	328	468	468	655	655	937	195
1 7/16	36	366	523	523	732	732	1050	187
1 1/2	38	406	581	581	812	812	1160	179
1 9/16	40	448	640	640	896	896	1280	171
1 5/8	42	492	703	703	981	981	1400	165
1 3/4	44	538	769	769	1080	1080	1540	153
1 13/16	46	585	837	837	1170	1170	1680	147
1 7/8	48	635	908	908	1270	1270	1810	143
2	50	686	981	981	1370	1370	1960	137
2 1/16	52	739	1060	1060	1480	1480	2110	129
2 1/8	54	794	1140	1140	1590	1590	2270	125
2 3/16	56	851	1220	1220	1710	1710	2430	123
2 5/16	58	909	1290	1290	1810	1810	2600	119
2 3/8	60	969	1380	1380	1940	1940	2770	113
2 7/16	62	1030	1470	1470	2060	2060	2940	111
2 1/2	64	1100	1560	1560	2190	2190	3130	107
2 5/8	66	1160	1660	1660	2310	2310	3300	105
2 11/16	68	1230	1750	1750	2450	2450	3500	99
2 3/4	70	1290	1840	1840	2580	2580	3690	97
2 7/8	73	1390	1990	1990	2790	2790	3990	93
3	76	1500	2150	2150	3010	3010	4300	89
3 1/16	78	1580	2260	2260	3160	3160	4500	87
3 3/16	81	1690	2410	2410	3380	3380	4820	85
3 5/16	84	1800	2580	2580	3610	3610	5160	81
3 7/16	87	1920	2750	2750	3850	3850	5500	79
3 9/16	90	2050	2920	2920	4090	4090	5840	77
3 5/8	92	2130	3040	3040	4260	4260	6080	73
3 3/4	95	2260	3230	3230	4510	4510	6440	71
3 13/16	97	2340	3340	3340	4680	4680	6690	71
3 15/16	100	2470	3530	3530	4940	4940	7060	69
4	102	2560	3660	3660	5120	5120	7320	67
4 1/8	105	2700	3850	3850	5390	5390	7700	65
4 3/16	107	2790	3980	3980	5570	5570	7960	63
4 3/8	111	2970	4250	4250	5940	5940	8480	61
4 1/2	114	3110	4440	4440	6230	6230	8890	59
4 5/8	117	3260	4650	4650	6510	6510	9300	57
4 3/4	120	3400	4850	4850	6810	6810	9720	57
4 13/16	122	3500	5000	5000	7000	7000	9990	57
4 7/8	124	3600	5140	5140	7200	7200	10280	55
5	127	3750	5350	5350	7490	7490	10710	55
5 1/8	130	3900	5570	5570	7800	7800	11140	53
5 3/16	132	4000	5720	5720	8000	8000	11420	53
5 3/8	137	4260	6080	6080	8510	8510	12160	51

Ancla:



Weight	A	B	C	D	E	F	G	H	Ø
Kgs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1020	1645	1268	584	195	891	891	183	255	50
1290	1778	1374	630	211	965	965	216	280	62
1500	1869	1447	664	222	1015	1015	216	280	62
1740	1966	1517	698	234	1068	1068	238	310	68
2000	2058	1590	732	245	1120	1120	238	310	68
2280	2150	1657	763	255	1165	1165	260	340	74
2460	2207	1700	784	262	1194	1194	260	340	74
3000	2374	1832	841	282	1283	1283	284	360	82
3540	2490	1926	883	295	1349	1349	287	380	82
4000	2610	2008	924	309	1406	1406	310	385	90
4500	2712	2093	962	322	1465	1465	316	410	90
4890	2769	2135	984	329	1498	1498	346	415	100
5000	2790	2150	991	331	1510	1510	346	415	100
6000	2965	2284	1054	352	1605	1605	350	450	100
6900	3100	2393	1105	369	1681	1681	370	480	110
7800	3235	2493	1152	385	1752	1752	380	500	110
8775	3355	2585	1195	399	1816	1816	400	540	117
9072	3392	2615	1209	404	1837	1837	421	580	124
9900	3502	2699	1248	417	1896	1896	421	580	124
11100	3638	2803	1297	433	1970	1970	437	600	130
15400	4056	3126	1446	483	2199	2199	498	680	150
16100	4117	3173	1468	490	2232	2232	498	680	150

Bitas:



Drawing of GB T554-96 Type B Inserted Bollard

Unit:mm

Nominal Dia.	Max. Breaking Load KN	Max. Dia. Of Applicable Rope					D	D1	A	tmin	t1min	t2	h	H	
		Steel Rope			Hemp Rope	Synthetic Carbon Fiber Rope								Deck without Plywood	Deck with Plywood
		6×24	6×30	6×37											
160	49	9.3	11.0	8.7	90	20	168	210	400	10	6	9	8	250	310
200	78	13.0	13.0	13.0	110	110	219	170	500	10	8	9	8	300	360
250	118	15.0	17.5	15.0	130	130	273	335	630	11	10	9	8	380	440
315	196	20.5	21.5	19.5	170	170	325	390	800	15	12	9	10	480	540
355	255	24.0	24.0	21.5	200	200	351	420	890	17	13	12	10	530	590
400	314	26.0	28.0	24.0	235	235	402	480	1000	18	14	12	10	600	660
450	382	30.0	30.0	28.0	250	250	450	545	1130	19	16	12	10	680	740
500	451	32.0	32.5	30.0	280	280	500	500	1250	20	18	12	12	750	810

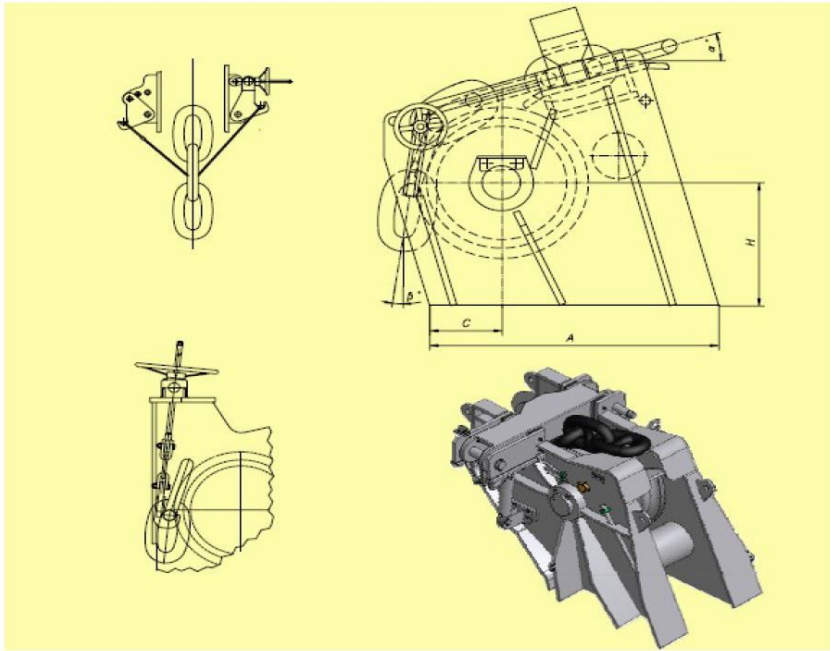
Freno de ancla:



ROLLER TYPE CHAIN STOPPERS SL – S

TECHNICAL PARAMETERS

Chain Diameter	Dimensions							Weight
	A	B	C	D	E	F	H	
	[mm]							
44 ÷ 54	900	795	200	420	315	155	470	780
56 ÷ 60	1000	875	220	480	345	170	520	1170
62 ÷ 68	1100	940	240	540	375	185	600	1680
70 ÷ 73	1330	1065	330	600	445	200	650	2100
76 ÷ 81	1500	1135	380	650	475	225	700	2500
84 ÷ 90	1670	1200	400	720	505	255	835	3450
92 ÷ 97	1850	1300	450	785	610	300	850	3800
100 ÷ 105	1600	1300	200	800	650	100	950	5200
107 ÷ 114	1550	1330	65	830	670	100	1060	6100
117 ÷ 122	1800	1450	150	900	720	100	1150	8000

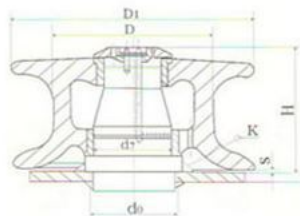


Cabrestante de amarre:

Rated Pull(kN)	Rated Speed(m/min)	Drum Capacity(m)	Motor Power(kW)
10	≥12	Φ10x150	5.5
20	≥12	Φ15x150	11
30	≥15	Φ17x150	15
40	≥15	Φ18x150	22
50	≥15	Φ20.5x150	30
75	≥15	Φ26x200	45
80	≥15	Φ26x200	45
100	≥15	Φ30x200	45
125	≥15	Φ30x200	75
160	≥15	Φ32x250	75
200	≥9.6	Φ41x250	75
250	≥9.6	Φ44.5x250	90
315	≥7.8	Φ52x250	90
400	≥7.8	Φ56x250	110
450	≥7.8	Φ56x250	110
500	≥7.8	Φ58x250	110
560	≥6	Φ64x250	132
600	≥6	Φ64x250	132
650	≥6	Φ70x250	132
1000	≥4	Φ85x250	132
1200	≥4	Φ95x250	160
1500	≥4	Φ95x250	200
1800	≥4	Φ95x250	250
2000	≥4	Φ100x250	270

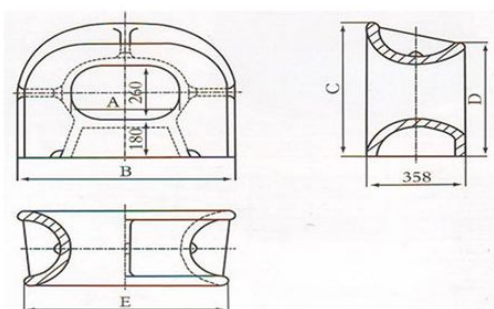
Roletes:

NS 2585 Marine Roller



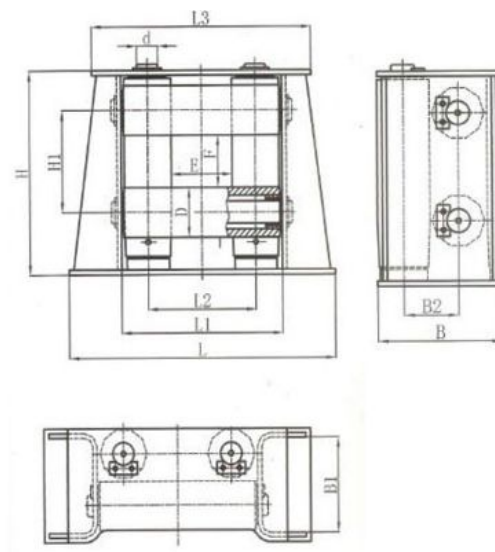
Dia mete r of Roll er(D)	Max. Diameter of Applicable Rope				Size								Weig ht(k g)
	Synt hetic Fibe r Rop e	Hem p Rop e	Steel(GB110 2) Rope Stress Length 1550N/mm²		D:	d ₀	d ₁	H	s	t	k		
			6× 24	6× 37									
150	32	45	17.0	15.0	240	90	79	154	5	12	9	24.8	
200	40	55	22.5	19.5	310	115	99	186	5	14	10	49.3	
250	45	65	24.0	24.0	380	135	119	230	6	14	10	92.0	
300	50	70	30.0	28.0	440	155	129	255	7	16	12	127. 0	
350	55	75	37.5	34.5	500	175	149	271	7	18	13	168. 0	
400	65	85	41.0	39.0	560	185	159	307	7	20	14	252. 5	
450	80	-	44.5	43	630	210	178	316	7	20	14	310. 0	

Portaespias:



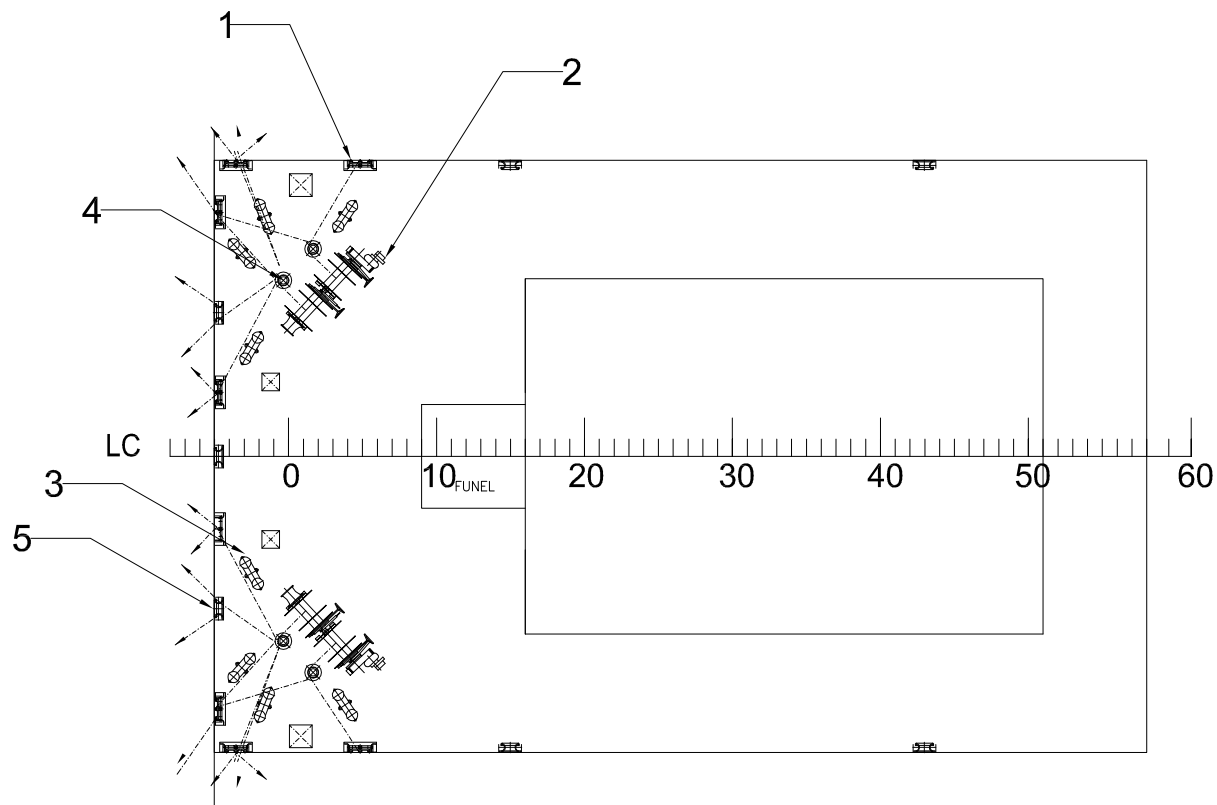
Weight(kg)	Model NO.	Size(mm)				
		A	B	C	D	E
253	310	310	708	639	541	652
289	360	360	760	640	542	704
323	400	400	804	642	545	750
351	450	450	856	643	547	802
395	500	500	908	644	549	854

Rodillos:



Unit:mm

Steel Rope Dia.	Nylon Rope Dia.	E	F	D	d	L	L1	L2	L3	B	B1	B2	H	H1	Weight(kg)
19.5	36	200	150	100	40-0.5	644	416	300	544	238	194	108	508	250	155
22.5	40	200	150	120	50-0.5	728	456	320	608	280	232	128	552	270	239
26.0	45	200	180	130	55-0.5	776	480	330	646	304	250	138	606	310	306
32.0	70	220	180	150	65-0.5	880	540	370	730	346	288	158	670	330	450
34.5	80	240	200	160	70-0.5	940	580	400	780	370	308	168	710	360	576
37.5	85	240	200	180	80-0.5	1030	620	420	850	417	345	190	770	380	756
43.0	95	260	210	200	90-0.5	1136	686	460	936	459	385	210	820	410	987
52.0	100	260	220	230	100-0.5	1256	746	490	1026	521	445	240	910	450	1370
60.5	—	300	240	260	120-0.5	1430	850	560	1170	590	500	270	1000	500	2008
68.0	—	320	250	320	150-0.5	1690	990	640	1370	714	620	330	1130	570	3352



CUBIERTA PRINCIPAL (12000 mm.)

Listado de equipos				
N°	Equipo	Servicio	Cantidad	Modelo
1	Rodillos	Amarre	8	TecContainer
2	Guinche de amarre	Amarre	2	China HI-SEA
3	Bitá doble	Amarre	8	TecContainer DIN 82607/BI-05 (508)
4	Rolete	Amarre	4	TecContainer DIN 81906/RG-81906 (500)
5	Gatera	Amarre	7	TecContainer DIN 81915/GC-55

Numero de equipo	EL	Ancla		Cadena		
		Cantidad	Masa(Kg)	Longitud (m)	Grado	Diametro (mm)
1960	G	2	6000	577,5	K1	78

Numero de equipo	EN	Linea de remolque		Linea de amarre		
		Longitud (m)	Tension admisible (KN)	Cantidad	Largo por cabo (m)	Tension admisible (KN)
1960	G	220	1168	5	190	420

DIMENSIONES PRINCIPALES

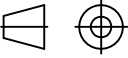
ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

D	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	21/04/2018	ABA	NFI
C	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	29/01/2018	ABA	NFI
B	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	17/01/2018	ABA	NFI
A	INICIAL	01/09/2017	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

ESQUEMA DE EQUIPOS DE
AMARRE Y FONDEO

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 21/04/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
200-003	D	001	003
ESCALA: 1:250	ARCHIVO: ABA-PB-200-003_D	FORMATO: A3	



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

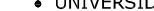


Numero de equipo	EN	Linea de remolque		Linea de amarre		
		Longitud (m)	Tension admisible (KN)	Cantidad	Largo por cabo (m)	Tension admisible (KN)
1960	G	220	1168	5	190	420

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Km

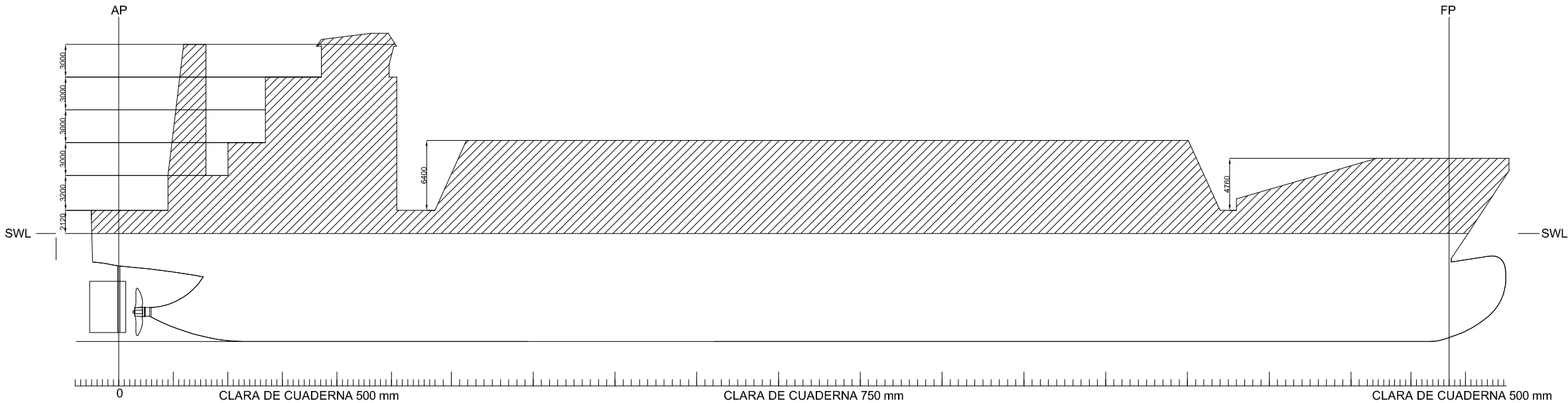
3 TANQUES DE CARGA
2500 m³ CADA UNO

ESQUEMA DE EQUIPOS DE AMARRE Y FONDEO



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

AREA LATERAL DE OBRA MUERTA



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

D	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	21/04/18	ABA	NFI
C	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	29/01/18	ABA	NFI
B	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	17/01/18	ABA	NFI
A	INICIAL	01/09/17	ABA	NFI
MODIFICACIONES				

EQUEMA DE EQUIPOS DE
AMARRE Y FONDEO

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO
FECHA: 21/04/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
200-003	D	003	003
ESCALA: 1:450	ARCHIVO: ABA-PB-200-003_D	FORMATO: A3	



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

1

2

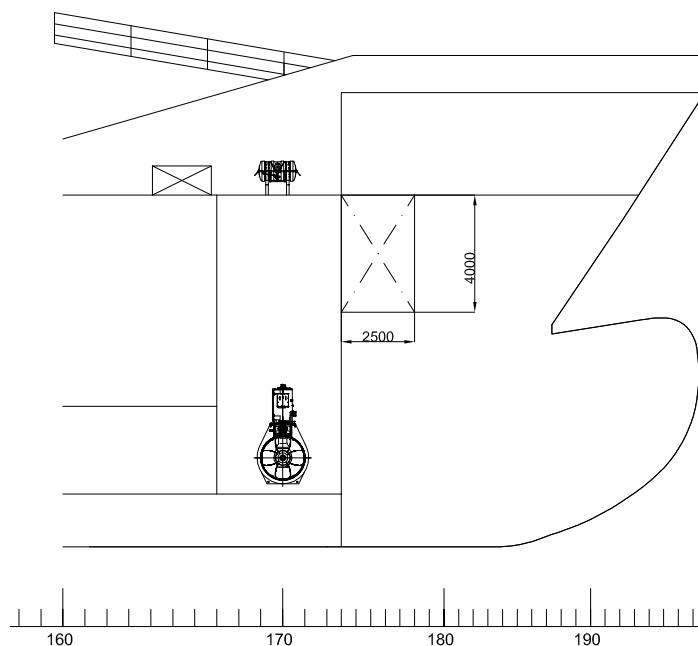
3

4

A

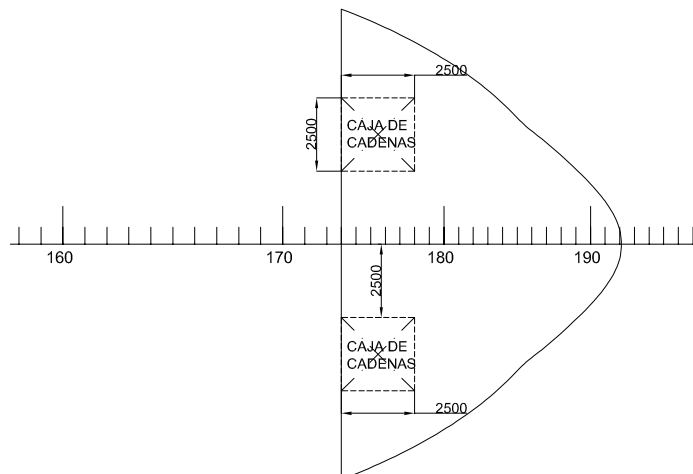
ESQUEMA DE CAJA DE CADENAS

B



C

LC



D

CUBIERTA PRINCIPAL (12000 mm.)

E

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 21/04/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
200-004	C	001	001
ESCALA: 1:250	ARCHIVO: ABA-PB-200-004_C	FORMATO: A4	



32.57 PROYECTO DE BUQUES

F

	COMENTARIOS NFI	21/04/18	ABA	NFI
	COMENTARIOS NFI	27/02/18	ABA	NFI
	INICIAL	08/02/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"
ESQUEMA DE CAJA DE CADENAS

1

2

3

4

A

B

C

D

Cálculo y dimensionamiento de sistema de LCI

E

F

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Índice

10.1 Introducción:	1
10.2 Desarrollo:	1
10.2.1 Cálculo de sistema de extinción por agua:	1
10.2.1.1 Confección de esquema de tuberías y accesorios:	1
10.2.1.2 Cálculo de bombas y caudales:	1
10.2.1.3 Cálculo de diámetros mínimos de tuberías:	2
10.2.1.4 Distribución de bocas de incendio:	3
10.2.2 Cálculo de sistema de extinción por CO2:	3
10.2.2.1 Cantidad de CO2 requerida:	3
10.2.2.2 Caudal de descarga de CO2:	3
10.2.2.3 Cantidad de cilindros:	3
10.2.2.4 Dimensionamiento de tubería principal:	4
10.2.2.5 Esquema del sistema:	5
10.2.3 Extintores portátiles:	5
10.3 Anexo:	8
10.4 Referencias:	9

10.1 Introducción:

El objetivo de este trabajo es el cálculo y diseño del sistema de lucha contra incendio por agua, calcular el sistema de extinción por CO₂ y realizar la distribución de extinguidores acorde a las normas OM-02-2005 y 03-2005. Para la realización de este trabajo se usarán las normas dadas por SOLAS, PNA y DNV-GL.

10.2 Desarrollo:

Se realizará el dimensionamiento del sistema de LCI para un buque LPG que cuenta con las siguientes dimensiones principales:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 10.1)

10.2.1 Cálculo de sistema de extinción por agua:

10.2.1.1 Confección de esquema de tuberías y accesorios:

Ver plano ABA-PB-619-002_B (Hoja 1)

10.2.1.2 Cálculo de bombas y caudales:

El **número mínimo de bombas** según lo requerido por SOLAS (II-2/PC/R10) para buques de con DWT>4000 Tn **es 2**. El caudal de la bomba de lucha contra incendio se obtiene según tres criterios:

- Caudal de bomba de achique
- Número de bombas
- Caudal mínimo

El requisitos para el caudal total de las bombas es:

$$Q_{BLCI, T} > 4/3 Q_{ACH}$$

Donde: Q_{ACH} = Caudal de la bombas de achique (**140,51 m³/h**)

Con esto se obtiene que la capacidad total de las dos bombas de lucha contra incendio debe ser **187,35 m³/hr**, se redondea en **188 m³/hr**. La capacidad de cada bomba se obtiene como el mayor de los siguientes criterios:

1. $Q_{BLCI} > 0,8 Q_{BLCI,T}/n$
2. $Q_{BLCI} > 25 \text{ m}^3/\text{h}$

Donde: $Q_{BLCI,T}$ = Caudal total de bombas de lucha contra incendios (**188 m³/hr.**)
 n = Número de bombas (**2**)

Con esto se obtiene que el caudal mínimo de cada bomba debe ser de **94 m³/h**.

Además de estas se dispondrá una bomba de emergencia que debe tener una capacidad del **40% de la capacidad total de las bombas o 25 m³/hr**, lo que sea mayor. Con esto se obtiene que el caudal de la bombas de emergencia debe ser de **75 m³/hr**. Está de ser posible debe ser ubicada fuera de la CCMM y separada por un mamparo clase A-60.

10.2.1.3 Cálculo de diámetros mínimos de tuberías:

Para la obtención del diámetro mínimo de la tubería del colector se lo dimensiona para trabajar con el caudal de las dos bombas funcionando en paralelo (**188 m³/h**), salvo que este sea mayor que **140 m³/h**. Por lo tanto el caudal de trabajo para el dimensionamiento del diámetro va a ser **140 m³/h**. Como criterio de diseño se considera la velocidad de trabajo igual a **2 m/seg**. Con esto y a partir de la siguiente ecuación se obtiene el **diámetro**:

$$Q = v \times A \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: Q = Caudal de trabajo
 v = Velocidad de diseño
 A = Área transversal de la tubería

Quedando el área igual a **0,0194 m²**. Tomando la ecuación del área para un círculo

$$A = \pi \times d^2 \times 0,25 \quad (\text{Ec. 2})$$

Se obtiene un diámetro de **157,34 mm**. Para dimensionar las tuberías de los ramales se usó el caudal de una de las bombas y repitiendo el procedimiento previamente descrito para el colector principal se obtiene un diámetro de **119,5 mm**.

A estos se lo dimensiona según tuberías comerciales de la marca *Siderca*, eligiendo, para el colector principal, una tubería **200 mm de diámetro nominal, 219,3 mm de**

diámetro exterior y schedule 40 y para los ramales una tubería 127 mm de diámetro nominal, 141,3 mm de diámetro exterior y schedule 40

10.2.1.4 Distribución de bocas de incendio:

Ver plano ABA-AN-619-002 _A (Hoja 1)

10.2.2 Cálculo de sistema de extinción por CO2:

10.2.2.1 Cantidad de CO2 requerida:

El volumen mínimo de CO2 se obtiene en función del volumen del mayor de sala de máquinas con y sin guarda calor. Esto se hace con los siguientes criterios:

- $Vol_{CO_2} > 40\%$ Volumen del espacio de máquinas mayor sin el guarda calor
- $Vol_{CO_2} > 35\%$ Volumen del espacio de máquinas mayor con el guarda calor

Con esto se obtienen los siguientes volúmenes:

CO2		
Vol por ccmm s/guardacalor	1589,2	m3
Vol por ccmm c/guardacalor	1444,8	m3

(Tabla 10.2)

De estos se usa el mayor, quedando un volumen requerido de **1589,2 m³**

10.2.2.2 Caudal de descarga de CO2:

El criterio de cálculo para obtener el caudal es que el sistema debe ser capaz de descargar el 85% de la masa total de CO2, requerida, en un lapso de **2 minutos**. Tomando como concentración del gas unos **0,56 m3/Kg** y el volumen obtenido en el punto anterior, se obtiene una masa requerida de **889,95 Kg**. Con esto se obtiene un caudal de descarga de **22693,78 Kg/h**.

10.2.2.3 Cantidad de cilindros:

Debido a que las opciones estándares de botellones de CO2 son de 45 o 100 kilogramos, se opta por usar las de 45 Kgs. Con esto y teniendo en cuenta la masa de gas

requerida, que fue calculada en el punto anterior, se tiene que es necesario tener **20 botellas** como mínimo.

10.2.2.4 Dimensionamiento de tubería principal:

Tomando el caudal de descarga de CO₂ calculado (**378,23 Kg/min**) antes y con la tabla mostrada a continuación, se obtiene que la tubería principal deberá tener un diámetro nominal de **2 pulgadas**.

DIAMETRO NOMINAL	DESCARGA Kg/Min
3/8"	Hasta 30
1/2"	31-60
3/4"	60-90
1"	90-150
1 1/4"	150-270
1 1/2"	270-360
2"	360-600
2 1/2"	600-990
3"	990-1380
4"	1380-2400
5"	2400-3800
6"	> 3800

(Tabla 10.3)

El espesor mínimo de las tuberías se obtiene de la siguiente tabla:

Nominal size, mm	OD mm	A mm	B mm	Nominal size, in.	OD in.	A in.	B in.
15	21.3	2.8	2.6	1/2	0.840	0.110	0.102
20	26.9	2.8	2.6	3/4	1.050	0.110	0.102
25	33.7	4.0	3.2	1	1.315	0.157	0.126
32	42.4	4.0	3.2	1 1/4	1.660	0.157	0.126
40	48.3	4.0	3.2	1 1/2	1.9	0.157	0.126
50	60.3	4.5	3.6	2	2.375	0.177	0.142
65	76.1	5.0	3.6	2 1/2	2.875	0.197	0.142
80	88.9	5.5	4.0	3	3.5	0.220	0.157
90	101.6	6.3	4.0	3 1/2	4.0	0.248	0.157
100	114.3	7.1	4.5	4	4.5	0.28	0.177
125	139.7	8.0	5.0	5	5.563	0.315	0.197
150	168.3	8.8	5.6	6	6.625	0.346	0.22

(Tabla 10.4)

Nota: El espesor mínimo para tuberías dentro del sistema de distribución de CO₂ es el indicado en la columna A.

Con esto se elige una tubería de **50 mm de diámetro nominal, SCH-80 y 5,54 mm de espesor** de la marca **Siderca**.

10.2.2.5 Esquema del sistema:

Ver plano ABA-PB-619-002 _B (Hojas 3)

10.2.3 Extinguidores portátiles:

Mediante lo establecido en la OM 03-2005 se definen las cantidades mínimas de dispositivos extinguidores por cubierta.

- **Puente de mando:**

Se pide como mínimo un extinguidor de dióxido de carbono o equivalente. Debido a las dimensiones del buque es muy probable que la estación radiotelefónica se encuentre ubicada en el puente por lo que se agregara otro extinguidor de CO₂ o equivalente. Dada la cantidad de tableros eléctricos en el puente se decide agregar otro extinguidor de CO₂ o equivalente.
- **Cubierta de alojamiento:**
 - Cubierta A: Por requisito de la OM 03-2005 se instalará como mínimo 1 extinguidor de espuma clase o equivalente B-II, y nunca menos de dos. En base a esto se deciden instalar dos extinguidores de polvo triclase (ABC) . Como la cocina se encuentra ubicada en esta cubierta se agrega un extinguidor clase K. Además la campana de extracción contará con un sistema de extinción por CO₂ y en los conductos se instalarán “fire dampers”. Se instalará un dispositivo de disparo de N₂ en una ubicación de acceso rápido. Para este sistemas se dispondrá un botellón de CO₂, ubicado en la cocina, independiente del resto de los servicios de extinción por este medio. Además en esta cubierta se encuentra la oficina del buque por lo que se agrega otro extinguidor de polvo triclase (ABC). Por último se agregan dos extintores de polvo triclase, uno en el comedor de oficiales y otro en el de marineros.
 - Cubierta B: Siguiendo los mismos lineamientos que en la cubierta A, se decide instalar dos extinguidores de polvo triclase (ABC), para cumplimentar los establecido en la OM 03-2005. Adicionalmente se agrega un extinguidor de polvo triclase (ABC) en cuarto de equipos de limpieza y otro en la lavandería de tripulación.
 - Cubierta C: Siguiendo los mismos lineamientos que en la cubierta A, se decide instalar dos extinguidores de polvo triclase (ABC), para cumplimentar los establecido en la OM 03-2005. Adicionalmente se agrega un extinguidor de polvo seco en cuarto de equipos de limpieza y otro en la lavandería de oficiales.
 - Cubierta principal: Siguiendo los mismos lineamientos que en la cubierta A, se decide instalar dos extinguidores de polvo triclase (ABC), para cumplimentar los establecido en la OM 03-2005. Además se agregan dos extinguidores de CO₂ y uno de espuma más por encontrarse el generador de emergencias en esta cubierta.

