



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

*Escola Politécnica Superior*



**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2017/18**

---

## *REMOLCADOR DE ALTURA Y SALVAMENTO*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 1**

**ELECCIÓN DE LA CIFRA DE MÉRITO, DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA Y  
SELECCIÓN DE LA MÁS FAVORABLE**



**ALUMNO:**

**JOSE RÁBANO CARRETERO**

**TUTOR:**

**MARCOS MIGUEZ GONZÁLEZ**

**MARZO 2018**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**ANTEPROYECTO Y PROYECTO FIN DE CARRERA**

*CURSO 2017-2018*

**PROYECTO NÚMERO      18 - 19**

**TIPO DE BUQUE: REMOLCADOR DE ALTURA Y SALVAMENTO**

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTO DE APLICACIÓN:** Solas, Marpol, y reglamentación estándar. Lloyd's Register.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Buque remolcador de altura con sistema contra incendios y lucha contra la contaminación. 240 ton. De tracción a punto fijo.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 16 nudos de velocidad de servicio. Autonomía de 9000 millas náuticas a velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA/DESCARGA:** Gancho de remolque y chigre hidráulico de remolque.

**PROPULSIÓN:** Cuatro motores diésel. Cada pareja acciona un propulsor en popa con tobera de paso fijo. Hélice de proa.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 24 miembros de tripulación.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Sistema de lucha contra incendios. Sistema de lucha anti polución. Los correspondientes a este tipo de buques.

ALUMNO: D. Jose Rábano Carretero

<b>Dimensiones principales</b>	
Eslora total	76,2 m
Eslora entre pps	69,3 m
Manga	18 m
Puntal de trazado	8,21 m
Calado de trazado	6,61 m
Desplazamiento máximo	6468 t
Peso muerto	2397 t
<b>Capacidades</b>	
Heavy Fuel Oil (HFO)	1181,5 t
Agua lastre	1145,6 t
Recogida residuos (MUD)	1365,5 t
Espumógeno	43,8 t
Dispersante	30,2 t
<b>Rendimientos</b>	
Bollard pull (TPF)	240 t
Velocidad de servicio	16 kn

<b>Maquinaria principal</b>	
Motores principales	4x4500 kW
	Wärtsilä 9L34DF
Generadores	3x1380 kW
	Wärtsilä 9L20DF
Generador emergencia	1x400 kW
	CAT CG132-8
Propulsores principales	2x4300 mm
	FPP, 3 palas
<b>Propulsión auxiliar</b>	
Trhuster transv proa	1x1050 kW
Trhusters transv popa	2x1050 kW
Trhuster azimutal proa	1x880 kW
<b>Acomodación</b>	
Tripulación	24
Náufragos	29
<b>Posicionamiento dinámico</b>	
Cota	DP II

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>PG</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. DIMENSIÓN PRELIMINAR.....</b>	<b>8</b>
Método 1. Base de datos.....	8
Método 2. Proyecto Básico del Buque Mercante.....	15
<b>3. ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES .....</b>	<b>18</b>
Coeficiente de Bloque .....	18
Coeficiente de la Maestra.....	19
Coeficiente Prismático .....	20
Coeficiente de Flotación .....	20
<b>4. SITUACIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA ..</b>	<b>21</b>
<b>5. ESTIMACIÓN DE COSTES .....</b>	<b>22</b>
Coste del material a granel .....	22
Coste de los equipos del buque.....	23
Coste de la mano de obra .....	24
<b>6. SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>25</b>
Alternativa más favorable .....	25
Selección de alternativa mediante <i>Solver</i> .....	30
<b>7. ALTERNATIVA FINAL .....</b>	<b>32</b>
<b>8. ESTIMACIÓN DE PESOS .....</b>	<b>34</b>
Desplazamiento .....	34
Peso en rosca .....	34
Peso Muerto.....	35
<b>9. FRANCOBORDO TABULAR .....</b>	<b>38</b>
Regla 3. Definiciones de los términos.....	39
Regla 27. Tipo de buque.....	39
Regla 28. Francobordo tabular .....	39
Regla 29. Corrección para buques con eslora menor de 100 metros.....	39
Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque. ....	39
Regla 31. Corrección por puntal.....	40
Regla 32. Corrección por posición de la línea de cubierta. ....	40
Regla 33. Altura normal de las superestructuras.....	40

Regla 34. Longitud de las superestructuras.....	40
Regla 35. Longitud efectiva de la superestructura.....	40
Regla 36. Troncos.....	40
Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos. ....	41
Regla 38. Arrufo.....	41
Regla 39. Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva. ....	42
Resumen de las correcciones del francobordo tabular.....	43
Regla 40. Francobordos mínimos .....	44
<b>10. - ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE .....</b>	<b>45</b>
Analysis parameters.....	46
Prediction method check [Holtrop] .....	46
Prediction results .....	46
Hull data .....	47
Appendage data.....	48
Environment data .....	49
Symbols and values .....	49
Gráfica de la Resistencia al Avance.....	50
<b>11. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA.....</b>	<b>51</b>
Analysis parameters.....	52
Prediction method check [Holtrop] .....	52
Prediction results [System] .....	52
Prediction results [Propulsor] .....	53
Hull data .....	54
Propulsor data .....	54
Symbols and values .....	55
Analysis parameters.....	55
<b>12. DIMENSIONES PRINCIPALES FINALES.....</b>	<b>58</b>
<b>13. ESPECIFICACIÓN PRELIMINAR .....</b>	<b>59</b>
Clasificación .....	59
Dimensiones principales.....	59
Rendimiento.....	59
Tonelaje.....	59

<b>Propulsión.....</b>	<b>59</b>
<b>Propulsor (hélices) .....</b>	<b>60</b>
<b>Capacidades .....</b>	<b>60</b>
<b>Equipo de remolque .....</b>	<b>60</b>
<b>Cable de remolque y trabajo.....</b>	<b>61</b>
<b>Maquinaria de cubierta.....</b>	<b>61</b>
<b>Equipo de Salvamento .....</b>	<b>61</b>
<b>Equipo de navegación.....</b>	<b>61</b>
<b>Equipamiento de comunicación GMDSS .....</b>	<b>61</b>
<b>14. DISPOSICIÓN GENERAL Y CUADERNA MAESTRA .....</b>	<b>63</b>
<b>15. ANEXO I. ALTERNATIVAS (CIFRA DE MÉRITO) .....</b>	<b>65</b>
<b>16. ANEXO II. PLANO DEL BUQUE.....</b>	<b>76</b>
<b>Cálculo del Awf.....</b>	<b>76</b>
<b>Cálculo del TCI.....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se presentan los datos necesarios para establecer las bases de este proyecto, un remolcador de altura con sistema contra incendios y anticontaminación, cuya cifra de mérito será el coste de construcción y la restricción a tener en cuenta viene dada por la RPA, que en este caso será de 240 toneladas de tracción a punto fijo (bollardpull).

Para empezar a dimensionar el buque proyecto se comienza escogiendo buques similares al RPA ya construidos con el fin de crear una base de datos con la cual hallar unas dimensiones preliminares. Después se utiliza el método del Proyecto Básico del Buque Mercante explicado en la asignatura de Proyectos, el cual también establece un dimensionamiento preliminar. Con ambos métodos se halla un dimensionamiento preliminar que se irá afinando y perfeccionando añadiendo más variables al dimensionamiento.

A continuación, con las dimensiones principales calculadas se estiman los coeficientes dimensionales del buque con la formulación que en dicha parte se presenta, y se decide cuáles de las diferentes formulaciones se adaptan mejor al buque proyecto para utilizarla posteriormente en el dimensionamiento final.

Con el dimensionamiento preliminar realizado se calculan los costes asociados al mismo utilizando los métodos expuestos en la asignatura de Proyectos y detallados a continuación. Estos costes serán la variable a minimizar, ya que será mejor proyecto cuanto menor coste de construcción lleve asociado. Para minimizar dicho coste se utilizan dos métodos; la selección de la alternativa más favorable creando diferentes dimensionamientos de buques con distintos costes asociados y eligiendo los que cumplan las mejores condiciones, y la elección mediante la herramienta *Solver* del Excel, la cual realiza la misma función, pero de manera más precisa y rápida.

Una vez seleccionada la alternativa más favorable y se halla decidido cuál será la alternativa final, se calculará el francobordo tabular del remolcador según el Convenio Internacional de Líneas de Carga. Se presentará una disposición general del buque, así como de la cuaderna maestra, se estimará tanto la resistencia al avance como la potencia necesaria para la navegación con la ayuda del programa Navcad y con todo ello se realizará la especificación técnica del buque para realizar los demás cuadernos de Proyecto, los cuales detallarán en profundidad todos los aspectos constructivos del buque.

## 2. DIMENSIÓN PRELIMINAR

### Método 1. Base de datos.

Para hacer el dimensionamiento del buque debemos de partir de una base de datos con buques similares al que se va a construir.

La base de datos es la siguiente:

Tabla 2-1

Nombre del buque	L (m)	B (m)	Lpp (m)	D (m)	T (m)	TPF	Vel.	PM	Pot. (CV)	Pot. (kW)	K (CV/TPF)
Maersk A-type	90,3	23	79	9,5	7,8	260	16	4500	23500	17279	90,4
Maersk B-type	84,6	18,8	75	9	7,5	230	16,3	4200	20000	14706	87,0
Maersk CH-type	76,4	17,6	66	9	6,6	165	16	2350	14400	10588	87,3
Maersk D-type	89,3	20,6	78	9	7,5	218	16,3	4050	18000	13235	82,6
Maersk H-type	80	18	69,3	8	6,6	198	16	2600	17500	12868	88,4
Maersk P-type	76	17,2	73,7	8,5	7,2	204	16,6	3400	15600	11471	76,5
Maersk M-type	82	18,4	72	9,9	6,9	170	14	2400	16200	11912	95,3
Maersk S-type	82	18,8	72	9	7,5	210	15,5	3470	18250	13419	86,9
Maersk T-type	73,2	20	64,2	8,4	7,75	180	15	3500	15300	11250	85,0
Bourbon Luzolo	70	17,2	67,9	7,2	6,1	170	16	2320	14400	10588	84,7
Bourbon Orca	86,2	18,5	83,6	8,5	7	180	16,5	3500	15667	11520	87,0
Bourbon Surf	87,7	18	85,1	8	6,6	237	18	3117	20400	15000	86,1
Bourbon Abeille	80	16,5	68,6	8	6	201	19,8	1813	21760	16000	108,3
Normand Master	82,1	20	79,6	9,5	7,5	282	18,9	3694	23478	17263	83,3
Normand Atlantic	80,4	18	78	9,5	7	220	17	4200	18600	13676	84,5
Normand Ivan	81	20	78,6	9	7,6	240	18,3	4138	20000	14706	83,3
Normand Borg	80,5	18	78	8	6,6	202	16	3850	18000	13235	89,1
Normand Neptune	80,4	18	78	9	7,7	222	15,5	4200	18600	13676	83,8
Normand Mariner	82,2	19	78,5	9	7,5	282	16	4320	23478	17263	83,3
Normand Ferking	89,3	22	83,5	9,5	8	239	15,5	4559	15200	11176	63,6
Don Inda	80	18	69,3	8,25	7	220	17,5	3050	21760	16000	98,9

Con las ecuaciones correspondientes a las gráficas mostradas a continuación y el dato de partida de la RPA, se puede calcular la eslora entre perpendiculares preliminar del buque y a continuación los BHP para comenzar a dimensionar el buque con el resto de ecuaciones.

Dato de partida

**TPF = 240 t.**



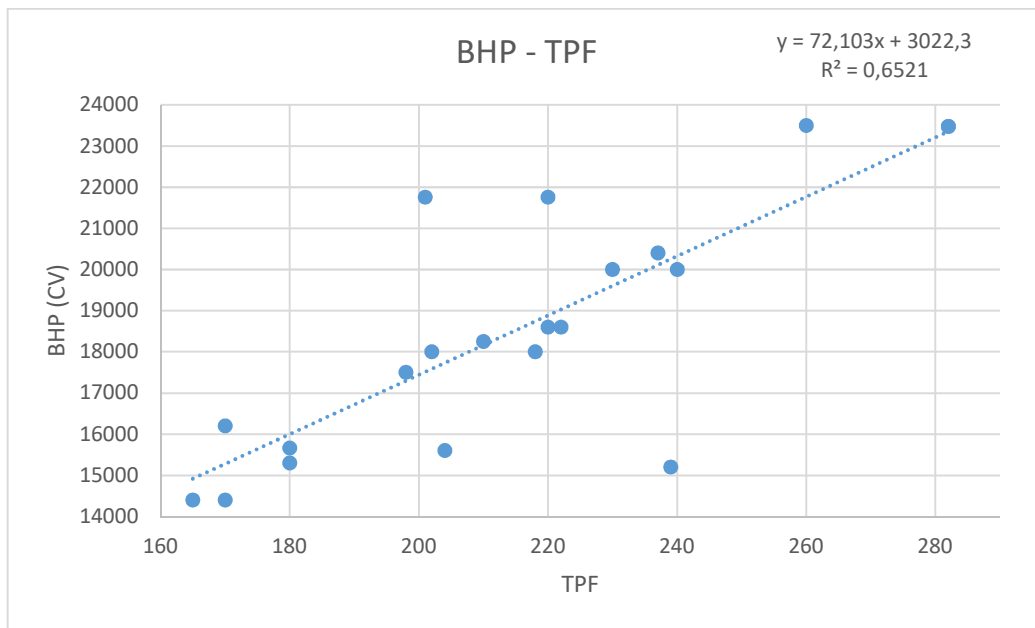


Figura 2.1

BHP – TPF

$BHP = 72,103 \cdot TPF + 3022,3$

**BHP = 20327 CV**

A continuación, se calcula la Lpp ante BHP y TPF para realizar su media y obtener una eslora razonable para el dato de partida en función de estos dos datos.

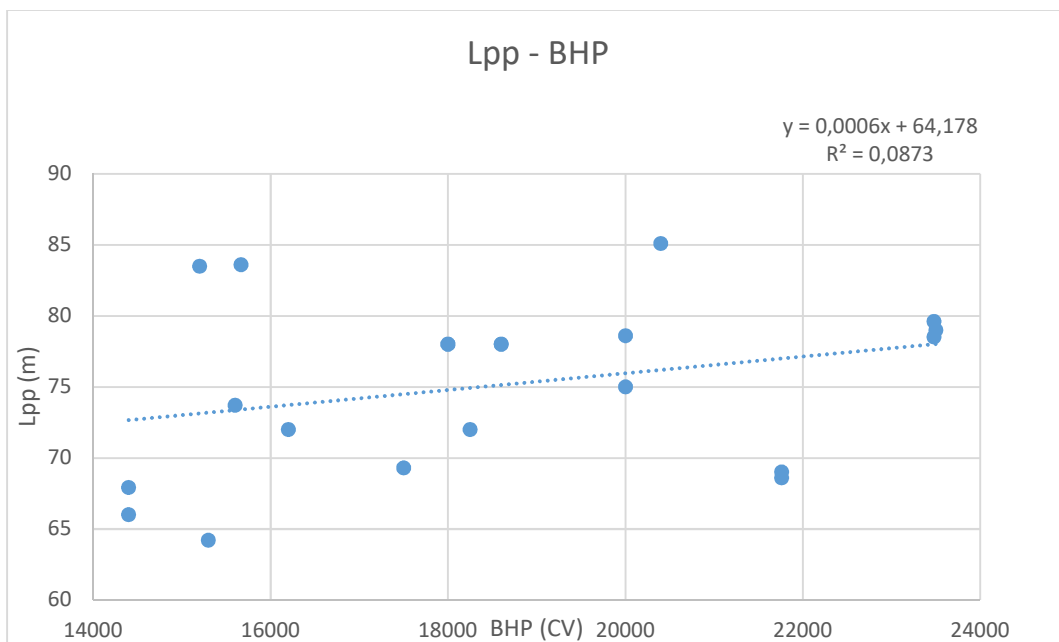


Figura 2.2

Lpp – BHP

$Lpp_1 = 0,0006 \cdot BHP + 64,178$

**Lpp<sub>1</sub> = 76,4 m**

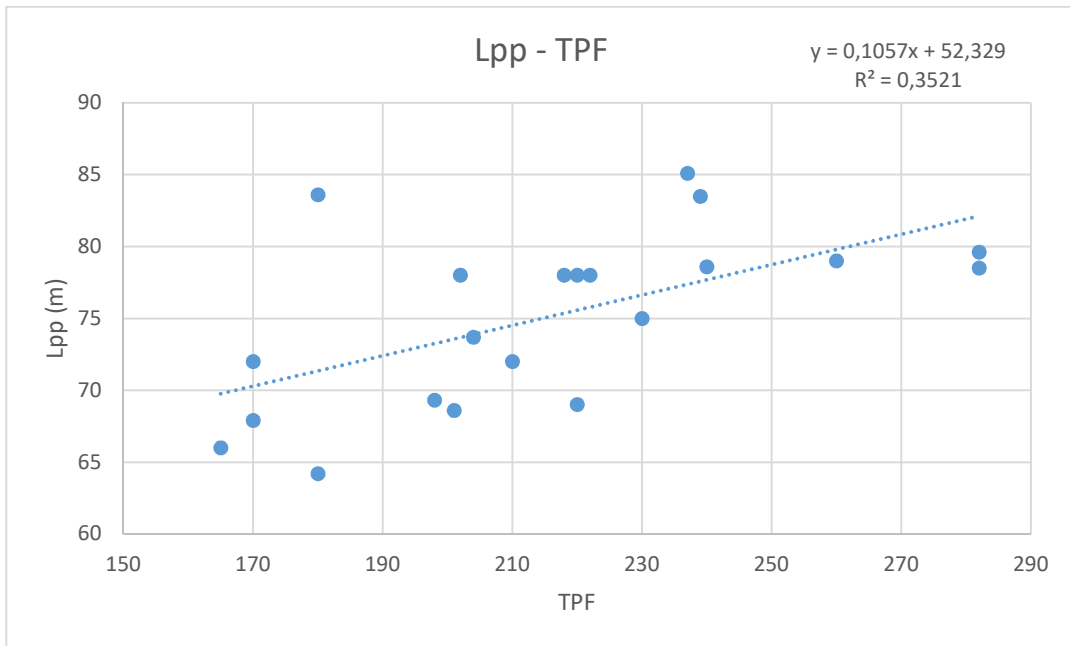


Figura 2.3

Lpp – TPF                       $Lpp_2 = 0,1057 \cdot TPF + 52,329$                        $Lpp_2 = 77,7 \text{ m}$

Con estas dos esloras se puede calcular la media para obtener la eslora entre perpendiculares preliminar.