- Sala de máquinas:

- Cubierta 02:

Se instalarán dos extintores de espuma para cumplir con los requisitos establecidos en la OM 03-2005. Adicionalmente se agregara un extintor de CO2 y uno de espuma por la presencia del incinerador y otro de CO2 y espuma en el ingreso al local de purificadores, otro de CO2 en el ingreso al local de caldera y uno más dentro del local del servomotor.

- Cubierta 01:

Se instalarán dos extintores de espuma para cumplir con los requisitos establecidos en la OM 03-2005. Adicionalmente se agregan dos extinguidores de espuma por la presencia de los motogeneradores.

- Cubierta de doble fondo:

Se instalarán dos extintores de espuma y dos de CO2 para cumplir con los requisitos establecidos en la OM 03-2005.

- Pañol de proa:

Debido a que pueden encontrarse líquidos inflamables como pinturas, aceites, etc y elementos sólidos inflamables se instalan dos extinguidores, uno de espuma y otro de polvo seco.

A continuación se muestran las cantidades totales de cada tipo de extinguidor:

Dispositivos de extinción portátiles	
Tipo	Cantidad
ESPUMA	12
CO2	11
POLVO TRICLASE	16
POLVO QUÍMICO CLASE K	1

(Tabla 10.5)

La distribución de los componentes se muestra en el plano ABA-PB-619-002 _C (Hoja 2)

10.3 Anexo:

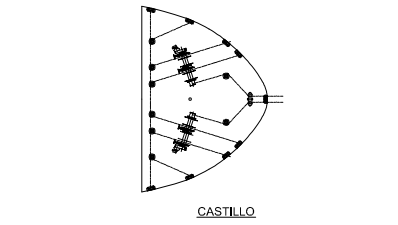
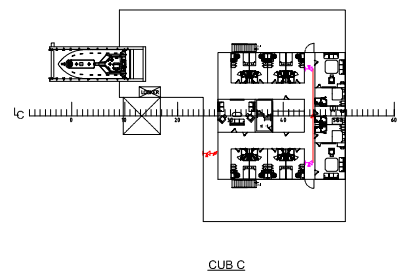
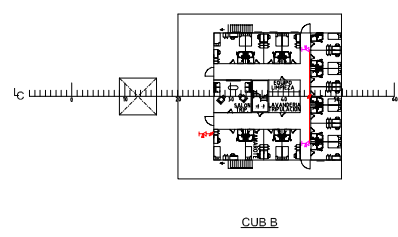
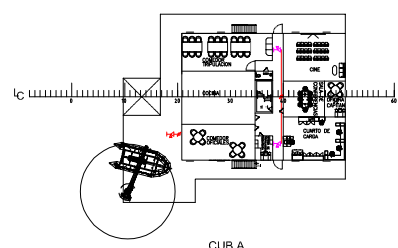
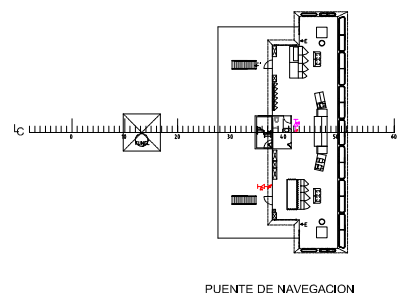
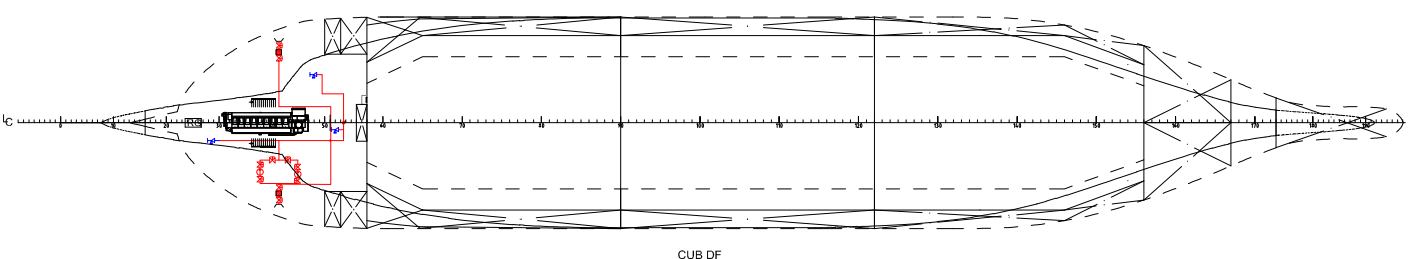
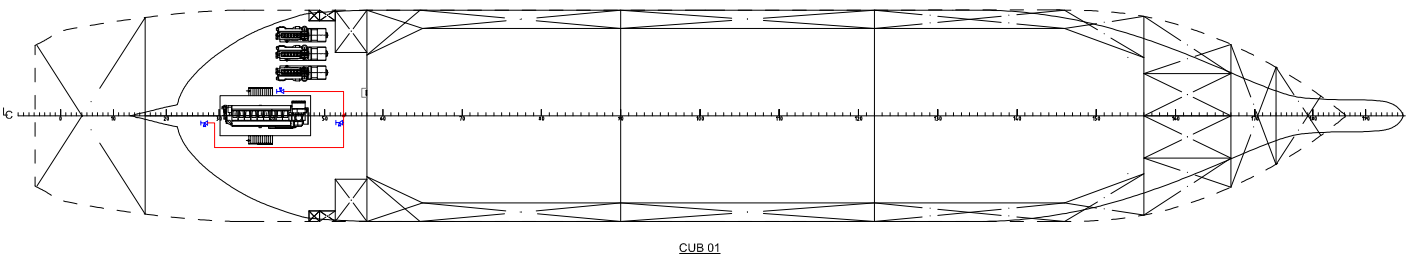
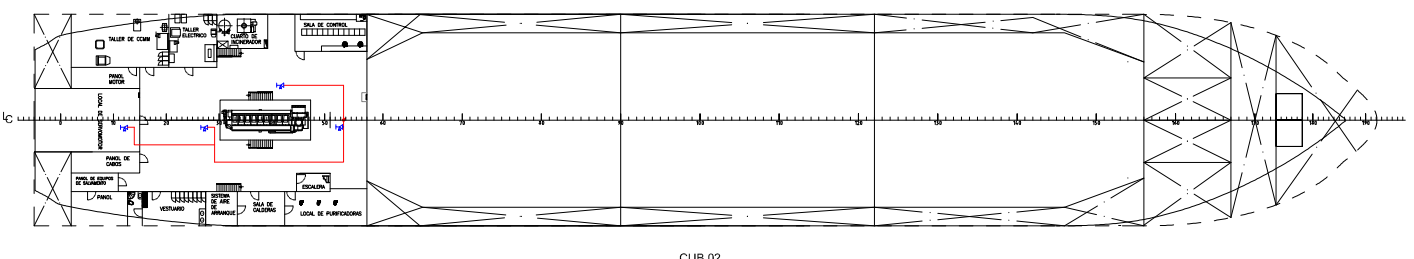
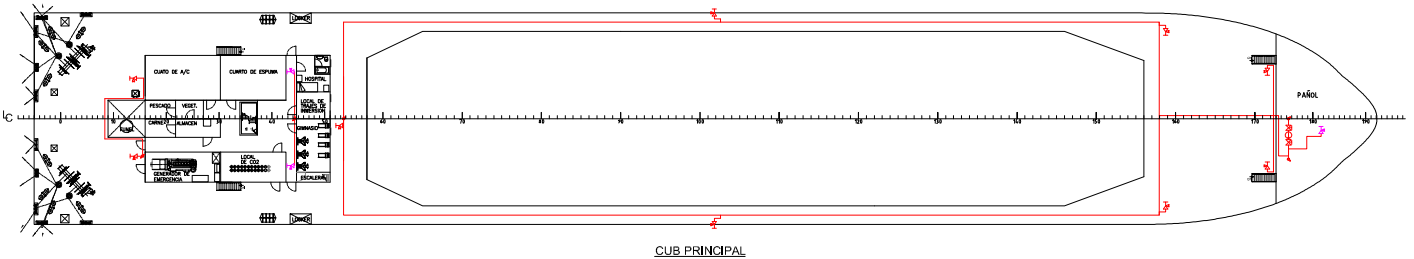
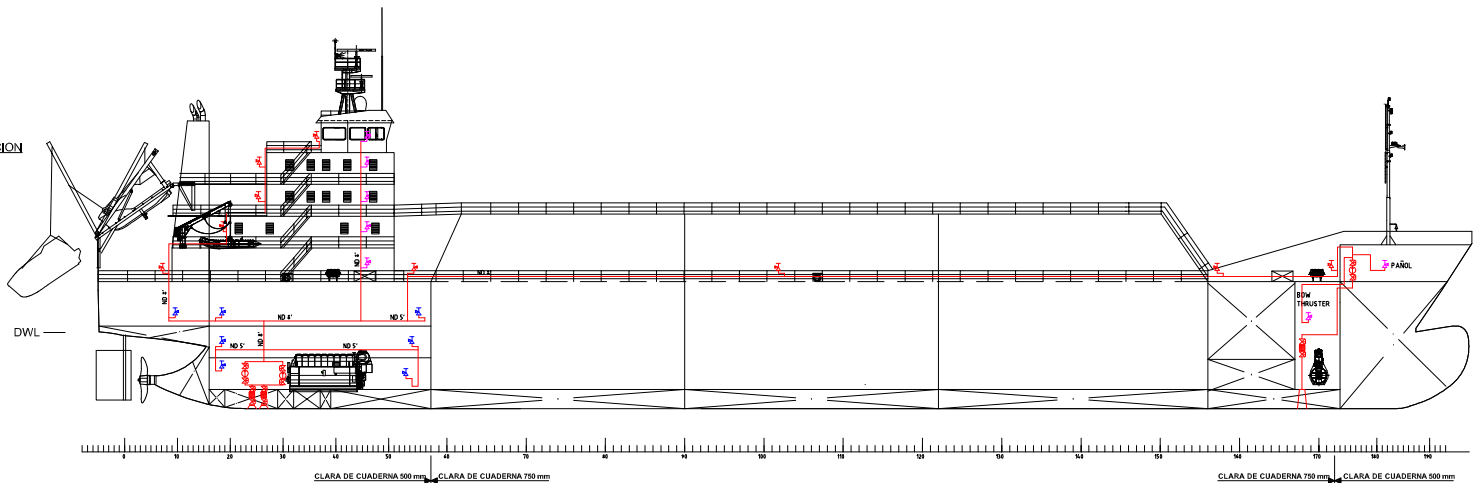
Tabla A1:

TABLA DIMENSIONAL															
DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	SCHEDULES													
pulg.	mm		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
1/8	10.3	Espesor	1.73	2.41					1.73		2.41				
		Peso	0.37	0.47					0.37		0.47				
1/4	13.7	Espesor	2.24	3.03					2.24		3.03				
		Peso	0.63	0.80					0.63		0.80				
3/8	17.1	Espesor	2.31	3.20					2.31		3.20				
		Peso	0.84	1.10					0.84		1.10				
1/2	21.3	Espesor	2.77	3.73	7.47				2.77		3.73				4.78
		Peso	1.27	1.62	2.55				1.27		1.62				1.95
3/4	26.7	Espesor	2.87	3.91	7.82				2.87		3.91				5.56
		Peso	1.69	2.20	3.64				1.69		2.20				2.90
1	33.4	Espesor	3.38	4.55	9.09	2.77			3.38		4.55				6.35
		Peso	2.50	3.24	5.45	2.09			2.50		3.24				4.24
1 1/4	42.2	Espesor	3.56	4.85	9.70	2.77			3.56		4.85				6.35
		Peso	3.39	4.47	7.77	2.69			3.39		4.47				5.61
1 1/2	48.3	Espesor	3.68	5.08	10.16	2.77			3.68		5.08				7.14
		Peso	4.05	5.41	9.56	3.11			4.05		5.41				7.25
2	60.3	Espesor	3.91	5.54	11.07	2.77			3.91		5.54				8.74
		Peso	5.44	7.48	13.44	3.93			5.44		7.48				11.11
2 1/2	73.0	Espesor	5.16	7.01	14.02	3.05			5.16		7.01				9.53
		Peso	8.63	11.41	20.39	5.26			8.63		11.41				14.92
3	88.9	Espesor	5.49	7.62	15.24	3.05			5.49		7.62				11.13
		Peso	11.29	15.27	27.68	6.46			11.29		15.27				21.35
3 1/2	101.6	Espesor	5.74	8.08		3.05			5.74		8.08				
		Peso	13.57	18.64		7.41			13.57		18.64				
4	114.3	Espesor	6.02	8.56	17.12	3.05			6.02		8.56		11.13		13.49
		Peso	16.08	22.32	41.03	8.37			16.08		22.32		28.32		33.54
5	141.3	Espesor	6.55	9.53	19.05	3.40			6.55		9.53		12.70		15.88
		Peso	21.77	30.97	57.43	11.56			21.77		30.97		40.28		49.12
6	168.3	Espesor	7.11	10.97	21.95	3.40			7.11		10.97		14.27		18.26
		Peso	28.26	42.56	79.22	13.83			28.26		42.56		54.21		67.57
8	219.1	Espesor	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		Peso	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	Espesor	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.27	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		Peso	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	60.29	81.53	95.98	114.71	133.01	155.10	172.27
12	323.8	Espesor	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		Peso	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	208.08	238.69
14	355.6	Espesor	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52		15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		Peso	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25		126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72
16	406.4	Espesor	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
		Peso	93.18	123.31		62.65	77.83	93.18	123.31	160.13	203.54	245.57	286.66	333.21	365.38
18	457.2	Espesor	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
		Peso	105.11	139.22		70.60	87.75	122.44	155.88	205.84	254.68	309.78	363.75	408.48	459.62
20	508.0	Espesor	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
		Peso	117.03	155.13		78.56	117.03	155.13	183.43	247.84	311.19	381.55	441.52	508.15	564.85
24	609.6	Espesor	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
		Peso	140.89	186.95		94.47	140.89	209.51	255.25	355.04	441.80	547.36	639.62	719.68	807.68
30	762.0	Espesor	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88							
		Peso	176.67	234.68		147.29	234.68	292.20							
36	914.4	Espesor	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						
		Peso	212.45	282.41		177.05	282.41	351.88	420.64						
42	1066.8	Espesor	9.52	12.70				15.88							
		Peso	248.23	330.15				411.57							
48	1219.2	Espesor	9.52	12.70				15.88							
		Peso	284.01	377.88				471.25							

10.4 Referencias:

- Prefectura Naval Argentina (PNA), Ordenanza marítima, Medidas de seguridad contra incendios y sistemas generales de extinción de incendios, 2005.
- DNV-GL, Pt.4 Ch.11, Fire safety

PUENTE DE NAVEGACION
CUB C
CUB B
CUB A
CUB PRINCIPAL
CUB 02
CUB 01
CUB DE



NOMENCLATURA	
	VALVULA MARIPOSA
	CONEXION A MANGUERA DE 25 m.
	VALVULA DE RETENCION Y CIERRE
	BOMBA DE LCI
	FILTRO
	TUBERIA EN SENTIDO ASCENDENTE
	TUBERIA EN SENTIDO DESCENDENTE
	TUBERIA EN DOBLE SENTIDO
	CONEXION A MANGUERA DE 15 m.
	CONEXION A MANGUERA DE 20 m.

DIMENSIONES PRINCIPALES	
ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISENO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA
3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	08/07/18	ABA	NFI
	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	06/03/18	ABA	NFI
	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	18/01/18	ABA	NFI
	INICIAL	11/10/17	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJ.	VERIF.

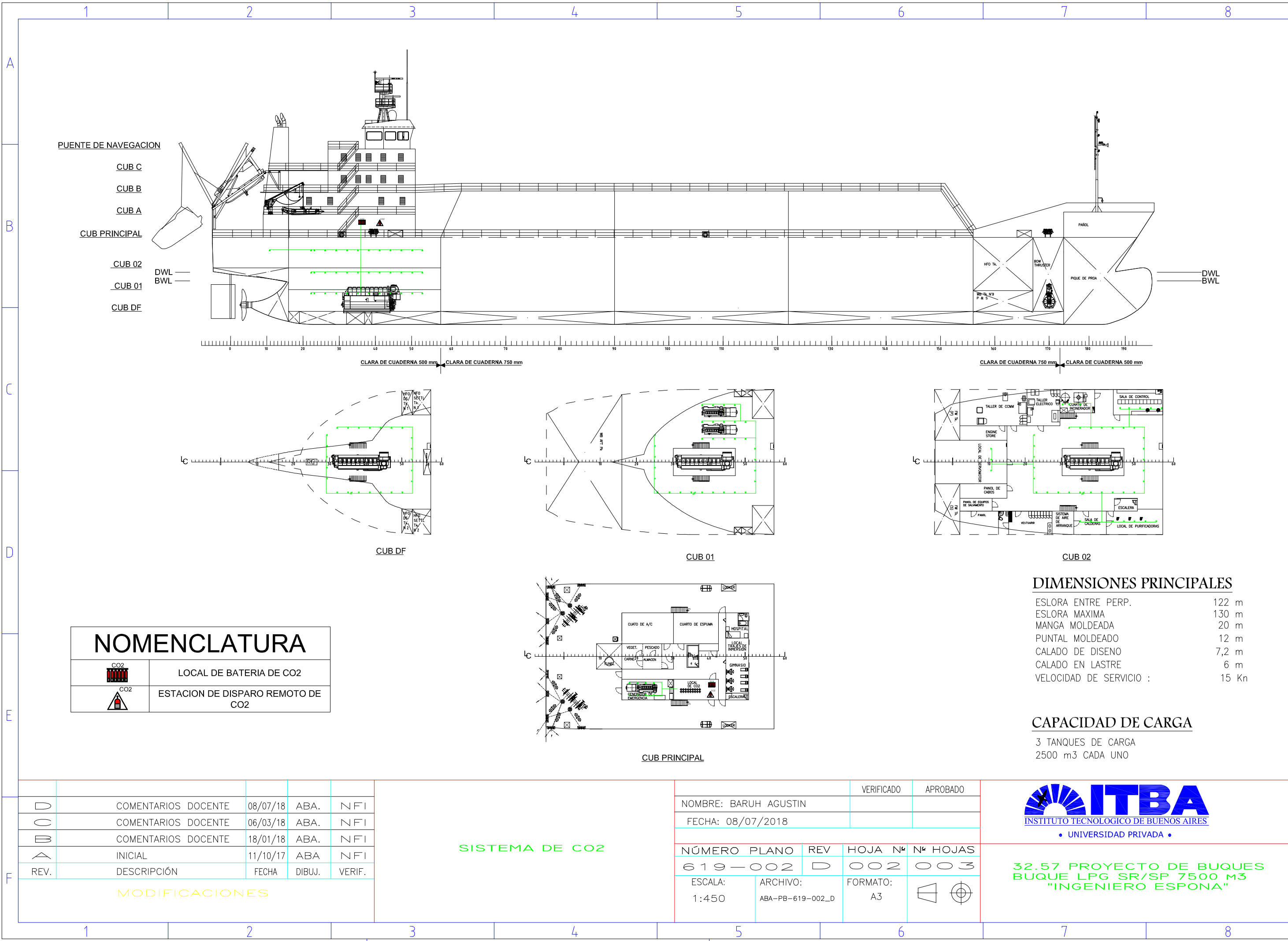
MODIFICACIONES

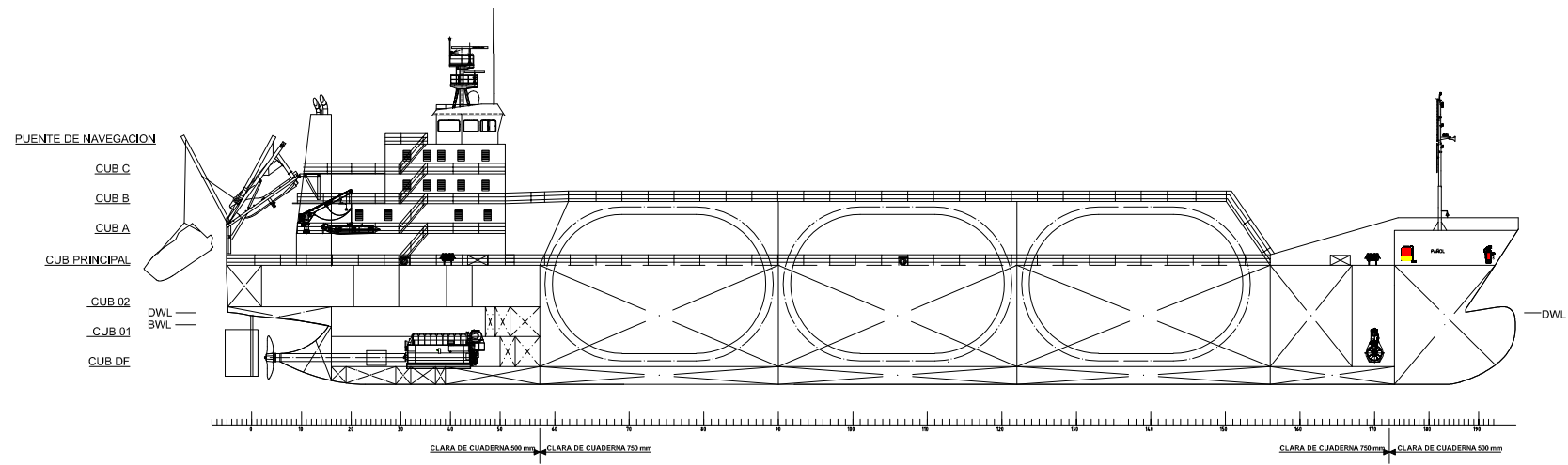
ESQUEMA DE SISTEMAS
DE LCI POR AGUA

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO
FECHA: 08/07/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
619-002	D	001	003
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1:700	ABA-PB-619-002_D	A3	

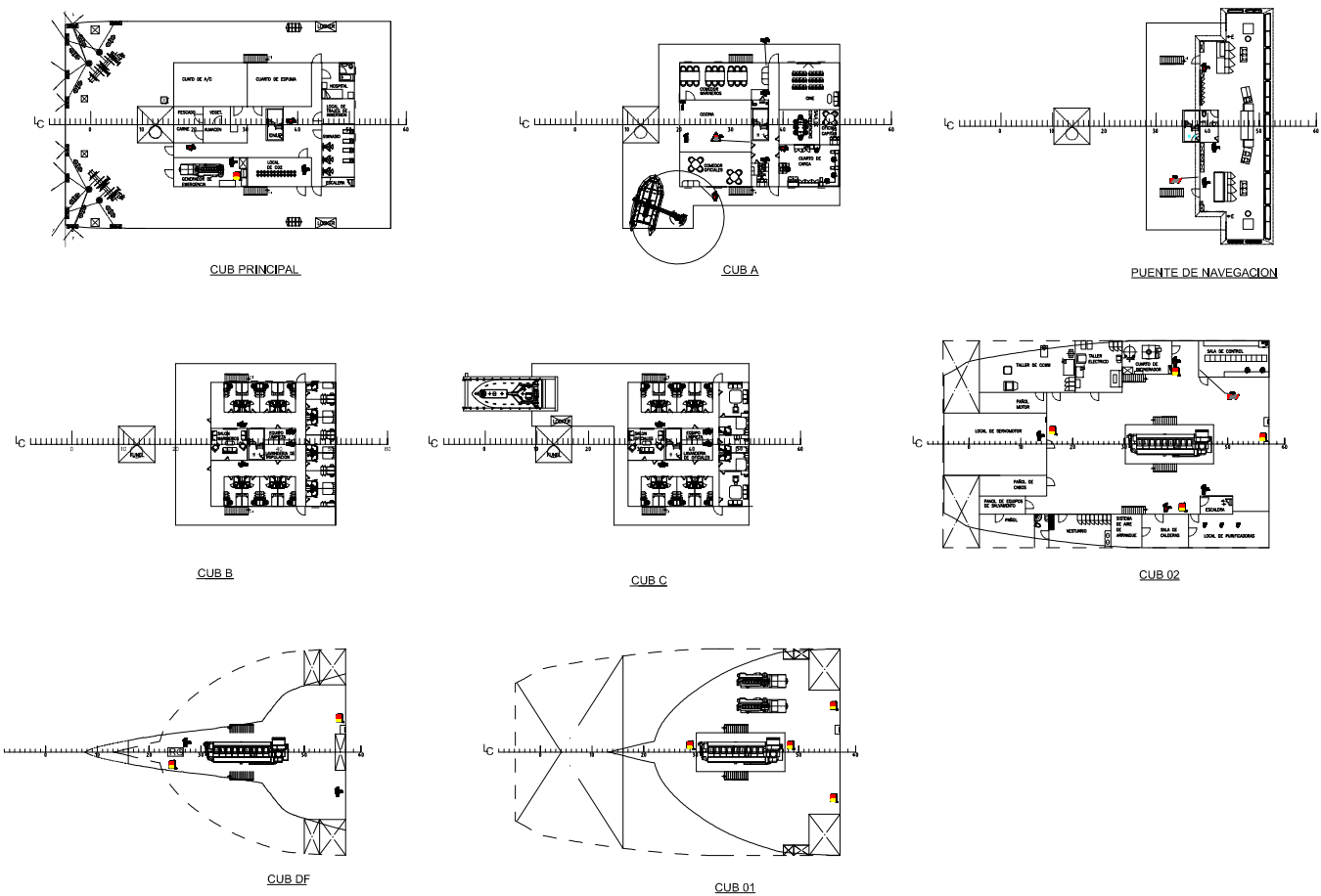


32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"





EXTINGUIDORES PORTATILES		
SIMBOLO	DESCRIPCION	CANTIDAD
	EXTINGUIDOR DE ESPUMA	12
	EXTINGUIDOR DE CO2	11
	EXTINGUIDOR DE POLVO TRICLASE (ABC)	16
	EXTINGUIDOR DE POLVO QUIMICO CLASE K	1
	ALARMA SONORA DE CO2	2
	BOTELLON DE CO2	1
	DISPARO DE CO2	1



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

	COMENTARIOS DOCENTE	08/07/18	ABA	NFI
	COMENTARIOS DOCENTE	06/03/18	ABA	NFI
	COMENTARIOS DOCENTE	18/01/18	ABA	NFI
	INICIAL	11/10/17	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.

MODIFICACIONES

ESQUEMA DE EXTINGUIDORES DE LCI

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 08/07/2018			
NUMERO DE PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
619-002	D	003	003
ESCALA: 1:700	ARCHIVO: ABA-PB-619-002_D	FORMATO: A3	



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Cálculo y dimensionamiento de sistema de achique



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4		
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

Índice:

Índice:	1
11.1. Introducción:	2
11.2. Desarrollo:	2
11.2.1. Cálculo de diámetros de tuberías según SC:	2
11.2.2. Dimensionamiento según tuberías comerciales:	3
11.2.3. Cálculo de caudales de diseño:	4
11.2.4. Cálculo de caudal según SC:	4
11.2.5. Cálculos des pérdidas de carga y altura manométrica requerida:	5
11.2.6. Dimensionamiento de bomba:	6
11.2.7. Verificación de ANPA:	6
11.2.8. Dimensionamiento de sistema de achique de caja de cadenas:	6
11.2.9. Dimensionamiento del equipo separador de aguas oleosas:	7
11.2.10. Dimensionamiento de tanque de aguas oleosas y de lodos:	8
11.2.11. Confeccionamiento de esquema de tendido de tuberías para el servicio de achique de sentina:	8
11.3 Referencias:	9

11.1. Introducción:

En este trabajo se realizará el cálculo para un sistema de achique de sentinas para el buque proyecto. Con esto se determinará el tipo de tuberías, eyectores, equipo separador de aguas oleosas y bombas a utilizar finalmente se realizará un esquema del tendido de tuberías en el cual se incluirán las conexiones para los servicios de lastre, LCI y servicios generales. Como normas de construcción se tomarán las normas establecidas por el DNV-GL y la Prefectura Naval Argentina (PNA).

11.2. Desarrollo:

El diseño del sistema de achique se hará para un buque LPG de 7500 m³ de capacidad con las siguientes características:

Buque LPG 7500 m ³	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 11.1)

11.2.1. Cálculo de diámetros de tuberías según SC:

Para la obtención del diámetro del colector principal y de los ramales se usaron las siguientes fórmulas, dadas por el DNV-GL en la Pt.4 Ch.6 Sc.4.8.4.1:

$$dp = 25 + 1,68 \times [L \times (B + D)]^{\frac{1}{4}}$$

$$d = 25 + 2,16 \times [c \times (B + D)]^{\frac{1}{4}}$$

(Ec. 11.1 y 11.2)

Siendo “c” la longitud del compartimiento en el cual se encuentra el ramal. Con estas fórmulas se obtuvieron los siguientes valores:

Espacio	c (m)
Sala de máquinas	20,00
Bodega 1	24,00
Bodega 2	24,00
Bodega 3	24,00

El espesor mínimo de las tuberías se obtiene según lo dado por el DNV-GL Pt.4 Ch.6 Sc.9.1.2.3, con la ecuación mostrada a continuación:

$$t = 9 \times (0,5 + 0,001 \times D)$$

Donde D = Diámetro

Calculo de SC		
Espacio	Diámetro (mm)	tmin (mm)
dcolector (mm)	129,97	5,8716
dmaq (CCMM)	111,15	5,643
d1 (Bodega 1)	84,58	5,3001
d2 (Bodega 2)	84,58	5,3001
d3 (Bodega 3)	84,58	5,3001
Asp emergencia	118,7	5,643

(Tabla 11.2)

11.2.2. Dimensionamiento según tuberías comerciales:

Se obtuvieron, a partir de los diámetros calculados, las dimensiones de las tuberías comerciales que se van a instalar. El catálogo comercial de tuberías de la compañía **Siderca** que se utilizó se encuentra en el anexo como "Catálogo A11.1".

Tuberías comerciales						
Espacio	Dint (mm)	Espesor (mm)	Dext (mm)	D.N (pulg)	DN (mm)	SCH
dcolector (mm)	154,08	7,11	168,3	6	152,4	40
dmaq (CCMM)	128,2	6,55	141,3	5	127	40
d1 (Bodega 1)	90,12	5,74	101,6	3,5	88,9	40
d2 (Bodega 2)	90,12	5,74	101,6	3,5	88,9	40
d3 (Bodega 3)	90,12	5,74	101,6	3,5	88,9	40
Asp emergencia	128,2	6,55	141,3	5	127	40

(Tabla 11.3)

11.2.3. Cálculo de caudales de diseño:

Con estos diámetros se calcularon los caudales necesarios, considerando como velocidad de servicio **2 m/s**, a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_{DISEÑO} = v \times \pi \frac{D_{int}^2}{4}$$

(Ec. 11.3)

Quedando estos:

	Diseño (m3/s)	Diseño (m3/h)
Qcolector	0,037	134,250
Qmaquinas	0,026	92,939
Q1	0,013	45,927
Q2	0,013	45,927
Q3	0,013	45,927
Qasp em	0,026	92,939

(Tabla 11.4)

11.2.4. Cálculo de caudal según SC:

A continuación se obtuvo el caudal requerido por la sociedad de clasificación para el colector mediante la siguiente fórmula, según los establecido por el DNV-GL en la Pt.4 Ch.6 Sc.8.2.3:

$$Q = \frac{5.75d^2}{10^3}$$

(Ec. 11.4)

Quedando estos:

Por SC		
Caudal de espacio	Diámetro (mm)	Caudal (m3/h)
Qcolector	129,97	97,13
Qmaq (CCMM)	111,15	71,03
Q1 (Bodega 1)	84,58	41,14
Q2 (Bodega 2)	84,58	41,14
Q3 (Bodega 3)	84,58	41,14
Qasp em	118,7	81,02

(Tabla 11.5)

11.2.5. Cálculos de pérdidas de carga y altura manométrica requerida:

Aclaraciones:

- Para el cálculo de pérdidas en la aspiración se tomaron las dimensiones del espacio más alejado de la sala de máquinas, que será donde se instalará la bomba de achique, siendo este la bodega N° 3.
- El ramal contará con 2 codos y el colector con 3.
- Se supone que la bomba estará a 600 mm sobre el suelo del CCMM.
- Se supone que el ramal de achique tendrá 2000 mm de longitud.
- La tubería será de acero al carbono nuevo ($e=0,15$ mm).
- Se considera que la descarga contará con 4 codos.
- Se utilizará el mismo tipo de tubería que en el colector principal.
- Se considera que la velocidad en la aspiración va a ser la misma que en la descarga.
- Se considera que la presión en la aspiración va a ser igual que en la descarga, la atmosférica.
- Se supone que la altura desde la bomba hasta la descarga es de 2 m sobre el piso de CCMM.

Para el cálculo de pérdidas se usa la siguiente fórmula:

$$p = \left(f \times \frac{L}{D} + \sum K \right) \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ec. 11.5})$$

Los valores de las pérdidas localizadas para los distintos accesorios en el ramal y en el colector principal se encuentran en anexo en la tabla A11.2 y A11.3. A las pérdidas localizadas se las obtuvo mediante una longitud equivalente y sumándose las a las pérdidas distribuidas. El valor de f se obtuvo del diagrama de Muddy [1] y es igual a **0,0275**. Finalmente se obtuvieron los siguientes valores para la aspiración:

Pérdidas en la aspiración	
Pérdidas ramal (m)	2,53
Pérdidas colector (m)	5,35

Siendo la altura de pérdida totales en la aspiración igual a **7,88 m**, desde el pocete de achique más alejado de la aspiración de la bomba de achique. Para la descarga de la bomba se consideró que se usó el mismo tipo de tubería que en el colector principal, por lo tanto los valores de las pérdidas de los accesorios son los mismos que se utilizaron en la aspiración y la longitud del tramo de descarga se tomó igual a 6,5 m. La altura de pérdidas en la descarga es igual a **4,12 m**.

La altura de pérdida total del sistema es igual a **12,6 m**.

La altura de manométrica total del sistema es igual a **14,6 m**.

11.2.6. Dimensionamiento de bomba:

Mediante el requerimiento de Q, Hb y diámetro de tubería calculados en el punto anterior, se calculó la potencia requerida por la bomba mediante la siguiente ecuación:

$$P_b = H_b \times g \times \rho \times Q \quad (\text{Ec. 11.6})$$

Siendo:

- Q = 134,25 m³/h
- Hb = 14,6 m
- g = 9,8 m/s³
- ρ = 1025 Kg/m³

Quedando igual a **5,5 KW**. Con estos valores se buscó una bomba que sea capaz cumplir con los requerimientos necesarios. Se eligió una bomba centrífuga de marca KSB para manejo de aguas oleosas. La información técnica de la bomba a utilizar se encuentra en el anexo técnico como "Catálogo A11.2".

11.2.7. Verificación de ANPA:

Una vez que se eligió la bomba a instalar se verificó que el ANPA de la bomba sea menor que el calculado para asegurarse que no se produzca cavitación. El ANPA del sistema se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ANPA}_s = (P_e / (\rho \times g)) + (V_e^2 / (2 \times g)) - P_v / (\rho \times g) \quad (\text{Ec. 11.7})$$

Donde P_e y V_e son la presión y la velocidad en la entrada a la bomba y P_v es la presión de vapor, que se la toma como **2337 Pa**. Siendo finalmente el ANPA_s igual a **1,37 m**. El ANPA_b de la bomba es **1,11 metros**. Por lo tanto se verifica que:

$$\text{ANPA}_b < \text{ANPA}_s \quad (\text{Ec. 11.8})$$

11.2.8. Dimensionamiento de sistema de achique de caja de cadenas:

Para el dimensionamiento del sistema de achique de caja de cadenas y bow-thruster mediante el empleo de un eyector lo primero que se hizo fue obtener los diámetros de los ramales. Esto se hizo haciendo uso de la ecuación 2 utilizada previamente para obtener los diámetros de los ramales, quedando estos:

$$d = 25 + 2,16 \times [c \times (B + D)]^{\frac{1}{3}}$$

Cálculo de SC			
Espacio	c	Diámetros (mm)	tmin (mm)
Bow thruster	4,25	50,07	5,0715
caja de cadenas (Babor)	2,50	44,23	5,0715
caja de cadenas (Estribor)	2,50	44,23	5,0715
Castillo de proa	11,51	66,26	5,1858

A continuación a partir de los diámetros calculados se las dimensiona en base a las tuberías comerciales disponibles en el mercado:

Tuberías comerciales						
Espacio	Dint (mm)	espesor (mm)	Dext (mm)	D.N (pulg)	DN (mm)	SCH
Bow thruster	62,68	5,16	73	2,5	63,5	40
caja de cadenas (Babor)	62,68	5,16	73	2,5	63,5	40
caja de cadenas (Estribor)	62,68	5,16	73	2,5	63,5	40
Castillo de proa	77,92	5,49	88,9	3	76,2	40

Como criterio de diseño se determinó que el eyector trabajará con la misma velocidad de servicio (**2 m/s**) que la bomba principal de achique, y debe ser capaz de vaciar el volumen del pocete de caja de cadenas (10,63 m³ cada caja de cadenas) en 1 hora. Por lo tanto el caudal va a ser igual a 10,63 m³/h Aplicando la ecuación 3 se determinó que el diámetro de entrada al eyector tendrá que ser de **43,35 mm**.

$$Q_{DISEÑO} = v \times \pi \frac{D_{int}^2}{4}$$

En base a esto se eligió un eyector de marca **Schutte & Koerting** de diámetro nominal de **2 pulgadas**. Los datos del mismo se encuentran en el anexo en el catálogo 3.

11.2.9. Dimensionamiento del equipo separador de aguas oleosas:

Para el dimensionamiento del equipo se utilizaron los criterios establecidos por la Prefectura Naval Argentina en la ordenanza N° 4/97 tomo 6. Como criterio de diseño se usó el arqueo bruto del buque que es igual a **6335,85 m³**. Con este valor se determinó que el caudal mínimo del equipo igual a **5 m³/h**, según lo que indica la tabla mostrada a continuación. Con esto como referencia se eligió un equipo **Warstila OSW 2500**, cuya información técnica se encuentra en el anexo como "Catálogo A11.3".

ARQUEO BRUTO DEL BUQUE	CAUDAL MINIMO (m ³ /h)
Igual o superior a 400, e inferior a 1000	0,50
Igual o superior a 1000, e inferior a 1600	1,00
Igual o superior a 1600, e inferior a 6000	2,50
Igual o superior a 6000, e inferior a 30000	5,00
Igual o superior a 30000	10,00

11.2.10. Dimensionamiento de tanque de aguas oleosas y de lodos:

Para determinar el volumen del tanque de lodos y aguas oleosas se utiliza la fórmula dada en el DNV-GL en la Pt.4 Ch.6 Sc.8.1.2.3:

$$V = K1 \times C \times D \text{ (Ec. 9)}$$

Donde $K1 = 0,015$

C = Consumo diario de combustible (21,84 m³)

D = Días de navegación (30 días es la cantidad mínima)

Con estos valores se obtiene que los tanques deben tener un volumen de **9,83 m³**.

11.2.11. Esquemas de tendido de tuberías para el servicio de achique de sentinas:

Se encuentra en el plano ABA-PB-681-001_D (Hoja 1 y 2).

11.3 Referencias:

- DNV-GL, Parte 4 Ch. 6
- F.M. White, Mecanica de Fluidos, Sexta edición, McGraw-Hill Company, 2008.

Anexo:

- Catálogo A11.1:

TABLA DIMENSIONAL															
DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	SCHEDULES													
pulg.	mm		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
1/8	10.3	Espesor	1.73	2.41					1.73		2.41				
		Peso	0.37	0.47					0.37		0.47				
1/4	13.7	Espesor	2.24	3.03					2.24		3.03				
		Peso	0.63	0.80					0.63		0.80				
3/8	17.1	Espesor	2.31	3.20					2.31		3.20				
		Peso	0.84	1.10					0.84		1.10				
1/2	21.3	Espesor	2.77	3.73	7.47				2.77		3.73				4.78
		Peso	1.27	1.62	2.55				1.27		1.62				1.95
3/4	26.7	Espesor	2.87	3.91	7.82				2.87		3.91				5.56
		Peso	1.69	2.20	3.64				1.69		2.20				2.90
1	33.4	Espesor	3.38	4.55	9.09	2.77			3.38		4.55				6.35
		Peso	2.50	3.24	5.45	2.09			2.50		3.24				4.24
1 1/4	42.2	Espesor	3.56	4.85	9.70	2.77			3.56		4.85				6.35
		Peso	3.39	4.47	7.77	2.69			3.39		4.47				5.61
1 1/2	48.3	Espesor	3.68	5.08	10.16	2.77			3.68		5.08				7.14
		Peso	4.05	5.41	9.56	3.11			4.05		5.41				7.25
2	60.3	Espesor	3.91	5.54	11.07	2.77			3.91		5.54				8.74
		Peso	5.44	7.48	13.44	3.93			5.44		7.48				11.11
2 1/2	73.0	Espesor	5.16	7.01	14.02	3.05			5.16		7.01				9.53
		Peso	8.63	11.41	20.39	5.26			8.63		11.41				14.92
3	88.9	Espesor	5.49	7.62	15.24	3.05			5.49		7.62				11.13
		Peso	11.29	15.27	27.68	6.46			11.29		15.27				21.35
3 1/2	101.6	Espesor	5.74	8.08		3.05			5.74		8.08				
		Peso	13.57	18.64		7.41			13.57		18.64				
4	114.3	Espesor	6.02	8.56	17.12	3.05			6.02		8.56		11.13		13.49
		Peso	16.08	22.32	41.03	8.37			16.08		22.32		28.32		33.54
5	141.3	Espesor	6.55	9.53	19.05	3.40			6.55		9.53		12.70		15.88
		Peso	21.77	30.97	57.43	11.56			21.77		30.97		40.28		49.12
6	168.3	Espesor	7.11	10.97	21.95	3.40			7.11		10.97		14.27		18.26
		Peso	28.26	42.56	79.22	13.83			28.26		42.56		54.21		67.57
8	219.1	Espesor	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		Peso	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	Espesor	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.27	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		Peso	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	60.29	81.53	95.98	114.71	133.01	155.10	172.27
12	323.8	Espesor	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		Peso	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	208.08	238.69
14	355.6	Espesor	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52		15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		Peso	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25		126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72
16	406.4	Espesor	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
		Peso	93.18	123.31		62.65	77.83	93.18	123.31	160.13	203.54	245.57	286.66	333.21	365.38
18	457.2	Espesor	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
		Peso	105.11	139.22		70.60	87.75	122.44	155.88	205.84	254.68	309.78	363.75	408.48	459.62
20	508.0	Espesor	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
		Peso	117.03	155.13		78.56	117.03	155.13	183.43	247.84	311.19	381.55	441.52	508.15	564.85
24	609.6	Espesor	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
		Peso	140.89	186.95		94.47	140.89	209.51	255.25	355.04	441.80	547.36	639.62	719.68	807.68
30	762.0	Espesor	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88							
		Peso	176.67	234.68		147.29	234.68	292.20							
36	914.4	Espesor	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						
		Peso	212.45	282.41		177.05	282.41	351.88	420.64						
42	1066.8	Espesor	9.52	12.70				15.88							
		Peso	248.23	330.15				411.57							
48	1219.2	Espesor	9.52	12.70				15.88							
		Peso	284.01	377.88				471.25							

Normas de aplicación: ASTM A 53/A 106, ASTM A 333, ASTM A 335, API 5L, IRAM IAS U 500-218 y otras.
 Servicios asociados: Stock permanente, cortes a medida, revestimientos en polietileno y polipropileno, galvanizado, biselado y roscado, entregas Just in Time.

- Tabla A11.2

Pérdidas ramal	
Pérdida codo (m)	3
Pérdida filtro (m)	8,1
Pérdida válvula (m)	0,65
Pérdidas localeq total (m)	11,75

- Tabla A11.3

Pérdidas colector	
Pérdida codo (m)	5,4
Pérdida válvula (m)	2,5
Pérdida filtro (m)	8,1
Perd eq colector (m)	16

- Catalogo A11.2:

Customer item no.:
Communication dated:
Doc. no.:
Quantity: 1

Number: ES 5706572
Item no.: 100
Date: 25/02/2018
Page: 1 / 15

Sewatec K 151-403G 3EN 180L 06

Version no.: 1

Operating data Point no. 1

Requested flow rate	134.25 m³/h	Actual flow rate	140.51 m³/h
Requested developed head	14.30 m	Actual developed head	15.04 m
Pumped medium	Sludge Return sludge up to 2% bone dry Not containing chemical and mechanical substances which affect the materials	Efficiency	65.7 %
		Power absorbed	8.87 kW
		Pump speed of rotation	985 rpm
		NPSH required	1.11 m
Ambient air temperature	20.0 °C	Permissible operating pressure	10.00 bar.g
Fluid temperature	20.0 °C	Discharge press.	1.49 bar.g
Fluid density	1011 kg/m³		
Fluid viscosity	2.86 mm²/s	Min. allowable flow rate	69.61 m³/h
Suction pressure max.	0.00 bar.g	Min. allow. mass flow	19.55 kg/s
Suction pressure min.	-0.84 bar.g	Shutoff head	19.20 m
Static head	6.50 m	Max. allow. mass flow	85.46 kg/s
NPSH available	1.37 m	Design	Single system 1 x 100 % Tolerances to ISO 9906 Class 3B; below 10 kW acc. to paragraph 4.4.2
Mass flow rate	39.46 kg/s		
Max. power on curve	11.14 kW		

Point no. 2

Requested flow rate	134.25 m³/h	Actual flow rate	194.19 m³/h
Requested developed head	6.42 m	Actual developed head	12.78 m
Ambient air temperature	20.0 °C	Efficiency	69.5 %
Fluid temperature	20.0 °C	Power absorbed	9.82 kW
Fluid density	1011 kg/m³	Pump speed of rotation	985 rpm
Fluid viscosity	2.86 mm²/s	NPSH required	1.14 m
Suction pressure max.	0.00 bar.g	Permissible operating pressure	10.00 bar.g
Suction pressure min.	-0.06 bar.g	Discharge press.	1.27 bar.g
Static head	0.60 m	Min. allow. mass flow	19.55 kg/s
NPSH available	9.25 m	Shutoff head	19.20 m
Mass flow rate	54.54 kg/s	Max. allow. mass flow	85.46 kg/s
Max. power on curve	11.14 kW	Design	Single system 1 x 100 %
Min. allowable flow rate	69.61 m³/h		

Design

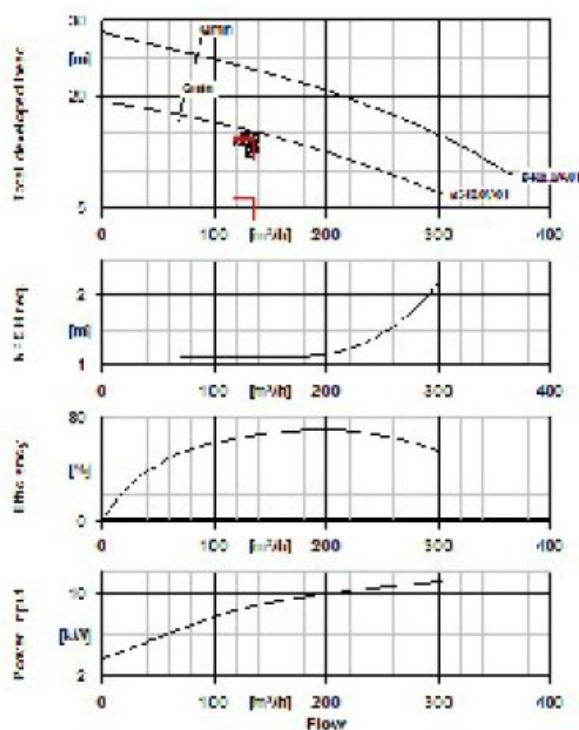
Pump standard	KSB-Aggregate international execution	Manufacturer Type	KSB MG
Design	Baseplate mounted, long-coupled	Material code	SIC/SIC/NBR
Orientation	Horizontal	Impeller type	Multivane radial flow impeller (K-max)
Suction nominal dia.	DN 200	Wear ring	Casing wear ring
Suction nominal pressure	PN 16	Impeller diameter	340.0 mm
Suction position	axial	Free passage size	76.0 mm
Discharge nominal dia.	DN 150	Direction of rotation from drive	Clockwise
Discharge nominal pressure	PN 16	Bearing bracket size	S04
Discharge position	top (0°/360°)	Bearing type	Anti-friction bearings
Discharge flange drilled according to standard	EN 1092-2	Lubrication type	Grease
Suction nozzle drilled acc. to DIN2501 with tapped blind holes		Color	Ultramarine blue (RAL 5002)
Shaft seal	2 mech. seals in tandem arrangement with oil reservoir		KSB-blue

Driver, accessories

Manufacturer	Flender	Frequency	50 Hz
Coupling type	Eupex N	Rated voltage	400 V
Nominal size	140	Rated power P2	15.00 kW
Coupling guard type	Tread-proof (ZN3230)	Available reserve	52.79 %
Guard size	A2	Rated current	29.5 A
Guard material	Steel ST	Starting current ratio	5.9
Baseplate type	Welded steel for Sewatec	Insulation class	F to IEC 34-1
Baseplate size	H50	Motor enclosure	IP55
Driver type	Electric motor	Cos phi at 4/4 load	0.80
Drive standard mech.	IEC	Motor efficiency at 4/4 load	91.2 %
Model (make)	Siemens	Temperature sensor	3 PTC resistors
Drive supplied by	Standard motor supplied by KSB - mounted by KSB	Motor winding	400 / 690 V
Motor const. type	B3	Number of poles	6
Motor size	180L	Connection mode	Delta
Efficiency class	Efficiency class IE3 acc. to IEC60034-30-1	Motor cooling method	Surface cooling
Motor speed	986 rpm	Motor material	Aluminium
		Frequency inverter operation allowed	FI allowed
		Motor noise pressure level	61 dBa

Materials G

Notes		Impeller (230)	Grey cast iron EN-GJL-250
General criteria for a water analysis: pH-value ≥ 7 ; chloride content (Cl) ≤ 250 mg/kg. Chlorine (Cl ₂) ≤ 0.6 mg/kg.		O-Ring (412)	Nitrile rubber NBR
Pump casing (101)	Grey cast iron EN-GJL-250	Casing wear ring (502.1)	Grey cast iron EN-GJL-250
Discharge cover (163)	Grey cast iron EN-GJL-250	Screwed plug (903)	Steel ST
Shaft (210)	Chrome steel 1.4021+QT800	Hexagon socket head cap screw (914)	Chrome steel CrSt



Design

Pump standard	KSB-Aggregate international execution
Design	Baseplate mounted, long-coupled
Orientation	Horizontal
Suction nominal dia.	DN 200
Discharge nominal dia.	DN 150
Discharge nominal pressure	PN 16
Discharge flange drilled according to standard	EN 1092-2
Shaft seal	2 mech. seals in tandem arrangement with oil reservoir
Material code	SIC/SIC/NBR
Impeller type	Multivane radial flow impeller (K-max)
Impeller diameter	340.0 mm
Free passage size	76.0 mm
Direction of rotation from drive	Clockwise

Materials G

Notes

Pump casing (101)
Discharge cover (163)
Shaft (210)

Impeller (230)

Grey cast iron EN-GJL-250
Grey cast iron EN-GJL-250
Chrome steel
1.4021+QT800
Grey cast iron EN-GJL-250

Operating data Point no. 1

Pumped medium

Sludge
Return sludge up to 2% bone dry
Not containing chemical and mechanical substances which affect the materials

Ambient air temperature

20.0 °C

Fluid temperature

20.0 °C

Actual flow rate

140.51 m³/h

Actual developed head

15.04 m

Efficiency

65.7 %

Power absorbed

8.87 kW

Pump speed of rotation

985 rpm

Operating pressure (for indicated duty conditions)

1.73 bar.g

Static head

6.50 m

NPSH available

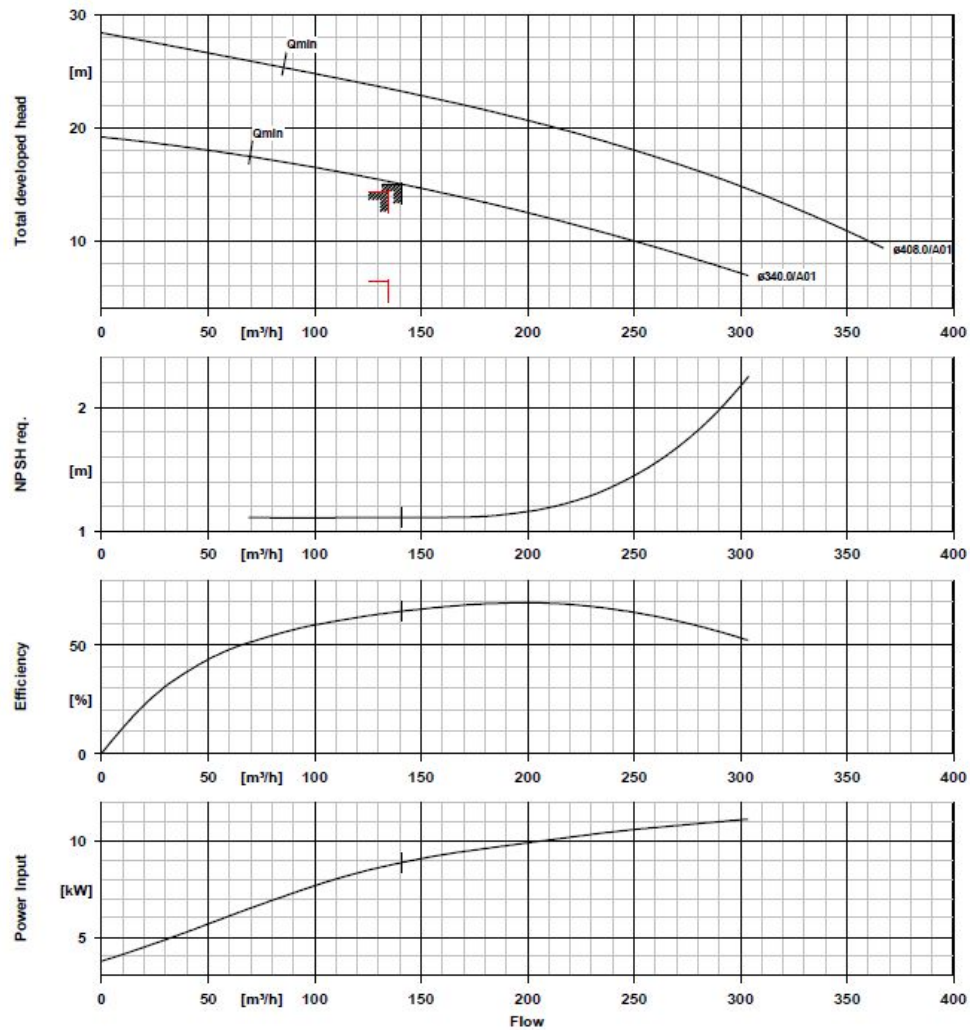
1.37 m

Design

Single system 1 x 100 %

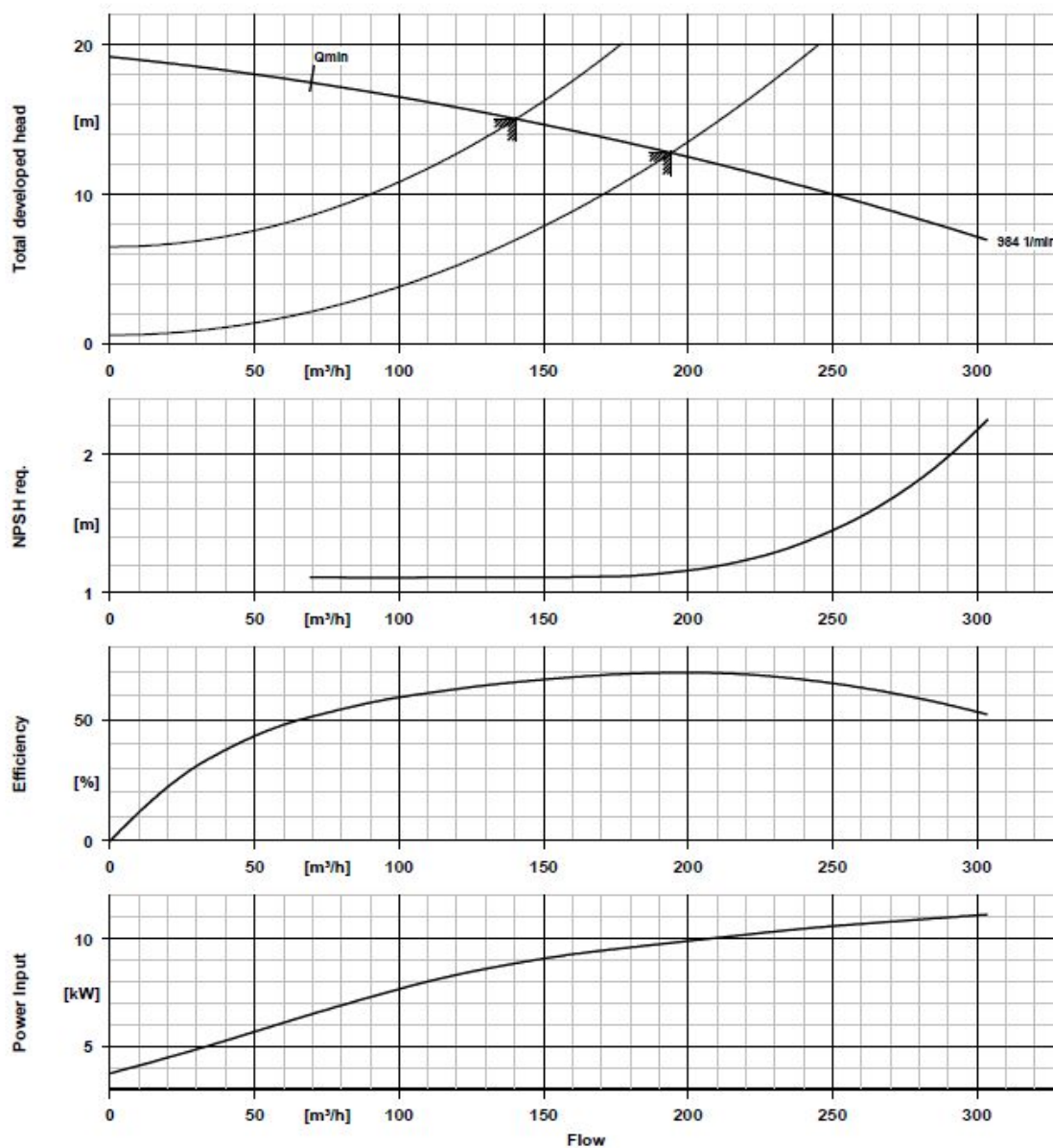
Driver, accessories

Manufacturer	Flender
Coupling type	Eupex N
Nominal size	140
Coupling guard type	Tread-proof (ZN3230)
Guard size	A2
Guard material	Steel ST
Baseplate type	Welded steel for Sewatec
Baseplate size	H50
Driver type	Electric motor
Drive standard mech.	IEC
Efficiency class	Efficiency class IE3 acc. to IEC60034-30-1
Motor speed	986 rpm
Frequency	50 Hz
Rated voltage	400 V
Rated power P2	15.00 kW
Available reserve	52.79 %
Rated current	29.5 A
Starting current ratio	5.9
Insulation class	F to IEC 34-1
Motor enclosure	IP55
Temperature sensor	3 PTC resistors
Motor winding	400 / 690 V
Frequency inverter operation allowed	FI allowed



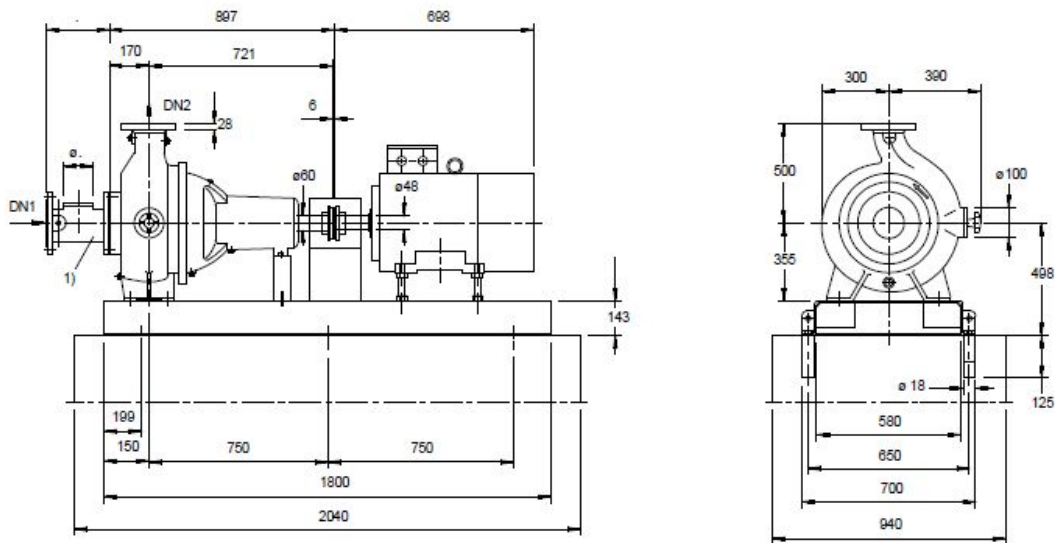
Curve data

Speed of rotation	985 rpm	Efficiency	65.7 %
Fluid density	1011 kg/m^3	Power absorbed	8.87 kW
Viscosity	2.86 mm^2/s	NPSH req. 3%	1.11 m
Flow rate	140.51 m^3/h	Curve number	K43618
Requested flow rate	134.25 m^3/h	Effective impeller diameter	340.0 mm
Total developed head	15.04 m	Acceptance standard	Tolerances to ISO 9906
Requested developed head	14.30 m		Class 3B; below 10 kW
			acc. to paragraph 4.4.2

**Curve data**

Fluid density 1011 kg/m^3
 Viscosity 2.86 mm^2/s
 Flow rate 140.51 m^3/h
 Requested flow rate 134.25 m^3/h

Total developed head 15.04 m
 Requested developed head 14.30 m
 Effective impeller diameter 340.0 mm



1) The inlet flange spacer is available as an accessory

Drawing is not to scale

Dimensions in mm

Motor

Motor manufacturer	Siemens
Motor size	180L
Motor power	15.00 kW
Number of poles	6
Speed of rotation	986 rpm

Connections

Suction nominal size DN1	DN 200 / EN 1092-2
Discharge nominal size DN2	DN 150 / EN 1092-2
Nominal pressure suct.	PN 16
Rated pressure disch.	PN 16
Suction nozzle drilled acc. to DIN2501 with tapped blind holes	

Baseplate

Design	Welded steel for Sewatec
Size	H50
Material	Steel ST
Leakage drain baseplate (8B)	Rp1, Without
Foundation bolts	M16x200 (Not in scope of supply)

Coupling

Coupling manufacturer	Flender
Coupling type	EupeX N
Coupling size	140
Spacer	0.0 mm

Weight net

Pump	465 kg
Baseplate	170 kg
Coupling	7 kg
Coupling guard	4 kg
Motor	180 kg
Total	826 kg

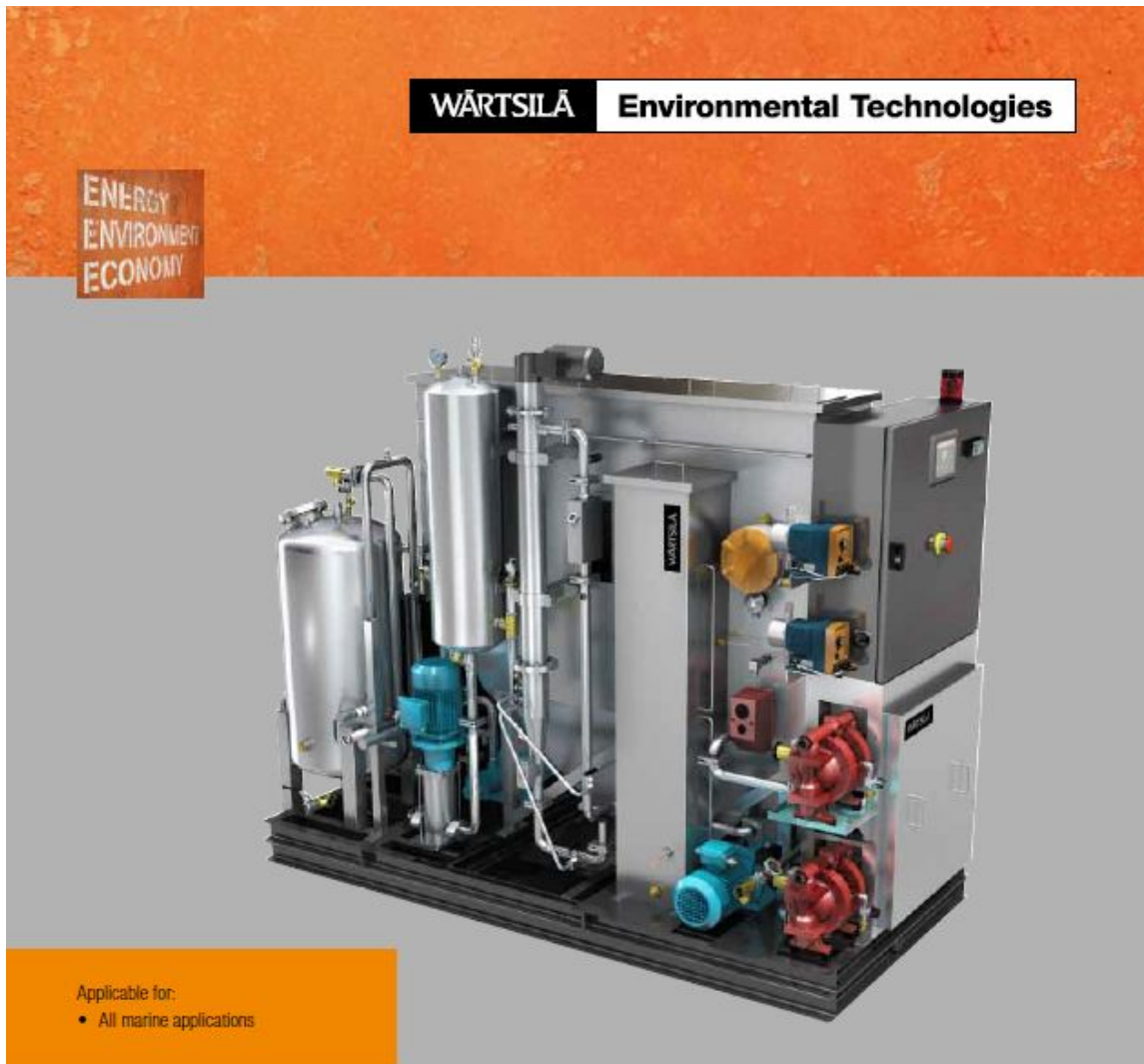
Connect pipes without stress or strain!