$Lpp_{med} = (Lpp_1 + Lpp_2) / 2$      **$Lpp_{med} = 77 \text{ m}$**

Ahora se dimensionan manga, puntal y calado a partir de la nueva Lpp:

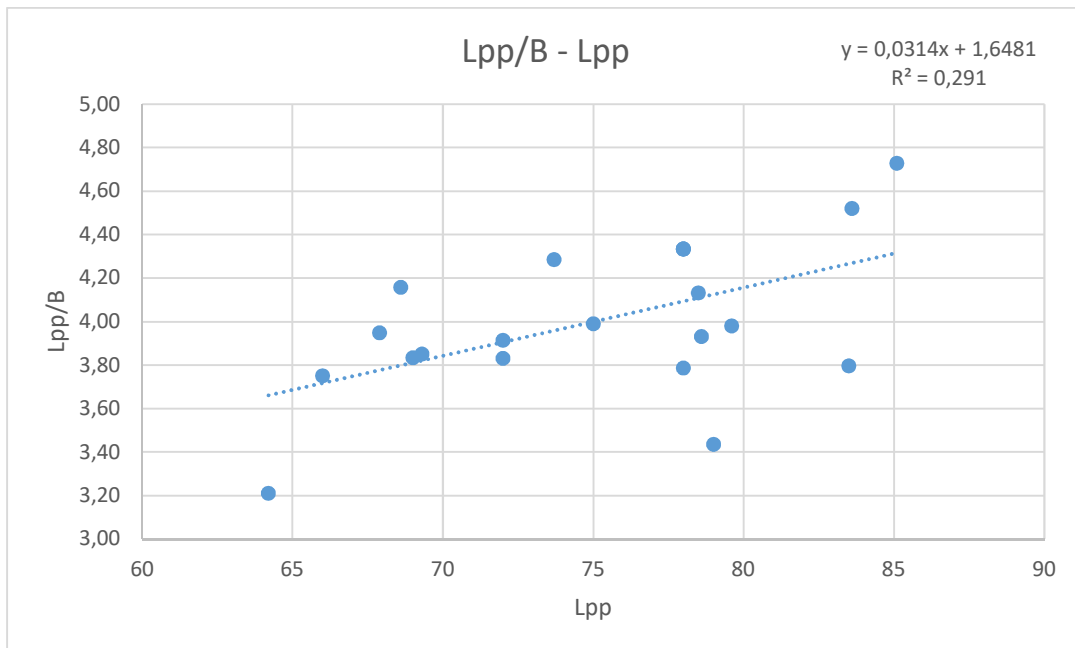


Figura 2.4

Lpp/B – Lpp

$$Lpp/B = 0,0314 * Lpp + 1,6481$$

$$Lpp/B = 4,06$$

$$B = Lpp / 4,06$$

$$B = 18,9 \text{ m}$$

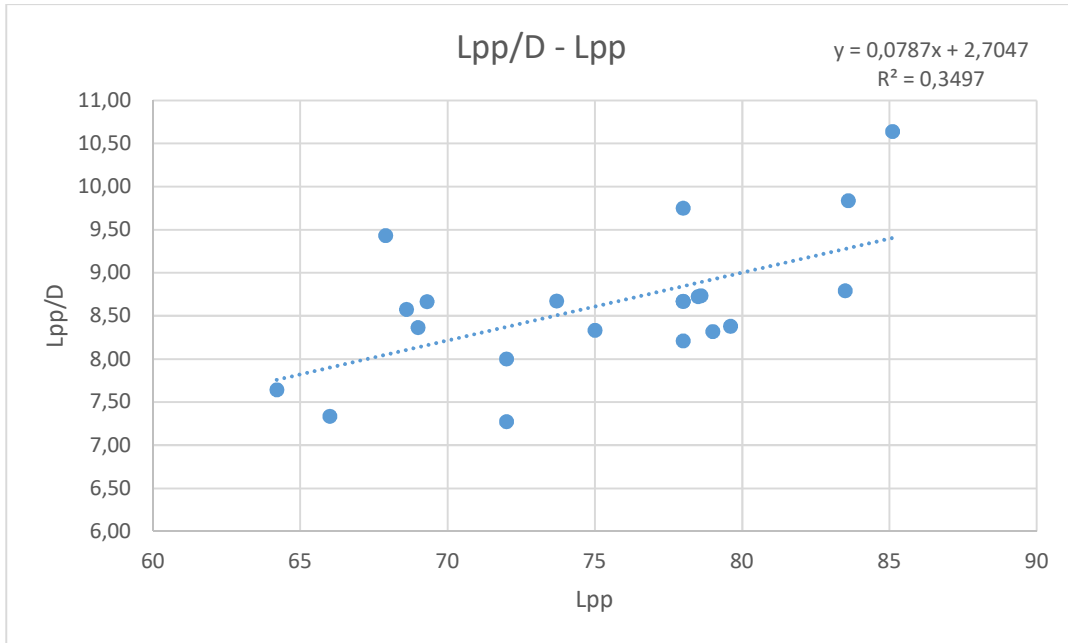


Figura 2.5

Lpp/D – Lpp

$$Lpp/D = 0,0787 * Lpp + 2,7047$$

$$Lpp/D = 8,76$$

$$D_1 = Lpp / 8,76$$

$$D_1 = 8,78 \text{ m}$$

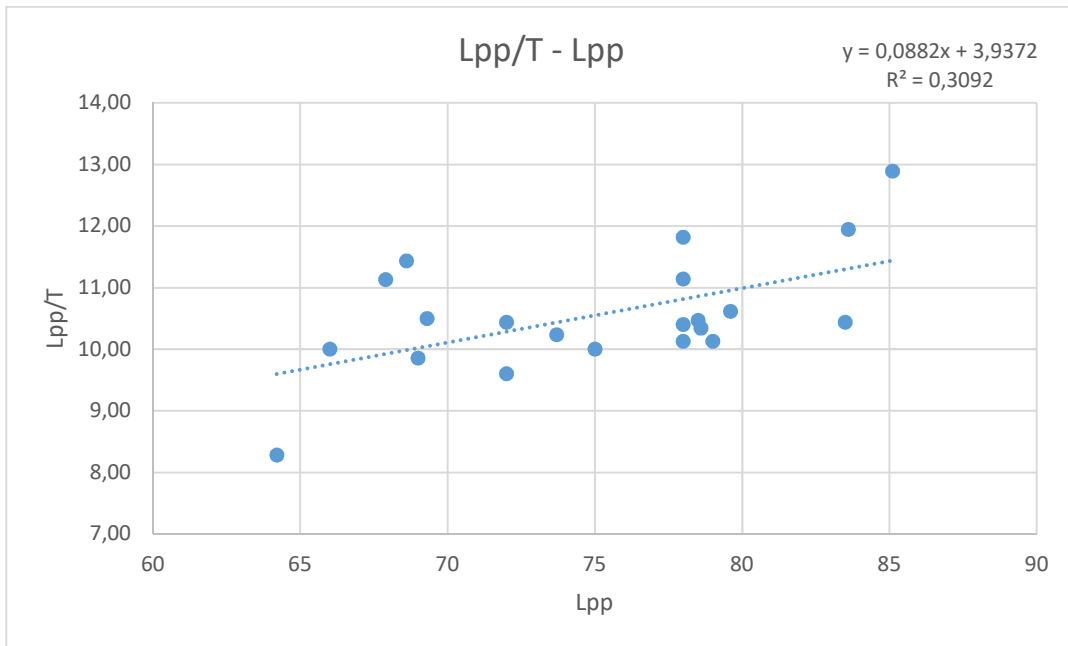


Figura 2.6

Lpp/T – Lpp

$$Lpp/T = 0,0882 \cdot Lpp + 3,9372$$

$$Lpp/T = 10,73$$

$$T_1 = Lpp / 10,73$$

$$T_1 = 7,17 \text{ m}$$

Una vez hallada la manga preliminar, se calcula a través de ella un nuevo puntal y calado que se utilizará para hacer la media con los calculados anteriormente y obtener los datos más precisos posibles.

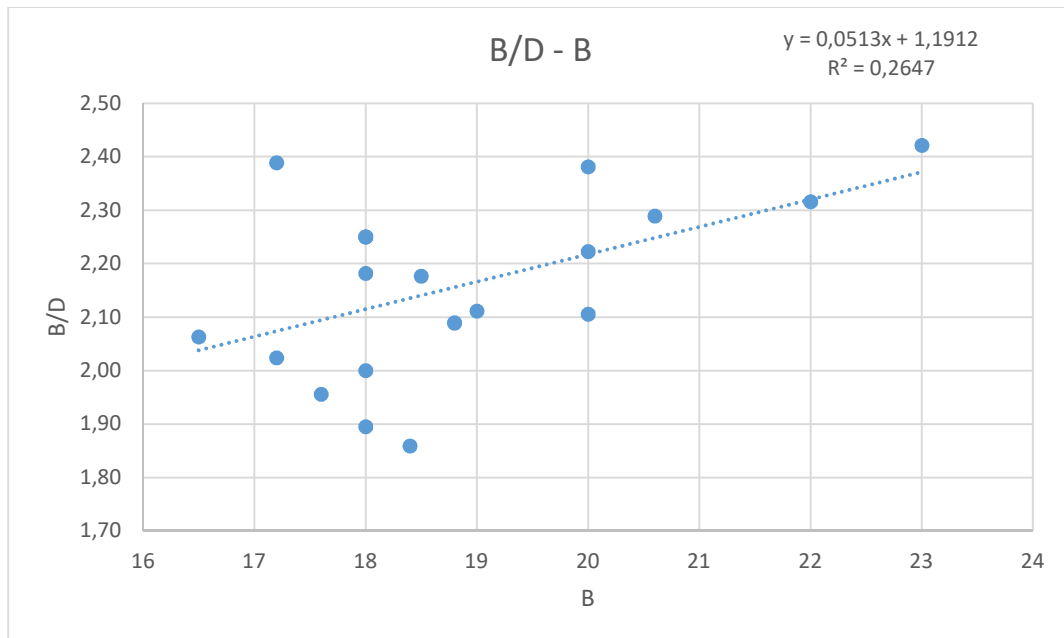


Figura 2.7

B/D – B

$$B/D = 0,0513 \cdot B + 1,1912$$

$$B/D = 2,16$$

$$D_2 = B / 2,16$$

$$D_2 = 8,75 \text{ m}$$

Se puede hallar así el puntal medio.

$$D_{med} = (D_1 + D_2)/2$$

$$D_{med} = 8,77 \text{ m}$$

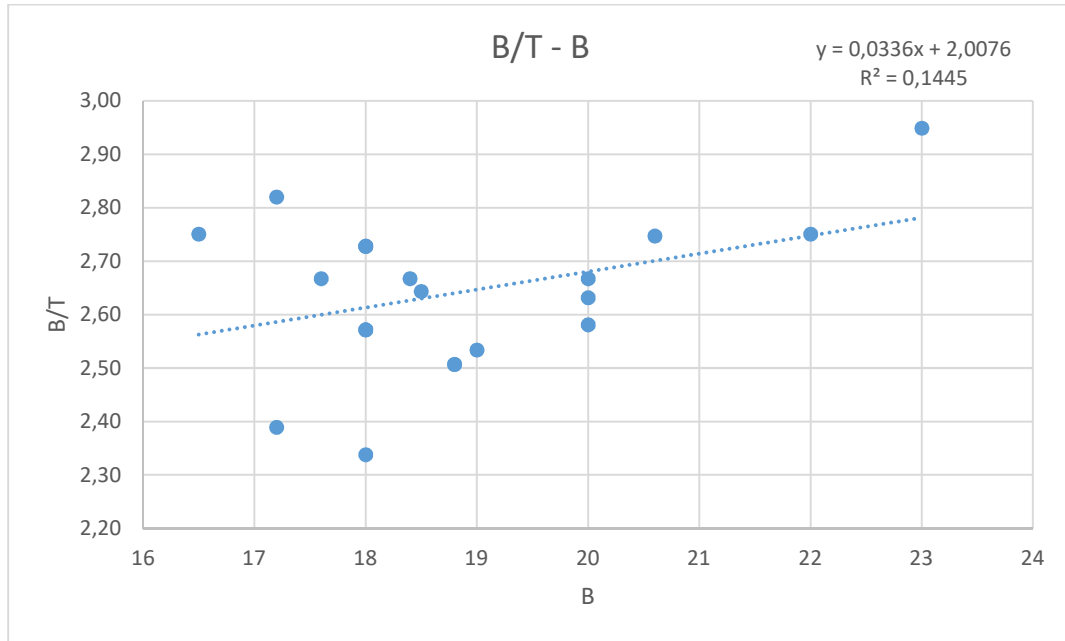


Figura 2.8

B/T – B

$$B/T = 0,0336 \cdot B + 2,0076$$

$$B/T = 2,64$$

$$T_2 = B / 2,64$$

$$T_2 = 7,15 \text{ m}$$

Con el puntal medio hallado, se sacará un nuevo calado con el que se hará la media de los tres calados obtenidos.

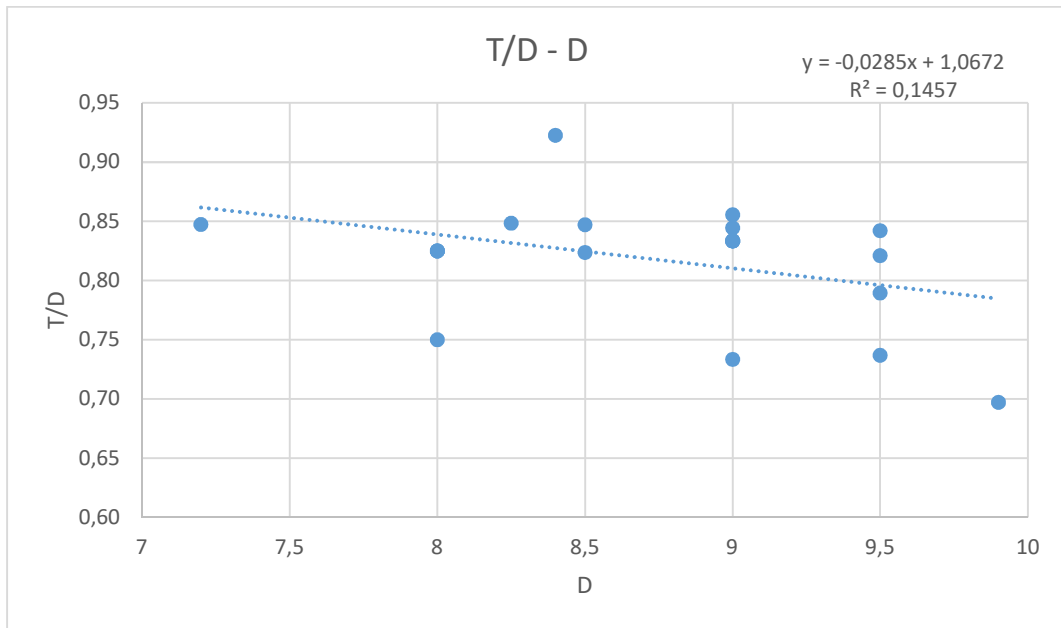


Figura 2.9

T/D – D

$$T/D = -0,0285 \cdot D + 1,0672$$

$$T/D = 0,82$$

$$T_3 = D \cdot 0,82$$

$$T_3 = 7,16 \text{ m}$$

Se hallará ahora el calado medio de los tres obtenidos.

$$T_{\text{med}} = (T_1 + T_2 + T_3) / 3$$

$$T_{\text{med}} = 7,16 \text{ m}$$

Ahora ya se tienen unas dimensiones iniciales para el buque proyecto:

$$TPF = 240 \text{ t.}$$

$$BHP = 14946 \text{ kW}$$

$$BHP = 20327 \text{ CV}$$

$$L_{pp} = 77 \text{ m}$$

$$B = 18,9 \text{ m}$$

$$D_{\text{med}} = 8,77 \text{ m}$$

$$T_{\text{med}} = 7,16 \text{ m}$$

$$FB_{\text{teórico}} = D - T = 1610 \text{ mm}$$

Método 2. Proyecto Básico del Buque Mercante.