Dimensional tolerances for shaft axis height:
Dimensions without tolerances, middle tolerances to:

DIN 747
ISO 2768-m

For auxiliary connections see separate drawing.

- Catalogo A11.3



Environmental issues are a growing concern for companies involved in shipping as well as for governments and global organisations. Although shipping is already one of the most environmentally friendly modes of transportation of goods and people, more and more focus is put on minimizing different types of effluents into air and water. Legislative actions already in operation or coming in the near future also focus on keeping the seas clean.

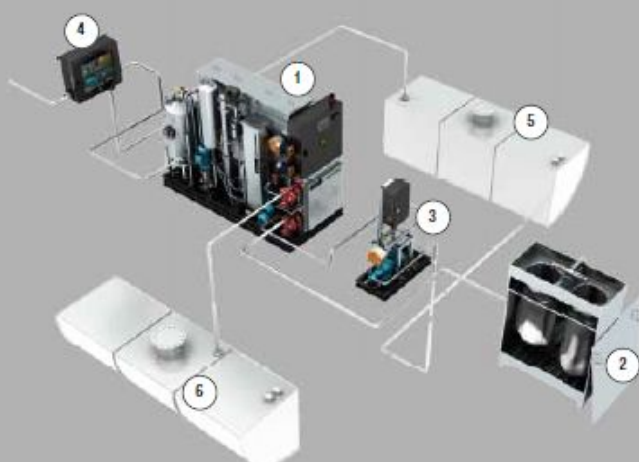
With the aid of Wärtsilä Oily Water Separator (OWS), the environmental aspects regarding bilge water issues are easily handled with minimum impact for the

operation staff and with results that easily surpasses the legislative requirements both of today and tomorrow.

The Wärtsilä OWS units are IMO and US Coast Guard approved and gives the operator effective control over all bilge media as well as over any discharges made into the sea. The system guarantees a maximum oil content in the effluent of 5 ppm (parts per million) during continuous operation. The units are designed to conform to the highest safety standards, an essential factor for their competitiveness but also a substantial value in itself. No accident, discharge or injury should be caused by our equipment.

Wärtsilä OWS range encompasses the OWS 500, OWS 1000 and OWS 2500 units, with capacity of handling 0.5, 1.0 and 2.5 m³ oily water per hour respectively. All units are approved according to IMO resolution MEPC 107(49) and US Coast Guard US 46 CFR §162.050 and guarantee a maximum oil content in the effluent of 5 ppm.





COMPLETE WÄRTSILÄ OILY WATER SEPARATOR

- 1 Wärtsilä Oily Water Separator
- 2 Solidpac solids dewatering unit (option)
- 3 Onsys pre-system
(standard on OWS 500 and OWS 2500)
- 4 Wärtsilä Bilge Water Guard
bilge discharge monitoring system (option)
- 5 Bilge tank
- 6 Sludge tank

■ ■ ■ UNSURPASSED TREATMENT QUALITY

The mixture of fuel oils, lubricants, detergents, solvents and water on board often creates stable emulsions in the bilge water tanks. Without modern and effective bilge water cleaning equipment this may lead to discharges of bilge water containing oil and hazardous components at sea or to unnecessarily high amounts of waste being pumped ashore. The heart of the Wärtsilä range of oily water separators is a groundbreaking separating process which effectively sorts out oil traces even from complicated emulsions. Together with the SolidPac add-on, the units can reduce the amount of bilge water for disposal ashore with as much as 95 percent, enabling substantial net savings in disposal costs.

SAFE AND SECURE OPERATION

Safety is another key aspect of bilge water treatment. With older treatment units, an

operator normally had to stand watch in order to secure the treatment operation. The Wärtsilä OWS range from Wärtsilä obviates the need of this as it constantly evaluates the effluent and its own operation parameters. When the treatment quality decreases or routine or unplanned maintenance is needed,

a warning is shown on the operator console on the unit and on the optional control screen on the bridge or in the control room. The operator is then guided through the actual corrective actions, all in order to ease and speed up the way back to full operation.

TECHNICAL DATA

	OWS 500	OWS 1000	OWS 2500
Capacity, max. m ³ /day	12	24	60
Length, mm	1185	2344	3210
Width, mm	765	1100	1400
Height, mm	1715	1855	1855
Weight, dry, kg	510	650	950
Weight, wet, kg	775	1950	2700
Power, kW	10	10	10

WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2011 Wärtsilä Corporation.
Specifications are subject to change without prior notice.

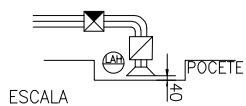
WARTSILA.COM



- Catalogo A11.4:

Size In Inches	Connections In Inches		Wgt. In Lbs.	Working Pressures						Dimensions in Inches			Max. Round Particle Size In Inches
	Suction Disch.	Pressure		Cast Iron		Bronze		Stainless Steel		A	B	C	
				Motive psi	Body psi	Motive psi	Body psi	Motive psi	Body psi				
Fig. 264 Eductor													
1/2	1/2	3/8	3/4	150	125	125	100	600	500	1 1/16	2 9/16	1 1/8	1/16
3/4	3/4	1/2	1 1/4	125	125	100	100	500	500	1 3/8	3 3/8	1 1/4	1/8
1	1	3/4	2	150	150	150	125	600	600	1 1/2	4 3/16	1 5/8	5/32
1 1/2	1 1/2	1	4	150	100	125	90	600	400	2	6 1/2	2	5/16
2	2	1 1/4	6	150	100	125	85	600	400	2 1/4	7 5/8	2 1/4	3/8
2 1/2	2 1/2	1 1/2	11	200	150	200	125	600	300	2 11/16	9 1/4	3 1/8	3/8
3	3	2	20	250	150	225	125	600	400	3 1/8	11 1/4	3 1/2	13/16
Fig. 266 Eductor													
4	4	2 1/2	100	125	125	-	-	-	-	4 3/8	19 1/4	7 13/16	1
6	6	4	180	125	125	-	-	-	-	6 1/16	28 3/8	9 1/8	1 1/8

DETALLE DE POCETE DE ACHIQUE



CONEXION INTERNACIONAL DE MARPOL
CUBIERTA PRINCIPAL

CALCULO Y DEIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ACHIQUE
1- COLECTOR PRINCIPAL
 $d = 25 + 1,68 \times (L \times (B + D))^{0,5} = 129,97 \text{ mm}$
2- RAMAL DE CCMM
 $d = 25 + 2,16 \times (c \times (B + D))^{0,5} = 111,15 \text{ mm}$
3- CAPACIDAD DE BOMBA DE ACHIQUE
 $Q = 5,66 \times d^{2,2} / 10^{3,3} = 121,13 \text{ m}^3/\text{h}$

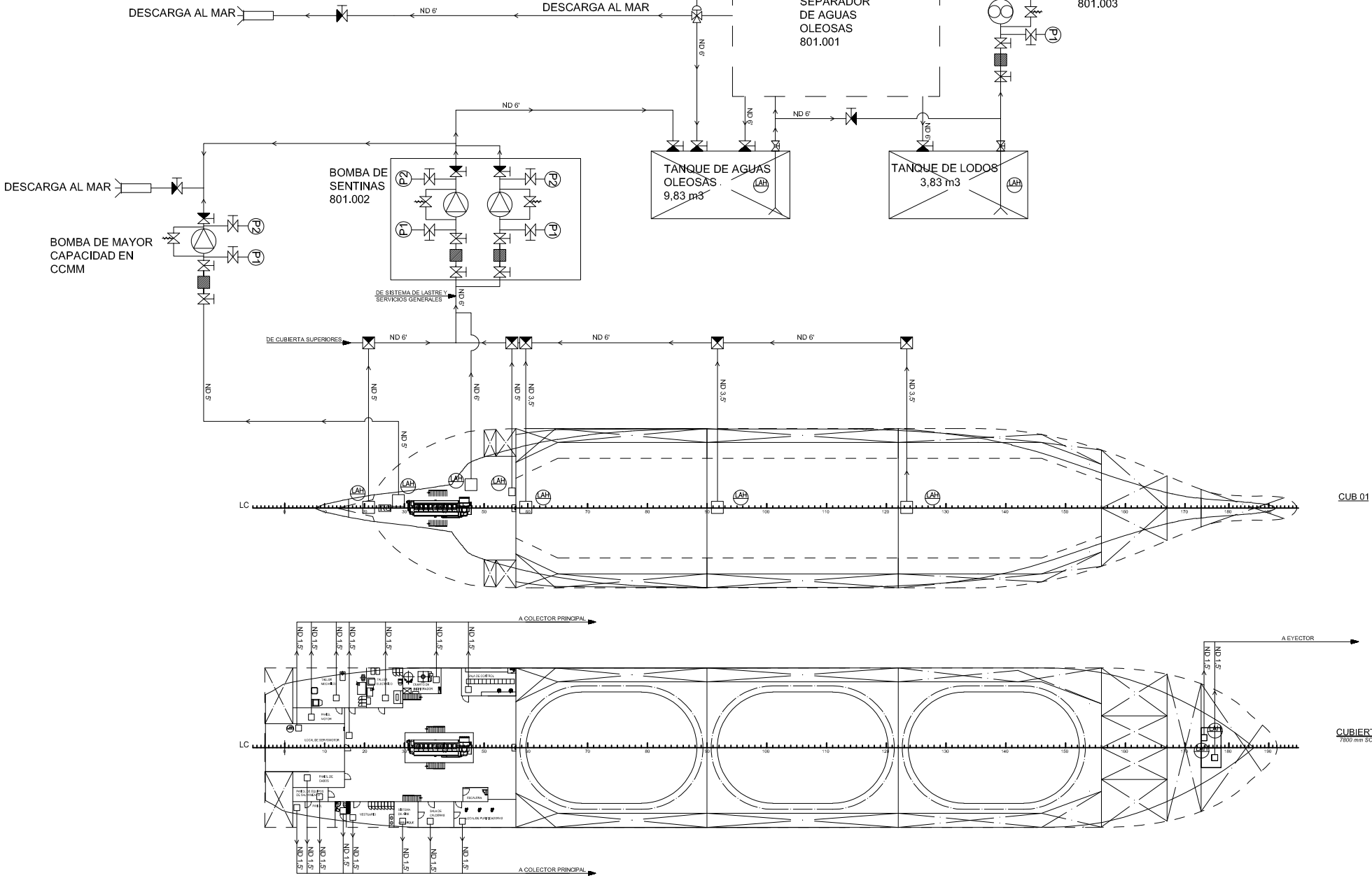
SIMBOLOS Y NOMENCLATURA			
	VALVULA GLOBO		ALARMA DE NIVEL
	VALVULA MARIPOSA		MANIFOLD
	VALVULA DE CIERRE Y NO RETORNO		POCETE
	EYECTOR		FILTRO
	BOMBA DE ACHIQUE		VALVULA COMPUERTA
	VALVULA DE 3 VIAS		INDICADOR DE PRESION
	BOMBA DE LODOS		VALVULA DE ALIVIO

DATOS DE TUBERIA			
MATERIAL: ACERO GALVANIZADO			
DN (IN)	DIAMETRO EXTERNO (mm)	ESPESOR (mm)	SCHEDULE
2 1/2	73	5,16	40
3	88,9	5,49	40
3 1/2	101,60	8,08	80
5	141,3	6,55	40
6	152,4	10,97	80

DATOS DE EQUIPOS DEL SISTEMA			
ITEM	No.	DESCRIPCION	DIMENSION / CAPACIDAD
801.001	1	SEPARADOR DE AGUAS OLEOSAS	5 m3/h
801.002	2	BOMBA DE SENTINAS	140,51 m3/h
801.003	1	BOMBA DE LODOS	15 m3/h
801.004	1	EYECTOR	10,63 m3/h

NOTA 1: EL DRENAJE DE ESTOS POCETES A LA SUCICON EN SALA DE MAQUINAS ES MEDIANTE GRAVEDA

NOTA 2: ES EQUIPO SEPARADOR DE AGUAS OLEOSAS CUENTA CON SU PROPIA BOMBA E INDICADOR DE PARTICULAS EN EL AGUA



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

☐	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	21/04/18	ABA	NFI
☐	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	27/02/18	ABA	NFI
☐	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	08/02/18	ABA	NFI
☐	SEGUN COMENTARIOS DOCENTE	17/01/18	ABA	NFI
△	INICIAL	02/10/17	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.

MODIFICACIONES

ESQUEMA DE SISTEMA DE ACHIQUE

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO
FECHA: 21/04/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
681-001	E	001	002
ESCALA: 1:650	ARCHIVO: ABA-PB-680-001_E	FORMATO: A3	



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

CALCULO Y DEIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ACHIQUE

1- COLECTOR PRINCIPAL
 $d = 25 + 1,68 \times (L \times (B + D))^{0,5} = 129,97 \text{ mm}$

2- RAMAL DE CCMM
 $d = 25 + 2,16 \times (c \times (B + D))^{0,5} = 111,15 \text{ mm}$

3- CAPACIDAD DE BOMBA DE ACHIQUE
 $Q = 5,66 \times d^2 / 10^3 = 121,13 \text{ m}^3/\text{h}$

SIMBOLOS Y NOMENCLATURA			
	VALVULA GLOBO		ALARMA DE NIVEL
	VALVULA MARIPOSA		MANIFOLD
	VALVULA DE CIERRE Y NO RETORNO		POCETE
	EYECTOR		FILTRO
	BOMBA DE ACHIQUE		VALVULA COMPUERTA
	VALVULA DE 3 VIAS		INDICADOR DE PRESION
	BOMBA DE LODOS		

DATOS DE TUBERIA			
MATERIAL: ACERO GALVANIZADO			
DN. (IN)	DIAMETRO EXTERNO (mm)	ESPESOR (mm)	SCHEDULE
2 1/2'	73	5,16	40
3	88,9	5,49	40
3 1/2'	101,60	8,08	80
5	141,3	6,55	40
6	152,4	10,97	80

DATOS DE EQUIPOS DEL SISTEMA			
ITEM	No.	DESCRIPCION	DIMENSION / CAPACIDAD
801.001	1	SEPARADOR DE AGUAS OLEOSAS	5 m3/h
801.002	2	BOMBA DE SENTINAS	140,51 m3/h
801.003	1	BOMBA DE LODOS	15 m3/h
801.004	1	EYECTOR	10,63 m3/h

NOTA 1: EL DRENAJE DE ESTOS POCETES A SALA DE MAQUINAS ES MEDIANTE GRAVEDAD

NOTA 2: ES EQUIPO SEPARADOR DE AGUAS OLEOSAS CUENTA CON SU PROPIA BOMBA E INDICADOR DE PARTICULAS EN EL AGUA

DIMENSIONES PRINCIPALES

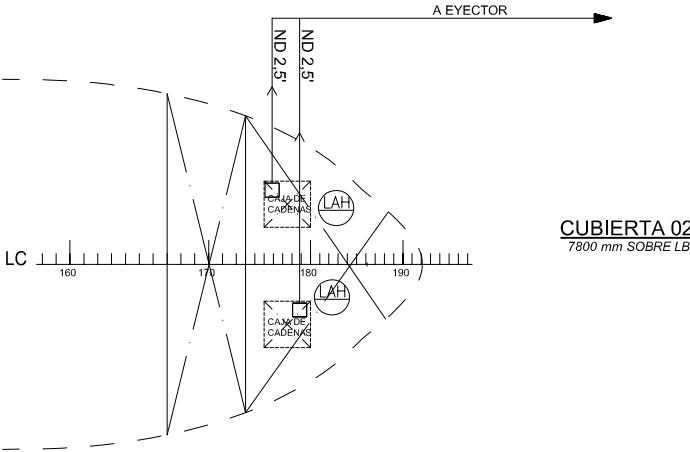
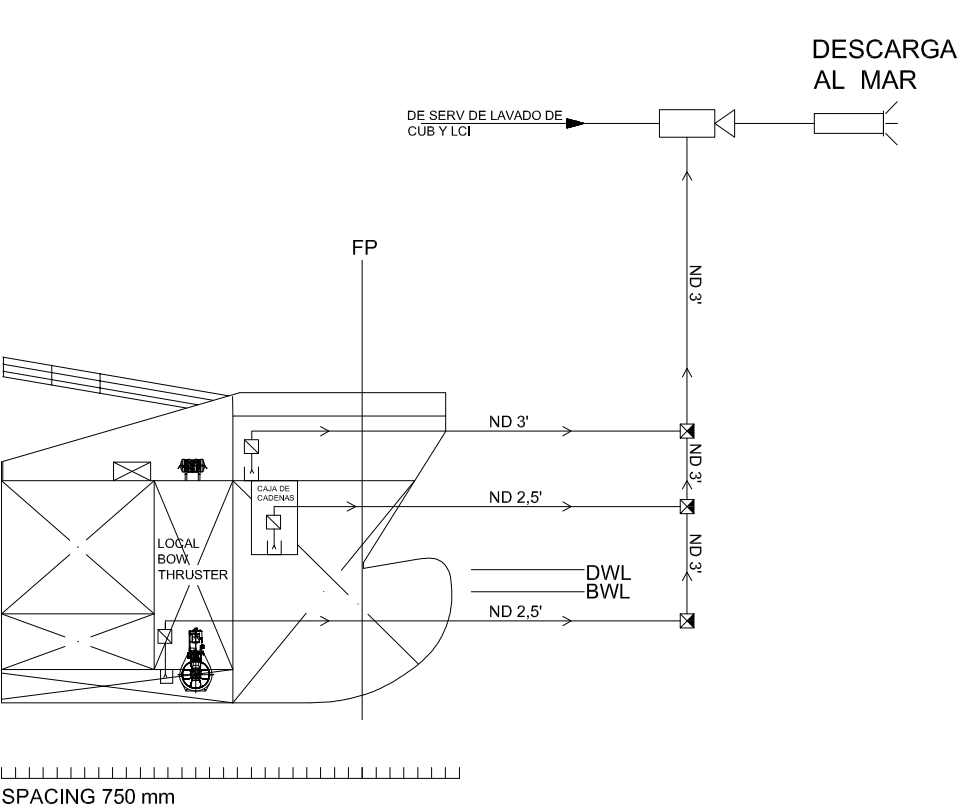
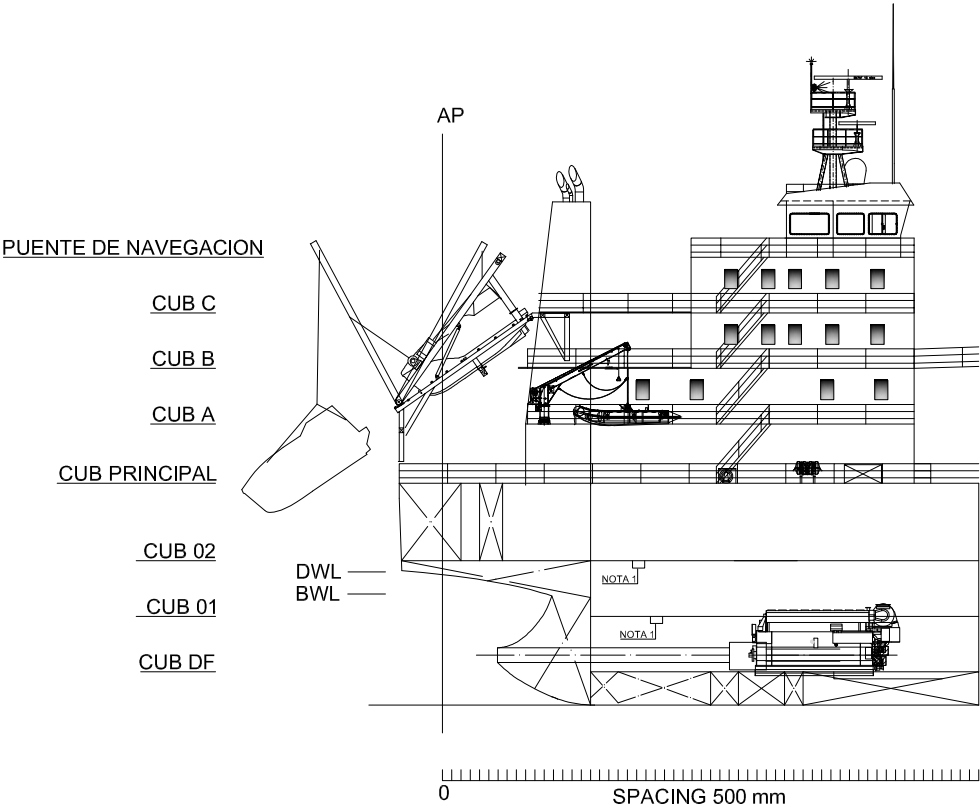
ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"



E	COMENTARIOS DOCENTE	21/04/18	ABA	NFI
D	COMENTARIOS DOCENTE	27/02/18	ABA	NFI
C	COMENTARIOS DOCENTE	08/02/18	ABA	NFI
B	COMENTARIOS DOCENTE	17/01/18	ABA	NFI
A	INICIAL	02/10/17	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.

MODIFICACIONES

ESQUEMA DE SISTEMA
DE ACHIQUE: POCETES Y
ESPACIOS DE PROA

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO
FECHA: 21/04/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
680-001	E	002	002
ESCALA: 1:400	ARCHIVO: ABA-PB-680-001_E	FORMATO: A3	

Cálculo de balance eléctrico



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4		
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

Índice

Introducción:	1
2. Desarrollo:	1
2.1. Calculo de potencia requerida:	1
2.2. Selección de generadores:	2
2.3. Generador de emergencias	2
2.4. Diagrama unifilar general:	3
3. Anexo:	4
4. Referencias:	14

1.Introducción:

El objetivo de este trabajo es realizar el balance eléctrico del buque proyecto. Como guía de cálculo se utilizará el libro de la ETSIN "Sistemas eléctricos y electrónicos a bordo: Diseño general de la planta eléctrica". Finalmente, en función de los requerimientos de potencias calculados, se determinará la cantidad de generadores a instalar en el buque y sus respectivas capacidades. Esto se hará acorde a los requisitos establecidos por SOLAS.

2. Desarrollo:

2.1. Calculo de potencia requerida:

Para la obtención de la potencia requerida por el buque en las distintas condiciones de operación se contabilizan los consumos eléctricos de todos los equipos que se pueden encontrar a bordo del buque. Luego se los dividirá en distintos grupos según su ubicación y/o funcionalidad. Estos grupos son:

- Auxiliares de propulsión
- Servicio de combustible y lubricantes
- Equipos de seguridad y varios
- Timón y maniobra
- Ventilación y aire acondicionado
- Habilitación
- Electrónica y alumbrado
- Equipos de mantenimiento

Los distintos equipos que se encuentran en cada uno de estos grupos se puede ver en la tabla 1 del anexo. A continuación se determinara la cantidad de cada uno de estos equipos que se instalará en el buque. Esta cantidad puede ser determinada por requisito de la sociedad de clasificación, SOLAS o por criterio de diseño. En el caso de aquellos equipos que son esenciales para la propulsión se instalarán por duplicado (SOLAS). Estas cantidades se encuentran en la tabla 1 del anexo. Se determina qué cantidad de equipos se encontrarán en funcionamiento en simultáneo. Con la cantidad de equipos instalados en el buque y el número de equipos trabajando en simultáneo se calculará el coeficiente de simultaneidad (K_n). Este se obtiene con la siguiente ecuación:

$$K_n = \frac{N^{\circ} \text{ de equipos en servicio}}{N^{\circ} \text{ de equipos instalados en el buque}} \quad (\text{Ec. 1})$$

El factor de servicio (K_{sr}) da una idea de la proporción de tiempo en que el equipo está en funcionamiento en una determinada condición de navegación. Este se puede obtener por estimaciones estadísticas o como criterio de diseño. Se calcula la potencia consumida por cada tipo de equipo como:

$$P_{\text{cons}} = P_i \times K_n \times K_{sr} \text{ (Ec. 2)}$$

Las condiciones de navegación analizadas para este tipo de buque son 5. La primera es condición de navegación franca (Nav.), la segunda es en maniobras (Man.), la tercera es en puerto (Pto.), la cuarta es la condición de carga y descarga (C/D) y la quinta, y última, es la condición de emergencia (Em.). Con la potencia obtenida en KW se obtiene la potencia aparente tomando como factor de potencia 0,8. Esto se hace con la siguiente ecuación:

$$P_{\text{aparente}} = \frac{P_{\text{potencia efectiva}}}{\text{Factor de potencia}} \text{ (Ec. 3)}$$

Finalmente se obtienen los siguientes requisitos de potencia para cada condición:

Potencia final consumida					
	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Potencia total (KW)	767,22	528,56	1188,6	855,62	210,1
Potencia aparente (KVA)	959,03	660,69	1485,75	1069,525	262,625

(Tabla 1)

En el anexo se encuentran la tabla detallando los consumos por equipos, coeficientes de simultaneidad, etc.

2.2. Selección de generadores:

Para satisfacer los requerimientos de potencia se instalarán tres generadores MAN 5L23/30H Mk 2 de 641 KW, 5 cilindros, con una frecuencia de 50Hz y 750 rpm. De esta forma con dos generadores en funcionamiento se cumplan los requisitos de generación eléctrica y queda uno disponible de reserva para cumplimentar con el requisito dado por SOLAS. En el anexo se encuentra disponible el catálogo del equipo.

2.3. Generador de emergencias

Para cumplir los requerimientos establecidos por el SOLAS para una situación de "black out" se debe disponer de un generador de emergencia capaz de abastecer los siguientes servicios:

- Iluminación de emergencia en:
 - Estaciones de embarque a botes salvavidas y rescate
 - Troncos, pasillos y escaleras en zonas de
 - Sala de máquinas y cuartos de control
 - cuarto de estiba de trajes y equipos contra incendios
 - Cuarto de servomotor

- Local de la motobomba de emergencia
- Cuarto de generador de emergencia
- Luces de navegación
- Equipos de radiocomunicación y GDMSS
- Equipos de navegación
- Sistema de detección y alarma de incendio
- Pito y sirena
- Servomotor
- Bomba de incendio de emergencia

Teniendo en cuenta los consumos calculados se necesita un generador capaz de suministrar 210,1 KW como mínimo. Con este fin se selecciona un generador de la marca Caterpillar con una potencia de 224KW, una frecuencia de 50 Hz y 1500 rpm. La información del equipo se encuentra disponible en el anexo. En las tablas mostradas a continuación se pueden ver las potencias requeridas en cada condición y las cargas que tienen los distintos generadores en estas

Potencia final consumida					
	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Potencia total (KW)	767,22	528,56	1188,6	855,62	210,1
Potencia aparente (KVA)	959,03	660,69	1485,75	1069,525	262,625

Equipo	Demanda por equipo (KW)					% de uso por equipo				
	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Generador 1	383,61	528,56	594,30	427,81	0,00	59,85	82,46	92,71	66,74	0,00
Generador 2	383,61	0,00	594,30	427,81	0,00	59,85	0,00	92,71	66,74	0,00
Generador 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Generador em.	0,00	0,00	0,00	0,00	210,1	0,00	0,00	0,00	0,00	93,79

2.4. Descripción de sistema de generación y distribución eléctrica:

El diagrama unifilar se encuentra disponible en el esquema *ABA-PB-710-003_B*. El sistema de generación y distribución eléctrica está diseñado de forma tal que cualquiera de los generadores sea capaz de abastecer a la totalidad de los tableros de forma individual, así como de forma combinada con el resto de los equipos. De esta forma se puede obtener un mejor rendimiento de los equipos y de ser necesario y alternando sus periodos de uso para realizar las operaciones de mantenimiento que estos requieran.

Debido a las características del tipo de buque los 3 generadores alimentan al tablero principal de 3x400 V y 50 Hz. De este se desprenden los distintos tableros de potencia o

servicios de 3x400 V, y con transformadores de por medio, el tablero principal de servicios de 3x230 V.

El tablero de emergencia de 3x400 V se encuentra alimentado por el tablero principal de 3x400 V y también por el generador de emergencia. En caso de una situación de "black out" la conexión al tablero de emergencia cambia automáticamente desde el tablero principal al de emergencia. Del tablero de emergencia de 3x400 V se alimentan los tableros de emergencia de 3x400 V del servomotor y la bomba de LCI EGA, y por medio de un transformador el tablero de emergencia de 3x230 V.