En este método se utilizará un buque de referencia, del cual se conocen sus parámetros básicos y a partir de ellos se determinarán unos coeficientes que darán los parámetros del buque proyecto. El buque que se elige como referencia ha de ser parecido o estar cercano al del proyecto en cuanto a sus especificaciones.

El buque seleccionado es el siguiente:

**Don Inda.**

BHP = 16000 kW

TPF = 228 t.

Lpp = 69,3 m

B = 18 m

D = 8,25 m

T = 7 m

v = 17,5 knots

Despl. = 5323 ton

Cb = 0,59  $\longrightarrow$  Cb =  $\Delta / (1,025 \text{ kg/m}^3 * Lpp*B*T)$

La elección de este buque como el de referencia se basa en que se trata de un buque remolcador de salvamento, con sistemas contra incendios y sistemas anticontaminación, cualidades que comparte con el buque proyecto, aunque el Don Inda sea un buque ligeramente más pequeño que el buque a proyectar.

Ahora se utilizarán las fórmulas mencionadas en el Proyecto Básico del Buque Mercante y los datos del buque referencia para hallar los coeficientes correspondientes:

$$K_1 = \frac{BHP (kW)}{TPF} \rightarrow K_1 = 70,17$$

$$\Delta = \frac{K_2 P_{ot}^{1,5}}{v^2} \rightarrow K_2 = 0,805$$

$$Lpp^3 = K_3 \Delta \rightarrow K_3 = 62,52$$

$$\frac{Lpp}{B} = K_4 \rightarrow K_4 = 3,85$$

$$\frac{B}{D} = K_5 \rightarrow K_5 = 2,182$$

A partir de estos coeficientes y el RPA del buque proyecto, se hará el proceso inverso para determinar los parámetros buscados. El dato que se necesita será la tracción a punto fijo que en este caso: TPF = 240 toneladas.

$$K_1 = 70,17 \quad \rightarrow \quad K_1 = \frac{BHP (kW)}{TPF} \quad \rightarrow \quad \mathbf{BHP = 16840 kW}$$

$$K_2 = 0,805 \quad \rightarrow \quad \Delta = \frac{K_2 Pot^{1,5}}{V^2} \quad \rightarrow \quad \mathbf{\Delta = 6872 ton.}$$

$$K_3 = 62,52 \quad \rightarrow \quad Lpp^3 = K_3 \Delta \quad \rightarrow \quad \mathbf{Lpp = 75,46 m}$$

$$K_4 = 3,85 \quad \rightarrow \quad \frac{Lpp}{B} = K_4 \quad \rightarrow \quad \mathbf{B = 19,6 m}$$

$$K_5 = 2,182 \quad \rightarrow \quad \frac{B}{D} = K_5 \quad \rightarrow \quad \mathbf{D = 8,98 m}$$

Para hallar el calado con este método se utilizará el francobordo tabular teórico hallado por regresiones lineales (método 1) cuyo valor era:

$$FB_{teórico} = 1610mm \quad \rightarrow \quad T = D - FB_{teórico} \quad \rightarrow \quad \mathbf{T = 7,37 m}$$

Por último, utilizando los datos de desplazamiento calculados mediante este método, se hallará un coeficiente de bloque según el Proyecto Básico del Buque Mercante.

$$Cb = \Delta / (1,025 \text{ kg/m}^3 * Lpp * B * T) \quad \rightarrow \quad \mathbf{Cb = 0,614}$$

Una vez calculado el dimensionamiento preliminar del buque mediante dos métodos distintos, se calcula la media aritmética de cada dato obtenido para obtener un dimensionamiento más fiable respecto a la restricción de la RPA.

Tabla 2-2

	TPF	BHP(kW)	Lpp(m)	B(m)	D(m)	T(m)
1er método	240	14946	77	18,9	8,77	7,16
2do método	240	16840	75,46	19,6	8,98	7,38
media	240,00	15864,76	76,23	19,25	8,88	7,27

Ahora se puede exponer el dimensionamiento con el que seguir trabajando para calcular el resto de coeficientes necesarios del buque proyecto.



Tabla 2-3

<b>BHP</b>	15865	<b>L/B</b>	3,96
<b>TPF</b>	240	<b>L/D</b>	8,59
<b>Lpp</b>	76,2	<b>L/T</b>	10,49
<b>B</b>	19,25	<b>B/D</b>	2,17
<b>D</b>	8,88	<b>B/T</b>	2,65
<b>T</b>	7,27	<b>T/D</b>	0,82
<b>v</b>	16	<b>LBD</b>	13012
<b>nº trip</b>	24	<b>Fr</b>	0,301

Siendo  $Fr = v [m/s] / (g * Lpp)^{0,5} = 0,301$

El número de Froude será necesario para calcular los coeficientes.

La potencia propulsora en ambos casos se halla a través de los TPF porque para cumplir con la restricción inicial se selecciona esta potencia para la alternativa final.

### 3. ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES

En este apartado se calculan los coeficientes de formas del buque proyecto.

#### Coeficiente de Bloque

Primero se calcula el Coeficiente de Bloque mediante dos métodos distintos. El primer método será el expuesto en el *Proyecto Básico del Buque Mercante* a través de la Fórmula de Alexander, y el segundo método será el expuesto en la fórmula de Katsoulis. Además, se hallará también un tercer coeficiente a través de regresión lineal utilizando los coeficientes de bloque que se han podido conseguir de la base de datos. Éste último no será todo lo preciso que se quisiera debido a que muchos buques no facilitan esa información.

Coef. De Bloque 1 (Fórmula de Alexander)

$$Cb1 = K - 0,5 * \frac{v \left(\frac{m}{s}\right)}{(3,28 * Lpp)^{0,5}}$$

Donde K se obtiene a partir del buque base.

$$K = Cb + 0,5 \frac{v \left(\frac{m}{s}\right)}{\sqrt{3,28 * Lpp}} = 0,59 + 0,5 \frac{17,5 * 1852 / 3600}{\sqrt{3,28 * 69,3}} = 0,590$$

v = 16 knots según el RPA del proyecto

v = 16 \* 1852 / 3600 = 8,231 m/s

$$Cb1 = 0,590 - 0,5 \frac{8,231}{\sqrt{3,28 * 76,2}} = 0,59 \quad \quad \quad \mathbf{Cb1 = 0,59}$$

Coef. De Bloque 2 (Fórmula de Katsoulis)

$$Cb2 = f * 0,8217 * Lpp^{0,42} * T^{0,1721} * B^{-0,3072} * v^{-0,6136}$$

Al igual que en la fórmula de Alexander se halla el coeficiente f a partir del buque base.

$$f = Cb / 0,8217 * Lpp^{0,42} * T^{0,1721} * B^{-0,3072} * v^{-0,6136} = 1,2286$$

$$Cb2 = 1,2286 * 0,8217 * 76,2^{0,42} * 7,27^{0,1721} * 19,25^{-0,3072} * 16^{-0,6136} = 0,644$$

$$\mathbf{Cb2 = 0,644}$$

Coef. De Bloque 3 (Regresión lineal)

A partir de la base de datos y teniendo en cuenta aquellos buques de los que conocemos su peso muerto y su peso en rosca, se halla el desplazamiento de un total de 8 buques para hallar así su coeficiente de bloque real a través de la fórmula:

$$Cb = \Delta / (1,025 \text{ kg/m}^3 * Lpp * B * T)$$

A partir de los coeficientes de bloque de dichos buques y de su número de Froude se crea la tabla Froude frente a Coef. De Bloque (Fr – Cb) y se halla el coeficiente de bloque 3 del buque sabiendo que el número de Froude que corresponde es:

$$Fr = v \text{ (m/s)} / (g * Lpp)^{0,5} = 0,301$$

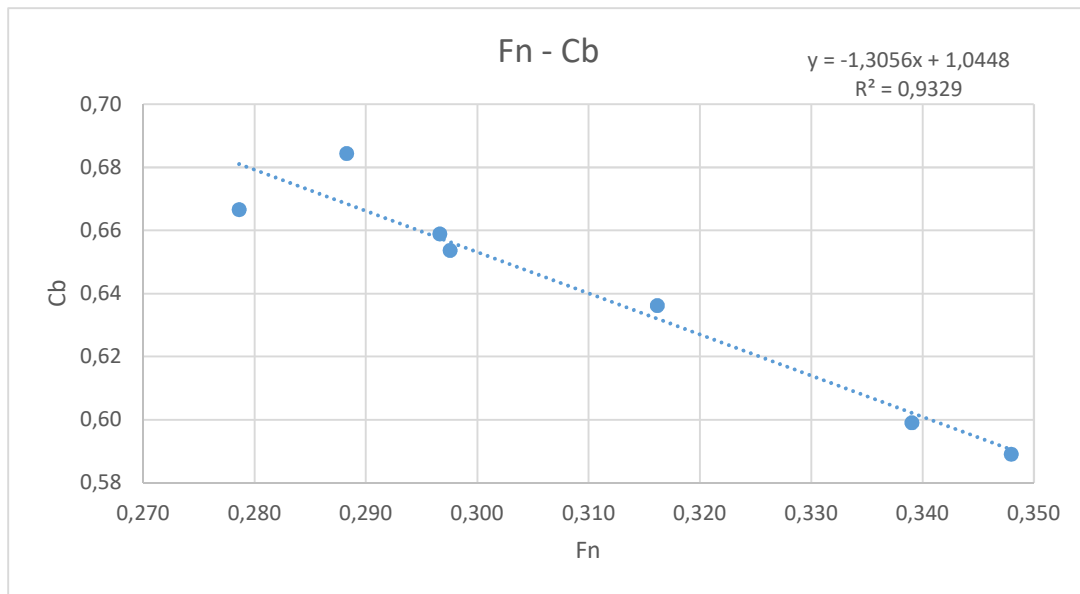


Figura 3.1

$$Cb3 = -1,3056Fr + 1,0448 = 0,652$$

$$\mathbf{Cb3 = 0,652}$$

El Coeficiente de Bloque seleccionado será el obtenido mediante regresiones lineales por dos motivos; es el valor más próximo a los valores de buques reales dispuestos en la base de datos, y además el valor de  $R^2$  es bastante cercano a 1 lo que indica el gran grado de precisión del que dispone dicha ecuación.

Por tanto: **Coef. De Bloque seleccionado:**  $\mathbf{Cb = 0,652}$

### Coeficiente de la Maestra

Ahora se calcula el Coeficiente de la Maestra por dos métodos distintos. El primer método será el ofrecido en el *Proyecto Básico del Buque Mercante* que se calcula a través del Coeficiente de Bloque hallado anteriormente a través de este método. Después se calcula un nuevo Coeficiente de la Maestra ( $C_m$ ) según el libro *Proyecto de Buques y Artefactos* a partir del número de Froude. Finalmente se selecciona el coeficiente de la maestra que más se ajuste al coeficiente de un buque real del mismo tipo que el buque proyecto.

Coef. De la Maestra 1 (según el *Proyecto Básico del Buque Mercante*)

$$C_{m1} = 0,526 + \frac{0,49}{C_{b1}} - \frac{0,165}{C_{b1}^2} = 0,889 \quad \mathbf{C_{m1} = 0,889}$$

En esta ecuación se utiliza el coeficiente de bloque seleccionado en el apartado anterior cuyo valor es:  $C_b = 0,652$

Coef. De la Maestra 2 (según *Proyecto de Buques y Artefactos*)

$$C_{m2} = 1 - 2 * Fr^4 = 1 - 2 * 0,301^4 = 0,983 \quad \mathbf{C_{m2} = 0,983}$$

Debido a que, mediante el segundo método, el valor obtenido es demasiado elevado y además el valor obtenido mediante el primer método se acerca más al de coeficientes en buques reales, se selecciona la primera opción como el coeficiente de la maestra.

Por tanto: **Coef. De la Maestra seleccionado**  $\mathbf{C_m = 0,889}$

### Coeficiente Prismático

El coeficiente prismático muestra la relación que existe entre los coeficientes de Bloque y de la Maestra, por lo que para hallar su valor simplemente hace falta dividir el valor del Coeficiente de Bloque entre el Coeficiente de la Maestra:

Coef. Prismático

$$C_p = C_b / C_m = 0,652 / 0,889 = 0,733 \quad \mathbf{C_p = 0,733}$$

### Coeficiente de Flotación

Por último, el coeficiente de flotación se calcula con las tres fórmulas obtenidas en el libro *Proyecto de Buques y Artefactos*. Para seleccionar el coeficiente más apropiado se aplican las fórmulas a los buques de la base de datos para conocer los valores óptimos a los que hay que acercarse en este coeficiente.

$$\text{Coef. Flotación 1} \quad C_{f1} = 1 - 0,3(1 - C_p) = 0,919$$

$$\text{Coef. Flotación 2} \quad C_{f2} = C_m * C_p + 0,1 = 0,752$$

$$\text{Coef. Flotación 3} \quad C_{f3} = 0,33 + 0,66C_m * C_p = 0,760$$

El coeficiente de Flotación más parecido al de un buque real es además el obtenido mediante la fórmula más utilizada para dimensionamiento de buques. Se trata de la opción 3 por lo que será el coeficiente seleccionado del buque proyecto.

Por tanto: **Coef. De Flotación seleccionado**  $\mathbf{C_f = 0,760}$

#### 4. SITUACIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA

Ahora con el Coeficiente Prismático calculado y con la eslora entre perpendiculares del dimensionamiento preliminar, se puede calcular la situación longitudinal del centro de carena a partir de la Cuaderna Maestra.

$$\frac{X_{cc}}{L_{pp}} 100 = 17,5C_p - 12,5 \quad \text{A partir de la Cuaderna Maestra, positivo a proa.}$$

$$X_{cc} = 0,25 \text{ m} \quad \text{A partir de la Cuaderna Maestra a proa.}$$

Con todo lo calculado anteriormente se expone como resumen el dimensionamiento preliminar del buque proyecto.

#### Dimensionamiento preliminar

Tabla 4-1

<b>TPF (ton)</b>	240	<b>BHP (kW)</b>	15865
<b>L<sub>pp</sub> (m)</b>	76,2	<b>Fb (mm)</b>	1600
<b>B (m)</b>	19,25	<b>LBD</b>	13012
<b>D (m)</b>	8,88	<b>Fr</b>	0,301
<b>T (m)</b>	7,27	<b>Cb</b>	0,652
<b>L/B</b>	3,96	<b>Cm</b>	0,889
<b>L/D</b>	8,59	<b>Cp</b>	0,733
<b>L/T</b>	10,49	<b>Cf</b>	0,760
<b>B/D</b>	2,17	<b>X<sub>cc</sub></b>	0,251
<b>B/T</b>	2,65	<b>Δ</b>	7127
<b>T/D</b>	0,82		

La potencia del buque del dimensionamiento preliminar, permanecerá constante hasta el dimensionamiento final debido a que esta potencia depende sólo de la tracción a punto fijo del buque, dato que es constante debido a que es un requerimiento del RPA.

## 5. ESTIMACIÓN DE COSTES

Para calcular los costes de construcción y con ello el presupuesto inicial del buque, hay que basarse en los cálculos facilitados en el libro *Proyecto de Buques y Artefactos*, donde el coste de construcción será la suma de los diferentes costes asociados que a su vez se detallan para poder calcular el coste total.

$$CC = CMg + CEq + CMo + CVa$$

Donde;                    CC:    Coste de Construcción  
                               CMg: Coste del material a granel  
                               CEq: Coste de los equipos del buque  
                               CMo: Coste de la mano de obra

CVa: Otros gastos del astillero (Sociedades de Clasificación, ensayos de canal, viajes, presentaciones...)

Una vez presentados los costes de construcción se detallan cada uno individualmente para conocer con precisión cada uno de ellos.

### Coste del material a granel

Se calcula este coste en función del coeficiente del coste de material a granel del buque, en particular a partir de diferentes subcoeficientes, y se multiplican por el peso estimado del acero para calcular el coste total.

$$CMg = cmg * PS$$

Dónde:            PS =  $K \cdot L \cdot B \cdot D \cdot (L/D)^{0,5}$     Peso del acero del buque.

                      Cmg = ccs · cas · cem · ps    Coef. Coste del acero a granel.

                      ccs = 1,2            coef. ponderado chapas de distintas calidades de acero.

                      cas = 1,1            coef. de aprovechamiento del acero.

                      cem = 1,1            incremento por equipo metálico incluido en la estructura.

                      ps = 450 €/t        precio unitario del acero.

                      K = 0,094            constante para los remolcadores.

Todos estos coeficientes son variables en función de cada buque. Para este remolcador se ha estimado que tanto el *ccs* como el *cem* deben ser altos dentro del rango que tienen para poder construir el buque con una buena calidad, ya que tanto la calidad de las chapas como los equipos metálicos de la estructura, son una parte importante del funcionamiento y servicio del buque proyecto.

A partir de todos estos coeficientes y fórmulas se obtiene que el coeficiente de coste de material y el peso del acero del buque son los siguientes:

$$cmg = 1,2 * 1,1 * 1,1 * 450 = 653,4 \frac{\text{€}}{\text{ton}}$$

$$PS = 0,094 * 76,2 * 19,25 * 8,88 * \sqrt{8,59} = 3585,81 \text{ ton}$$

Por tanto, el coste de material a granel será:

$$CMg = cmg * PS = 2342969,72 \text{ €}$$

### Coste de los equipos del buque

El coste de los equipos del buque más el coste de la mano de obra por el montaje del equipo y las instalaciones, será igual a la suma de todos los costes asociados al montaje de equipos que se detallan a continuación:

$$CEq + CMe = CEp + CHf + CEr$$

Donde;	CEp = cep*BHP (kW)	Coste de los equipos de propulsión.
	CHf = chf*nch*NT	Coste de la habilitación y montaje.
	CEr = ccs*ps*Per	Coste del equipo restante.

Los coeficientes y variables de los costes anteriores son los siguientes:

cep = 400 €/kW	Coste de propulsión por kW.
BHP = 15865 kW	Potencia del buque.
chf = 35000 €/trip	Coste de habilitación por tripulante.
nch = 1,1	Coef. calidad de vida de la habilitación.
NT = 24 trip	Número de tripulantes.
ccs = 1,25	Coef. calidad del as chapas.
ps = 450 €/ton	precio del acero.
PEr = 229,4 ton	Peso del equipo restante.
K = 0,04	Cte. Fórmula del equipo restante.

$$PEr = K * L^{1,3} * B^{0,8} * D^{0,3} = 229,4 \text{ ton}$$

Con todo ello se calculan los costes de los equipos del buque y por último decir que el coste de la mano de obra por montaje, será un porcentaje establecido del coste de montaje de los equipos de propulsión tal que:

$$CEp = 400 \frac{\text{€}}{\text{kW}} * 15865 \text{ kW} = 6345904,38 \text{ €}$$

$$CHf = 35000 \frac{\text{€}}{\text{trip}} * 1,1 * 24 \text{ trip} = 924000 \text{ €}$$

$$CEr = 1,25 * 450 \frac{\text{€}}{\text{ton}} * 229,4 \text{ ton} = 129054,05 \text{ €}$$

$$CMe = 0,35 * CEp = 2221066,53 \text{ €}$$

El coste de la mano de obra por montaje se calcula para utilizarlo posteriormente en el cálculo del coste de la mano de obra. Decir también que el coste de los quipos del buque que se maneja a partir de ahora, será el sumando de los costes de equipos más su montaje que se tiene arriba, por lo que a partir de ahora los costes del equipo del buque serán:

$$CEq + CMe = 7398958,43 \text{ €}$$

### Coste de la mano de obra

Este coste será la suma de los costes por mano de obra del montaje del material a granel, y del montaje de los equipos e instalaciones.

$$CMo = CMm + CMe$$

Dónde:	$CMm = chm * csh * PS$	Mano de obra material a granel.
	$CMe = 0,35 * CEp$	Mano de obra montaje de equipos.
	$chm = 30 \text{ €/ton}$	Coste de hora en astillero.
	$csh = 50 \text{ hora/ton}$	Relación hora y tonelada procesada.
	$PS = 3585,81 \text{ ton}$	Peso del acero.
	$CEp = 6345904,38 \text{ €}$	Coste montaje de los equipos.

Por lo tanto, el precio de la mano de obra será:

$$CMm = 30 * 50 * 3585,81 = 5378718,38 \text{ €}$$

$$CMe = 0,35 * CEp = 2221066,53 \text{ €}$$

$$CMo = CMm + CMe = 7599784,91 \text{ €}$$

Sólo falta calcular el último de los costes de construcción, que son los gastos asociados del astillarlo como pueden ser los pagos a las sociedades de clasificación, los ensayos de canal o la monitorización del buque en las pruebas de mar. Estos gastos se representan como un porcentaje según la eficacia del astillero o del proyecto del buque en sí mismo, por lo que se ha decidido decantarse por un porcentaje del 8% de los costes, lo que lleva a:

$$CVa = cva * (CMg + CEq + CMo)$$

Dónde:  $cva = 8\%$  porcentaje sobre el coste total.

$$CMg + CEq + CMo = 17341713,10 \text{ €}$$

$$CVa = 0,08 * (CMg + CEq + CMo) = 1387337,04 \text{ €}$$

Como conclusión se tiene una aproximación de los costes de construcción totales para el remolcador de 240 TPF. Dicho coste será la suma de los cuatro costes anteriores.

$$CC = CMg + CEq + CMo + CVa = 18729050,10 \text{ €}$$



## 6. SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para seleccionar la alternativa final, se utilizan dos métodos distintos. El primero será la elección de la alternativa más favorable por el procedimiento visto en la asignatura de Proyectos. El segundo método será utilizando la herramienta *Solver* del programa Excel para seleccionar la mejor alternativa de manera automática.

### Alternativa más favorable

Ahora se comienza con el buque base completamente dimensionado y con unos gastos iniciales calculados. Con estos datos y los que se mencionan a continuación, se obtiene una serie de alternativas sujetas a restricciones de diseño, las cuales tendrán asociados sus gastos de construcción para poder identificar y elegir la alternativa más favorable para el buque proyecto.

Primero se obtiene una lista con los 10 buques de la base de datos más próximos en cuanto a tracción a punto fijo (en este caso 240 TPF según la RPA). Se calculan sus coeficientes utilizando las fórmulas seleccionadas en cada caso para el dimensionamiento preliminar y relaciones entre dimensiones y se establecen sus máximos y mínimos con el fin de tener una idea de la variación plausible y admisible en cada caso.

Tabla 6-1

Nombre del buque	L (m)	B (m)	Lpp (m)	D (m)	T (m)	L/B	L/D	L/T	B/D	B/T	T/D	TPF
<i>Normand Ferking</i>	89,3	22	83,5	9,5	8	3,80	8,79	10,44	2,32	2,75	0,84	239
<i>Maersk D-type</i>	89,3	20,6	78	9	7,5	3,79	8,67	10,40	2,29	2,75	0,83	218
<i>Bourbon Surf</i>	87,7	18	85,1	8	6,6	4,73	10,64	12,89	2,25	2,73	0,83	237
<i>Maersk B-type</i>	84,6	18,8	75	9	7,5	3,99	8,33	10,00	2,09	2,51	0,83	230
<i>Normand Ivan</i>	81	20	78,6	9	7,6	3,93	8,73	10,34	2,22	2,63	0,84	240
<i>Normand Borg</i>	80,5	18	78	8	6,6	4,33	9,75	11,82	2,25	2,73	0,83	202
<i>Normand Atlantic</i>	80,4	18	78	9,5	7	4,33	8,21	11,14	1,89	2,57	0,74	220
<i>Normand Neptune</i>	80,4	18	78	9	7,7	4,33	8,67	10,13	2,00	2,34	0,86	222
<i>Bourbon Abeille</i>	80	16,5	68,6	8	6	4,16	8,58	11,43	2,06	2,75	0,75	201
<i>Don Inda</i>	80	18	69,3	8,25	7	3,85	8,40	9,90	2,18	2,57	0,85	220
min	80	16,5	68,6	8	6	3,79	8,21	9,90	1,89	2,34	0,74	201
max	89,3	22	85,1	9,5	8	4,73	10,64	12,89	2,32	2,75	0,86	240

Estos máximos y mínimos servirán de referencia, ya que ahora se calculará una variación de todas las dimensiones preliminares de un  $\pm 10\%$  y se intentarán combinar con los datos de la tabla anterior con el fin de obtener unas variaciones permisibles para calcular las diferentes alternativas.

Las variaciones del  $\pm 10\%$  de las principales dimensiones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6-2

DIMENSIONES BASE	-10%	0%	10%
<b>Lpp (m)</b>	69,30	76,2	83,85
<b>B (m)</b>	17,50	19,25	21,17
<b>D (m)</b>	8,06	8,88	9,76
<b>T (m)</b>	6,61	7,27	8,00
<b>L/B</b>	3,60	3,96	4,36
<b>L/D</b>	7,81	8,59	9,45
<b>L/T</b>	9,53	10,49	11,53
<b>B/D</b>	1,97	2,17	2,39
<b>B/T</b>	2,41	2,65	2,91
<b>T/D</b>	0,75	0,82	0,90

Ahora el objetivo es combinar la tabla anterior con los mínimos y máximos de las dimensiones que se mostraban en la tabla con buques muy parecidos al buque proyecto. Así se obtiene una tabla llamada *Restricciones*, la cual combinará ambas tablas con el fin de conseguir la mayor precisión posible. Para realizar dicha tabla se elige siempre el dato más cercano a la dimensión preliminar, ya esté dicho dato, por encima o por debajo del valor base.

	Restricciones	
69,3	<Lpp (m)<	83,85
17,5	<B (m)<	21,17
8,06	<D (m)<	9,5
6,61	<T (m)<	8
3,79	<L/B<	4,36
8,21	<L/D<	9,45
9,9	<L/T<	11,53
1,97	<B/D<	2,32
2,41	<B/T<	2,75
0,75	<T/D<	0,86
	Fb $\geq$	1610

Tabla 6-3

Las restricciones de eslora y manga están en base a la variación de  $\pm 10\%$  de la dimensión preliminar, mientras que el resto de restricciones son una combinación entre dicha variación y los máximos y mínimos mostrados anteriormente, escogiendo siempre el valor más restrictivo.

Ahora que se tiene un punto de partida para la selección de las alternativas, se comienza el cálculo de las diferentes alternativas de buques, variando eslora y manga y calculando el resto de dimensiones a partir de estas dos. Se debe verificar que las demás dimensiones calculadas se encuentren dentro de los límites establecidos en la tabla de *Restricciones* y además se calculan los costes de cada alternativa para poder decidir cuál es la más económica.

Tanto la manga como la eslora se varían un total de  $\pm 10\%$  cada una como muestra la tabla de *Restricciones*. La variación de eslora entre alternativas será de medio metro, mientras que en la manga la variación será de 0,25 metros entre alternativas.

Se puede calcular el número total de alternativas a estudiar, ya que será la multiplicación del número de las variaciones de las variables Lpp y B. Teniendo en cuenta que se utilizan un total de 30 esloras distintas y 16 mangas diferentes, se tiene un total de 480 alternativas, las cuáles están mostradas en el *Anexo II*.

Todas las alternativas tienen la misma tracción a punto fijo (TPF), por lo que también tendrán la misma potencia, la cual será igual a la del dimensionamiento preliminar, y por tanto también el peso asociado a la maquinaria que únicamente depende de los BHP.

Para el cálculo de las demás dimensiones y sus costes asociados, se muestra a continuación las fórmulas utilizadas para dichos cálculos. Éstas serán las seleccionadas y utilizadas para el dimensionamiento preliminar con una serie de fórmulas añadidas.

$$\text{Puntal (D)} \quad \frac{Lo \cdot Bo \cdot Do}{Li \cdot Bi} = Di(m)$$

$$\text{Calado (T)} \quad \frac{Lo \cdot Bo \cdot To}{Li \cdot Bi} = Ti(m)$$

$$\text{Francobordo (Fb)} \quad (Di - Ti) \cdot 1000 = Fbi (mm)$$

Las relaciones adimensionales básicas tales como L/B o T/D se hallan simplemente del cociente de cada par de valores de cada alternativa individualmente.

$$\text{Nº de Froude (Fr)} \quad \frac{v \cdot 0,5144}{(Li \cdot 9,81)^2} = Fri$$

Donde:

- $v$  es la velocidad en nudos de las alternativas (valor fijo de 16 nudos)
- $0,5144$  es la constante para pasar de nudos a metros por segundo
- $9,81$  es el valor de la gravedad en metros por segundo al cuadrado

$$\text{Coeficiente de Bloque (Cb)} \quad -1,3056Fri + 1,0448 = Cbi$$

$$\text{Coeficiente de a Maestra (Cm)} \quad 0,526 + \frac{0,49}{Cbi} - \frac{0,165}{Cbi^2} = Cmi$$

$$\text{Coeficiente prismático (Cp)} \quad Cbi/Cmi = Cpi$$

$$\text{Coeficiente de Flotación (Cf)} \quad 0,33 + 0,66 \cdot C_{mi} \cdot C_{pi} = C_{fi}$$

Con todas las dimensiones de las alternativas calculadas, se deben calcular ahora los pesos de cada alternativa y sus desplazamientos, que servirán también para el cálculo de los costes. Estas fórmulas son las usadas en el cálculo de costes de construcción.

$$\text{Peso del acero (Ps)} \quad 0,094Li \cdot Bi \cdot Di \sqrt{Li/Bi} = Psi$$

$$\text{Peso equipos restantes (PEr)} \quad 0,04Li^{1,3} \cdot Bi^{0,8} \cdot Di^{0,3} = PEri$$

$$\text{Desplazamiento (\Delta)} \quad \Delta o + dPs + dPEr = \Delta i$$

Donde:

Diferencia de pesos del acero	$dPs = Psi - Pso$
Diferencia equipos restantes	$dPEr = PEri - PEro$
Peso del acero inicial	$Pso = 3585,8 \text{ ton}$
Peso equipos restantes inicial	$PEro = 229,4 \text{ ton}$
Desplazamiento inicial	$\Delta o = 7162 \text{ ton}$

El desplazamiento inicial del buque está calculado en función de las dimensiones preliminares y de su coeficiente de bloque según la fórmula:

$$\Delta = 1,03 \cdot Cb \cdot Lpp \cdot B \cdot T$$

Hay que tener en cuenta la densidad del agua salada más un pequeño margen por los apéndices del buque, lo que da una densidad del agua marina de  $1,03 \text{ Kg/dm}^3$ .

Los pesos del acero y de los equipos restantes iniciales están calculados en el apartado de costes de construcción del dimensionamiento preliminar.

El peso de la maquinaria es igual para todos porque depende de los kW.  $dP_{maq} = 0$

Con todo ello se puede calcular todas las variables necesarias para el cálculo del coste de construcción de cada alternativa, realizando del mismo modo que en el cálculo del coste de la alternativa inicial.

En la siguiente tabla se muestran las alternativas que cumplen con todas las restricciones dimensionales exigidas de entre las 480 alternativas calculadas. Son un total de 25 alternativas que cumplen todas las restricciones.

Tabla 6-4

	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	L/B	L/D	L/T	B/D	B/T	T/D	Fb	CC
1	74,3	19,5	8,98	7,36	3,81	8,27	10,09	2,17	2,65	0,82	1620	18568570,08
2	74,8	19,25	9,04	7,41	3,89	8,28	10,10	2,13	2,60	0,82	1630	18570693,44
3	74,8	19,5	8,92	7,31	3,84	8,39	10,23	2,19	2,67	0,82	1609	18624548,01
4	75,3	19	9,09	7,45	3,96	8,28	10,10	2,09	2,55	0,82	1640	18571743,62
5	75,3	19,25	8,98	7,36	3,91	8,39	10,24	2,14	2,62	0,82	1619	18626311,39
6	75,8	18,75	9,15	7,50	4,04	8,28	10,10	2,05	2,50	0,82	1651	18571706,55
7	75,8	19	9,03	7,40	3,99	8,39	10,24	2,10	2,57	0,82	1630	18626999,23
8	75,8	19,25	8,92	7,31	3,94	8,50	10,37	2,16	2,63	0,82	1608	18681929,33
9	76,3	18,5	9,22	7,55	4,12	8,28	10,10	2,01	2,45	0,82	1663	18570567,71
10	76,3	18,75	9,09	7,45	4,07	8,39	10,24	2,06	2,52	0,82	1641	18626597,43
11	76,3	19	8,97	7,36	4,02	8,50	10,37	2,12	2,58	0,82	1619	18682254,84
12	76,8	18,5	9,16	7,51	4,15	8,39	10,23	2,02	2,46	0,82	1652	18625091,43
13	76,8	18,75	9,04	7,41	4,10	8,50	10,37	2,08	2,53	0,82	1630	18681488,31
14	76,8	19	8,92	7,31	4,04	8,61	10,51	2,13	2,60	0,82	1608	18737510,46
15	77,3	18,25	9,22	7,56	4,24	8,38	10,23	1,98	2,41	0,82	1664	18622466,24
16	77,3	18,5	9,10	7,46	4,18	8,50	10,37	2,03	2,48	0,82	1641	18679615,14
17	77,3	18,75	8,98	7,36	4,12	8,61	10,51	2,09	2,55	0,82	1619	18736379,20
18	77,8	18,25	9,16	7,51	4,26	8,49	10,36	1,99	2,43	0,82	1653	18676620,30
19	77,8	18,5	9,04	7,41	4,21	8,61	10,50	2,05	2,50	0,82	1631	18734138,86
20	77,8	18,75	8,92	7,31	4,15	8,72	10,64	2,10	2,56	0,82	1609	18791270,08
21	78,3	18,25	9,11	7,46	4,29	8,60	10,49	2,00	2,45	0,82	1642	18730774,36
22	78,3	18,5	8,98	7,36	4,23	8,72	10,64	2,06	2,51	0,82	1620	18788662,58
23	78,8	18,25	9,05	7,42	4,32	8,71	10,63	2,02	2,46	0,82	1632	18784928,42
24	78,8	18,5	8,93	7,32	4,26	8,83	10,77	2,07	2,53	0,82	1610	18843186,29
25	79,3	18,25	8,99	7,37	4,35	8,82	10,76	2,03	2,48	0,82	1622	18839082,48

En la tabla mostrada, se puede ver como todas las alternativas cumplen las restricciones establecidas anteriormente. Sin embargo, existen 9 alternativas que, aunque cumplen las dimensiones establecidas tienen un coste de construcción mayor que el buque base de la dimensión preliminar.