3. Anexo:

BALANCE ELÉCTRICO														
Descripción	N° elm.		P cons/elm (KW)	Kn	Ksr					Pot final consumida				
	Ins.	Srv.			Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Aux. propulsión														
Bombas agua salada	3	2	21,7	0,67	1	0,3	0,8	0,3	0	43,4	4,34	34,72	13,02	0
Bombas agua dulce	3	2	26,7	0,67	1	0,3	0,8	0,3	0	53,4	5,34	42,72	16,02	0
Bombas lub reductor	2	1	1,5	0,50	1	0	0,8	0	0	1,5	0	1,2	0	0
Compresos aire de arranque	2	1	5,5	0,50	0,3	0	0,5	0	0	1,65	0	2,75	0	0
Varios propulsión	1	1	25	1,00	0,5	0	0,5	0	0	12,5	0	12,5	0	0
Total por grupo										112,45	9,68	93,89	29,04	0

Descripción	N° elm.		p cons/elm (KW)	Kn	Ksr					Pot final consumida				
	Ins.	Srv.			Nav .	C/D	Man.	Pto.	Em .	Nav .	C/D	Man.	Pto.	Em.
Servicio combustible y lubricantes														
Bombas de aceite lubricante	3	2	30	0,6 7	1	0,3	1	0,2	0	60	6	60	12	0
Bombas de trasiego de combustible	2	1	6	0,5 0	0,2	0,3	0,2	0,2	0	1,2	0,9	1,2	1,2	0
Bombas de alimentación de combustible	2	1	0,2	0,5 0	1	0,3	1	0,2	0	0,2	0,03	0,2	0,04	0
Bombas de circulación de HFO	2	1	0,6	0,5 0	1	0,3	1	0,2	0	0,6	0,09	0,6	0,12	0
Purificadoras de combustible	2	1	5	0,5 0	1	0,3	1	0,2	0	5	0,75	5	1	0
Purificadoras de aceite lubricante	2	1	14	0,5 0	1	0,3	1	0,2	0	14	2,1	14	2,8	0
Bombas de lodo	1	1	4,5	1,0 0	0,2	0,3	0,2	0,2	0	0,9	1,35	0,9	0,9	0
Viscosímetro	1	1	0,5	1,0 0	1	0,3	0,2	0,2	0	0,5	0,15	0,1	0,1	0
Total por grupo										82,4	11,37	82	18,16	0

BALANCE ELECTRICO														
Descripción	N° elm.		p cons/el m (KW)	Kn	Ksr				Pot final consumida					
	Ins.	Srv.			Nav.	C/ D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Equipos de seguridad y varios														
Bombas de cubierta y contraincendios	2	2	83	1,0 0	0,2	0,2	0,2	0,2	0	33,2	16,6	33,2	33,2	0
Bomba contraincendio de emergencia	1	1	33	1,0 0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	16,5
Bomba de lastre	1	1	11	1,0 0	0,1	0,3	0,1	0,4	0	1,1	3,3	1,1	4,4	0
Bomba de agotamiento	1	1	8	1,0 0	0,1	0,3	0,1	0,1	0	0,8	2,4	0,8	0,8	0
Bomba dosificación de espuma	1	1	7	1,0 0	0,2	0,1	0,2	0,2	0	1,4	0,7	1,4	1,4	0
Bomba de trasiego agua de lastre	1	1	8,5	1,0 0	0,1	0,3	0,1	0,4	0	0,85	2,55	0,85	3,4	0
Bomba destilador generador agua dulce	2	1	16	0,5 0	0,5	0,2	0,5	0,5	0	8	1,6	8	8	0
Bombas agua caliente	1	1	4,5	1,0 0	0,5	0,2	0,5	0,5	0	2,25	0,9	2,25	2,25	0
Bomba eyector generador de agua dulce	1	1	16	1,0 0	0,5	0,2	0,5	0,5	0	8	3,2	8	8	0
Bomba de carga y descarga	6	3	130	0,5 0	0	0,5	0	0	0	0	32,5	0	0	0
Planta de reliquifaccion	1	1	200	1,0 0	1	1	1	1	0	200	200	200	200	0
Control remoto válvulas	1	1	1,8	1,0 0	0,1	0,3	0,1	0,1	0	0,18	0,54	0,18	0,18	0
Otros elementos	1	1	3,5	1,0 0	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,7	0,7	0,7	0,7	0
Total por grupo										256,4 8	264,9 9	256,48	262,33	16,5

BALANCE ELÉCTRICO														
Descripción	N° elm.		P cons/elm (KW)	Kn	Ksr					Pot final consumida				
	Ins.	Srv.			Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em .
Timón y maniobra														
Bomba servomotor	2	1	20	0,50	0,5	0	0,5	0	0,5	10	0	10	0	11
Chigres molinete y amarras	2	2	52,5	1,00	0	0	0	1	0	0	0	0	105	2
Chigres amarras	4	4	47,5	1,00	0	0	0	1	0	0	0	0	190	4
Bow thruster	1	1	450	1,00	0	0	1	0	0	0	0	450	0	1
Sistema control chigres	2	1	4,5	0,50	0	0	0	1	0	0	0	0	4,5	1
Total por grupo										10	0	460	299,5	19

BALANCE ELÉCTRICO														
Descripción	N° elm.		P cons/elm (KW)	Kn	Ksr					Pot final consumida				
	Ins.	Srv .			Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	. Pto	Em.
Ventilación y aire acondicionado														
Unidad de aire acondicionado	1	1	28	1,0 0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	14	14	14	14	0
Compresores de aire acondicionado	2	1	16	0,5 0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	8	4	8	8	0
Ventilador local generador de emergencias	1	1	1,2	1,0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventilador sala de máquinas	2	2	24	1,0 0	1	1	1	0,2	0	48	24	48	9,6	0
Ventilador local servomotor	1	1	7,5	1,0 0	1	0,2	1	0,2	0	7,5	1,5	7,5	1,5	0
Ventilador purificadoras	1	1	4,5	1,0 0	1	0,2	1	0,3	0	4,5	0,9	4,5	1,3 5	0
Aire acondicionado sala de control de máqs.	1	1	4,5	1,0 0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	2,25	2,25	2,25	2,2 5	0
Ventiladores habitación	15	15	0,9	1,0 0	1	1	1	1	0	13,5	0,9	13,5	13, 5	0
Total por grupo										97,75	47,5 5	97,7 5	50, 2	0

BALANCE ELÉCTRICO														
Descripción	N° elm.		P cons/elm (KW)	Kn	Ksr					Pot final consumida				
	Ins.	Srv .			Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Habilitación														
Compresores gambuza refrigerada	2	1	4,5	0,50	0,5	0,5	0,5	0,5	0	2,25	1,125	2,25	2,25	0
Ventiladores gambuza	1	1	1,8	1,00	0,8	0,8	0,5	0,8	0	1,44	1,44	0,9	1,44	0
Descarchador	1	1	3,5	1,00	0	0,5	0	0,5	0	0	1,75	0	1,75	0
Cocina y horno	1	1	18	1,00	0,4	0,4	0,4	0,4	0	7,2	7,2	7,2	7,2	0
Horno panadería	1	1	7	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0	1,4	1,4	1,4	1,4	0
Caldera cocina	1	1	5,5	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0	1,1	1,1	1,1	1,1	0
Plancha cocina	1	1	11	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0	2,2	2,2	2,2	2,2	0
Equipo lavandería	1	1	4	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0
Bomba circulación agua caliente	1	1	0,1	1,00	1	1	0,8	1	0	0,1	0,1	0,08	0,1	0
Bombas sanitarias agua dulce	2	1	3	0,50	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,6	0,3	0,6	0,6	0
Calentador agua dulce	1	1	11	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0	2,2	2,2	2,2	2,2	0
Potabilizadora	1	1	0,1	1,00	1	1	1	1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Planta séptica	1	1	3,5	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0	1,75	1,75	1,75	1,75	0
Equipo despensa	1	1	4,5	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0
Total por grupo										22,04	22,37	21,48	23,79	0

BALANCE ELÉCTRICO														
Descripción	N° elm.		P cons/elm (KW)	Kn	Ksr					Pot final consumida				
	Ins.	Srv.			Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Electrónica y alumbrado														
Equipo de radio principal	1	1	5	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	2,5	2,5	2,5	2,5	4
Equipo de navegación y comunicaciones	1	1	6	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	3	3	3	3	4,8
Alumbrado cámara de máquinas	1	1	55	1,00	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	44	44	44	44	44
Alumbrado acomodación	1	1	35	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	17,5	17,5	17,5	17,5	28
Cuadro alimentación de baterías	1	1	1	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8
Servicios especiales puente de navegación	1	1	3	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	2,4
Luces y señales de navegación	1	1	1	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8
Sirena	1	1	5	1,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	1	1	1	1	2,5
Automación	1	1	5	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	0
Protección catodica (Corrient. impresas)	1	1	9	1,00	1	1	1	1	0	9	9	9	9	0
Total por grupo										80,8	80,8	80,8	80,8	87,3

BALANCE ELÉCTRICO														
Descripción	N° elm.		P cons/elm (KW)	Kn	Ksr					Pot final consumida				
	Ins.	Srv.			Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Equipos de mantenimiento														
Torno	1	1	1,2	1,00	0,2	0,2	0,1	0,2	0	0,24	0,24	0,12	0,24	0
Taladro	1	1	1,2	1,00	0,2	0,2	0,1	0,2	0	0,24	0,24	0,12	0,24	0
Esmeriladora	1	1	0,6	1,00	0,2	0,2	0,1	0,2	0	0,12	0,12	0,06	0,12	0
Máquina soldadora	1	1	7	1,00	0,2	0,2	0,1	0,2	0	1,4	1,4	0,7	1,4	0
Compresor aire de servicio	1	1	27	1,00	0,5	0	0,2	0	0	13,5	0	5,4	0	0
Total por grupo										105,3	91,8	96,2	91,8	87,3

Resumen por grupos					
Descripción	Pot final consumida				
	Nav.	C/D	Man.	Pto.	Em.
Aux. propulsión	112,45	9,68	93,89	29,04	0
Servicio combustible y lubricantes	82,4	11,37	82	18,16	0
Equipos de seguridad y varios	256,48	264,99	256,48	262,33	16,5
Timón y maniobra	10	0	460	299,5	19
Ventilación y aire acondicionado	97,75	47,55	97,75	50,2	0
Habilitación	22,04	22,37	21,48	23,79	0
Electrónica y alumbrado	80,8	80,8	80,8	80,8	87,3
Equipos de mantenimiento	105,3	91,8	96,2	91,8	87,3
Potencia total (KW)	767,22	528,56	1188,6	855,62	210,1
Potencia aparente (KVA)	959,025	660,69375	1485,75	1069,525	262,625

Generador principal:

MAN L23/30H Mk 2

Tier II Tier III

Tier III with SCR

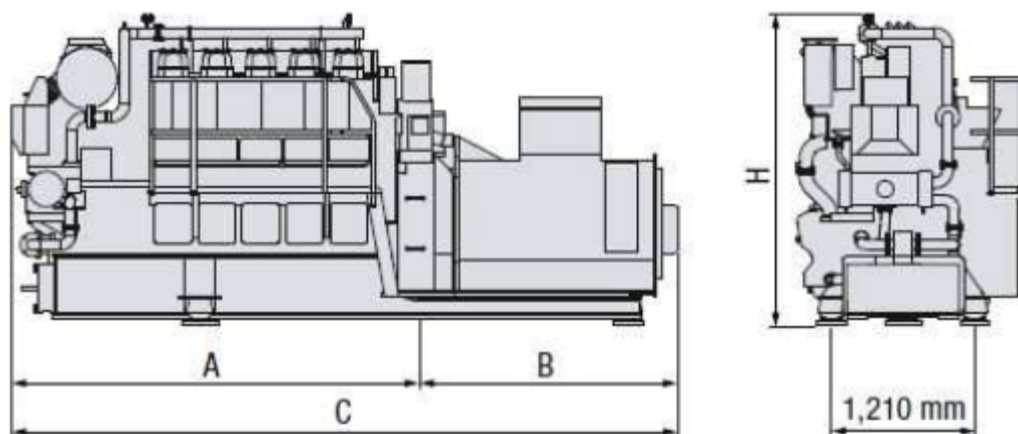
Bore: 225 mm, Stroke: 300 mm

Speed	r/min	750		720		900	
Frequency	Hz	50		60		60	
		Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L23/30H ECR		525	500	525	500	-	-
5L23/30H		675/740	641/703	650/710	618/675	-	-
6L23/30H		888	844	852	809	1,050	998
7L23/30H		1,036	984	994	944	1,225	1,164
8L23/30H		1,184	1,125	1,136	1,079	1,400	1,330

Dimensions

Cyl. No.		5	6	6	7	7	8	8
	r/min	720/750	720/750	900	720/750	900	720/750	900
A	mm	3,415	3,785	3,785	4,155	4,276	4,525	4,896
B	mm	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130
C	mm	5,545	5,915	5,915	6,285	6,406	6,655	7,025
H	mm	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625
Dry Mass	t	16.8	18.3	18.3	20.1	20.1	21.4	21.4

* Based on nominal generator efficiencies of 95%



Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm

Minimum distance between centre of engines: ~2,250 mm (without gallery) ~2,600 mm (with gallery)

Generador de emergencia:

MARINE POWER SYSTEMS

C9.3 MARINE GENERATOR SET

[< Back](#)

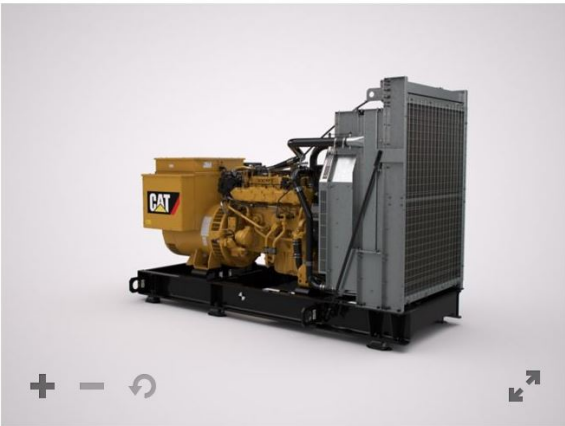
REQUEST A QUOTE

FINANCING & INSURANCE
[See our Current Offers](#)

TECHNICAL INFORMATION >

FIND YOUR DEALER >

COMPARE MODELS >



360° Exterior view. Double click on the image to zoom in on any area of the product.

PHOTO 360 VIEW



SPECIFICATIONS

EQUIPMENT

OVERVIEW

C9.3 ACERT genset packages with heat exchanger or keel cooling are available with 60 Hertz ratings of 250 ekW (313 kVA) and 300 ekW (375 kVA) and 50 Hz ratings of 200 ekW (250 kVA) and 250 ekW (313 kVA). Radiator cooled gen sets are with 60 Hz ratings of 224 ekW (280 kVA) and 274 ekW (343 kVA) and 50 Hz ratings of 185 ekW (231 kVA) and 235 ekW (294 kVA). The C9.3 propulsion, auxiliary, and generator set engines have a common rail fuel system for optimal combustion and lower emissions. Cooling system options for the propulsion and auxiliary engines include heat exchanger with sea water aftercooling, and keel with combined circuit or separate circuit aftercooling. The genset packages are available with heat exchanger, keel, or radiator cooling. These products are EPA Tier 3 and IMO II certified. In addition the propulsion engine ratings are EU Stage IIIA certified and auxiliary and gen sets are also CCNR Stage II certified.

GENERATOR SET SPECIFICATIONS

UNITS:

US

METRIC

Minimum Rating	185R ekW (231 kVA) at 50hz, 224R ekW (280 kVA) at 60hz
Maximum Rating	250R ekW (313 kVA) at 50hz, 300 ekW (375 kVA) at 60hz
Frequency	50 Hertz & 60 Hertz
Speed	1500 rpm @ 50Hz & 1800 rpm @ 60Hz

ENGINE SPECIFICATIONS

Aspiration	Turbocharged Aftercooled
Bore	105.0 mm
Stroke	135.0 mm
Fuel System	Common Rail
Engine Model	C9.3

GENERATOR SET CONFIGURATIONS

Emissions/Fuel Strategy	EPA Tier 3, IMO II, EU IW
-------------------------	---------------------------

GENERATOR SET DIMENSIONS

Height	1436.0 mm
Length of Engine	2170.0 mm
Width of Engine	1260.0 mm
Weight (approximate)	2367.0 kg

GENERATOR SPECIFICATIONS

Excitation	Permanent Magnet
Insulation	Class H
Number of Leads	12-Lead 2 wires per lead
Drip Proof	IP23
Voltage Regulator	approx. 0.5%

4. Referencias:

- ETSIN (2017), Diseño general de la planta eléctrica
- <http://marine.mandieselturbo.com/>

1

2

3

4

A

B

C

D

Cálculo de medios de evacuación y equipos de salvamento

E

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
	0	1	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 



32.57 PROYECTO DE BUQUES

F

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA"

Índice:

13.1. Introducción:	1
13.2. Desarrollo:	1
13.2.1. Botes Salvavidas:	1
13.2.2. Botes de rescate:	2
13.2.3. Balsas salvavidas:	2
13.2.4. Dispositivos flotantes:	2
13.2.5. Chalecos salvavidas:	3
13.2.6. Medios de señalización:	4
13.2.7. Trajes de inmersión:	4
13.2.8 Medios de escape:	4
13.2.9. Esquema de elementos de salvamento y vías de escape:	4
13.3. Referencias:	5

13.1. Introducción:

El objetivo de este trabajo es la determinación de la cantidad y posible ubicación de los medios de salvamento para un buque LPG de 7500 m³ de carga. Para la realización se utilizó como guía las reglamentaciones del SOLAS y de la *Prefectura Naval Argentina* (PNA).

13.2. Desarrollo:

La cantidad de dispositivos de salvamento se calculó en función de las dimensiones de buque gasero LPG con las siguientes dimensiones principales:

Buque LPG 7500 m ³	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71
Vel de servicio (Kn)	15

(Tabla 1)

13.2.1. Botes Salvavidas:

Según la reglamentación de SOLAS Cap. 3 Sec. III, el buque deberá llevar uno o más botes salvavidas totalmente cerrados que sean capaces de transportar la cantidad total de tripulantes del buque, que en este caso son **26 tripulantes**. Las posibles configuraciones son:

- Dos botes, uno a cada banda del buque.
- Un solo bote ubicado en la popa.

Debido a la falta de espacio disponible en el buque modelo se optó llevar un solo bote de caída libre que estará ubicado en popa, de la marca *Norsafe*. El bote elegido es el modelo **GES 21** de **6,55 m. de eslora**, **2,64 m. de manga** y **3,15 m. de altura**. Tiene capacidad para llevar a **26 personas**. En el anexo se encuentra el catálogo con más información técnica y el plano de arreglo general.

13.2.2. Botes de rescate:

Por reglamentación SOLAS Cap. 3 Sec. III todo buque mercante debe llevar por lo menos un bote de rescate, que diferirá respecto del bote salvavidas varias características como equipo, número de tripulantes, etc. pero en caso de un buque que no disponga de suficiente espacio para llevarlo podrá utilizar el bote salvavidas como reemplazo. Siempre y cuando este cumpla y haya sido aprobado para tales tareas.

El bote a utilizar será el modelo **MATRIX 450** de **4,5 m. de eslora, 1,96 m. de manga, 1,86 m. de altura** y capacidad para llevar a **6 personas**. En el anexo se encuentra el catálogo con más información técnica y el plano de arreglo general.

13.2.3. Balsas salvavidas:

De acuerdo a lo establecido por SOLAS Cap. 3 Sec. III todo buque mercante debe llevar por lo menos dos balsas salvavidas, una a cada banda del buque, que tengan la capacidad de albergar el total de personas a bordo del buque. Para el caso estudiado en este trabajo se decidió por tres balsas de la marca *Viking-Life* con capacidad para **35 personas** cada una y **12 personas** la ubicada en proa. Esta última se dispone en proa para prevenir en caso de que durante un incendio en la zona de tanques de LPG haya personal del buque trabajando en la zona de proa y no le sea posible trasladarse hasta los puestos de embarque en una forma rápida y segura. Dos en la zona de popa, en la superestructura y una se ubicará en la zona de proa. En el anexo se encuentra el catálogo con toda la información técnica de este modelo.

13.2.4. Dispositivos flotantes:

El mínimo de dispositivos flotantes establecido (aros salvavidas) establecido por SOLAS Cap. 3 Sec. III está en función de la eslora del buque. Para el buque es 10. Sin embargo se decidió llevar 12 en total para tener dos disponibles en caso de pérdidas o roturas de alguno de los que se encuentra en servicio. La cantidad, tipo y ubicación se encuentran resumidas en la tabla mostrada a continuación. La ubicación de estos elementos se puede ver en el plano ABA-AN-021-001_B.

Dispositivos flotantes (Aros salvavidas)		
Tipo	Cantidad	Ubicación
Con luz automática y señal fumígena	2	Puente
Con rabiza	8	Distribuidos a lo largo de la eslora
De repuesto: con rabiza	2	Estibados en el pañol de elementos de salvamento

(Tabla 2)

13.2.5. Chalecos salvavidas:

De acuerdo por lo dictado por el reglamento SOLAS Cap. 3 Sec. III, en un buque mercante todos los chalecos salvavidas deberán contar con una luz de autoencendido. La cantidad de chalecos salvavidas estará dictada por el número de tripulantes a bordo y se puede agregar un 10% extra de chalecos de para menores. En el presente trabajo se consideró que este no sera el caso por lo cual no se tuvo en cuenta este margen. Además de los chalecos para cada tripulante se debe agregar chalecos para los puestos que cuenten con personal de guardia, como el puente de navegación o el cuarto de control de máquinas. Otra consideración que se tomó en este anteproyecto fue la de dejar un extra suficiente de chalecos en los puestos de reunión para embarco de las balsas o bote salvavidas y un extra almacenado para prevenir en caso de pérdidas o roturas de los chalecos. Siendo finalmente el número de chalecos salvavidas a bordo igual a 86:

- 26 chalecos salvavidas que se deberán encontrar estibados en los camarotes de cada tripulante.
- 12 chalecos salvavidas por puesto de reunión de embarque (48 en total).
- 4 chalecos salvavidas para la guardia en el puente.
- 4 chalecos salvavidas para la guardia en la sala de control de máquinas.
- 4 chalecos salvavidas almacenados en el pañol de elementos de salvamento para reponer en caso de pérdida o rotura.

13.2.6. Medios de señalización:

Según lo establecido en el SOLAS Cap. 3 Sec. III los medios de señalización y su cantidad, que se incluyeron en este trabajo son:

- 1 radiobaliza
- 12 cohetes de señales de luz con paracaídas
- 1 respondedor de radar
- 4 aparatos radioeléctricos portátiles
- 1 set de banderas y códigos de señales
- 1 Proyector de señales

13.2.7. Trajes de inmersión:

Según lo establecido en el SOLAS Cap. 3 Sec. III se disponen 26 trajes de inmersión, uno para cada tripulante.

13.2.8 Medios de escape:

Según lo establecido por SOLAS se disponen como mínimo dos medios de escape en la zona de habilitación. En la CCMM se disponen de dos vías de escape de emergencias ubicadas a cada banda del buque. Además se dispone una salida de escape desde el cuarto de servomotor de la máquina de gobierno.

13.2.9. Esquema de elementos de salvamento y vías de escape:

Se encuentra en el plano ABA-AN-021-002 _B en el anexo.

13.3. Referencias:

- IMO (2004), Safety of life at sea (SOLAS)
- Prefectura Naval Argentina (1998), Ordenanza Marítima, 4/88
- Prefectura Naval Argentina (2001), Ordenanza Marítima, 3/01
- Prefectura Naval Argentina (1987), Ordenanza Marítima, 2/87

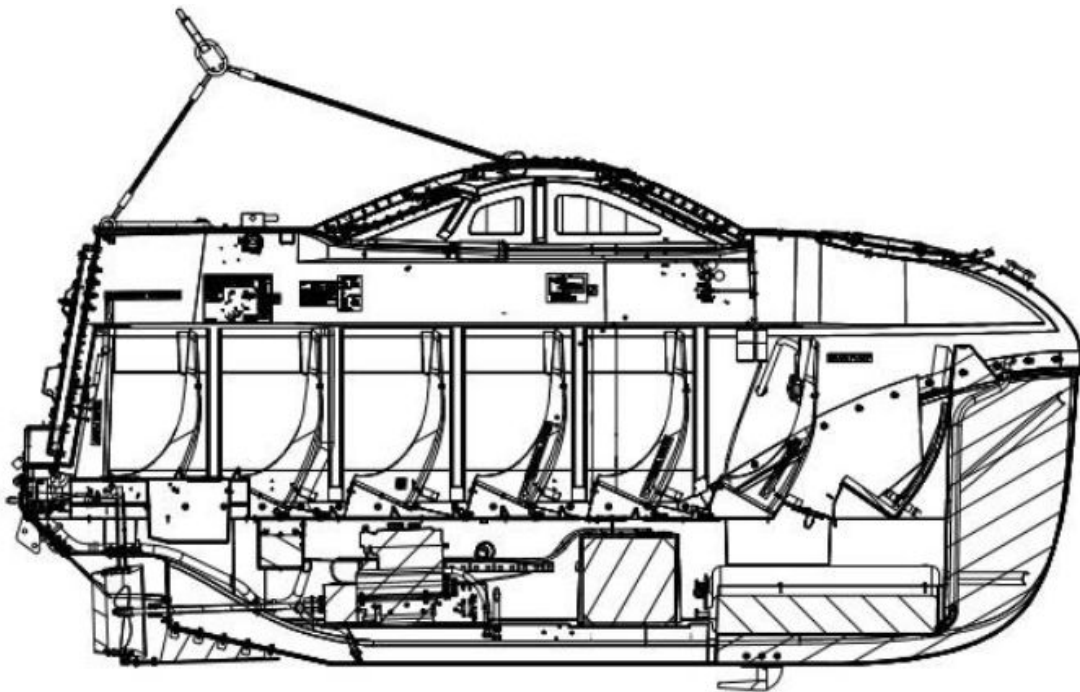
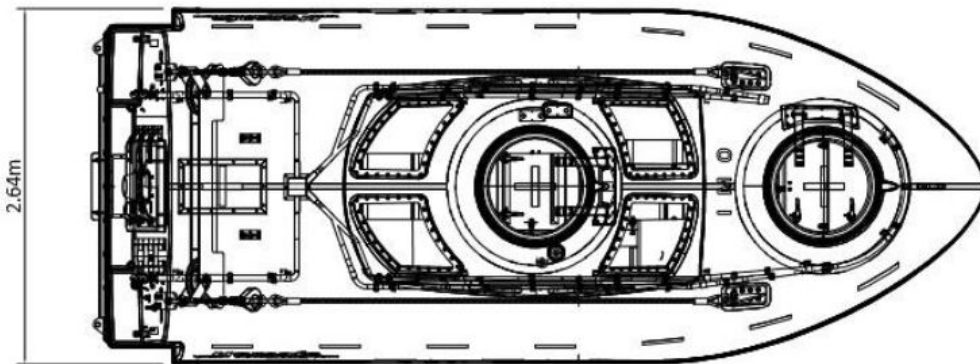
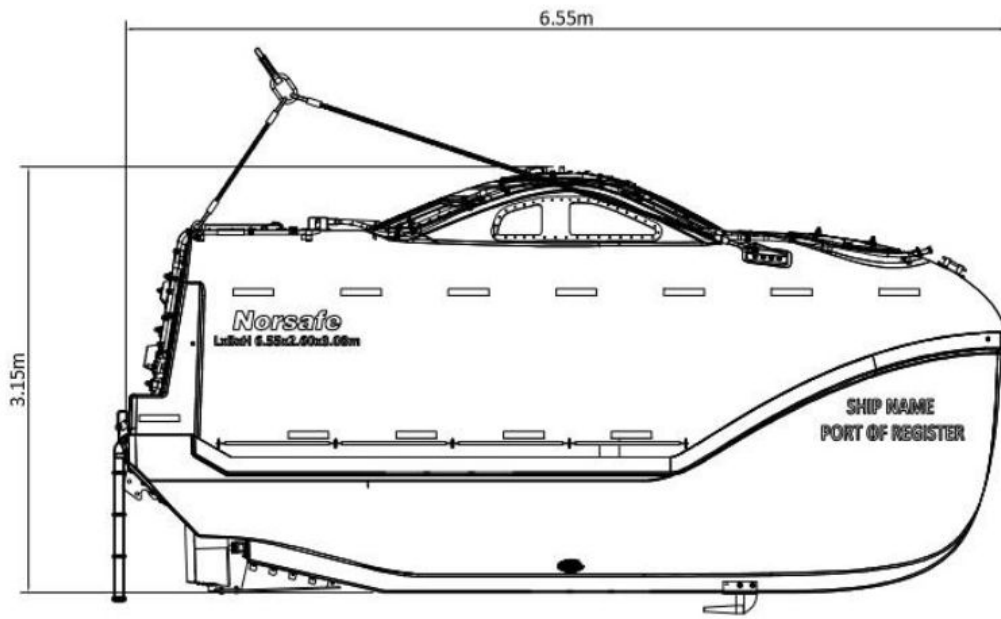
13.3-Anexo

13.3.1-Bote salvavidas

2. BOAT SPECIFICATION

2.1. GENERAL BOAT

Type	Totally Enclosed Free fall lifeboat
Model	GES-21 MKI
Length overall	6,55 m
Beam	2,64 m
Height	3,15 m
Depth	1.25m
Maximum installation height[m]	20 m
Launching ramp length and angle	7,4 m, 35°
Capacity, maximum	26 persons
Weight, fully equipped	4.155 kg
Davit load, with 32 pers@82,5 kg	6.300 kg
Color external	Orange (RAL 2004)
Color internal	Grey (RAL 7032)
Operation temperature:	-20°C till +40°C (other range on request)
Hull/deck material	Fire retardant glass reinforced polyester (GRP)
Buoyancy material	Polyurethane foam
Windows	Polycarbonate
Bollards/towing	AFT bollard, P & S, bollard in bow
Steering	Hydraulic
Fender	Rubber fender at stern of boat
Hatches	1 aft door / 1 top hatch / 1 front top hatch
Seat belt type	4-point adjustable seat harness
Sprinkler pipe system (tank ver.)	Seawater resistant aluminum piping, stainless steel deflectors
Sprinkler pump (tank ver.)	Belt connection to engine
Sprinkler shut-off valve (tank ver.)	Ball valve 4"
Compressed air system (tank ver.)	3 x 45L air bottles, air regulator and high pressure hoses
Under/overpressure valves	Automatic spring loaded on canopy
Loose equipment	According to SOLAS



13.3.2-Bote de rescate:

2. BOAT SPECIFICATION

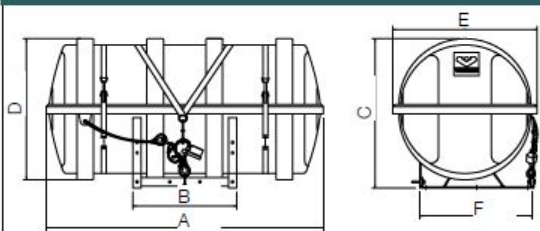
2.1. GENERAL BOAT

Type	Rescue Boat
Model	Matrix-450 MKI Outboard
Length overall	4,50 m
Length on fender	4,50 m
Beam	1,96 m
Height	1,86 m
Capacity, SOLAS minimum	6 persons
Capacity, SOLAS maximum	6 persons
Weight, fully equipped	505 kg
Davit load, with 6 pers@82,5 kg	1.000 kg
Color	Orange (RAL 2004)
Operation temperature:	-15°C till +40°C (other range on request)
Hull/deck material	Fire retardant glass reinforced polyester (GRP)
Self-righting frame	Fire retardant glass reinforced polyester (GRP)
Buoyancy material	Polyurethane foam
Bollards/towing	Aft bollard P & S, painter hook in bow
Steering	Tiller
Deck	Self-bailing
Loose equipment	According to SOLAS

13.3.3-Balsa salvavidas:

Container

4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 35 DK



Approx. size of container in mm							Approx. weight kg ***	
	A	B	C	D	E	F	A Pack	B Pack
4 DK	990	340	560	490	565	447	59,5	-
4 DK*	1155	435	615	561	628	520	75	-
6 DK	1155	435	615	561	628	520	70	65
8 DK	1155	435	615	561	628	520	86	70
10 DK	1355	500	630	565	650	550	98	75
12 DK	1355	500	630	565	650	550	109	85
16 DK	1335	500	720	680	700	550	124	97
20 DK	1335	545	713	685	780	620	150	110
25 DK	1385	545	750	735	790	620	172	-
25 DK	1335	545	713	685	780	620	-	122
35 DK	1550	760	947	890	920	750	282**	-
35 DK	1465	690	843	800	855	620	-	212**

* Special liferaft for fishing vessels.

** Liferafts weighing over 185 kg. can only be placed in a cradle if permitted by the flag state authority.

*** Weight does not include a cradle

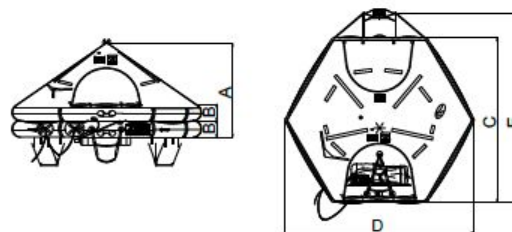


The VIKING Polar Liferaft

The only liferaft on the market designed and tested for Polar conditions

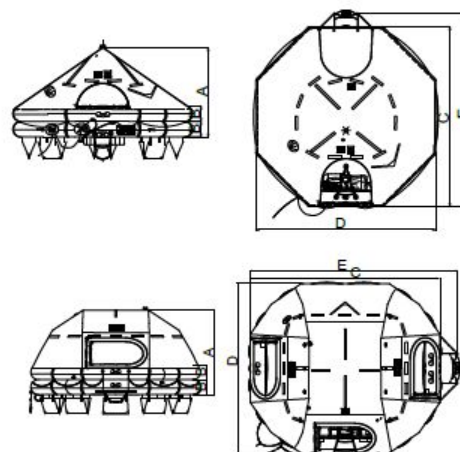
Liferaft

10 and 12 DK, Standard liferaft



Approx. size of raft in mm						
	A	B	C	D	E	F
10 DK	1540	275	2638	3070	2988	-
12 DK	1550	289	2882	3328	3232	-

16, 20, 25, 35 DK, Standard liferaft



Approx. size of raft in mm						
	A	B	C	D	E	F
16 DK	1450	313	3342	3342	3692	-
20 DK	1575	334	3686	3686	4036	-
25 DK	1785	352	4076	4076	4426	-
35 DK	2200	390	4420	4950	5390	-

1

2

3

4

A

B

C

D

Cálculo integridad estructural al fuego

E

F

		VERIFICADO	APROBADO	
NOMBRE: BARUH AGUSTIN				
FECHA: 22/08/2018				
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS	
	0	1		
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				



32.57 PROYECTO DE BUQUES

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

Índice:

14.1. Introducción:	1
14.2. Desarrollo:	1
14.2.1 Método utilizado:	1
14.2.2. Clasificación de espacios:	5
14.2.3. Clasificación de mamparos y cubiertas:	7
14.3. Referencias:	7

14.1. Introducción:

El objetivo de este informe es realizar el dimensionamiento estructural de los distintos espacios del buque, con el objetivo que puedan soportar los efectos del fuego en un eventual incendio, acorde al tipo de espacio. Para esto se utilizarán los lineamientos dados por el DNV-GL, SOLAS y PNA.

14.2. Desarrollo:

El diseño de estructural se hará para un buque LPG de 7500 m³ de capacidad con las siguientes características:

Buque LPG 7500 m ³	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 11.1)

14.2.1 Método utilizado:

Según lo establecido en el SOLAS Ch. 2-2 parte C, se utilizará el método constructivo 1C:

Para los espacios de habitación, servicio y estaciones de control se tiene que, según lo establecido por el SOLAS Ch. 2-2 Pt.C-5.5.1:

Se instalará un sistema fijo de detección y alarma de incendio, capaz de detectar humo en todos los pasillos, troncos de escaleras y rutas de escape dentro de los espacios de acomodación.

En los espacios destinados a transportar los tanques de cargamento se instalarán un sistema de monitoreo continuo de gases, según lo establecido en SOLAS Ch.2.2 Pt. A 6.7

Según lo establecido en la regla de lo SOLAS Ch. 2-2 Pt. C Reg. 9.2.3.1.1.1:

En los espacios de habitación, servicio y estaciones de control se se instalarán mamparos divisorios contruidos a partir de materiales no combustibles, acordes a los requisitos de las clases "B" y/o "C", sin que se instale un sistema automático de rociadores, detección y alarma de incendios.

y lo establecido en SOLAS Ch. 2-2 Pt. C Reg. 9.2.3.2.2:

Aquellos mamparos que no requieran ser clase A o B, serán como mínimo clase C.