Teniendo en cuenta todos estos criterios se escoge la alternativa más económica, que en este caso es la alternativa número 1, calculada mediante el método de la alternativa más favorable.

#### Selección de alternativa mediante *Solver*

Para la selección de la mejor alternativa mediante este método, se utilizan las mismas restricciones que para el método de la alternativa más favorable, ya que se ha podido comprobar que dan valores bastante realistas.

Estas restricciones como se ha explicado antes, son los datos más restrictivos de entre los mínimos y máximos hallados entre los buques más parecidos al dimensionamiento preliminar de la base de datos (mostrados en la tabla de la pg.21) combinándolos con la variación del  $\pm 10\%$  de estas medidas. No se ha añadido ningún valor de forma manual, ya que los valores obtenidos son bastante lógicos.

	Restricciones	
69,3	$<L_{pp} \text{ (m)}<$	83,85
17,5	$<B \text{ (m)}<$	21,17
8,06	$<D \text{ (m)}<$	9,5
6,61	$<T \text{ (m)}<$	8
3,79	$<L/B<$	4,36
8,21	$<L/D<$	9,45
9,9	$<L/T<$	11,53
1,97	$<B/D<$	2,32
2,41	$<B/T<$	2,75
0,75	$<T/D<$	0,86
	$F_b \geq$	1610

Tabla 6-5

En este caso la potencia será la misma que en el dimensionamiento preliminar. Teniendo en cuenta tanto las restricciones dimensionales mencionadas, como toda la formulación correspondiente al coste de construcción, la herramienta *so/ver* ha dado un dimensionamiento con un coste asociado tal que:

**Dimensiones  
Solver**

<b>TPF (ton)</b>	240	<b>BHP (kW)</b>	15865
<b>Lpp (m)</b>	69,3	<b>BHP (CV)</b>	21576
<b>B (m)</b>	18	<b>LBD</b>	9957
<b>D (m)</b>	8,23	<b>Fr</b>	0,316
<b>T (m)</b>	6,61	<b>Cb</b>	0,633
<b>L/B</b>	3,96	<b>Cm</b>	0,888
<b>L/D</b>	8,21	<b>Cp</b>	0,712
<b>L/T</b>	10,49	<b>Cf</b>	0,748
<b>B/D</b>	2,17	<b>Xcc (m)</b>	-0,025
<b>B/T</b>	2,65	<b>Δ (ton)</b>	5224
<b>T/D</b>	0,82	<b>PS (ton)</b>	2681,7
<b>Fb (mm)</b>	1620	<b>PEr (ton)</b>	183,5

Tabla 6-6

La potencia estimada viene dada por el dimensionamiento preliminar, ya que únicamente depende de los TPF, en este caso nos viene dada por la RPA y por tanto tiene un valor fijo de 240 toneladas.

**COSTE CONSTRUCCION**

<b>CC</b>	<b>16598560,66</b>
<b>CMG</b>	1752237,63
<b>CEQ</b>	7373149,40
<b>CMO</b>	6243650,62
<b>CVA</b>	1229523,01

Tabla 6-7

Los costes de construcción siguen la misma formulación que en el dimensionamiento preliminar. Además, debido a que todas las alternativas cuentan con la misma potencia propulsora y con el mismo número de tripulantes, los costes de construcción solo dependen del peso del acero y del peso de los equipos restantes.

## 7. ALTERNATIVA FINAL

A partir de todas las alternativas calculadas y verificando que cumplen todas nuestras condiciones, se presentan las cinco alternativas más favorables económicamente hablando, de los dos métodos utilizados.

Tabla 7-1

Nº	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	CC (€)
<b>Base</b>	76,2	19,25	8,87	7,27	18729050,10
<b>Solver</b>	69,3	18	8,23	6,61	16598560,66
<b>1</b>	74,3	19,5	8,98	7,36	18568570,08
<b>9</b>	76,3	18,5	9,22	7,55	18570567,71
<b>2</b>	74,8	19,25	9,04	7,41	18570693,44
<b>6</b>	75,8	18,75	9,15	7,50	18571706,55
<b>4</b>	75,3	19	9,09	7,45	18571743,62

De estas cinco alternativas, la primera corresponde a la solución obtenida mediante la herramienta *solver* y las otras cuatro a las soluciones obtenidas mediante el método de la alternativa más favorable.

Se puede comprobar que existe diferencia tanto en el puntal como en el calado debido a la manera de calcularlos, y es por ello y por el hecho de que la herramienta *solver* trabaja con muchas más combinaciones por lo que se obtiene la alternativa más económica. Por tanto, la elección de la alternativa final será la obtenida mediante esta herramienta, cuyos valores finales son los siguientes:

Tabla 7-2

### Dimensiones Solver

<b>TPF (ton)</b>	240	<b>BHP (kW)</b>	15865
<b>Lpp (m)</b>	69,3	<b>BHP (CV)</b>	21576
<b>B (m)</b>	18	<b>LBD</b>	9957
<b>D (m)</b>	8,23	<b>Fr</b>	0,316
<b>T (m)</b>	6,61	<b>Cb</b>	0,633
<b>L/B</b>	3,96	<b>Cm</b>	0,888
<b>L/D</b>	8,21	<b>Cp</b>	0,712
<b>L/T</b>	10,49	<b>Cf</b>	0,748
<b>B/D</b>	2,17	<b>Xcc</b>	-0,025
<b>B/T</b>	2,65	<b>Δ</b>	5224
<b>T/D</b>	0,82	<b>PS</b>	2681,7
<b>Fb (mm)</b>	1620	<b>PEr</b>	183,5



La formulación utilizada para el cálculo de los coeficientes es la utilizada para el dimensionamiento preliminar al igual que los costes asociados a esta alternativa.

*Tabla 7-3*

<b>Coste Construcción (€)</b>	
<b>CC</b>	<b>16598560,66</b>
<b>CMg</b>	<b>1752237,63</b>
<b>Ceq</b>	<b>7373149,40</b>
<b>CMO</b>	<b>6243650,62</b>
<b>CVA</b>	<b>1229523,01</b>

## 8. ESTIMACIÓN DE PESOS

### Desplazamiento

Se comienza esta estimación de pesos con el cálculo del desplazamiento. Éste se puede obtener partiendo de las dimensiones y coeficientes que se tienen para el buque proyecto.

Por lo tanto, se puede estimar que:

$$\text{Desplazamiento } (\Delta) = 1,03 * Cb * Lpp * B * T =$$

$$\text{Desplazamiento } (\Delta) = 1,03 * 0,633 * 69,3 * 18 * 6,61 = \mathbf{5223,8 \text{ ton}}$$

Se utiliza una densidad del agua marina de 1,03 debido a la adición de volumen producida por los apéndices del buque tales como el timón.

### Peso en rosca

Para el cálculo del peso en rosca, se hace una descomposición genérica de los pesos que lo componen:

$$\text{Peso en Rosca} = \text{Peso Acero} + \text{Peso Equipo Restante} + \text{Peso Máquinas}$$

$$\text{Peso en Rosca} = Ps + PEr + PMaq$$

Según el libro *Proyecto de Buques y Artefactos*, se estima el peso en rosca de este tipo de buques mediante las fórmulas siguientes:

$$\text{Peso en Rosca} = \text{Peso Acero} + \text{Peso Máquinas} + \text{Peso Equipos}$$

$$Ps = 0,14 * Lpp * B * D = 1393,9 \text{ ton}$$

$$PMaq = 0,03 * BHP (CV) = 647,3 \text{ ton}$$

$$PEr = 0,045 * Lpp * B * D = 448 \text{ ton}$$

$$\text{Peso en Rosca (PR)} = 1393,9 + 647,3 + 448 = 2489,3 \text{ ton}$$

Según la formulación utilizada para el cálculo de los pesos en la estimación de costes de construcción, las fórmulas para el peso en rosca son las siguientes:

$$\text{Peso en Rosca} = \text{Peso Acero} + \text{Peso Máquinas} + \text{Peso Equipos}$$

$$Ps = 0,094 * Lpp * B * D * \sqrt{\frac{L}{D}} = 2681,7 \text{ ton}$$

$$PMaq = 0,03 * BHP (CV) = 647,3 \text{ ton}$$

$$PEr = 0,04 * Lpp^{1,3} * B^{0,8} * D^{0,3} = 183,5 \text{ ton}$$

$$\text{Peso en Rosca (PR)} = 2681,7 + 647,3 + 183,5 = 3512,5 \text{ ton}$$

Por lo tanto, para una mayor seguridad y calidad a la hora de realizar la construcción de este buque, seleccionaremos el último peso en rosca calculado ya que es el mayor de los dos.

$$\text{Peso en Rosca seleccionado} = 3512,5 \text{ ton}$$

### Peso Muerto

#### *Peso Muerto mediante el Peso en Rosca*

Utilizando el valor del peso en rosca seleccionado, se obtiene el peso muerto siguiente:

$$\text{Peso Muerto} = \text{Desplazamiento} + \text{Peso en Rosca} = \Delta - PR$$

$$\text{Peso Muerto} = 5223,8 - 3512,5 = 1711,3 \text{ ton}$$

#### *Peso Muerto mediante desglose de pesos*

Las distintas partidas que componen el peso muerto son consumos, tripulación, y pertrechos.

o Consumos.

Los consumos son cargas variables durante la navegación que dependen de la autonomía del buque. Se pueden clasificar en combustible, aceite, agua dulce, agua de alimentación y agua potable, y víveres.

#### § Combustible.

A efectos de prever consumos se pueden manejar las siguientes cifras orientativas:

Motores diésel semirrápidos: 150 – 170 gr/BHP por hora.

Autonomía = 9.000 millas a 16 kn = 562 horas.

BHP = hp (Potencia obtenida de la estimación de potencia para navegación a 16 kn. El cálculo de combustible se realiza a esta potencia ya que esta es la condición en la que el buque estará más tiempo de su vida útil, por ello no se utiliza la potencia máxima).

Se considerarán un 25% más de peso para combustibles de calderas y motores de grupos eléctricos.

$$\text{Peso combustible} = 843,75 \times 1,25 = 1054,69 \text{ toneladas}$$

#### § Aceite

En el buque se utilizan distintos tipos de aceite para distintos servicios, que se pueden agrupar en lubricación de motores y turbinas, hidráulico y térmico.

En los servicios de lubricación es norma disponer un tanque igual o ligeramente superior al de servicio, como reserva o almacén. Para el tanque de servicio se puede estimar un peso de 0,5 gramos de aceite por kWh.

Para los aceites hidráulicos y térmicos, los tamaños de los tanques almacén dependen de las capacidades de los circuitos.

Peso aceite de servicio = 4218,75 kg

El peso de tanques de aceites hidráulicos es nulo o despreciable.

§ Agua dulce.

En el buque se utiliza agua dulce en distintos servicios como el de refrigeración, el de alimentación de calderas y para servicios sanitarios y agua potable. Para el agua sanitaria/potable se disponen tanques capaces para 125 – 200 litros por persona y día.

Número total de personas embarcadas = 24.

Autonomía = 9.000 millas a 16 kn = 23,43 días.

Para agua de refrigeración y alimentación se estima un valor del 10% del agua dulce necesaria.

Peso agua dulce = 70312,5 + 7031,25 = 77343,75 kg.

§ Víveres.

Se recomiendan 5 kg por persona y día en buques mercantes, llegándose a 15 kg por persona y día en buques de pasaje. En este caso se tomará 5 kg por persona y día. Por lo tanto, el peso total de consumos es:

Peso de los víveres = 2812,5 kg

o Tripulación y pasaje.

A efectos de pesos se consideran:

§ Para la tripulación: 125 kg por persona.

Tripulación = 24.

Peso de la tripulación = 3000 kg

o Pertrechos.

Se consideran como pertrechos todos aquellos elementos, que el Armador añade como repuestos o necesidades adicionales del buque, tales como: pinturas, estachas y cabos adicionales, algunos cargos del carpintero, del contra maestre, etc.

El peso de los pertrechos es muy variable, un rango normal puede estar entre 10 t y 100 t, según el tamaño del buque y el estándar del Armador, quien suele ser capaz de estimar este peso y, en consecuencia, facilitar este valor al proyectista.

Peso pertrechos = 30.000 kg

Por lo tanto, el peso muerto total será:

Peso muerto = 1193,15 toneladas

El valor del peso muerto final será el obtenido por regresión lineal, ya que al ser un valor mayor se obtendrá un margen de seguridad mayor a la hora de calcular definitivamente los pesos:

$$\textbf{Peso muerto seleccionado} = \textbf{1711,3 ton}$$

Por lo tanto, la estimación de pesos queda de la siguiente forma:

Desplazamiento	5223,8 ton
Peso en Rosca	3512,5 ton
Peso Muerto	1711,3 ton

*Tabla 8-1*

## 9. FRANCOBORDO TABULAR

Para el cálculo del francobordo tabular del buque proyecto, se aplica el *Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966 y Protocolo de 1988*. Seguiremos los criterios establecidos y a continuación se presentan los datos a tener en cuenta y los resultados finales del francobordo. Este reglamento se aplica sobre la alternativa final.

Se comienza con las dimensiones iniciales necesarias, obtenidas mediante escala del perfil longitudinal del buque base (Don Inda) mostrado en el *Anexo III*.

Teniendo en cuenta que la eslora entre perpendiculares del buque base es de 69,3 metros, se mide dicha medida en el plano desde la roda en la línea de flotación hasta la mecha del timón para obtener la distancia en el plano y hallar el factor de escala. Dicha medida está realizada mediante el programa Autocad.

		REAL (M)	PLANO (MM)
<b>ESLORA ENTRE PERPENDICULARES</b>	Lpp	69,3	11943,75

Por lo tanto, el factor de escala será:

$$\text{Factor de escala} = \text{Medida en plano (mm)} / \text{Medida real (m)} \quad \text{Factor de escala} = 11943,75 / 69,3 = 172,34$$

$$\text{Escala} = 1:172,34$$

Ahora sabiendo la escala del plano se puede tomar el resto de medidas necesarias para calcular el francobordo.

Conociendo donde se encuentra el 85% del puntal se puede medir la eslora al 85% del puntal.

		Real (m)	Plano (mm)
<b>Eslora entre perpendiculares</b>	Lpp	69,3	11943,75
<b>Eslora al 85% D</b>	Lpp d1	69,8	12037,3
<b>Eslora de la superestructura</b>	L super.	18	3102,62
<b>Puntal mínimo de trazado</b>	D	8,23	1424,89
<b>85% del puntal de trazado</b>	d1	6,98	1207,67
<b>Eslora total al 85% de D</b>	Lt d1	75,2	12956
<b>Altura de superestructura</b>	Alt. super.	3,16	552
<b>altura real proa</b>	Alt. Proa	13,98	2405,7
<b>96% Eslora total en d1</b>	0,96 Lt d1	72,41	

Tabla 9-1

Con estos datos y los necesarios de la alternativa final, se comienza con el cálculo del francobordo.

**Regla 3. Definiciones de los términos.**

Puntal mínimo de trazado (**d**) = **8,23 m**

85% del puntal mínimo de trazado (**d1**) = **6,98 m**

Eslora (L) será la mayor entre L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>

L<sub>1</sub> = L (d1) \* 0,96 = 75,2\*0,96 = 72,2 m

L<sub>2</sub> = Lpp (d1) = 69,8 m

Eslora de francobordo (**L**) = **72,2 m**

Manga de trazado (**B**) = **18 m**

Espesor de la plancha de trancañil (**e**) = **10 mm**

Puntal de francobordo = (d) + (e) = (**D**) = **8,24 m**

**Regla 27. Tipo de buque**

El buque proyecto es de tipo "B".

**Regla 28. Francobordo tabular**

Según las tablas de francobordo tabular, para una eslora de francobordo comprendida entre 72 y 73 metros le corresponde un francobordo inicial de 757 mm.

Francobordo tabular = 757 mm

**Regla 29. Corrección para buques con eslora menor de 100 metros.**

Longitud efectiva de la superestructura (**E**)= 18 m                      según *Anexo II*

35% de la eslora de francobordo = 0,35\*72,2 m = 25,27 m

Debido a que la longitud efectiva de la superestructura es menor que el 35% de la eslora de francobordo se aplica la siguiente corrección del francobordo según la fórmula:

$$\text{Corrección} = 7,5 * (100 - L) * \left(0,35 - \frac{E}{L}\right) \text{ mm}$$

$$\text{Corrección} = 7,5 * (100 - 72,2) * \left(0,35 - \frac{10,17}{72,2}\right) = \mathbf{44 \text{ mm}}$$

**Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque.**

Esta regla sólo se aplica a buques con coeficiente de bloque mayor de 0,68 por lo que no se aplicará a este buque.

Cb = 0,633 < 0,68

Regla 31. Corrección por puntal.

$$D = 8,22 \text{ m} \quad L / 15 = 72,2 / 15 = 4,81$$

Se aplicará un aumento del francobordo cuando el puntal sea mayor que la relación L/15 como es el caso. Este aumento vendrá dado por la fórmula:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) R$$

$$\text{Siendo } R = L/0,48 = 72,2/0,48 = 150,42$$

$$\text{Por tanto la corrección será: } (8,22 - 72,2/15)150,42 = \mathbf{513 \text{ mm}}$$

Regla 32. Corrección por posición de la línea de cubierta.

Esta regla no es aplicable ya que el puntal real coincide con el puntal de francobordo.

Regla 33. Altura normal de las superestructuras.

La altura normal de las superestructuras será de 1,8 metros.

Regla 34. Longitud de las superestructuras.

En el buque proyecto sólo habrá una superestructura que será el castillo de proa cuya longitud será:

$$\text{Longitud de la superestructura (S)} = 18 \text{ metros}$$

Regla 35. Longitud efectiva de la superestructura.

No se aplicará corrección por la altura, ya que ésta es mayor que la altura normal de superestructuras.

Se aplicará corrección por anchura, ya que el castillo tiene una anchura menor que la manga del buque.

$$\text{Corrección para el castillo} = 9,89 / 18 = 0,565$$

$$\text{Longitud efectiva del castillo (E)} = 0,565 * 18 = 10,17 \text{ metros}$$

Regla 36. Troncos.

Esta regla no se aplica ya que el buque carece de troncos.



**Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos.**

La reducción con una superestructura completa para un buque de 72,2 metros será de 752 mm. Debido a que el buque no cuenta con tal superestructura, se debe calcular el coeficiente de reducción correspondiente interpolando los datos de la tabla 37.1 del *Convenio Internacional de Líneas de Carga*. Esta reducción sólo se aplica siempre que la longitud efectiva del castillo de proa sea mayor de 0,07L.

Porcentaje de eslora cubierto por superestructura  $\frac{E}{L} = \frac{10,17}{72,2} = 0,14$

En este caso coincide la eslora efectiva del castillo con la de las superestructuras y al ser mayor de 0,07 se aplicará la reducción.

El porcentaje de reducción será del 9,9% interpolando según la tabla 37.1.

La reducción será, por tanto.  $Reducción = 752 * 0,099 = 75 \text{ mm}$

**Regla 38. Arrufo.**

En primer lugar, existe un exceso de altura de la superestructura de proa, por lo que se debe calcular el suplemento de arrufo que en este caso será:

$$sP = (hr - hn) / 3 * S / L$$

- Dónde: hr(proa) = 3,16 m
- hn = 1,8 m
- S = 18 m
- L = 72,2 m

	REAL	NORMAL	DIFERENCIA	S
<b>CASTILLO</b>	3160	1800	1360	113
<b>POPA</b>	0	1800	-1800	-300

Tabla 9-2

sPr = 113 mm

sPp = -300 mm

Tabla 9-3

Situación	Ordenada real	Factor Simpson	Producto
Perpendicular popa	0	1	0
1/6 L de Pp	0	3	0
1/3 L de Pp	0	3	0
1/3 L de Pr	0	3	0
1/6 L de Pr	0	3	0

Perpendicular proa

0

1

0

Hay que sumar el arrufo virtual tanto en proa como en popa.

Arrufo virtual en proa ( $avpr$ ) =  $16 * sPr = 16 * 113 = 1808$  mm

Arrufo virtual en popa ( $avpp$ ) =  $16 * sPp = 16 * (-300) = -4800$  mm

Suma de arrufos virtuales =  $1808 - 4800 = -2992$  mm

Ahora, se calcula el arrufo normal a proa y a popa para compararlos con los virtuales y hallar su relación.

Arrufo normal a proa ( $anpr$ )  $25 * (L/3 + 10) * 8/3 = 2271$  mm

Arrufo normal a popa ( $anpp$ )  $50 * (L/3 + 10) * 8/3 = 4544$  mm

Suma de arrufos normales =  $2271 + 4544 = 6815$  mm

La corrección por variaciones respecto de la curva de arrufo normal será:

$$\text{Corrección} = \frac{\{(-anpp/8 + sPp) + (-anpr/8 + sPr)\}}{2} * (0,75 - S/2L)$$

$$\text{Corrección} = \frac{\{(-2271/8 + 113) + (-4544/8 - 300)\}}{2} * (0,75 - 18/2 * 72,2)$$

**Corrección = 324 mm**

### Regla 39. Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva.

Para el cálculo de la altura mínima de proa se utiliza la siguiente fórmula:

$$Fb = \left( 6075 \left( \frac{L}{100} \right) - 1875 \left( \frac{L}{100} \right)^2 + 200 \left( \frac{L}{100} \right)^3 \right) ** \left( 2,08 + 0,609Cb - 1,603Cwf - 0,0129 \left( \frac{L}{d1} \right) \right)$$

Fb Altura mínima de proa calculada en mm;

L Eslora de francobordo en metros;

Cb Coeficiente de bloque;

Cwf Coeficiente del área de flotación a proa de L/2:  $Cwf = Awf / [(L/2) * B]$ ;

Awf Área de flotación a proa de L/2 para el calado d1 en m<sup>2</sup>;

d1 Calado al 85% del puntal D en metros.

$$A_{wf} = 554,27 \text{ m}^2$$

$$C_{wf} = 0,8775$$

Por tanto, la altura mínima de proa será:

$$F_b = 3224 \text{ mm}$$

La altura real de proa se calcula a partir del francobordo de verano mostrado en la siguiente tabla junto con la altura real del castillo de proa y el arrufo en la perpendicular de proa.

Resumen de las correcciones del francobordo tabular.

R-27	Buque	Tipo B	
R-28	Francobordo tabular	757	mm
R-29	Eslora menor de 100 m	44	mm
R-30	Coefficiente de bloque	No aplicable	
R-31	Puntal	513	mm
R-32	Posición línea de cubierta	No aplicable	
R-33	Altura normal de superestructuras	No aplicable	
R-36	Troncos	No aplicable	
R-37	Superestructuras	-75	mm
R-38	Arrufo	324	mm
<b>Francobordo de verano</b>		<b>1563</b>	<b>mm</b>
R-39	Altura mínima de proa	No aplicable	
<b>Francobordo de verano</b>		<b>1563</b>	<b>mm</b>

Altura real de proa = Francobordo de verano + altura del castillo de proa + arrufo en p.Pr

Altura real de proa = 1563 + 3160 + 0 = 4723 mm > altura mínima de proa = 3224 mm

Al ser la altura real mayor que la altura mínima no se aplica corrección para la regla 39.

Se procede a continuación al cálculo del calado máximo y el calado de trazado:

Calado max. = Puntal + Arrufo en p.Pr + altura castillo de proa – altura mínima de proa

Calado max. = 8230 + 0 + 3160 – 3224 = 8166 mm

Calado de trazado = Puntal – Francobordo de verano

Calado de trazado = 8230 – 1563 = 6667 mm

Se comparan los calados de estabilidad y de escantillonado con el calado de trazado para obtener el calado definitivo.

$$6667 \text{ mm} > 6610 \text{ mm}$$

El calado definitivo será el menor de ellos que en este caso será el calado de escantillonado.

$$\text{Calado definitivo} = 6610 \text{ mm}$$

Con este nuevo calado se obtiene un nuevo francobordo de verano resultado de sumar al anteriormente calculado, la diferencia entre el calado de trazado y el definitivo.

$$\text{Diferencia} = 6667 - 6610 = 57 \text{ mm}$$

$$\text{Francobordo de verano} = 1563 + 57 = \mathbf{1620 \text{ mm}}$$

#### Regla 40. Francobordos mínimos

Calado de trazado	= 6610 mm
Francobordo de verano	= 1620 mm
Reducción francobordo tropical	= $6610 / 48 = 138 \text{ mm}$
Incremento francobordo de invierno	= $6610 / 48 = 138 \text{ mm}$
Incremento Fb. Invierno Atlántico Norte	= $(6610 / 48) + 50 = 188 \text{ mm}$
Reducción francobordo en agua dulce	= $6610 - \Delta/4TCI = 106 \text{ mm}$
$\Delta (T=6,61 \text{ m})$	= 5224 ton
TCI	= 12,26 ton/cm ( <i>Anexo II</i> )

**Resumen de los francobordos mínimos**

<b>Francobordo tropical</b>	1482	138 mm por encima
<b>Agua dulce</b>	1514	106 mm por encima
<b>Francobordo de verano</b>	1620	Canto alto de la línea central
<b>Francobordo de invierno</b>	1758	138 mm por debajo
<b>Francobordo Atlántico Norte</b>	1808	188 mm por debajo

Tabla 9-4

El valor del francobordo en el dimensionamiento final es de 1620 mm y aplicando el *Convenio Internacional de Líneas de Carga* el valor es de 1620 mm por lo que la alternativa final cumple con el *Convenio*.

## 10. - ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE

Para calcular la estimación de la resistencia al avance del buque proyecto, se va a utilizar el programa informático *Navcad*, el cual también servirá más adelante para estimar la potencia propulsora necesaria.

Los datos necesarios para estimar la resistencia al avance, se ha calculado anteriormente en el dimensionamiento final del buque proyecto.

Para el método de la resistencia al avance, los datos utilizados has sido:

- Desplazamiento	5224	ton
- Situación longitudinal del centro de carena	-0,025	metros
- Coeficiente de la Maestra	0,888	
- Coeficiente dela Flotación	0,748	
- Proa en V		
- Popa en U		
- Apéndices (% sobre el desplazamiento final)	3	%
- Velocidad de diseño	16	knots
- Velocidad máxima	18	knots

Con todos estos datos introducidos en el programa *Navcad*, se decide usar el método aconsejado por el propio programa que es el método *Holtrop*. Será el método más preciso y fiable para calcular la resistencia al avance para este buque.

Los datos, resultados y gráficas obtenidas por medio de este método y mostrados en las páginas siguientes, muestran como la resistencia al avance aumenta con la velocidad, siendo la resistencia total la siguiente:

Resistencia al avance para:

- Velocidad de diseño (16 knots)
- Velocidad máxima (18 knots)

Ahora con los datos obtenidos de la resistencia al avance gracias al programa *Navcad*, se estimará a continuación, la potencia propulsora necesaria para vencer la resistencia aquí calculada.

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:		[Calc] Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:			Towed:	[Off]
Friction line:		Standard	Margin:	[Calc] Hull drag only [15%]
Hull form factor:		ITTC-57	<b>Water properties</b>	
Speed corr:		[On] 1,326	Water type:	Salt
Spray drag corr:		[On]	Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		[Off]	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:		ITTC-78 (v2008) [On] 0,15		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,32	0,64	3,96	2,65	0,80
Range	0,06-0,40	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-0,94

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
0,50 !	0,010	0,020	1,50e7	0,002800	1,326	0,000134	0,000000	0,000284	0,004131
2,00 !	0,039	0,079	6,00e7	0,002247	1,326	0,000633	0,000000	0,000583	0,004195
4,00	0,079	0,158	1,20e8	0,002030	1,326	0,000790	0,000000	0,000635	0,004115
6,00	0,118	0,238	1,80e8	0,001917	1,325	0,000679	0,000000	0,000642	0,003861
8,00	0,158	0,317	2,40e8	0,001843	1,322	0,000529	0,000000	0,000638	0,003602
10,00	0,197	0,396	3,00e8	0,001788	1,313	0,000490	0,000000	0,000631	0,003468
12,00	0,237	0,475	3,60e8	0,001745	1,295	0,000719	0,000000	0,000622	0,003601
14,00	0,276	0,554	4,20e8	0,001710	1,266	0,001394	0,000000	0,000613	0,004172
+ 16,00 +	0,316	0,634	4,80e8	0,001680	1,226	0,002563	0,000000	0,000604	0,005227
18,00	0,355	0,713	5,40e8	0,001655	1,182	0,003386	0,000000	0,000594	0,005937
RESISTANCE									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
0,50 !	0,22	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,26	
2,00 !	3,60	0,11	0,00	0,00	0,00	0,54	0,54	4,24	
4,00	14,11	0,42	0,00	0,00	0,00	2,12	2,12	16,65	
6,00	29,78	0,89	0,00	0,00	0,00	4,47	4,47	35,14	
8,00	49,39	1,48	0,00	0,00	0,00	7,41	7,41	58,28	
10,00	74,30	2,23	0,00	0,00	0,00	11,15	11,15	87,67	
12,00	111,09	3,33	0,00	0,00	0,00	16,66	16,66	131,09	
14,00	175,20	5,26	0,00	0,00	0,00	26,28	26,28	206,73	

+ 16,00 +	286,73	8,60	0,00	0,00	0,00	43,01	43,01	338,35
18,00	412,13	12,36	0,00	0,00	0,00	61,82	61,82	486,31
	EFFECTIVE POWER		OTHER					
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W			
0,50 !	0,1	0,1	0,00144	0,04437	0,00000			
2,00 !	3,7	4,4	0,00679	0,04505	0,00007			
4,00	29,0	34,3	0,00848	0,04420	0,00028			
6,00	91,9	108,5	0,00730	0,04147	0,00058			
8,00	203,3	239,9	0,00568	0,03868	0,00096			
10,00	382,2	451,0	0,00526	0,03724	0,00145			
12,00	685,8	809,3	0,00772	0,03867	0,00217			
14,00	1261,8	1488,9	0,01497	0,04480	0,00342			
+ 16,00 +	2360,1	2785,0	0,02753	0,05614	0,00560			
18,00	3816,3	4503,3	0,03637	0,06376	0,00804			

Report ID20161128-1119

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

Hull data

General	Planing
Configuration: <b>Monohull</b>	Proj chine length: <b>0,000 m</b>
Chine type: <b>Round/multiple</b>	Proj bottom area: <b>0,0 m2</b>
Length on WL: <b>69,300 m</b>	LCG fwd TR: [XCG/LP 0,000] <b>0,000 m</b>
Max beam on WL: [LWL/BWL 3,960] <b>18,000 m</b>	VCG below WL: <b>0,000 m</b>
Max molded draft: [BWL/T 2,648] <b>6,610 m</b>	Aft station (fwd TR): <b>0,000 m</b>
Displacement: [CB 0,635] <b>5224,00 t</b>	Deadrise: <b>0,00 deg</b>
Wetted surface: [CS 2,657] <b>1578,2 m2</b>	Chine beam: <b>0,000 m</b>
	Chine ht below WL: <b>0,000 m</b>
	Fwd station (fwd TR): <b>0,000 m</b>
	Deadrise: <b>0,00 deg</b>
	Chine beam: <b>0,000 m</b>
	Chine ht below WL: <b>0,000 m</b>
	Propulsor type: <b>Propeller</b>
	Max prop diameter: <b>5000,0 mm</b>
	Shaft angle to WL: <b>0,00 deg</b>
	Position fwd TR: <b>0,000 m</b>
	Position below WL: <b>0,000 m</b>
	Transom lift device: <b>Flap</b>
	Device count: <b>0</b>
	Span: <b>0,000 m</b>
	Chord length: <b>0,000 m</b>
	Deflection angle: <b>0,00 deg</b>
	Tow point fwd TR: <b>0,000 m</b>
	Tow point below WL: <b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>	
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,520] <b>36,036 m</b>	
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,480] <b>33,264 m</b>	
Max section area: [CX 0,999] <b>115,6 m2</b>	
Waterplane area: [CWP 0,763] <b>925,9 m2</b>	
Bulb section area: <b>29,0 m2</b>	
Bulb ctr below WL: <b>2,000 m</b>	
Bulb nose fwd TR: <b>3,300 m</b>	
Imm transom area: [ATR/AX 0,000] <b>0,0 m2</b>	
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000] <b>0,000 m</b>	
Transom immersion: [TTR/T 0,000] <b>0,000 m</b>	
Half entrance angle: <b>27,66 deg</b>	
Bow shape factor: [BTK flow] -1,0	
Stern shape factor: [WL flow] 1,0	