Las características de cada clase se detallan a continuación:

Divisiones clase "A": las formadas por mamparos y cubiertas que reúnan las condiciones siguientes:

- ser de acero o de otro material equivalente;
- estar convenientemente reforzadas;
- estar construidas de manera que impidan el paso del humo y de las llamas hasta el final del ensayo estándar de exposición al fuego de una hora de duración;
- estar aisladas con materiales incombustibles aprobados, de manera que la temperatura media de la cara expuesta no suba más de 140° C por encima de la temperatura inicial, y que la temperatura no suba en ningún punto, comprendida cualquier unión que pueda

haber, más de 180° C por encima de la temperatura inicial, en los intervalos indicados a continuación:

▪	clase "A – 60"	60 min
▪	clase "A – 30"	30 min
▪	clase "A – 15"	15 min
▪	clase "A – 0"	0 min

Divisiones clase "B": las formadas por mamparos, cubiertas, cielos rasos y paneles de revestimientos que reúnan las siguientes condiciones:

- estar construidas de manera que impida el paso de llamas hasta el final de la primera media hora de ensayo estándar de exposición al fuego;
- tener un valor de aislamiento tal que la temperatura media de la cara no expuesta no suba más de 140° C por encima de la temperatura inicial, y que la temperatura no suba en ningún punto, comprendida cualquier unión que pueda haber, más de 225° C por encima de la temperatura inicial, en los intervalos indicados a continuación:

▪	clase "B – 15"	15 min
▪	clase "B – 0"	0 min

- ser de materiales incombustibles aprobados, además de que todos los materiales que se empleen en la construcción y el montaje de las divisiones de clase "B", habrán de ser incombustibles; no obstante, podrá autorizarse el empleo de laminados o enchapados combustibles a condición de que satisfagan las prescripciones de la presente.

Divisiones clase "C": las construidas con materiales incombustibles aprobados. No es necesario que se ajusten a las prescripciones relativas al paso de humo y de las llamas ni a las limitaciones relativas a la elevación de temperatura.- Está autorizado el empleo de laminados o enchapados combustibles a condición de que satisfagan las correspondientes prescripciones que se establecen en este Anexo respecto al uso restringido del material combustible.

El tipo de clase empleado en cada uno de los límites de cada local se hará según las características de los locales adyacentes, como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Para mamparos:

Spaces	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations (1)	A-0 ^a	A-60	60	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60	A-60	*	A-60
Corridors (2)		C	B-0	B-0 A-0 ^f	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Accommodation spaces (3)			Ca, b	B-0 A-0 ^f	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Stairways (4)				B-0 A-0 ^f	B-0 A-0 ^f	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Service spaces (low risk) (5)					C	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A (6)						*	A-0	A-0 ^g	A-60	*	A-60 ^f
Other machinery spaces (7)							A-0 ^d	A-0	A-0	*	A-0
Cargo spaces (8)								*	A-0	*	A-0
Service spaces (high risk) (9)									A-0 ^d	*	A-30
Open decks (10)											A-0
Ro-ro and vehicle spaces (11)											* ^h

Para cubiertas:

Space Below	Space above	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations (1)		A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-60
Corridor (2)		A-0	*	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Accommodation spaces (3)		A-60	A-0	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Stairways (4)		A-0	A-0	A-0	*	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Service spaces (low risk) (5)		A-15	A-0	A-0	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A (6)		A-60	A-60	A-60	A-60	A-60	*	A-60 ⁱ	A-30	A-60	*	A-60
Other machinery spaces (7)		A-15	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	*	A-0	A-0	*	A-0
Cargo spaces (8)		A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	*	A-0	*	A-0
Service spaces (high risk) (9)		A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0 ^d	*	A-30
Open decks (10)		*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*
Ro-ro and vehicle spaces (11)		A-60	A-30	A-30	A-30	A-0	A-60	A-0	A-0	A-30	*	* ^h

La definición de los distintos espacios, según lo establecido en el SOLAS Ch. 2-2 Pt. C Reg. 9.2.4.2.2, se muestra a continuación:

(1) *Control stations*

Spaces containing emergency sources of power and lighting.

Wheelhouse and chartroom.

Spaces containing the ship's radio equipment.

Fire control stations.

Control room for propulsion machinery when located outside the machinery space.

Spaces containing centralized fire alarm equipment.

(2) *Corridors*

Corridors and lobbies.

(3) *Accommodation spaces*

Spaces as defined in regulation 3.1, excluding corridors.

(4) *Stairways*

Interior stairway, lifts, totally enclosed emergency escape trunks, and escalators (other than those wholly contained within the machinery spaces) and enclosures thereto.

In this connection, a stairway which is enclosed only at one level shall be regarded as part of the space from which it is not separated by a fire door.

(5) *Service spaces (low risk)*

Lockers and store-rooms not having provisions for the storage of flammable liquids and having areas less than 4 m² and drying rooms and laundries.

(6) *Machinery spaces of category A*

Spaces as defined in regulation 3.31.

(7) *Other machinery spaces*

Electrical equipment rooms (auto-telephone exchange, air-conditioning duct spaces).

Spaces as defined in regulation 3.30 excluding machinery spaces of category A.

- (8) *Cargo spaces*
All spaces used for cargo (including cargo oil tanks) and trunkways and hatchways to such spaces.
- (9) *Service spaces (high risk)*
Galley, pantries containing cooking appliances, saunas, paint lockers and store-rooms having areas of 4 m² or more, spaces for the storage of flammable liquids, and workshops other than those forming part of the machinery spaces.
- (10) *Open decks*
Open deck spaces and enclosed promenades having little or no fire risk. To be considered in this category, enclosed promenades shall have no significant fire risk, meaning that furnishings shall be restricted to deck furniture. In addition, such spaces shall be naturally ventilated by permanent openings. Air spaces (the space outside superstructures and deckhouses).
- (11) *Ro-ro and vehicle spaces*
Ro-ro spaces as defined in regulation 3.41.
Vehicle spaces as defined in regulation 3.49.

14.2.2. Clasificación de espacios:

Una vez definido los distintos espacios según lo establecido en el SOLAS Ch 2-2 Parte C, se clasifican los distintos espacios del buque. Estos se muestran en la tabla a continuación:

Espacio	Clasificación
Cubierta: Doble fondo	
Sala de máquinas	6
Cubierta 01	
Sala de máquinas	6
Cubierta 02	
Salon de control de CCMM	1
Sala de máquinas	6
Local de incinerador	6
Taller electrico	7
Taller de CCMM	7
Local de repuestos de CCMM	9
Local de servomotor	7
Pañol de cabos	9
Panol	9
Pañol de equipos de salvamento	9
Vestuario	3

Baño	3
Sala de calderas	
Local de aire de arranque	7
Escalera de CCMM	6
Local de purificadoras	9
Cubierta principal	
Cuarto de AC	9
Almacén de vegetales	9
Almacén de carne	9
Almacén de pescado	9
Almacén	9
Local de GE	6
Local de CO2	1
Escalera de CCMM	6
Local de trajes de inmersión	3
Cuarto de espuma	9
Tronco de escalera	4
Escapes	6
Pasillo	2
Hospital	3
Gimnasio	3
Panol	9
Cubierta A	
Cocina	9
Comedor oficiales	3
Oficina tripulación de embarque	3
Oficina de carga	3
Sala de conferencias	3
Oficina de capitán	3
cine	3
Comedor de marineros	3
Baño	3
Tronco de escalera	4
Pasillo	2
Cubierta B	
Camarote	3
Cuarto de eq. de limpieza	5

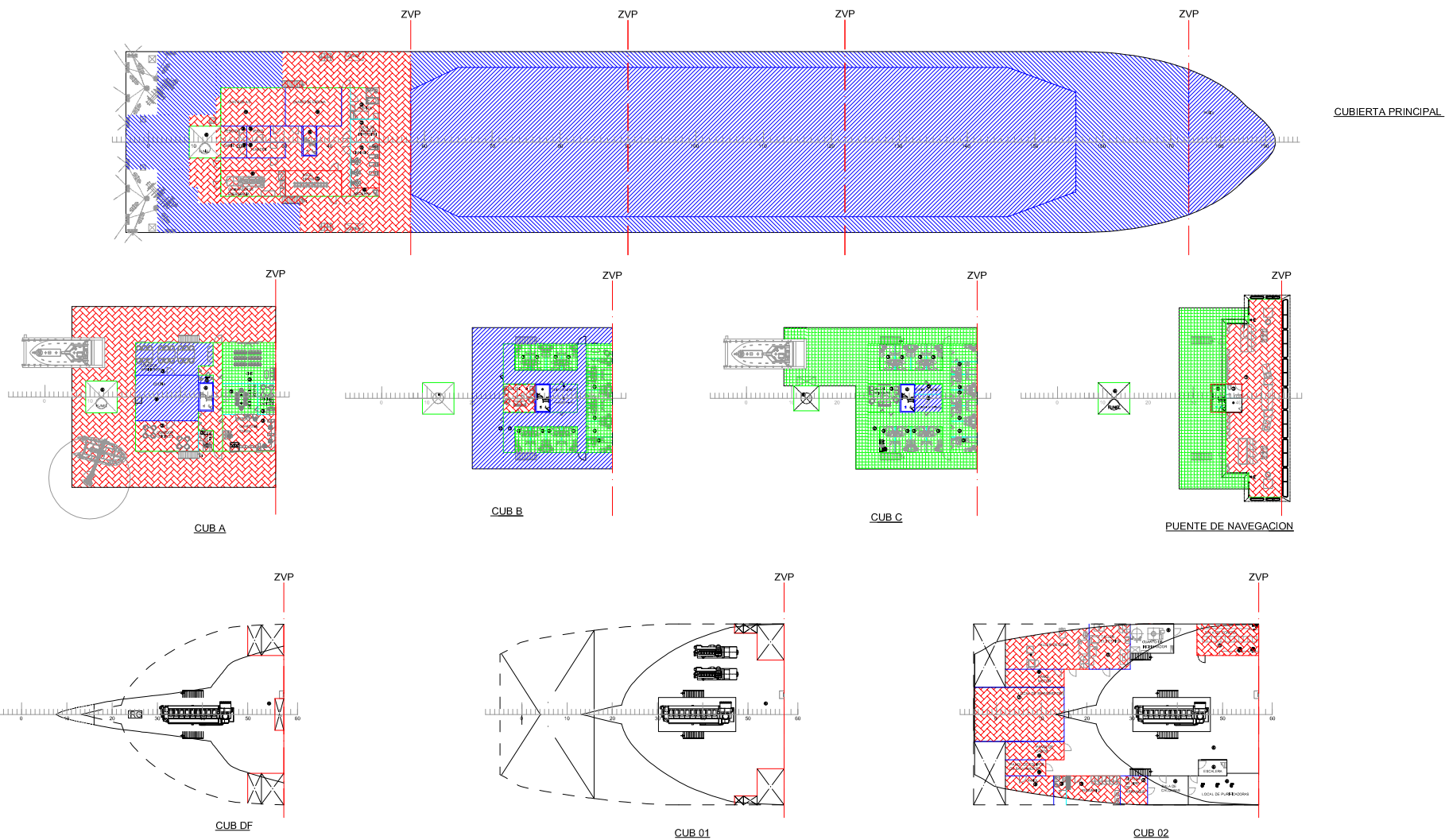
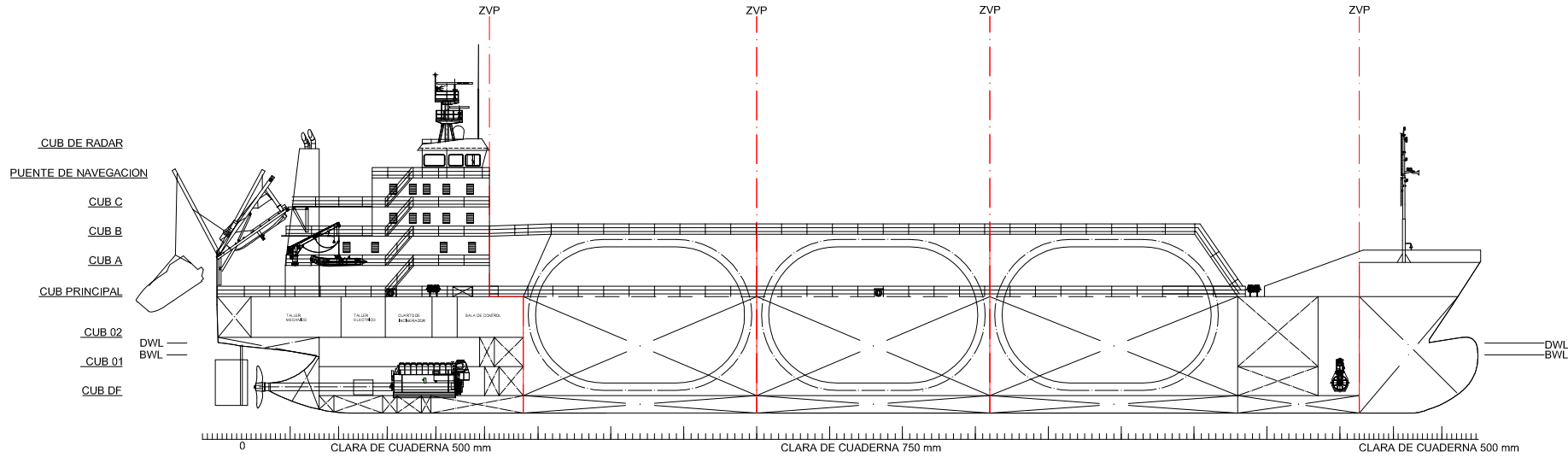
Lavandería de marineros	5
Tronco de escalera	4
Salon marineros	3
Pasillo	2
Chimenea	6
Cubierta C	
Camarotes	3
Cuarto de eq. de limpieza	5
Cine	3
Lavandería de oficiales	5
Tronco de escalera	4
Escapes	6
Pasillo	2
puente de navegación	
Puente	1
Baño	3
Escapes	6
Cuarto de acceso	3
Tronco de escalera	4
Bodegas de carga	
Bodega 1	8
Bodega 2	8
Bodega 3	8

14.2.3. Clasificación de mamparos y cubiertas:

Se puede ver en el plano *ABA-PB-021-001_B*

14.3. Referencias:

- IMO (2004), SOLAS
- Prefectura Naval Argentina (2002), Ordenanza marítima, 2/02



DIMENSIONES PRINCIPALES	
ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA
3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

E	COMENTARIOS DOCENTE	26/07/18	ABA	NFI
D	COMENTARIOS DOCENTE	17/03/18	ABA	NFI
C	COMENTARIOS DOCENTE	02/03/18	ABA	NFI
B	COMENTARIOS DOCENTE	26/02/18	ABA	NFI
A	INICIAL	22/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.

MODIFICACIONES

INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO
FECHA: 26/07/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
021-001	E	001	001
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1:650	ABA-PB-021-001_E	A3	



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE LPG SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

1

2

3

4

A

B

C

D

Cálculo de costo constructivo y operativo del buque

E

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
	0	1	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 



32.57 PROYECTO DE BUQUES

F

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA"

Índice:

15.1. Introducción:	2
15.2. Desarrollo:	2
15.2.1. Ajuste de precios:	2
15.2.2. Costo de construcción:	2
15.2.2.1. Costo de mano de obra:	3
15.2.2.2. Costo del material a granel (CMg) y su montaje (CmM):	3
15.2.2.3. Costo de los equipos (CEq) y su montaje (CmE):	4
15.2.2.3.1. Costo de equipos de manipulación y almacenamiento de la carga (CEc)	4
15.2.2.3.2 Costo de equipos de propulsión y auxiliares (CEp):	4
15.2.2.3.3 Equipos de habilitación y fonda (CHf)	4
15.2.2.3.4. Costo de equipo restante (CEr):	4
15.2.2.4. Costos variables aplicados (CVa):	5
15.2.2.5. Costo de construcción total (CC):	5
15.2.3. Costo de adquisición (CA):	5
15.2.3.1 Beneficio industrial (BI):	5
15.2.4. Gastos del armador (GA):	6
15.2.5. Inversión total (IT):	6
15.2.6. Resumen de costos:	6
15.2.7. Costo operativo del buque(CO):	6
15.2.7.1. Gastos de tripulación (Gti):	6
15.2.7.2. Gastos de consumo (Gci):	6
15.2.7.3. Gastos portuarios:	7
15.2.7.3.1. Tarifa por uso de posta:	7
15.2.7.3.2. Tarifa de uso de brazos cargadores:	7
15.2.7.3.3 Maniobra de distribuidor de carga:	7
15.2.7.3.4. Servicio contra incendio:	7
15.2.7.4. Gastos de reparación y mantenimiento:	7
15.2.7.5. Gastos anuales de seguros:	7
15.2.7.6. Gastos en pertrechos y varios:	8
15.2.8. Resumen de gastos:	8
15.3. Referencias:	8

15.1. Introducción:

El objetivo de este informe es realizar el cálculo del valor del buque y su costo operativo. Para esto se utilizarán los lineamientos dados en el libro Proyecto básico de un buque mercante [1].

15.2. Desarrollo:

El cálculo se realizará para el buque proyecto, el cual tiene las siguientes dimensiones principales:

Buque LPG 7500 m3	
LBP (m)	122
LOA (m)	130
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 15.1)

15.2.1. Ajuste de precios:

El cálculo se hará según los lineamientos del libro de Meizoso, pero debido a que el mismo fue escrito en el año 1997 en España cuando todavía se utilizaban las pesetas como moneda nacional habrá que hacer una actualización al valor actual del euro. Para esto se tiene en cuenta el cambio de pesetas a euro y un ajuste por inflación mediante el índice de precios al consumo (IPC) español.

Para hacer la actualización de los precios se utiliza la página web [2], citada en las referencias, para obtener el valor de cambio de una peseta a euro en 1997. Siendo este:

$$1 \text{ euro} = 166,38 \text{ pesetas}$$

La inflación entre el año 1997 y el 2017 se obtiene del sitio web [2], siendo esta igual al 57,6% por lo tanto el Factor de conversión para traer de pesetas en 1997 a euros actuales es

$$Fc = \text{Equivalencia pesetas a euros} \times \text{inflación} = \frac{1 \text{ euro}}{166,38 \text{ pesetas}} \times 1,576 = 0,00947 \frac{\text{euro}}{\text{pesetas}}$$

15.2.2. Costo de construcción:

El costo de construcción del buque (CC) está compuesto por el costo de los materiales a granel (CMg), los costos de equipos (Ceq), el costo de mano de obra (CMo) y los costos variables (CVa). Quedando:

$$CC = CMg + Ceq + CMo + CVa$$

15.2.2.1. Costo de mano de obra:

El costo de la mano de obra en esta etapa del proyecto se puede dividir en dos, el costo del montaje de material a granel (CmM) y el costo de montaje de los equipos (CmE). Las horas calculadas y multiplicadas por el coste horario medio (chm) de la mano de obra del astillero darán el coste total de la mano de obra:

$$CMo = CmM + CmE$$

El coste de hora medio de un astillero se puede suponer entre 4000 y 5000 pesetas /horas. Para el caso de este proyecto se considerará 5000 pesetas/hr, y llevando este valor a euros actuales queda:

$$chm = \frac{5000 \text{ pesetas}}{1 \text{ hora}} \times 0,009316 \frac{\text{euro}}{\text{pesetas}} = 47,36 \frac{\text{euro}}{\text{hora}}$$

15.2.2.2. Costo del material a granel (CMg) y su montaje (CmM):

El material a granel más importante está compuesto por el acero, las chapas y perfiles que componen la estructura principal del buque. Si bien algunos astilleros deciden incluir dentro de este costo el de materiales que no sean equipos comerciales pero pertenezcan a los servicios del buque como tuberías, cables eléctricos, etc. en este informe solo se considerará el costo del acero del casco, la superestructura y el equipo metálico del casco (escalas, pisos, etc.). El resto de los materiales se los incluirá en los servicios que correspondan.. En esta etapa del proyecto el coste del acero se puede calcular a partir del peso de acero del buque (WST)

$$CMg = cmg \times WST = ccs \times cas \times cem \times ps \times WST$$

El valor de cmg se obtiene como:

$$cmg = ccs \times cas \times cem \times ps$$

Donde: cmg = es el coeficiente de coste del material a granel (1010,84 euro/Tn)

ccs = Coef. de coste ponderado de las chapas y perfiles de las distintas calidades de acero del buque (1,075)

cas = Coef. de aprovechamiento del acero (1,115)

cem = incremento por equipo metálico (1,065)

ps = Precio unitario del acero de referencia (791,86 euro/Tn)

WST = Es el peso del buque vacío (4650,4 Tn)

Los valores se toman en función de los rangos dados por meizoso [1], según lo mostrado a continuación:

- $1,05 < ccs < 1,10$; si no se utiliza acero de alta resistencia y/o alta resiliencia, llegando a coeficientes de 1,50 o superiores en estos casos.
- $1,08 < cas < 1,15$; según tamaño de buque.
- $1,03 < cem < 1,10$; según tamaño de buque.
- **ps** = 85.000 pesetas/tonelada, en 1996.

Con esto se obtiene que CMg es igual a 4.700.798,71 euros

El costo del montaje de material a granel (CmM) se calcula como:

$$CmM = chm \times csh \times WST$$

Donde: csh = Coef. de horas por unidad de peso (50 horas/Tn)

chm = Coste de hora medio (46,58 euro/hora)

Quedando CmM igual a 11.012.487,08 de euros.

Finalmente el costo del material a granel montado se puede obtener como:

$$CMg + CmM = 15.713.285,80 \text{ euros}$$

15.2.2.3. Costo de los equipos (CEq) y su montaje (CmE):

En el costo de los equipos se incluye su costo de montaje (CmE). Estos se pueden dividir en :

- Costo de manipulación y almacenamiento de la carga (CEc)
- Costo de equipos de propulsión y auxiliares (CEp)
- Costo de habilitación y fonda (CHf)
- Costo del equipo restante (CEr)

15.2.2.3.1. Costo de equipos de manipulación y almacenamiento de la carga (CEc)

15.2.2.3.2 Costo de equipos de propulsión y auxiliares (CEp):

El costo de estos equipos, incluido su montaje se puede obtener en función de la potencia propulsora (4590 KW) y el tipo de motor (4T), según lo establecido por Meizoso[1] como:

$$CEp = cep \times PB$$

Donde: PB = Potencia propulsora (4.590 KW)

cep = se estima entre 372,64<465,80 euro/KW (419,22 euro/KW)

Quedando CEp igual a 1.924.224,66 euros

15.2.2.3.3 Equipos de habilitación y fonda (CHf)

Se puede obtener como el producto del costo unitario (chf), multiplicado por el número de tripulantes (NT) y por el nivel de calidad de la habilitación. Quedando:

$$CHf = chf \times NT \times nch = 59.201 \times 26 \times 1,2 = 1.847.097,01 \text{ euros}$$

El valor de nch se estima entre 0,9 y 1,2, según lo recomendado por Meizoso [1], adoptando el valor de 1,2 en este caso.

Donde: chf = 6,25 Kptas/trip. x Fc = 59,20 kptas/trip

NT = Número de tripulantes (26)

15.2.2.3.4. Costo de equipo restante (CEr):

Se obtiene como el producto del coste unitario por peso (cer) multiplicado por el peso del equipo restante (WEr). El valor de WEr se puede considerar igual al valor Wm (resto de máquina propulsora) utilizado para calcular el peso del buque, siendo este igual a 342,26 Tn. El cer se lo puede estimar como el producto del coeficiente de comparación del coste de equipo restante (cpe) con el costo unitario del acero montado (pst), donde el cpe de lo

puede tomar entre 1,25 y 1,35. Para este caso se lo toma igual a 1,3. El valor de pst se puede calcular como:

$$pst = ccs \times cas \times cem \times ps + chm \times csh = 3339,84$$

Calculando el costo de equipos restantes como:

$$CEr = cer \times WEr = cpe \times pst \times WEr = 1,3 \times 3.339,84 \times 342,26 = 1.486.023,24 \text{ euros}$$

Finalmente se calcula el valor del costo de los equipos y su montaje como:

$$CEq + CmE = CEc + CEp + CHf + CEr = 5.307.004,71 \text{ euros}$$

15.2.2.4. Costos variables aplicados (CVa):

Estos costes se pueden calcular en función del costo de construcción del buque(CC1) como:

$$CVa = cva \times CC1$$

Donde cva se lo estima entre 0,05 y 0,1. Para este informe se tomó el valor de cva igual a 0,075. El costo de construcción del buque se calcula como:

$$CC1 = CMg + CmM + CEq + CmE = 21.020.290,5 \text{ euros}$$

Finalmente queda que el valor de CVa es igual a 1.576.521,79 euros

15.2.2.5. Costo de construcción total (CC):

Se calcula como :

$$CC = CC1 + CVa = 22.596.812,28 \text{ euros}$$

15.2.3. Costo de adquisición (CA):

El costo de adquisición para el armador, o precio de venta del astillero, se puede calcular como el coste de construcción (CC) más el beneficio industrial (BI), quedando de la siguiente forma:

$$CA = CC + BI$$

El costo de adquisición es igual a 25.421.413,82 euros

15.2.3.1 Beneficio industrial (BI):

Este se puede obtener como un porcentaje del costo de construcción (CC), por lo general se lo estima en un 5 a 20% del CC. Para este caso se lo toma igual a 12,5%, quedando el BCI igual a:

$$BI = bi \times CC$$

Finalmente el BI es igual a 2.824.601,54

15.2.4. Gastos del armador (GA):

Estos incluyen gastos para el armador como gastos notariales, hipotecas, inspección de la construcción, etc. Por lo general se lo estima entre un 20 a 25% del costo de adquisición. Para este trabajo se lo estima en un 22,5% del CA. Quedando finalmente igual a 5.719.818,11 euros

15.2.5. Inversión total (IT):

Está compuesta por el costo de adquisición (CA) más los gastos del armador (GA):

$$IT = CA + GA = 31.141.231,93 \text{ euros}$$

15.2.6. Resumen de costos:

Costo	Euros
Costo de construcción	22.596.812,28
Costo adquisición	25.421.413,82
Gastos del armador	5.719.818,11
Inversión total	31.141.231,93

15.2.7. Costo operativo del buque(CO):

Estos costos se expresan como los gastos de explotación anuales (GEi). Estos están compuestos por los gastos de tripulación (Gti), los de consumos (Gci), los portuarios (Gpi), los de mantenimiento y reparaciones (Gmi), los de seguro (Gsi) y los anuales en pertrechos y varios (Gvi), quedando:

$$CO = GEi = Gti + Gci + Gpi + Gmi + Gsi + Gvi$$

15.2.7.1. Gastos de tripulación (Gti):

Constituye uno de los principales gastos de explotación del buque. Se puede calcular en función del número de tripulantes (NT) que para este buque es igual a 26 y el coste anual medio por tripulante, víveres incluido (gti), que se estima en 52.097,61 euros/año.

$$Gti = gti \times NT = 1.354.537,81 \text{ euros}$$

15.2.7.2. Gastos de consumo (Gci):

Este costo incluye el gasto en consumibles que utiliza el buque (HFO, MDO, aceites, etc). Se lo puede estimar en función de la potencia propulsora (PB) como:

$$Gci = gci \times PB$$

Donde gci es el coeficiente de gasto anual en consumos, que toma un valor de 125,76 euros/KW. Finalmente Gci queda igual a 577.238,40 euros.

15.2.7.3. Gastos portuarios (Gpi):

Debido a que en esta etapa del proyecto estos gastos son muy difíciles de estimar, ya que depende de la ruta, las contrataciones, los charters que utilice, etc. Se aproxima los días de estadia a 1 cada 11 días de viaje, por lo tanto el buque pasará 30 días al año en puerto, en los cuales la operación de carga y/o descarga tendrá una duración promedio de 12 hrs.

Para determinar el gasto se utilizarán como referencia las tarifas del puerto de Campana. Este será igual a 383.879,90 US\$ o 326.297.91 euros. Este está compuesto por los siguientes elementos:

$$Gpi = Gpi1 + Gpi2 + Gpi3 + Gpi4$$

15.2.7.3.1. Tarifa por uso de posta (Gpi1):

El costo de este servicio es de 0,65 USD por cada 1.000 kilogramos de carga. En el caso del buque proyecto lleva 7.500 m³ de carga que son, en el caso de VCM la carga de mayor densidad, 7.857.500 Kg. Por lo tanto el costo que implica en cada entrada a puerto es de 5.107,36 US\$, y en un año 153.220,69 US\$.

15.2.7.3.2. Tarifa de uso de brazos cargadores (Gpi2):

El costo de uso de brazos cargadores es de 355 USD/hr. En el caso del buque la operación de carga tendrá una duración de 12 hrs, por lo que el costo por año (30 entradas a puerto) será de 120.600,00 USD.

15.2.7.3.3 Maniobra de distribuidor de carga (Gpi3):

Tiene un costo de 651 USD, por lo que el gasto anual será de 19.530,00 US\$.

15.2.7.3.4. Servicio contra incendio (Gpi4):

Tiene un costo de 218,06 USD/hr. Teniendo en cuenta que la operación de carga demorara unas 12 horas el costo será de 2.592,72 USD. Finalmente este costo anual será de 78.501,60 US\$

15.2.7.3.5 Tarifa de agua potable (Gpi5):

La provisión de agua potable tendrá un costo de 7,8 US\$/m³. Teniendo en cuenta que el buque tiene un volumen de 102,80 m³, y los tanques están dimensionados para almacenar una cantidad de suficiente para realizar 2 viajes (Argentina-Brasil/Brasil-Argentina) se repondrá agua unas 15 veces por año. Esto implica un costo anual de 12.027,60 US\$

15.2.7.4. Gastos de reparación y mantenimiento:

Siguiendo los lineamientos de Meizoso [1] este costo se puede estimar como un porcentaje de la inversión total (IT). Este se encontrara dentro del 1,5% y 2% de esta. En este trabajo se la tomo como un 1,75% de la IT. Quedando:

$$Gmi = 0,0175 \times IT = 0,0175 \times 31.141.231,93 = 544.971,56 \text{ euros}$$

15.2.7.5. Gastos anuales de seguros:

Siguiendo los lineamientos de Meizoso [1] este costo se puede estimar como un porcentaje de la inversión total (IT). Este se encontrara dentro del 1% y 1,5% de esta. En este trabajo se la tomo como un 1,25% de la IT. Quedando:

$$G_{si} = 0,0125 \times IT = 0,0125 \times 31.141.231,93 = 389.265,40 \text{ euros}$$

15.2.7.6. Gastos en pertrechos y varios:

Siguiendo los lineamientos de Meizoso [1] este costo se puede estimar como un porcentaje de la inversión total (IT). Este se encontrara dentro del 1% y 1,5% de esta. En este trabajo se la tomo como un 1,25% de la IT. Quedando:

$$G_{vi} = 0,0125 \times IT = 0,0125 \times 31.141.231,93 = 389.265,40 \text{ euros}$$

Finalmente se obtiene el costo operativo como:

$$CO = G_{Ei} = G_{ti} + G_{ci} + G_{pi} + G_{mi} + G_{si} + G_{vi}$$

Quedando igual a 3.581.576,47 euros

15.2.8. Resumen de gastos:

Costos operativos	Euros	% Total
Gasto tripulación	1.354.537,81	37,82%
Gastos de consumo	577.238,4.	16,12%
Gastos portuarios	326.297,91	9,11%
Gastos reparación y mantenimiento	544.971,56	15,22%
Gastos anuales de seguro	389.265,40	10,87%
Gastos en pertrechos y varios	389.265,40	10,87%
Total	3.581.576,47	100,00%

15.3. Referencias:

1. Meizoso, M (1997). *Proyecto básico del buque mercante*. España, Madrid. Fondo editorial de ingeniería naval colegio oficial de ingenieros navales.
2. www.invertiren bolsa.info
3. <http://fxtop.com/es/convertidor-divisas-pasado.php>

1

2

3

4

A

B

C

D

Especificación técnica

E

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
	0	1	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 



32.57 PROYECTO DE BUQUES

F

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA"

Índice:

Índice:	0
16.1. Introducción:	1
16.2. Desarrollo:	1
16.2.1. Arreglo general:	1
16.2.2. Dimensiones principales:	2
16.2.3. Alturas de cubiertas:	2
16.2.4. Autonomía y velocidad de servicio:	2
16.2.5 Arqueo bruto y neto	3
16.2.6. Capacidades de tanques de consumibles, lastre y carga:	3
16.2.7. Bandera, reglamentación y área de operación:	5
16.2.8. Casco:	5
16.2.8.1 General:	5
16.2.8.2. Escantillones y soldadura:	5
16.2.8.3. Materiales:	6
16.2.8.4. Protección de materiales:	6
16.2.9 Equipos de carga:	6
16.2.9.1. Bombas de carga y descarga:	6
16.2.9.2. Planta de reliquefacción:	6
16.2.9.3. Tanques de cargamento	8
16.2.10. Equipamiento del buque:	8
16.2.10.1. Timon y maquina de gobierno:	8
16.2.10.2. Equipos de amarre y fondeo:	8
16.2.10.2.1 Ancla y cadenas:	8
16.2.10.2.2 Equipos de proa:	8
16.2.10.2.3. Equipos de popa:	8
16.2.10.3. Equipos de máquinas:	9
16.2.10.3.1. Motor principal:	9
16.2.10.3.2. Caja reductora:	9
16.2.10.3.3. Hélice	9
16.2.10.4. Sistema eléctrico:	9
16.2.10.4.1. Generadores eléctricos:	9
16.2.10.5. Servicios del buque:	9
16.2.10.5.1. Sistemas de LCI	9
16.2.10.5.2. Sistema de achique:	10
16.2.10.5.3. Sistema de lastre:	10
16.2.10.5.4. Sistema de combustible:	10
16.2.10.5.5 Sistema de refrigeración:	11
	0

16.2.10.5.6. Sistema de aguas negras	11
16.2.10.5.6. Sistema de aguas grises	12
16.2.10.5.6. Sistema de aire acondicionado y ventilación:	12
16.2.10.6. Seguridad:	13
16.2.10.6.1. Medios de salvamento:	13

16.1. Introducción:

En esta especificación técnica, junto con el plano de arreglo general, se describe el anteproyecto de un buque gasero que sea capaz de cumplir con los requisitos de carga establecidos.