Report ID20161128-1119

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

## Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Percentage	Count:	0
Percent of hull drag:	3,00 %	Type:	Skeg
<b>Planing influence</b>		Mean length:	0,000 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	0,000 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	0,000 m
<b>Shafting</b>		Height mid:	0,000 m
Count:	2	Height fwd:	0,000 m
Max prop diameter:	5000,0 mm	Projected area:	0,0 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	0,0 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	<b>Stabilizer</b>	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,0 m2	Root chord:	0,000 m
Strut bossing length:	0,000 m	Tip chord:	0,000 m
Bossing diameter:	0,000 m	Span:	0,000 m
Wetted surface:	0,0 m2	T/C ratio:	0,000
Hull bossing length:	0,000 m	LE sweep:	0,00 deg
Bossing diameter:	0,000 m	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Projected area:	0,0 m2
<b>Strut (per shaft line)</b>		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	<b>Bilge keel</b>	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 mm	Mean length:	0,000 m
Span:	0,000 m	Mean base width:	0,000 m
T/C ratio:	0,000	Mean projection:	0,000 m
Projected area:	0,0 m2	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	<b>Tunnel thruster</b>	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	0
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	0,000 m
<b>Rudder</b>		<b>Sonar dome</b>	
Count:	0	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,0 m2
Type:	Balanced foil	<b>Miscellaneous</b>	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 m	Drag area:	0,0 m2
Span:	0,000 m	Drag coef:	0,00
T/C ratio:	0,000		
LE sweep:	0,00 deg		
Projected area:	0,0 m2		
Wetted surface:	0,0 m2		



Environment data

Wind		Seas	
Wind speed:	<b>0,00 kt</b>	Significant wave ht:	<b>0,000 m</b>
Angle off bow:	<b>0,00 deg</b>	Modal wave period:	<b>0,0 sec</b>
Gradient correction:	<b>Off</b>		
Exposed hull		Shallow/channel	
Transverse area:	<b>0,0 m2</b>	Water depth:	<b>0,000 m</b>
VCE above WL:	<b>0,000 m</b>	Type:	<b>Shallow water</b>
Profile area:	<b>0,0 m2</b>	Channel width:	<b>0,000 m</b>
Superstructure		Channel side slope:	<b>0,00 deg</b>
Superstructure shape:	<b>Cargo ship</b>	Hull girth:	<b>0,000 m</b>
Transverse area:	<b>0,0 m2</b>		
VCE above WL:	<b>0,000 m</b>		
Profile area:	<b>0,0 m2</b>		

Report ID20161128-1119

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

Symbols and values

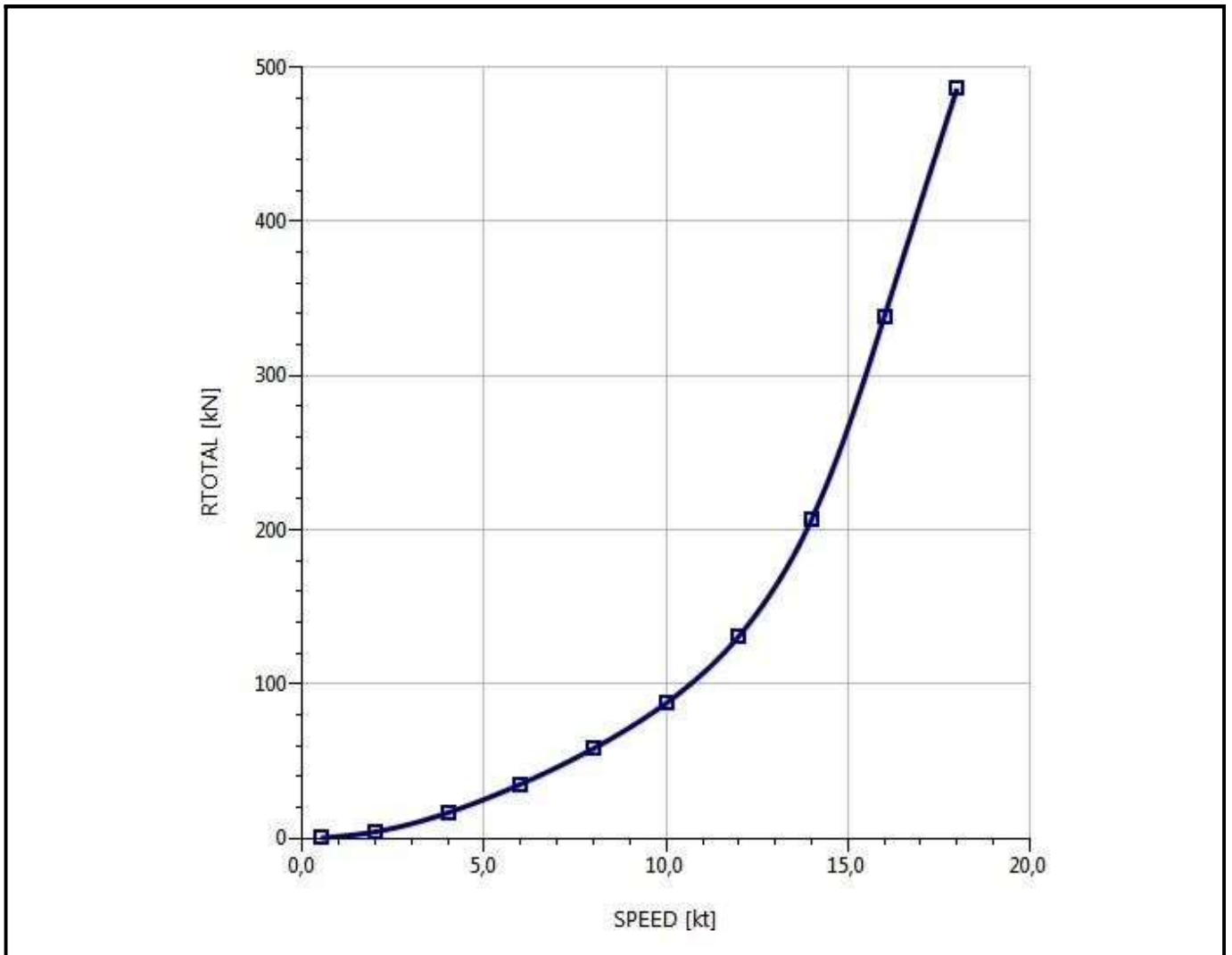
SPEED = Vessel speed  
 FN = Froude number [LWL]  
 FV = Froude number [VOL]  
  
 RN = Reynolds number [LWL]  
 CF = Frictional resistance coefficient  
     CV/CF = Viscous/frictional resistance coefficient ratio [dynamic form factor]  
 CR = Residuary resistance coefficient dCF = Added frictional  
 resistance coefficient for roughness  
 CA = Correlation allowance [dynamic]  
 CT = Total bare-hull resistance coefficient  
  
 RBARE = Bare-hull resistance  
 RAPP = Additional appendage resistance  
 RWIND = Additional wind resistance  
 RSEAS = Additional sea-state resistance  
 RCHAN = Additional shallow/channel resistance  
 RTOWED = Additional towed object resistance  
 RMARGIN = Resistance margin  
 RTOTAL = Total vessel resistance  
  
 PEBARE = Bare-hull effective power  
 PETOTAL = Total effective power  
  
 CTRLR = Telfer residuary resistance coefficient  
 CTLT = Telfer total bare-hull resistance coefficient  
 RBARE/W = Bare-hull resistance to weight ratio  
  
 + = Design speed indicator  
 \* = Exceeds parameter limit

Report ID20161128-1119

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

Gráfica de la Resistencia al Avance

Vessel drag		ITTC-78 (CT)		Added drag	
Technique:	[Calc] Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage	Wind:	[Off]
Prediction:	Holtrop	Seas:	[Off]	Shallow/channel:	[Off]
Reference ship:		Towed:	[Off]	Margin:	[Calc] Hull drag only [15%]
Model LWL:		Water properties			
Expansion:	Standard	Water type:	Salt	Density:	1026,00 kg/m3
Friction line:	ITTC-57	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s		
Hull form factor:	[On] 1,326				
Speed corr:	[On]				
Spray drag corr:	[Off]				
Corr allowance:	[Off]				
Roughness [mm]:	ITTC-78 (v2008)				
	[On] 0,15				



## 11. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA

Del mismo modo que en el caso de la estimación de la resistencia al avance, se utilizará el programa *Navcad* para estimar la potencia propulsora necesaria, utilizando los mismos datos que en el apartado anterior, añadiendo algunos más, necesarios para el dimensionamiento de la planta propulsora. Los datos necesarios son los siguientes:

- Desplazamiento	5224	ton
- Situación longitudinal del centro de carena	-0,025	metros
- Coeficiente de la Maestra	0,888	
- Coeficiente de la Flotación	0,748	
- Proa en V		
- Popa en U		
- Apéndices (% sobre el desplazamiento final)	3	%
- Velocidad de diseño	16	knots
- Velocidad máxima	18	knots
- Hélices de paso fijo	2	
- Serie para remolcadores	Kaplan 19 <sup>a</sup>	
- Criterio para determinar la cavitación	Kepler	
- Dimensiones iniciales de la hélice:		
▪ Diámetro máximo	4300	mm
▪ Hub inmersión	4500	mm
- Eficiencia de la reductora	0,97	
- Eficiencia del eje (2 hélices)	0,98	

Para el dimensionamiento de la hélice, se introduce en el programa *Navcad* el diámetro máximo obtenido en la disposición general, así como la inmersión del eje, y es el propio programa quien optimiza el diámetro óptimo en función de la cavitación y las velocidades de servicio.

Al igual que a la hora de estimar la resistencia al avance, el programa recomienda el uso del método más fiable y preciso en función de los datos iniciales. En este caso el método a utilizar será de nuevo el *Holtrop* para la estimación de la planta propulsora. Los datos, resultados y gráficas obtenidos, se muestran a continuación y cuyos datos más relevantes son:

Potencia propulsora necesaria para:

- Velocidad de diseño (16 knots)	6537 kW en dos ejes
- Velocidad máxima (18 knots)	10111 kW en dos ejes

Analysis parameters

<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>	
Technique:	<b>[Calc] Prediction</b>	Cavitation criteria:	<b>Keller eqn</b>
Prediction:	<b>Holtrop</b>	Analysis type:	<b>Free run</b>
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	<b>4300,0 mm</b>	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	<b>[Off]</b>	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	<b>Salt</b>
Corr allowance:		Density:	<b>1026,00 kg/m3</b>
Roughness [mm]:		Viscosity:	<b>1,18920e-6 m2/s</b>
Ducted prop corr:			
Tunnel stern corr:			
Effective diam:	<b>[On]</b>		
Recess depth:	<b>[Off]</b>		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	<b>0,32</b>	<b>0,64</b>	<b>3,96</b>	<b>2,65</b>
Range	<b>0,06·0,80</b>	<b>0,55·0,85</b>	<b>3,90·14,90</b>	<b>2,10·4,00</b>

Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG	PBPROP	FUEL [RPM] [kW] [L/h]	LOADENG [%]
0,50 !	0,1	0,0663	0,1188	0,9593	19	0,1	---	0,0
2,00 !	4,4	0,0663	0,1188	0,9593	76	5,6	---	0,1
4,00	34,3	0,0656	0,1188	0,9593	152	44,2	---	0,5
6,00	108,5	0,0650	0,1188	0,9593	227	144,4	---	1,7
8,00	239,9	0,0646	0,1188	0,9593	300	330,6	---	3,9
10,00	451,0	0,0644	0,1188	0,9593	374	634,0	---	7,5
12,00	809,3	0,0641	0,1188	0,9593	450	1116,7	---	13,1
14,00	1488,9	0,0640	0,1188	0,9593	533	1917,0	---	22,6
+ 16,00 +	2785,0	0,0638	0,1188	0,9593	626	3268,7	---	38,5
18,00	4503,3	0,0637	0,1188	0,9593	716	5055,6	---	59,5
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
0,50 !	4	0,21	0,04	0,1	0,1	0,2	0,2	---
2,00 !	14	3,36	0,64	5,3	5,4	10,8	11,2	---
4,00	29	13,34	2,53	42,1	42,9	85,8	88,5	---
6,00	43	29,22	5,55	137,3	140,1	280,2	288,9	547,4
8,00	57	50,49	9,59	314,3	320,7	641,4	661,2	318,9
10,00	71	77,72	14,76	602,7	615,0	1229,9	1268,0	207,9
12,00	86	113,66	21,59	1061,6	1083,2	2166,4	2233,4	141,6
14,00	101	164,75	31,29	1822,3	1859,5	3719,0	3834,0	96,2

+ 16,00 +	119	239,39	45,47	3107,3	3170,7	6341,3	6537,5	64,5
18,00	136	323,52	61,45	4805,8	4903,9	9807,8	10111,1	46,9
	EFFICIENCY				THRUST			
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
0,50 !	0,4509	0,9700	0,4001	0,187	0,15	0,26		
2,00 !	0,4545	0,9700	0,4033	0,1902	2,41	4,24		
4,00	0,4503	0,9700	0,3992	0,18648	9,45	16,65		
6,00	0,4369	0,9700	0,3872	0,17516	19,94	35,15		
8,00	0,4223	0,9700	0,3740	0,16343	33,07	58,28		
10,00	0,4142	0,9700	0,3667	0,15723	49,75	87,67		
12,00	0,4220	0,9700	0,3735	0,1632	74,38	131,09		
14,00	0,4524	0,9700	0,4004	0,18827	117,30	206,73		
+ 16,00 +	0,4963	0,9700	0,4392	0,23119	191,98	338,35		
18,00	0,5189	0,9700	0,4592	0,25758	275,94	486,31		

Report ID20161129-1025

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
0,50 !	0,9291	0,1166	0,03824	0,13509	0,047681	0,34399	0,79526	8,86e5	-0,0481
2,00 !	0,9273	0,1183	0,03840	0,13753	0,048154	0,35021	0,80315	3,55e6	-0,0473
4,00	0,9294	0,1163	0,03821	0,13469	0,047605	0,343	0,79399	7,10e6	-0,0482
6,00	0,9356	0,1105	0,03765	0,12621	0,045972	0,3214	0,76676	1,06e7	-0,0511
8,00	0,9420	0,1044	0,03707	0,11764	0,044337	0,29956	0,73948	1,40e7	-0,0540
10,00	0,9454	0,1012	0,03676	0,11319	0,043494	0,28822	0,72543	1,75e7	-0,0555
12,00	0,9422	0,1043	0,03705	0,11747	0,044305	0,29913	0,73895	2,11e7	-0,0540
14,00	0,9284	0,1173	0,03830	0,13605	0,047868	0,34645	0,79838	2,49e7	-0,0478
+ 16,00 +	0,9043	0,1394	0,04041	0,17043	0,054653	0,43398	0,91155	2,91e7	-0,0371
18,00	0,8890	0,1529	0,04170	0,19349	0,059343	0,49273	0,98976	3,33e7	-0,0305
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
0,50 !	4896,97	4226,96	741,66	0,81	0,038	0,01	2,0	2,0	4313,2
2,00 !	306,06	263,18	46,20	3,25	0,040	0,24	2,0	2,0	4310,3
4,00	76,40	65,99	11,58	6,50	0,047	0,93	2,0	2,0	4313,7
6,00	33,91	29,69	5,20	9,69	0,056	1,96	2,0	2,0	4323,9
8,00	19,06	16,92	2,96	12,84	0,068	3,25	2,0	2,0	4334,3
10,00	12,19	10,90	1,90	15,99	0,083	4,89	2,0	2,0	4339,8
12,00	8,46	7,51	1,31	19,26	0,107	7,32	2,0	2,0	4334,5
14,00	6,22	5,36	0,94	22,81	0,148	11,54	2,0	2,0	4312,1
+ 16,00 +	4,76	3,89	0,69	26,77	0,219	18,89	2,0	2,0	4272,3
18,00	3,76	2,97	0,53	30,64 !	0,298	27,15	2,1	2,1	4246,8