16.2. Desarrollo:

El buque proyecto debe ser capaz de transportar **7500 m³** de gases licuados derivados del petróleo (**LPG**). Para esto se dispondrán **3 tanques semi-refrigerados y semi-presurizados**. Como condición de diseño para el transporte se fijó la presión en los tanques en **5 bar** y la temperatura en **-48 C**. Las densidades de los distintos gases licuados para estas condiciones se muestran a continuación:

Condiciones: Presión= 5 bar Temperatura= -48 C	
Producto	Densidad (Kg/m ³)
VCM	1012
Propano	585,2
I-Butano	629,9
N-Butano	648,2
Propene oxide	905,8

(Tabla 16.1)

16.2.1. Arreglo general:

El buque contará con una distribución “tradicional” de buques mercantes, en la cual la sala de máquinas y habitación se encuentran en la zona de popa, las bodegas de cargas con los tanques LPG se encontrarán en la zona media del buque y en la zona de proa se ubicaran los equipos de amarre y fondeo, bow thruster y pañoles de servicio. Debido al tipo de cargas que se deben transportar el buque contará con un doble fondo y doble casco a lo largo de toda la zona de cargas. La proa y la popa contarán con bulbos con el fin de mejorar las características propulsivas del buque.

Para la propulsión se instalará un motor semi rápido de 4 tiempos acoplado a la línea

de ejes mediante una caja reductora y se utilizara una hélice de paso controlable.

16.2.2. Dimensiones principales:

Dimensión	Valor (m)
LOA (m)	130
LBP (m)	122
B (m)	20
D (m)	12
d diseño (m)	7,2
Cb	0,71

(Tabla 16.2)

16.2.3. Alturas de cubiertas:

Cubierta	Altura desde LB (m)
Cubierta DF	1,8
Cubierta 01	4,8
Cubierta 02	7,8
Cubierta Principal	12
Cubierta A	15,2
Cubierta B	18,2
Cubierta C	21,2
Puente de navegación	24,2
Cubierta de radar	27,25

(Tabla 16.2)

La zona de habilitación está diseñada para una tripulación de **26** integrantes.

16.2.4. Autonomía y velocidad de servicio:

La operación del buque está planeada para una ruta con salida desde Bahía Blanca, Argentina hasta Belem, Brasil. El viaje tiene planeado una duración de 10 días, desde Argentina hasta Brasil. Con el fin de minimizar los tiempos en puerto se diseñan las capacidades del buque con una autonomía de 20 días.

La velocidad de servicio fue fijada como condición de diseño en **15 Kns**. Para cumplir con esta velocidad se instala un motor de **4 tiempos MAN 9L35** de **9 cilindros, 720 rpm** y BHP igual a **4590 KW** en su MCR y una caja reductora, de la marca **China Hi Sea**, con una **relación 6,5**

16.2.5 Arqueo bruto y neto

El cálculo de arqueo bruto y neto se hace para la condición de máxima carga, con los tres tanques de LPG transportando el producto de mayor densidad (**VCM**), con un calado medio de **7,2 m** en agua de mar con una densidad de 1.025 Kg/m³. Se tiene que los valores de arqueo bruto y neto para esta condición son:

- **GT = 63350,85 m³**
- **NT = 3834,557 m³**

16.2.6. Capacidades de tanques de consumibles, lastre y carga:

A continuación se resumen las capacidades de los distintos tanques de consumibles, lastre y carga en el buque:

ESPACIO	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (m ³)	Densidad (Kg/m ³)
Tanques de lastre			
WB1	Tanque de lastre N1	73,2	1025
WB2 P	Tanque de lastre N2 babor	293,1	1025
WB2 S	Tanque de lastre N2 estribor	293,1	1025
WB3 P	Tanque de lastre N3 babor	387	1025
WB3 S	Tanque de lastre N3 estribor	387	1025
WB4 P	Tanque de lastre N4 babor	338,9	1025
WB4 S	Tanque de lastre N4 estribor	338,9	1025
WB5 P	Tanque de lastre N5 babor	65,7	1025
WB5 S	Tanque de lastre N5 estribor	65,7	1025
WB6	Tanque de lastre N6	24,3	1025
WB7 P	Tanque de lastre N7 babor	106,8	1025
WB7 S	Tanque de lastre N7 estribor	106,8	1025
WB8 P	Tanque de lastre N8 babor	360,8	1025
WB8 S	Tanque de lastre N8 estribor	360,8	1025
WB9 P	Tanque de lastre N9 babor	415,1	1025
WB9 S	Tanque de lastre N9 estribor	415,1	1025
WB10 P	Tanque de lastre N10 babor	402,2	1025
WB10 S	Tanque de lastre N10 estribor	402,2	1025
WB11 P	Tanque de lastre N11 babor	249,5	1025
WB11 S	Tanque de lastre N11 estribor	249,5	1025

ESPACIO	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (m3)	Densidad (Kg/m3)
Tanques de lastre			
FORE PEAK	Pique de proa	460,1	1025
AFTER PEAK	Pique de popa	312,3	1025
Subtotal		6108,1	
Sistema de HFO			
HFO P	Tanque de HFO babor	230,5	920
HFO S	Tanque de HFO estribor	230,5	920
FODP	Tq. de serv. diario HFO babor	11,4	920
FODS	Tq. de serv. diario HFO estribor	11,4	920
FOSP	Tq. decantación HFO babor	21,4	920
FOSS	Tq. decantación HFO estribor	21,4	920
Subtotal		526,6	
Sistema de MDO			
MDOP	Tanque de MDO babor	34,9	870
MDOS	Tanque de MDO estribor	34,9	870
DODP	Tq. de serv. diario MDO babor	2,8	870
DODS	Tq. de serv. diario MDO estribor	2,8	870
DOSP	Tq. decantación MDO babor	4,3	870
DOSS	Tq. decantación MDO estribor	4,3	870
Subtotal		84	
Tanques de servicio			
FW P	Tanque agua dulce babor	51,4	1000
FW S	Tanque agua dulce estribor	51,4	1000
TACC	Tanque aceite de cilindro	1,3	900
TAGR	Tanque de aguas grises	22,3	920
TANE	Tanque de aguas negras	8,6	920
TAS	Tanque de aceite sucio	1,3	900
TASD	Tanque de aceite servicio a MP	5,2	900
TLO	Tanque de aceite	1,3	900
TREB	Tanque de reboses	1,7	920
TSEN	Tanque de lodos	4,3	920
Subtotal		148,7	

ESPACIO	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (m3)	Densidad (Kg/m3)
Tanques de carga			
LPG1	Tanque LPG N1	2588,1	1012
LPG2	Tanque LPG N 2	2588,1	1012
LPG3	Tanque LPG N3	2588,1	1012
Subtotal		7764,3	
Total		22085,21	

(Tabla 16.3)

16.2.7. Bandera, reglamentación y área de operación:

El barco navega bajo bandera Argentina y su diseño, construcción y operación se realiza bajo los reglamentos establecidos por:

- Prefectura Naval Argentina (PNA)
- Códigos IMO aplicables al buque
- Det Norske Veritas (DNV-GL)
- Código internacional de buques gaseros (IGC)

El buque operará en el litoral marítimo de Argentina, Uruguay y Brasil. A su vez se prevé la posibilidad de realizar otros viajes internacionales por los que se adecua a los requisitos dados para el paso por el canal de Panamá.

16.2.8. Casco:

16.2.8.1 General:

La construcción del casco se hará mediante el uso de acero naval grado A con una tensión de fluencia mayor a **235 N/mm²** y menor a **400 N/mm²**. Para el arreglo y distribución de elementos estructurales se utilizará una configuración longitudinal en la zona media del buque, mientras que en la zona de CCMM y proa se utilizara una construcción transversal. La clara de cuadernas en la zona media será de **750 mm**, mientras que en la zona de popa, y proa, será de **500 mm**.

La cubierta no tendrá ni arrufo ni boleó.

16.2.8.2. Escantillones y soldadura:

Los cálculos de escantillones se harán según los requerimientos dados por el DNV-GL. Todas las uniones en el buque se harán mediante soldadura. Para la realización de las mismas se seguirán los lineamientos dados por el DNV-GL y las normas constructivas del astillero. Estas estarán en conformidad con planos aprobados por la sociedad de clasificación.

16.2.8.3. Materiales:

Todos los materiales utilizados para la construcción del buque tienen que ser de una calidad aceptada, apropiados para su función y aprobados por el DNV-GL. En este caso, siempre que sea posible se utilizará acero de grado A. Todos los aceros empleados deben estar previamente aprobados por la sociedad de clasificación

16.2.8.4. Protección de materiales:

Se aplicarán esquemas y espesores de shop primer y pintura de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, basados en una protección apta para 3 años de servicio.

Se dispondrá una cantidad suficiente de panes de zinc o aluminio, acorde a las recomendaciones del fabricante, de forma tal de obtener una protección apta para un servicio de 3 años.

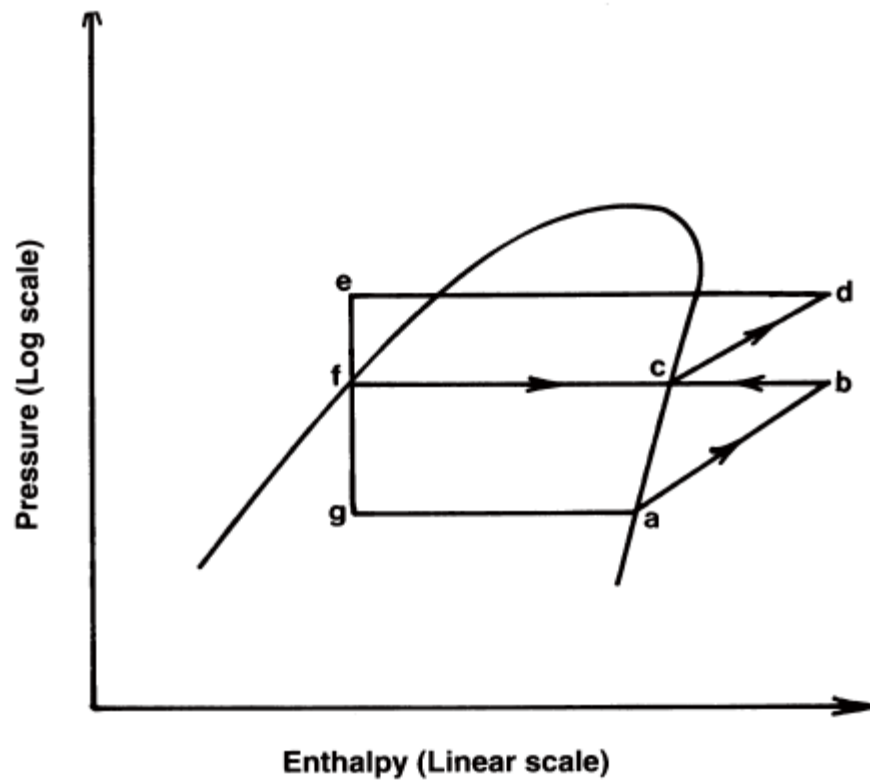
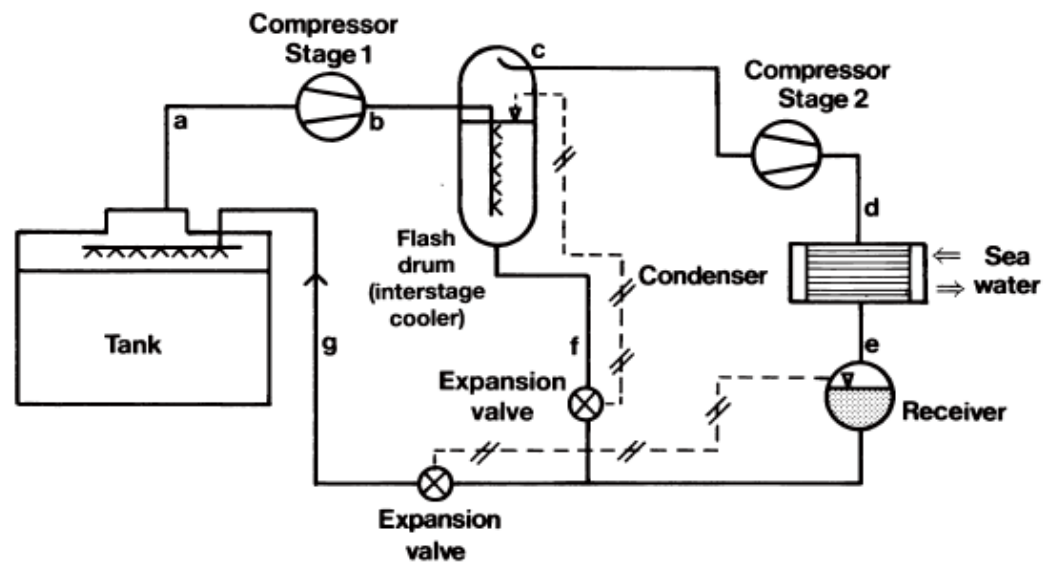
16.2.9 Equipos de carga:

16.2.9.1. Bombas de carga y descarga:

Se dispondrán **3 bombas de carga** tipo centrifugas sumergibles “deep well pump” de la marca **Wartsila Svanehoj** para asistir a los tanques de LPG, con una caudal de trabajo de **625 m³/h**.

16.2.9.2. Planta de reliquefacción:

Con el fin de mantener la carga en estado líquido a la presión y temperatura de transporte, se instalará un planta de reliquefacción del tipo de ciclo directo de dos etapas que es apta para trabajar con productos como VCM y butano. Esto es así ya que este tipo de ciclo tiene la característica de que la segunda etapa de compresión es necesaria para limitar la temperatura alcanzada a la salida del compresor. El vapor a la salida del primer compresor es enfriado en un enfriador intermedio dentro del proceso, que utiliza como medio de intercambio una parte de la carga, que fue refrigerada en el condensador con agua de mar, por un descenso de presión a través de una válvula de expansión. Luego a la salida del enfriador intermedio a la carga se le vuelve a elevar parcialmente la temperatura y presión mediante un compresor, para luego realizar la condensación en un intercambiador de calor con agua de mar. El gas condensado es regresado a los tanques mediante una válvula de expansión que regula el caudal. El ingreso al tanque se realiza mediante un aspersor ubicado en la parte superior del tanque y uno ubicado en la parte inferior. Por lo general la inyección desde la parte superior del tanque se utiliza cuando este se encuentra vacío y la inyección desde la parte inferior cuando este está lleno, para evitar la revaporización.



La planta cuenta con una capacidad de extracción de calor de **200 KW**.

16.2.9.3. Tanques de cargamento

Para transportar los distintos productos en el buque se instalan 3 tanques independientes tipo C. Esto es así debido a los tipos de productos que se van a transportar y su condiciones de presión y temperatura para transportarlos. Debido a que estos tanques no forman parte de la estructura del buque se los dispone en bodegas ubicadas en la zona media del buque, las cuales por razones reglamentarias, tanto de la sociedad de clasificación como de MARPOL, está rodeada por un doble casco para prevenir posibles derrames ocasionados por un siniestro.

Este tipo de tanques estará fabricado de aluminio y tendrá un espesor no menor a 7 mm. Para mejorar sus resistencia estructural se instalarán anillos rigidizadores y se los ubicara en soportes semicirculares, para conectarlo a la estructura del buque, que cubrirán unos 140 grados de su circunferencia.

Debido al tipo de tanque no se requiere la instalación de una barrera secundaria pero si se debe instalar un sistema de ventilación artificial para evacuar posibles vapores tóxicos y/o inflamables. Esta funcionará de manera continua en espacios cerrados donde estos se puedan acumular y en caso de que los valores superen un máximo preestablecido se notificará a la tripulación mediante un sistema de alarma. Este sistema tendrá una capacidad de 30 cambios/hora.

16.2.10. Equipamiento del buque:

16.2.10.1. Timón y máquina de gobierno:

Se colocará un timón suspendido con un área de **15,37 m²** y un diámetro inferior de mecha de **390 mm** y un diámetro superior de **300 mm**.

Se colocará una máquina de timón **HATLAPA RAM** del tipo **POSEIDÓN** modelo **250**. Con un torque de trabajo de **252 KNm**.

16.2.10.2. Equipos de amarre y fondeo:

16.2.10.2.1 Ancla y cadenas:

Según lo establecido por la sociedad de clasificación se dispondrán **2 anclas del tipo Hall** de la marca **Sotra**, con un peso por ancla de **6000 Kg**.

En cuanto a las cadenas se utilizaran de la marca Sotra. Estas tendrán un largo total de **577,5 m**, un diámetro de **78 mm** y serán de **grado 1**

16.2.10.2.2 Equipos de proa:

Se instalarán dos cabrestantes de la marca **Ellsen marine**, capaces de prestar servicio e las maniobra de amarre y fondeo con una capacidad de **26 Tn** y una velocidad de trabajo de **9 m/min**.

16.2.10.2.3. Equipos de popa:

Se instalarán dos cabrestantes de amarre de la marca **China Hi Sea**, capaces de prestar servicio e las maniobra de amarre, con una capacidad de carga de **450 KN** y una potencia de motor de **85 KW**

16.2.10.3. Equipos de máquinas:

16.2.10.3.1. Motor principal:

Se instalará un motor de **4 tiempos MAN 9L35** de 9 cilindros, **720 rpm** y BHP igual a **4590 KW** en su MCR

16.2.10.3.2. Caja reductora:

Se instalará una caja reductora de la marca **China Hi Sea**, con una **relación 6,5**.

16.2.10.3.3. Hélice

Se instalará una hélice de paso controlable de **5,3 m** de diámetro, de **4 palas**, con una relación paso/diámetro igual a **0,9** y una relación de Área/Disco de **0,45**.

16.2.10.4. Sistema eléctrico:

16.2.10.4.1. Generadores eléctricos:

El buque contará con **3 generadores eléctricos** de la marca **MAN** modelo **5L23/30H Mk 2** de **641 KW** con **5 cilindros**, con una frecuencia de trabajo de **50 Hz y 750 rpm**. Además se dispondrá de un generador de emergencia, para la condición de "Black out", de la marca **Caterpillar** con una capacidad de **224 KW**, una frecuencia de trabajo de **50 Hz y 1500 rpm**. Este abastecerá todos los sistemas requeridos por el SOLAS para una condición de emergencia y se lo ubicará fuera de la sala de máquinas.

16.2.10.5. Servicios del buque:

16.2.10.5.1. Sistemas de LCI

Se instalarán **2 bombas centrífugas** para el sistema de LCI. Cada una de estas tendrá una capacidad de **94 m³/h**. Estas podrán ser comandadas desde el puente de navegación, cuarto de control de CCMM, estación de control de LCI y localmente. Además se dispone de 1 motobomba de emergencias, ubicada fuera del espacio de sala de máquinas, en el castillo de proa. Esta tendrá una capacidad de **75 m³/h**.

Para el sistema de LCI por agua se instalarán **32 bocas de hidrantes**, con posibilidades de conexión a mangueras de **25, 20 y 15 m** de largo según se lo requiera acorde a la ubicación del hidrante.

Se dispondrá un sistema de CO₂ para la CCMM, este contará con **20 botellones de 45 Kg** cada uno.

En la zona de carga se instalará un sistema fijo de rociadores de agua, con una capacidad de descarga en superficies horizontales de 10 l/m²/minutos y 4 l/m²/minutos en superficies verticales, que cubrirá todos los tanques de LPG como también la planta de relicuefacción. Sobre cubierta se instalará un sistema fijo de extinción por polvo químico seco que se distribuirá mediante un sistema de mangueras y monitores ubicados a lo largo de la cubierta, Para el caso de las mangueras conectadas a hidrantes contarán con una capacidad mínima de descarga de 3,5 Kg/s y en el caso de los monitores 10 Kg/s. El sistema será capaz de proveer con polvo seco químico a todos los puntos de la cubierta con un mínimo de dos unidades hidrantes independientes. Para el caso de las mangueras

tendrán una longitud máxima de 33 m.

16.2.10.5.2. Sistema de achique:

Materiales, espesores y diámetros de tuberías y arreglo del sistema, se hará acorde a los requisitos dados por el DNV-GL.

Se dispondrán **2 bombas centrífugas** de la marca **KSB** con un caudal de trabajo de **140,51 m³/h** y una potencia de **8,87 KW**. Estas se dispondrán en sala de máquinas, destinadas al servicio de achique, de forma tal que sean capaces de cumplir con los requerimientos del mismo. Para el achique de los locales de proa se instalará **1 eyector** de la marca **Schutte & Koerting** con un caudal de trabajo de **10,63 m³/h**. Además, con el fin de cumplir los requisitos del DNV-GL y MARPOL se dispondrá **1 equipo separador de aguas oleosas** de la marca **WARSTILA** modelo **OSW 2500** con un caudal de trabajo de **5 m³/h** y un **tanque de aguas oleosas** con un volumen de **9,83 m³**.

16.2.10.5.3. Sistema de lastre:

Con el fin de asegurar la estabilidad y seguridad del buque, el mismo contará con un sistema de tanques de lastre para ser llenados cuando se lo requiera. Cada uno de estos estará conectado como mínimo a dos bombas de lastre. En el caso de tanques con fondo plano que excedan la mitad de la manga, como es el caso de aquellos ubicados en el doble fondo se instalarán aspiraciones en los extremos laterales. Las tuberías se dimensionan de forma equivalente al del sistema de achique de sentinas, siendo estas de acero galvanizado. Para el llenado de tanques se podrá utilizar un sistema de bombas, o en aquellos que sea posible, mediante una válvula esclusa con salida al mar.

Con el fin de cumplir con lo establecido por el convenio de manejo de aguas de lastre, se instalará un sistema de tratamiento de las mismas

16.2.10.5.4. Sistema de combustible:

Para el almacenamiento del combustible se dispondrán dos tanques ubicados en la zona de proa del buque. Estos serán del tipo estructural. Además se contará con dos tanques de servicio diario que tendrán una capacidad suficiente para suplir al sistema de propulsión principal por un lapso mínimo de 8 horas. Se dispondrán dos tanques de decantación cuya capacidad de almacenamiento será el doble de la de los tanques de servicio diario, y contarán con medios de drenaje, vaciado y monitoreo de la temperatura.

Las tuberías de estos servicios que atraviesen la sala de máquinas se ubicarán en lugares bien iluminados. El número de tuberías desmontables se limitará al mínimo posible desde un punto de vista práctico. Todas las tuberías que atraviesen un tanque dispondrán de una válvula de cierre rápido colocada directamente en el tanque.

A lo largo de la línea se deberán colocar filtros para combustible. Estos se dispondrán de tal forma de que se pueda hacer limpieza de los mismos sin interrumpir el suministro a los distintos servicios. Además se instalarán dos intercambiadores de calor con el fin de precalentar el combustible previo a su ingreso al motor principal. Estos contarán con un sistema de by-pass que dispondrá de una válvula de cierre rápido. Adicionalmente se instalará un viscosímetro para verificar que los niveles de viscosidad del combustible, previo a la entrada al motor principal, se encuentren dentro de los niveles establecidos por el fabricante.

16.2.10.5.5 Sistema de refrigeración:

Para la refrigeración del motor principal y otros sistemas auxiliares se utilizará un sistema refrigeración por agua de mar. Para esto se instalarán dos tomas de mar, una en cada banda, en la zona de popa del buque ubicadas lo más bajo posible. Para la aspiración se utilizarán bombas del tipo centrífugas. El agua de mar se hará pasar por un intercambiador de calor para refrigerar un circuito cerrado de agua dulce. Estos intercambiadores contarán con un venteos y drenajes.

Las tomas de mar contarán con líneas de vapor y aire comprimido para evitar obstrucciones y congelamiento en sus rendijas.

16.2.10.5.6. Sistema de aguas negras

Con el fin de cumplir con lo establecido por el MARPOL el buque contará con un sistema de tratamiento y almacenamiento de aguas negras. Este contará con una planta para el tratamiento de efluentes y un tanque para su almacenamiento hasta su descarga en tierra. Para esto se dispondrá en el buque dos bridas de descarga, una a cada banda, que cumpla con las dimensiones establecidas por MARPOL. Siendo estas las mostradas en la tabla a continuación. Para el transporte de los efluentes a través de las distintas tuberías se utilizará un sistema de vacío.

**Dimensionado universal de bridas para
conexiones de descarga**

Descripción	Dimensión
Diámetro exterior	210 mm
Diámetro interior	De acuerdo con el diámetro exterior del conducto
Diámetro de círculo de pernos	170 mm
Ranuras en la brida	4 agujeros de 18 mm de diámetro equidistantemente colocados en el círculo de pernos del diámetro citado y prolongados hasta la periferia de la brida por una ranura de 18 mm de ancho
Espesor de la brida	16 mm
Pernos y tuercas: cantidad y diámetro	4 de 16 mm de diámetro y de longitud adecuada
La brida estará proyectada para acoplar conductos de un diámetro interior máximo de 100 mm y será de acero u otro material equivalente con una cara plana. La brida y su empaquetadura se calcularán para una presión de servicio de 6 kg/cm ² .	

16.2.10.5.6. Sistema de aguas grises

Con el fin de cumplir con lo establecido por el MARPOL el buque contará con un colector de aguas grises, donde se las almacenarán para su descarga en tierra. Para esto se dispondrá en el buque dos bridas de descarga, una a cada banda, que cumpla con las dimensiones establecidas por MARPOL. Siendo estas las mostradas en la tabla a continuación.. Para el transporte de las aguas grises a través de las distintas tuberías se hará por gravedad.

Dimensionado universal de bridas para conexiones de descarga

Descripción	Dimensión
Diámetro exterior	210 mm
Diámetro interior	De acuerdo con el diámetro exterior del conducto
Diámetro de círculo de pernos	170 mm
Ranuras en la brida	4 agujeros de 18 mm de diámetro equidistantemente colocados en el círculo de pernos del diámetro citado y prolongados hasta la periferia de la brida por una ranura de 18 mm de ancho
Espesor de la brida	16 mm
Pernos y tuercas: cantidad y diámetro	4 de 16 mm de diámetro y de longitud adecuada
La brida estará proyectada para acoplar conductos de un diámetro interior máximo de 100 mm y será de acero u otro material equivalente con una cara plana. La brida y su empaquetadura se calcularán para una presión de servicio de 6 kg/cm ² .	

16.2.10.5.6. Sistema de aire acondicionado y ventilación:

Con el fin de mejorar las condiciones de confort durante la navegación y remover olores, se instalará un sistema de aire acondicionado y ventilación a bordo. Este permitirá refrigerar todos los espacios de la superestructura y ventilar los espacios cerrados en sala de máquinas. Para el acondicionamiento de las distintas cubiertas se instalará un equipo por cada cubierta. Este será capaz de trabajar en base a las demandas térmicas de los distintos espacios. El intercambio de calor se realizará mediante el uso de líquido refrigerante que a su vez será refrigerado por agua de mar, en un circuito cerrado. Para el caso del hospital se dispondrá de un sistema totalmente independiente por cuestiones de salud e higiene. En este caso los filtros contarán con una mayor capacidad de retención de partículas y siempre se debe asegurar una presión positiva en el local para facilitar la extracción del aire.

16.2.10.6. Seguridad:

16.2.10.6.1. Medios de salvamento:

Se dispondrán de medios de salvamento teniendo en cuenta una tripulación de **26 integrantes** a bordo del buque. La disposición, tipo y cantidad de medios de salvamento se hará acorde a los requisitos dados por el SOLAS.

Se dispondrá un bote salvavidas de caída libre por popa con una capacidad para **26 tripulantes**.

Se dispondrá un bote de rescate con una capacidad para **6 personas**

Se dispondrán **3 balsas salvavidas**. Dos estarán ubicadas en la cubierta principal en la zona de popa y tendrán una capacidad para **35 personas** cada uno y la restante se ubica en la zona de proa con una capacidad para **12 personas**.

El buque contará con **2 aros salvavidas con luz automática y señal fumígena, 8 aros salvavidas con rabiza y 2 más de respuesto**.

16.2.10.6.2. Integridad estructural:

Con el fin de cumplir con lo establecido por el SOLAS en el buque se instalará un sistema fijo de detección y alarma de incendio. Además en los espacios destinados a transportar los tanques de cargamento se instalará un sistema de monitoreo continuo de gases.

En los espacios de habilitación, servicio y estaciones de control se se instalarán mamparos divisorios construidos a partir de materiales no combustibles, acordes a los requisitos de las clases "A", "B" y/o "C", sin que se instale un sistema automático de rociadores, detección y alarma de incendios. Las características de estas divisiones se muestran a continuación:

Divisiones clase "A": las formadas por mamparos y cubiertas que reúnan las condiciones siguientes:

- ser de acero o de otro material equivalente;
- estar convenientemente reforzadas;
- estar construidas de manera que impidan el paso del humo y de las llamas hasta el final del ensayo estándar de exposición al fuego de una hora de duración;
- estar aisladas con materiales incombustibles aprobados, de manera que la temperatura media de la cara expuesta no suba más de 140° C por encima de la temperatura inicial, y que la temperatura no suba en ningún punto, comprendida cualquier unión que pueda

haber, más de 180° C por encima de la temperatura inicial, en los intervalos indicados a continuación:

▪	clase "A – 60"	60 min
▪	clase "A – 30"	30 min
▪	clase "A – 15"	15 min
▪	clase "A – 0"	0 min

Divisiones clase “B”: las formadas por mamparos, cubiertas, cielos rasos y paneles de revestimientos que reúnan las siguientes condiciones:

- estar construidas de manera que impida el paso de llamas hasta el final de la primera media hora de ensayo estándar de exposición al fuego;
- tener un valor de aislamiento tal que la temperatura media de la cara no expuesta no suba más de 140° C por encima de la temperatura inicial, y que la temperatura no suba en ningún punto, comprendida cualquier unión que pueda haber, más de 225° C por encima de la temperatura inicial, en los intervalos indicados a continuación:

▪ clase “B – 15”	15 min
▪ clase “B – 0”	0 min
- ser de materiales incombustibles aprobados, además de que todos los materiales que se empleen en la construcción y el montaje de las divisiones de clase “B”, habrán de ser incombustibles; no obstante, podrá autorizarse el empleo de laminados o enchapados combustibles a condición de que satisfagan las prescripciones de la presente.

Divisiones clase “C”: las construidas con materiales incombustibles aprobados. No es necesario que se ajusten a las prescripciones relativas al paso de humo y de las llamas ni a las limitaciones relativas a la elevación de temperatura.- Está autorizado el empleo de laminados o enchapados combustibles a condición de que satisfagan las correspondientes prescripciones que se establecen en este Anexo respecto al uso restringido del material combustible.

1

2

3

4

A

B

C

D

Cálculo y dimensionamiento de sistema de carga

E

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
	0	1	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 



32.57 PROYECTO DE BUQUES

F

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA"

18.1. Introducción:	1
18.2. Desarrollo:	1
18.2.1. Medios de carga:	1
18.2.1.1. Bombas de carga:	1
18.2.1.2 Presion de trabajo	2
18.2.1.3. Diametro de tuberia:	2
18.2.1.4. Selecccion de tuberias comerciales:	2
18.2.1.5. Aislamiento de tuberías:	2
18.2.1.6. Requerimiento de válvulas en tuberías:	3
18.2.1.7. Conexiones de muestreo de carga:	3
18.2.1.8. Filtros:	3
18.2.1.9. Diseño para variaciones térmicas:	3
18.3. Referencias:	4
18.4. Anexo:	5

18.1. Introducción:

El objetivo de este informe es realizar el diseño y cálculo del sistema de carga y descarga del buque proyecto.

18.2. Desarrollo:

El sistema de carga y descarga se desarrollara para el buque proyecto, el cual tiene las siguientes características principales:

Dimensión	Valor (m)
LOA (m)	130
LBP (m)	122
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

El mismo transportará los siguientes productos:

Condiciones: Presión= 5 bar Temperatura= -48 °C	
Producto	Densidad (Kg/m3)
VCM	1012
Propano	585,2
I-Butano	629,9
N-Butano	648,2
Propene oxide	905,8

18.2.1. Medios de carga:

18.2.1.1. Bombas de carga:

Para la carga y descarga del LPG se utilizarán bombas centrífugas sumergidas del tipo “deep well pumps”, con sus motores eléctricos ubicados sobre cubierta. Cada tanque contará con su propia bomba. El tiempo de descarga de todos los tanques en puerto se estima en **12 horas**. El volumen total de los tres tanques a descargar es de **7500 m3**. Debido a que la carga se encuentra dividida en tres tanques y se supone que se descargara de a uno por vez, se tiene que el tiempo de descarga por tanque será de 4 horas . Por lo tanto el caudal de bomba requerido es:

$$Q = \frac{Vol}{t} = \frac{2500 \text{ m}^3}{4 \text{ h}} = 625 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para esto se instalarán bombas Wartsila Svanehoj. En el anexo se encuentra disponible el catálogo del equipo.

18.2.1.2 Presion de trabajo

La presión en las bridas de descarga será igual a la MARVS (Maximum allowable relief valve setting) de **5,3 bar**. Todos los tramos de tuberías hacia los distintos tanques contarán con válvulas de alivio de presión reguladas para una presión de 1.1 veces la presión de trabajo

18.2.1.3. Diametro de tuberia:

El diámetro de las tuberías se dimensionara para la velocidad de descarga de VCM igual a **4 m/s**, según la siguiente ecuación:

$$Q = v \times A$$

La velocidad de descarga del VCM se obtuvo en base a la velocidad utilizada en buques similares al tratado en este informe. Más información sobre las dimensiones y características de estos buques se encuentra disponible en el informe de dimensiones principales.

De aquí se obtiene que el área transversal de tubería debe ser igual a **0,043 m²**. El diámetro se obtiene como:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Quedando igual a **0,235 m**.

18.2.1.4. Seleccin de tuberias comerciales:

Para el dimensionamiento de las tuberías según lo que se puede encontrar en el mercado se utiliza las tuberías de la marca **Tenaris** aptas para servicios de baja temperatura . Se elige una tubería con un diámetro exterior de **273,05 mm**, un espesor de **10,16 mm** y grado **TN 55LT**.

El catálogo de tuberías se encuentra disponible en el anexo.

18.2.1.5. Aislamiento de tuberías:

De acuerdo a lo requerido por el DNV-GL en la Pt.5 Ch.7 Sc.5.12.2. el sistema de tuberías contará con un aislamiento de forma tal de disminuir la transferencia de calor con el ambiente y proteger al personal de tener contacto directo con superficies frías.

18.2.1.6. Requerimiento de válvulas en tuberías:

Para cumplir con lo establecido por el DNV-GL en la Pt.5 Ch.7 Sc.5.5 todos los tanques de carga contarán con válvulas de accionamiento remoto. Todas las conexiones a los tanques de cargamento se realizan en los puntos más altos de estos y sobre la cubierta principal.

18.2.1.7. Conexiones de muestreo de carga:

Según lo establecido por el DNV-GL en la Pt.5 Ch.7 Sc.6.4, a lo largo de la línea de carga se disponen conexiones para realizar muestreos de la carga líquida.

18.2.1.8. Filtros:

Por lo establecido el DNV-GL en la Pt.5 Ch.7 Sc.6.5, el sistema de carga está diseñado de forma tal de que se puedan instalar filtros a lo largo de la línea en caso de que se lo requiera. Estos serán del tipo móviles y los estándares de filtrado serán acorde al tipo de carga a pasar.

18.2.1.9. Diseño para variaciones térmicas:

Para cumplir con lo establecido por el DNV-GL en la Pt.5 Ch.7 Sc.6.5, se instalan medios para compensar por las posibles dilataciones y contracciones térmicas que estas puedan generar. Para esto se dispondrán curvas de expansión, del tipo omega, a lo largo de la línea

18.3. Referencias:

- International Gas Code (IGC)
- McGuire & White. (2000). Liquified gas handling principles on ships and in terminals (SIGTO). UK, London. Whiterby Publishers
- Det Norske Veritas (DNV-GL)

18.4. Anexo:

- Bomba sumergible:

ENERGY
ENVIRONMENT
ECONOMY

WÄRTSILÄ **Pumps & Valves**

**DEEPWELL CARGO PUMPS
FOR GAS CARRIERS**



Market leader in deepwell pumps for gas carriers

50 years in service experience

1,000+ vessels supplied globally

HIGH LEVELS OF SAFETY & QUALITY

4000+ pumps in operation

WIDE RANGE

PUMPING EFFICIENCY INTO CARGO OPERATIONS

Wärtsilä is the undisputed leader in gas carrier pump technology. Our deepwell cargo pumps can handle all cargoes including LPG, LNG, ammonia, ethane and ethylene. 90% of the world's LPG fleet depends on Wärtsilä Svanehøj deepwell cargo pump technology. With such a depth of experience across vessel and cargo types, we are the natural choice for high quality, safe and reliable systems with strong environmental performance that offer excellent lifetime value and complete peace of mind.

When absolute confidence in offloading safety and efficiency are critical, Wärtsilä Svanehøj is the natural choice among gas carriers worldwide for deepwell and cargo booster pumps. Our dedicated project teams deliver solutions for vessels from the smallest fully pressurized push barges and dedicated CO₂ carriers to the largest fully refrigerated VLGCs, FLNG's and FRSU's.

Our pumps handle all types of cargo at all temperatures and specific gravities without any component changes, offering potentially huge cost savings.

Our range spans:

- Fully pressurised tankers, cargo at ambient temperature, tank pressure up to 18 bar.
- Fully refrigerated atmospheric tankers, cargo cooled to saturation temperature (typically -48°C - 88°C).
- Semi-refrigerated tankers, cargo liquefied by cooling/pressure process down to -104°C.
- We lead in long-shafted pumps for LNG at -163°C.



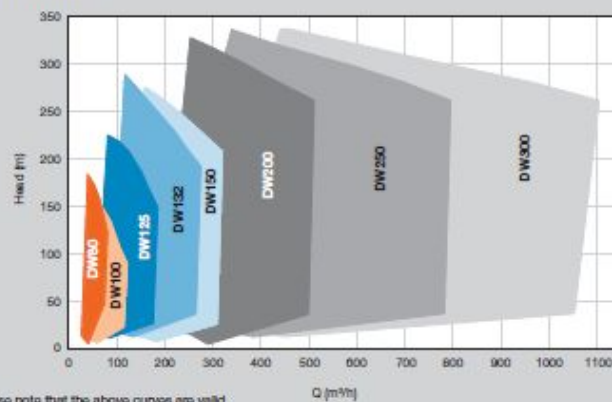
WÄRTSILÄ

DEEPWELL CARGO PUMPS

- Wärtsilä Svanehöj deepwell cargo pumps are used for offloading liquid gas on gas carriers and barges up to 100,000 m³.
- On-deck electric motors.
- Each pump optimised to the duty point by trimmed impellers or variable speed drives.
- All stainless steel components in gas tank.
- Our flexible pump solutions are designed to handle various cargo types with a wide span in temperature and specific gravity. There is no need for time consuming adaptations of the pump or replacement of seals and bearings, which is sometimes the case for other pump types.
- Maintenance and repair of bearings and shaft seals even with cargo in the tank.
- 4,000+ pumps installed on more than 1,000 ships – lifetime-of-the-ship reliability.



CAPACITY RANGE



Please note that the above curves are valid for any gas type, but the pumps have a maximum design pressure of 18 Barg.



AN UNRIVALLED MIX OF ADVANTAGES

PROVEN RELIABILITY

Our pump technology that has been in service for over 40 years.

STATE-OF-THE-ART SEALING SYSTEM

Works on cargo tank pressure; no nitrogen/compressed air connections.

HIGH LEVELS OF SAFETY

Double mechanical seals mounted back-to-back in oil bath prevents leaks in the unlikely event of seal failure.

WIDE RANGE

One of the widest ranges of references for all vessel applications.

CONFIDENCE

A large part of the world's fleet equipped with Wärtsilä pump systems.

HIGH QUALITY

Systems designed around individual customer needs, rigorously tested and engineered to the highest standards.

LIFECYCLE SUPPORT

World leading technical support; spares and available throughout the lifetime of the vessel.

ON-TIME DELIVERY

Highest standards of on-time delivery consistency.

SHAFT SEALING ARRANGEMENT

The shaft sealing arrangement is based on the principle of communicating vessels. By adding the force of a spring into the equation we ensure that the pressure in the sealing system is always higher than the tank pressure, thereby preventing cargo leakages.

1. PRESSURE GAUGES

The system is equipped with 2 pressure gauges.
a) Indicates the pressure in the cargo tank.
b) Indicates the pressure in the sealing oil chamber, this pressure will always be higher than the cargo tank pressure.

2. LEVEL INDICATOR

The piston inside the sight glass follows the movement of the spring and thereby indicates the oil level in the sealing system. Can be delivered with low oil level switch for remote alarm.

3. PRESSURE BOOSTER

Fully automatic system where the sealing oil is put under pressure from both the cargo tank and the spring. This ensures that the pressure within the sealing chamber is always higher than in the cargo tank.

4. CARGO TANK PRESSURE

Through this pipe the cargo tank pressure (vapour pressure) is added directly to the spring house.

5. DOUBLE MECHANICAL SEALS

Back to back mechanical seals lubricated by pressurised sealing oil.

6. STATIC SEAL

Used only for maintenance purposes. The shaft can be lowered to a point where the static seal completely seals off the cargo hence making it possible to do maintenance, such as changing the mechanical seals, even with a full cargo tank.

7. LEAK OIL COLLECTION CHAMBER

In the event of a damaged lower mechanical seal the collection chamber will be able to obtain all the sealing oil in the system so that none of it contaminates the cargo. The leaked oil can be drained from the chamber through the lower valve.

8. LEAK OIL OUTLET

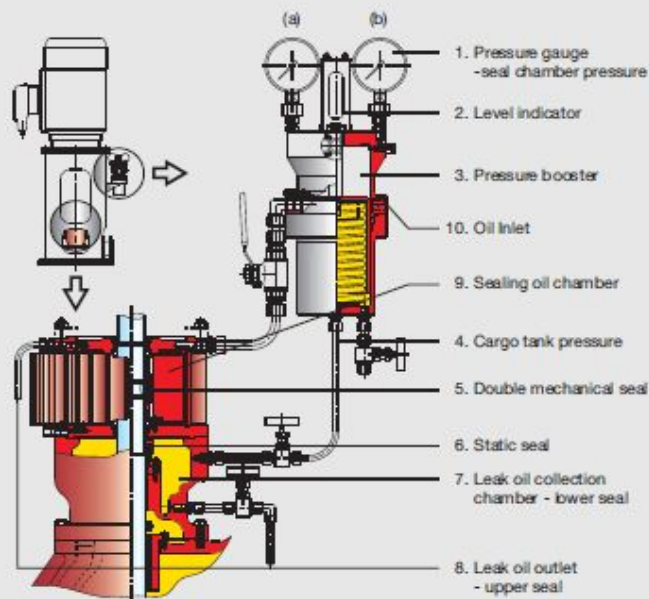
Sealing oil "bleeding" from this pipe indicates that the upper sealing may be damaged and needs to be changed.

9. SEALING OIL CHAMBER

The chamber is air cooled, which needs a large surface, an aluminum block has been fitted into the chamber to reduce the inside volume so it does not exceed the volume in the collection chamber. The sealing oil is constantly circulated during pump operation by a helical ridge on the shaft.

10. OIL INLET

Filling of sealing oil will load the spring and thereby increase pressure. The inlet is equipped with quick coupling for easy filling and refilling of sealing oil by a special Svanehoj manually operated pump. One pump per ship set is included.



NMB BOOSTER PUMPS

- Typical Applications: The NMB series of pumps acts as boosters, to increase discharging pressure when offloading lighter cargoes, i.e. low specific gravity cargoes.
- Capacities up to 1,200m³/h at up to 180 mlc - the ideal choice for liquid gas where a booster is required.
- Designed for liquid gas installed on fully and semi pressurised as well as fully and semi refrigerated carriers.
- Fully stainless steel pump mounted on a skid with electrical motor.
- Flexible spacer coupling and monitored pressurised shaft seal arrangement.
- Booster pumps are also available in an inline vertical version, NIPB.



- Tuberías



Outside Diameter	273.050 mm	Min. Wall Thickness	87.5%	(*) Grade TN 55LT	
Wall Thickness	10.160 mm	Connection OD Option	REGULAR	COUPLING	PIPE BODY
Grade	TN 55LT*	Drift	API Standard	Body: Violet 1st Band: Pink 2nd Band: - 3rd Band: -	1st Band: Pink 2nd Band: Violet 3rd Band: - 4th Band: -
		Type	Casing		

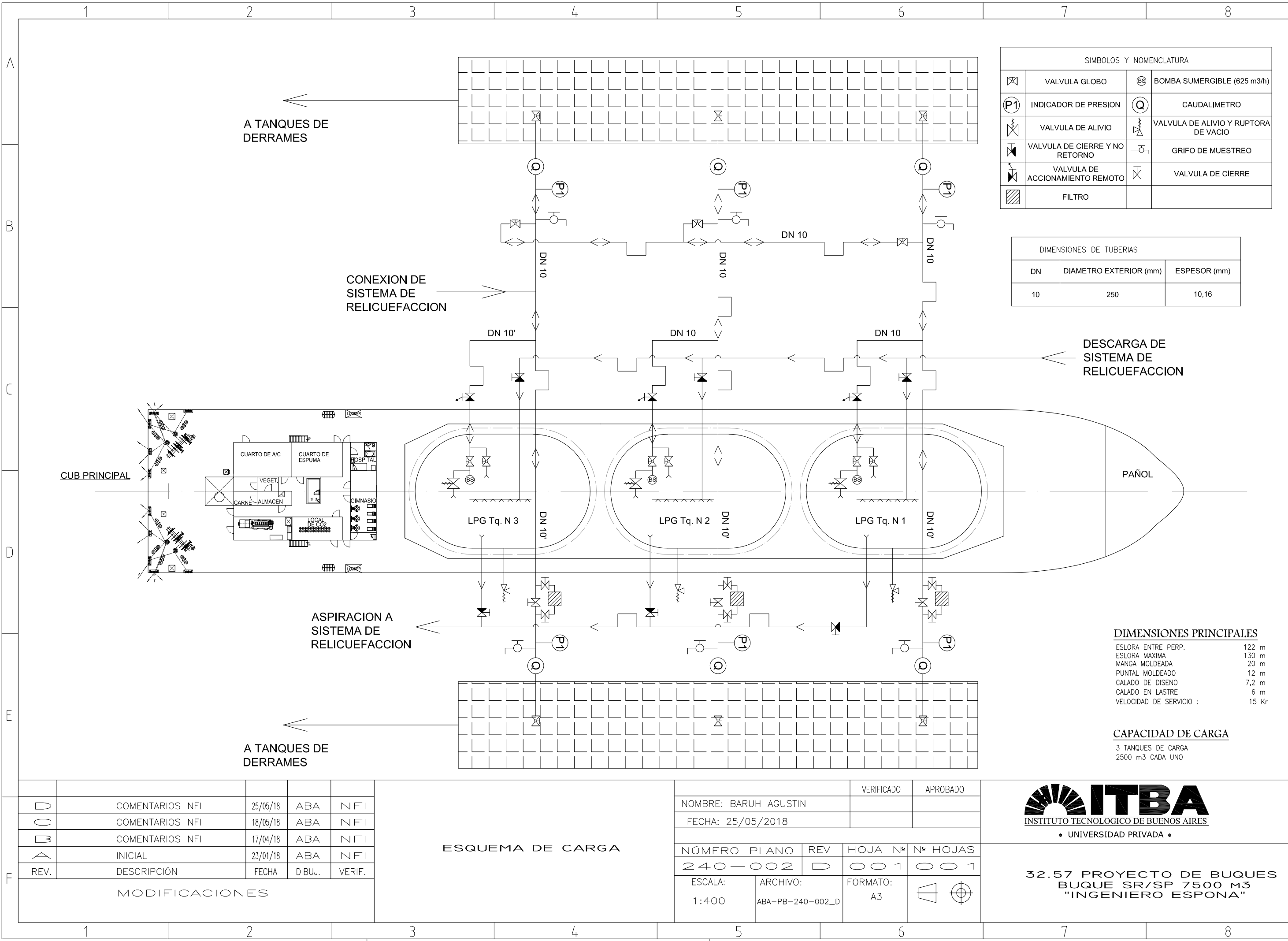
PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	273.050 mm	Nominal Weight	67.711 kg/m	Drift	248.7676 mm
Nominal ID	252.730 mm	Wall Thickness	10.160 mm	Plain End Weight	65.866 kg/m
OD Tolerance	API				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	3.18 x1000 kN	Internal Yield	24700 kPa	SMYS	379200 kPa
Collapse	14400 kPa				
CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Connection OD	294.005 mm	Coupling Length	297.0022 mm	Connection ID	251.079 mm
Make-up Loss	128.651 mm	Threads per in	4	Connection OD Option	REGULAR
PERFORMANCE					
Tension Efficiency	100.0 %	Joint Yield Strength	3.180 x1000 kN	Internal Pressure Capacity	24700.000 kPa
Compression Efficiency	100 %	Compression Strength	3.180 x1000 kN	Max. Allowable Bending	23 °/100 ft
External Pressure Capacity	14400.000 kPa				
MAKE-UP TORQUES					
Minimum	21900 N/m	Optimum	24300 N/m	Maximum	26700 N/m
SHOULDER TORQUES					
Minimum	3600 N/m	Maximum	20600 N/m		
OPERATION LIMIT TORQUES					
Operating Torque	26700 N/m	Yield Torque	65100 N/m		

Notes

This connection is fully interchangeable with:

Blue® - 273.05 mm - 60.27 / 75.9 / 82.59 / 90.33 / 97.77 / 105.81 / 108.93 / 113.99 / 117.86 kg/m

Connections with Dopeless® Technology are fully compatible with the same connection in its Standard version Datasheet is also valid for Special Bevel option when applicable - except for Coupling Face Load, which will be reduced. Please contact a local Tenaris technical sales representative.



SIMBOLOS Y NOMENCLATURA			
	VALVULA GLOBO		BOMBA SUMERGIBLE (625 m3/h)
	INDICADOR DE PRESION		CAUDALIMETRO
	VALVULA DE ALIVIO		VALVULA DE ALIVIO Y RUPTORA DE VACIO
	VALVULA DE CIERRE Y NO RETORNO		GRIFO DE MUESTREO
	VALVULA DE ACCIONAMIENTO REMOTO		VALVULA DE CIERRE
	FILTRO		

DIMENSIONES DE TUBERIAS		
DN	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR (mm)
10	250	10,16

DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTA MOLDEADA	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

	COMENTARIOS NFI	25/05/18	ABA	NFI
	COMENTARIOS NFI	18/05/18	ABA	NFI
	COMENTARIOS NFI	17/04/18	ABA	NFI
	INICIAL	23/01/18	ABA	NFI
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

ESQUEMA DE CARGA

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO
FECHA: 25/05/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
240-002	D	001	001
ESCALA: 1:400	ARCHIVO: ABA-PB-240-002_D	FORMATO: A3	



32.57 PROYECTO DE BUQUES
BUQUE SR/SP 7500 M3
"INGENIERO ESPONA"

1

2

3

4

A

B

C

D

Cálculo y dimensionamiento de sistema de relicuefacción

E

		VERIFICADO	APROBADO
NOMBRE: BARUH AGUSTIN			
FECHA: 22/08/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
	0	1	
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO: A4	 



32.57 PROYECTO DE BUQUES

F

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
MODIFICACIONES				

BUQUE LPG SR/SP 7500 M3 "INGENIERO ESPONA"

Índice:

17.1. Introducción:	2
17.2. Desarrollo:	2
17.2.1. Tipo de planta:	2
17.2.2. Cálculo preliminar de capacidad:	4
17.3. Referencias:	4

17.1. Introducción:

El objetivo de este informe es realizar un análisis preliminar del tipo y capacidad de la planta de relicuefacción a instalar en el buque, en función de los tipos de carga a transportar.

17.2. Desarrollo:

El diseño de la planta de relicuefacción se hará para el buque proyecto, que es del tipo LPG semi-presurizado/semi-refrigerado, con las siguientes dimensiones principales:

Dimension	Valor (m)
LOA (m)	130
LBP (m)	122
B (m)	20
D (m)	12
d (m)	7,2
Cb	0,71

El mismo transportará los siguientes productos:

Condiciones: Presión= 5 bar Temperatura= -48 °C	
Producto	Densidad (Kg/m3)
VCM	1012
Propano	585,2
I-Butano	629,9
N-Butano	648,2
Propene oxide	905,8

17.2.1. Tipo de planta:

Los tipos de plantas de relicuefacción usadas en buques LPG se pueden dividir en dos categorías:

- Plantas de ciclo directo
- Plantas de ciclo indirecto

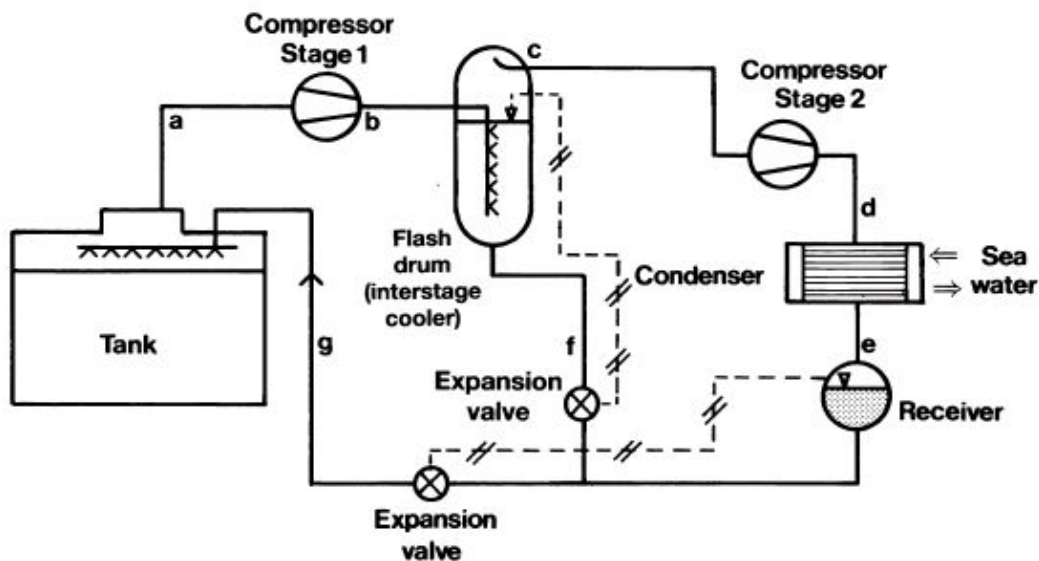
Las segundas no se muy utilizadas salvo en buques que lleven gases de cloro, etileno, propano o mezclas. Debido a que el buque lleva una variedad mayor de productos que los establecidos para las plantas de ciclo indirecto, como VCM, y según lo reglamentado por el DNV-GL Pt.5 Ch.7 Sc.17.1.3 se utilizara una planta de ciclo directo.

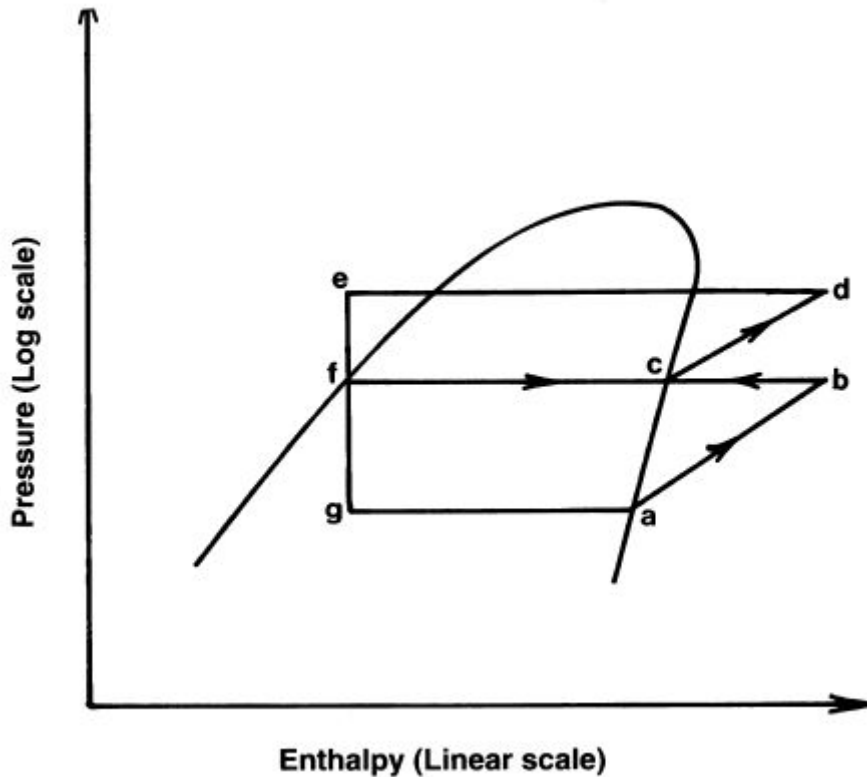
Dentro de las plantas de ciclo directo se tienen tres tipos:

- Una etapa
- Dos etapas
- Cascada

Al momento de decidir qué tipo de planta de ciclo directo se instalará en el buque, el factor decisivo es el tipo de gases a transportar. En el caso del buque como transporta cargas como butano y VCM se deberá instalar una planta de dos etapas. Esto es así ya que este tipo de ciclo tiene la característica de que la segunda etapa de compresión es necesaria para limitar la temperatura alcanzada a la salida del compresor, que sube de forma significativa debido a la alta relación de compresión utilizada.. El vapor a la salida del primer compresor es enfriado en un enfriador intermedio dentro del proceso, que utiliza como medio de intercambio una parte de la carga, que fue refrigerada en el condensador con agua de mar, por un descenso de presión a través de una válvula de expansión. Luego a la salida del enfriador intermedio a la carga se le vuelve a elevar parcialmente la temperatura y presión mediante un compresor, para luego realizar la condensación en un intercambiador de calor con agua de mar. El gas condensado es regresado a los tanques mediante una valvula de expansion que regula el caudal. El ingreso al tanque se puede realizar de dos formas, mediante un aspersor ubicado en la parte superior del tanque o uno ubicado en la parte inferior. Por lo general la inyección desde la parte superior del tanque se utiliza cuando este se encuentra vacío y la inyección desde la parte inferior cuando este está lleno, para evitar la revaporización.

A continuación se muestran dos esquemas para facilitar la comprensión del proceso:





17.2.2. Cálculo preliminar de capacidad:

Se procede a realizar una estimación de la potencia de la planta. Para este cálculo se obtiene el calor removido del VCM en estado gaseoso dentro del tanque. Para esto se utilizara la diferencia de entalpía entre el estado gaseoso y el estado líquido del gas. Esto se puede ver en la siguiente ecuación:

$$Q = \Delta H \times \delta \times C \text{ (KW)}$$

Donde: ΔH = Diferencia de entalpía entre el estado líquido y gaseoso (3030 KJ/Kg)

δ = Densidad del en estado gaseoso VCM (0,52 Kg/m³)

C = Caudal (0,12 m³/s)

Para la obtención del caudal se parte de la hipótesis de que en el buque se evaporara un 0,14% del volumen total de gas (7500 m³) en estado líquido por día, según lo establecido en [4]. Por lo tanto la masa de gas evaporada por día se obtiene como:

$$C = \frac{0,14 \times 7500}{100} \times 1012 \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{3600} = 0,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

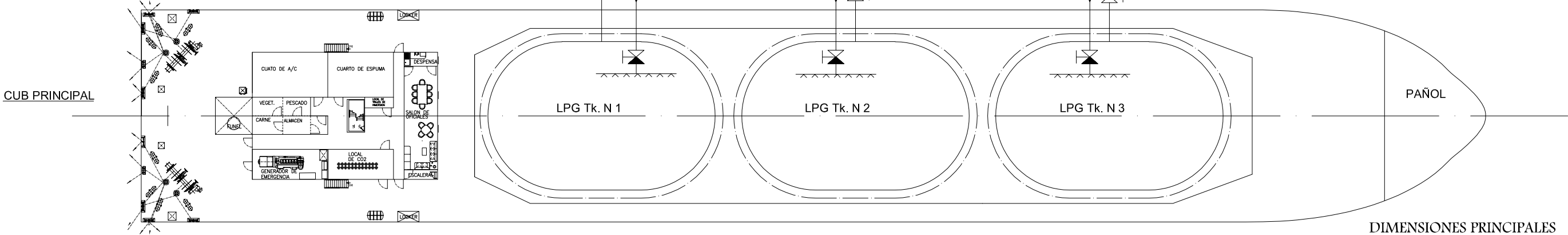
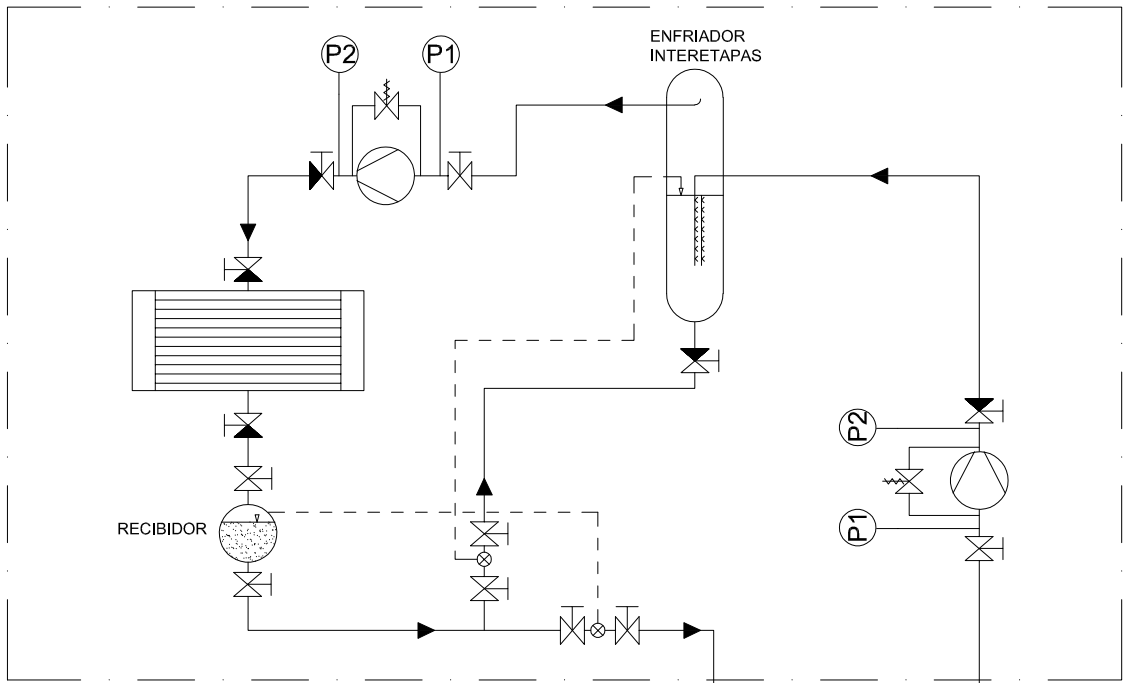
Con estos valores se obtiene que la planta de relicuefacción debe remover unos 193,7 KW de calor.

17.3. Referencias:

- International Gas Code (IGC)
- McGuire & White. (2000). Liquified gas handling principles on ships and in terminals (SIGTO). UK, London. Whiterby Publishers
- Det Norske Veritas (DNV-GL)
- J. Romero Gomez, M.Romero Gomez (2014). On board LNG reliquefaction technology: a comparative study, Polish maritime research

ESQUEMA DE SISTEMA DE RELICUEFACCION DIRECTO DE DOS ETAPAS

SIMBOLOS Y NOMENCLATURA			
	VALVULA DE CIERRE		COMPRESOR
	INDICADOR DE PRESION		CONDENSADOR
	VALVULA DE CIERRE Y NO RETORNO		VALVULA DE EXPANSION
	VALVULA DE ALIVIO		



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERP.	122 m
ESLORA MAXIMA	130 m
MANGA MOLDEADA	20 m
PUNTAL MOLDEADO	12 m
CALADO DE DISEÑO	7,2 m
CALADO EN LASTRE	6 m
VELOCIDAD DE SERVICIO :	15 Kn

CAPACIDAD DE CARGA

3 TANQUES DE CARGA
2500 m3 CADA UNO

NOTA: TODAS LAS TUBERIAS, DESDE LA SALIDA DE LOS TANQUES
HASTA SU REINGRESO, SE ENCUNETRAN AISLADAS PARA
DISMINUIR LA PERDIDA DE CALOR CON EL AMBIENTE.

ESQUEMA DE PLANTA DE RELICUEFACCION

NOMBRE: BARUH AGUSTIN		VERIFICADO	APROBADO
FECHA: 09/03/2018			
NÚMERO PLANO	REV	HOJA N°	N° HOJAS
240-008	B	001	001
ESCALA:	ARCHIVO:	FORMATO:	
1:400	ABA-PB-240-008_B	A3	



32.57 PROYECTO DE BUQUE
BUQUE LPG SR/SP 7500 CBM
"INGENIERO ESPONA"

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJ.	VERIF.
B	COMENTARIOS NFI	09/03/18	ABA	NFI
A	INICIAL	23/01/18	ABA	NFI
MODIFICACIONES				