Report ID20161129-1025

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

## Hull data

General	Planing
<p>Configuration: <b>Monohull</b></p> <p>Chine type: <b>Round/multiple</b></p> <p>Length on WL: <b>69,300 m</b></p> <p>Max beam on WL: [LWL/BWL 3,960] <b>18,000 m</b></p> <p>Max molded draft: [BWL/T 2,648] <b>6,610 m</b></p> <p>Displacement: [CB 0,635] <b>5224,00 t</b></p> <p>Wetted surface: [CS 2,657] <b>1578,2 m2</b></p>	<p><i>Proj chine length:</i> <b>0,000 m 0,0 m2</b></p> <p><i>Proj bottom area:</i> [XCG/LP 0,000] <b>0,000 m</b></p> <p><i>LCG fwd TR:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>VCG below WL:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Aft station (fwd TR):</i> <b>0,00 deg</b></p> <p><i>Deadrise:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Chine beam:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Chine ht below WL:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Fwd station (fwd TR):</i> <b>0,00 deg</b></p> <p><i>Deadrise:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Chine beam:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Chine ht below WL:</i> <b>Propeller</b></p> <p><i>Propulsor type:</i> <b>5000,0 mm</b></p> <p><i>Max prop diameter:</i> <b>0,00 deg</b></p> <p><i>Shaft angle to WL:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Position fwd TR:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Position below WL:</i> <b>Flap</b></p> <p><i>Transom lift device:</i> <b>0</b></p> <p><i>Device count:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Span:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Chord length:</i></p> <p><i>Deflection angle:</i> <b>0,00 deg</b></p> <p><i>Tow point fwd TR:</i> <b>0,000 m</b></p> <p><i>Tow point below WL:</i> <b>0,000 m</b></p>
ITTC-78 (CT)	
<p>LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,520] <b>36,036 m</b></p> <p>LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,480] <b>33,264 m</b></p> <p>Max section area: [CX 0,999] <b>115,6 m2</b></p> <p>Waterplane area: [CWP 0,763] <b>925,9 m2</b></p> <p>Bulb section area: <b>29,0 m2</b></p> <p>Bulb ctr below WL: <b>2,000 m</b></p> <p>Bulb nose fwd TR: <b>3,300 m</b> [ATR/AX 0,000] <b>0,0 m2</b></p> <p>Imm transom area: [BTR/BWL 0,000] <b>0,000 m</b></p> <p>Transom beam WL: [TTR/T 0,000] <b>0,000 m</b></p> <p>Transom immersion: <b>27,66 deg</b></p> <p>Half entrance angle: [BTK flow] <b>-1,0</b></p> <p>Bow shape factor: [WL flow] <b>1,0</b></p> <p>Stern shape factor:</p>	

## Propulsor data

Propulsor	Propeller options
<p>Count: <b>2</b></p> <p>Propulsor type: <b>Propeller series</b></p> <p>Propeller type: <b>FPP</b></p> <p>Propeller series: <b>Kaplan 19A</b></p> <p>Propeller sizing: <b>By power</b></p> <p>Reference prop:</p> <p>Blade count: <b>4</b></p> <p>Expanded area ratio: <b>0,6999</b></p> <p>Propeller diameter: <b>4300,0 mm</b> [Size]</p> <p>Propeller mean pitch: [P/D 1,2640] <b>5435,1 mm</b> [Size]</p> <p>Hub immersion: <b>4500,0 mm</b> [Size]</p>	<p>Oblique angle corr: <b>Off</b></p> <p>Shaft angle to WL: <b>0,00 deg</b></p> <p>Added rise of run: <b>0,00 deg</b></p> <p>Propeller cup: <b>0,0 mm</b></p> <p>KTKQ corrections: <b>Standard</b></p> <p>Scale correction: <b>Full ITTC</b></p> <p>KT multiplier: <b>1,000</b></p> <p>KQ multiplier: <b>1,000</b></p> <p>Blade T/C [0.7R]: <b>Standard</b></p> <p>Roughness: <b>Standard Off</b></p> <p>Cav breakdown: <b>Standard</b></p> <p>Nozzle L/D:</p>
Engine/gear	Design condition
<p>Engine data: <b>Untitled Engine Obj...</b></p> <p>Rated RPM: <b>600 RPM</b></p> <p>Rated power: <b>8500,0 kW</b></p> <p>Gear efficiency: <b>0,970</b></p> <p>Load correction: <b>Off</b></p> <p>Gear ratio: <b>5,265</b> [Size]</p> <p>Shaft efficiency: <b>0,980</b></p>	<p>Max prop diam: <b>4300,0 mm</b></p> <p>Design speed: <b>16,00 kt</b></p> <p>Reference power: <b>8500,0 kW</b></p> <p>Design point: <b>1,000</b></p> <p>Reference RPM: <b>600,0</b></p> <p>Design point: <b>1,030</b></p>

Symbols and values

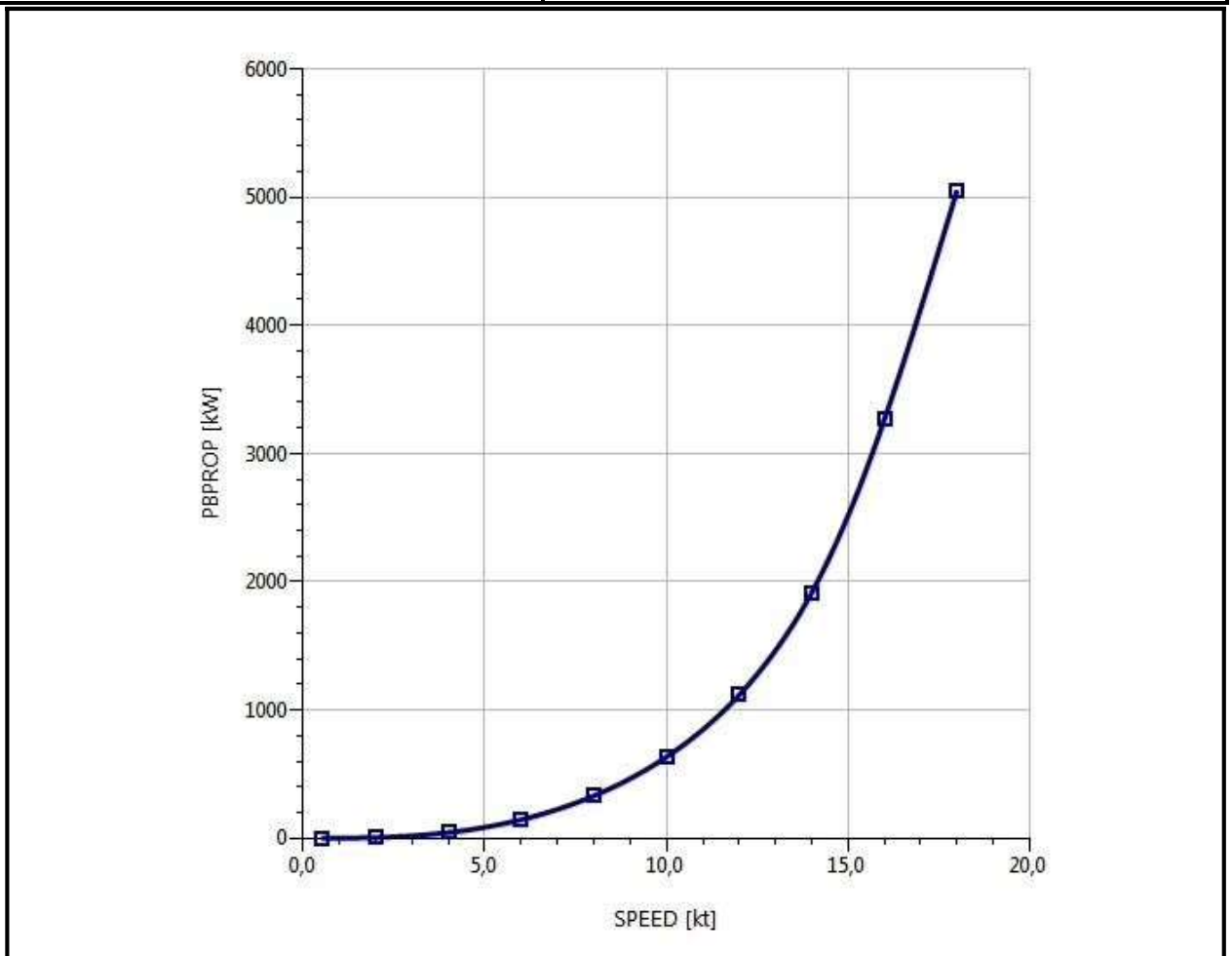
SPEED = Vessel speed  
 PETOTAL = Total vessel effective power  
 WFT = Taylor wake fraction coefficient  
 THD = Thrust deduction coefficient EFR =  
 Relative-rotative efficiency  
 RPMENG = Engine RPM  
 PBPROP = Brake power per propulsor  
 FUEL = Fuel rate per engine  
 LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM  
 RPMPROP = Propulsor RPM  
 QPROP = Propulsor open water torque  
 QENG = Engine torque  
 PDPROP = Delivered power per propulsor PSPROP =  
 Shaft power per propulsor  
 PSTOTAL = Total vessel shaft power  
 PBTOTAL = Total vessel brake power  
 TRANSP = Transport factor  
 EFTO = Propulsor open-water efficiency  
 EFTG = Gear efficiency (load corrected)  
 EFTOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL] MERIT =  
 Propulsor merit coefficient  
 THRPROP = Open-water thrust per propulsor DELTHR =  
 Total vessel delivered thrust  
 J = Propulsor advance coefficient  
 KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow] KQ =  
 Propulsor torque coefficient  
 KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
 KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
 CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
 CP = Propulsor thrust loading coefficient  
 RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R KTN  
 = Nozzle thrust coefficient  
 SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
 SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
 SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
 TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
 MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria PRESS =  
 Average propeller loading pressure  
 CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
 CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
 PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation  
 + = Design speed indicator  
 \* = Exceeds recommended parameter limit  
 ! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
 !! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
 !!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
 --- = Insignificant or not applicable

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction

System analysis

Technique: [Calc] Prediction Prediction: Holtrop Reference ship: Max prop diam: 4300,0 mm	Cavitation criteria: Keller eqn Analysis type: Free run CPP method: Engine RPM: Mass multiplier: RPM constraint: Limit [RPM/s]:
Corrections	
Viscous scale corr: [Off] Rudder location: Friction line: Hull form factor: Corr allowance: Roughness [mm]: Ducted prop corr: Tunnel stern corr: Effective diam: [On] Recess depth: [Off]	Water properties
	Water type: Salt Density: 1026,00 kg/m3 Viscosity: 1,18920e-6 m2/s



Report

HydroComp

NavCad

2014

Se han obtenido los datos para el dimensionamiento de la planta propulsora. El primer valor corresponde a la potencia necesaria para mover el buque a 18 knots, mientras que el segundo valor corresponde a las necesidades del buque para el remolque. Los valores son:

- Potencia necesaria para alcanzar la velocidad máxima 10111 kW
- Potencia necesaria para dar 240 TPF durante el remolque 15865 kW



A la hora de estimar la planta propulsora mediante la resistencia al avance, se ha añadido al resultado final un 15 % adicional al valor obtenido, correspondiente al margen de mar que se aplicará a este proyecto. Para el valor de la potencia hallada mediante TPF, dicho margen de mar ya está incluido, ya que es un valor basado en buques reales.

Como en el dimensionamiento preliminar se ha calculado la potencia a partir de la tracción a punto fijo (TPF) que es una condición indispensable dentro de la RPA del proyecto, la planta propulsora deberá de cumplir dicho criterio. Por tanto, se puede calcular la potencia necesaria para cada motor que será el resultado de dividir el valor de la potencia final (15865 kW) entre los cuatro motores instalados, como nos indica la RPA del proyecto. Cada motor contará con una potencia no inferior de 3966 kW.

Haciendo una búsqueda en el mercado de las opciones válidas para el buque proyecto, se ha encontrado la opción considerada óptima tanto por características técnicas como por presupuesto. La opción escogida será, por tanto:

- Motor Wärstila 8L 34DF con una potencia de 4000 kW

$$\begin{aligned} \text{Potencia propulsora} &= 4 \text{ motores} \times 4000 \text{ kW} &&= 16000 \text{ kW} \\ &&&= 21760 \text{ CV} \end{aligned}$$

La elección de este motor también está sujeta a la elección de un sistema de combustible dual, para reducir la contaminación producida por el buque proyecto. Dicho sistema cuenta con motores capaces de quemar tanto el combustible Diésel pesado tradicional, como gas natural LNG cuyas emisiones son muy inferiores a las del combustible tradicional. Para ello, habrá que instalar la correspondiente instalación del depósito o depósitos de combustible adicionales.

## 12. DIMENSIONES PRINCIPALES FINALES

**Dimensiones principales del buque proyecto**

<b>TPF (ton)</b>	240
<b>Potencia propulsora (kW)</b>	16000
<b>Potencia propulsora (CV)</b>	21760
<b>Lpp (m)</b>	69,3
<b>B (m)</b>	18
<b>D (m)</b>	8,21
<b>T (m)</b>	6,61
<b>Fb (mm)</b>	1610
<b>Cb</b>	0,633
<b>Cm</b>	0,888
<b>Cp</b>	0,712
<b>Cf</b>	0,748
<b><math>\Delta</math> (ton)</b>	5224
<b>DWT (ton)</b>	1711
<b>v (knots)</b>	16
<b>Nº Fr</b>	0,316

*Tabla 12-1*

Estas dimensiones finales están sujetas a modificaciones en los cuadernos posteriores. Con todo ello se puede realizar a continuación, la especificación preliminar.

## 13. ESPECIFICACIÓN PRELIMINAR

### Clasificación

Remolcador de altura polivalente con sistema contra incendios y anti polución. Su operatividad consiste en el remolque y escolta de grandes buques en labores de salvamento o rescate en mar abierto. Labores de vigilancia marítima y medioambiental.

### Dimensiones principales

<b>Eslora entre perpendiculares</b>	Lpp	69,3 metros
<b>Manga</b>	B	18 metros
<b>Puntal</b>	D	8,21 metros
<b>Calado</b>	T	6,61 metros
<b>Francobordo de verano</b>	Fb <sub>verano</sub>	1610 mm

Tabla 13-1

El francobordo de verano es el calculado en el apartado de Francobordo Mínimo.

### Rendimiento

<b>Tracción a punto fijo</b>	240 ton
<b>Velocidad de servicio</b>	16 knots

Tabla 13-2

### Tonelaje

<b>Arqueo bruto</b>	GT	2787
<b>Peso en rosca</b>	DWT	1711 ton
<b>Peso muerto</b>	PR	3512 ton
<b>Desplazamiento</b>	$\Delta$	5223 ton

Tabla 13-3

El cálculo del arqueo bruto se realiza mediante el Convenio Internacional de Líneas de Carga, por el cuál, se utiliza para dicho cálculo la fórmula siguiente:

$$GT = K * V = [0,2 + 0,02 * \log V] * V$$

Una buena aproximación de V (volumen de todos los espacios cerrados del buque) es usando la siguiente ecuación:

$$V = Lpp * B * D = 69,3 * 18 * 8,21 = 9956,7 \text{ m}^3$$

### Propulsión

<b>Motores principales</b>	4 x 4000 kW
<b>Marca</b>	Wärtsila 8L34DF
<b>BHP total</b>	21760 CV – 16000 kW
<b>Motores eléctricos</b>	3x 1200 kW
<b>Thruster proa</b>	1x 1050 kW + 1x 880 kW retráctil
<b>Thruster popa</b>	2x 1050 kW

Tabla 13-4

- El motor principal se ha dimensionado y seleccionado en el apartado 11.
- Los motores eléctricos y los alternadores se basan en la potencia necesaria para el consumo eléctrico calculado en el Cuaderno 11.
- Los thrusters se obtienen de la especificación técnica del buque base *Don Inda*, debido a la gran similitud con el buque proyecto.

#### Propulsor (hélices)

<b>Material</b>	NiAlBr
<b>Fabricante</b>	Rolls-Royce
<b>Nº propulsores</b>	2
<b>Diámetro</b>	4300 mm
<b>Paso</b>	Fijo

Tabla 13-5

#### Capacidades

<b>Fuel oil</b>	1600 m <sup>3</sup>
<b>Agua dulce</b>	600 m <sup>3</sup>
<b>Agua de lastre</b>	1118 m <sup>3</sup>
<b>Residuos de hidrocarburos</b>	1750 m <sup>3</sup>
<b>Tanque de espuma</b>	40 m <sup>3</sup>
<b>Dispersante</b>	25 m <sup>3</sup>
<b>Aceite hidráulico</b>	12 m <sup>3</sup>
<b>Caja de cadenas</b>	4x188 m <sup>3</sup>

Tabla 13-6

#### Equipo de remolque

- Cabrestante principal de triple tambor hidráulico Rolls-Royce de 500 ton. de tiro.
- Cabrestantes secundarios de 70 ton. de tiro, divididos en rodillos en popa.
- 2 chigres de remolque en proa de 30 ton.
- 2 chigres de remolque en popa de 5 ton.

### Cable de remolque y trabajo

- Cable de remolque principal: 1500m, 90mm / NBL 659 ton.
- Cable de remolque de repuesto: 1500 m, 90mm / NBL 659 ton.
- Cable auxiliar 1: 1000m, 90mm / NBL 659 ton.
- Cable auxiliar 2: 1000m, 90mm / NBL 659 ton.

### Maquinaria de cubierta

- 2 Grúas de 20 ton. para embarque de desembarque de contenedores.
- 2 Anclas tipo Hall.
- Grúa pórtico de 100 ton. con capacidad de 8 metros de elevación.

### Equipo de Salvamento

- Equipo de salvamento acorde con el SOLAS para 30 personas.
- Alusafe 770 Mob boat.
- Pescante de bote de rescate.

### Equipo de navegación

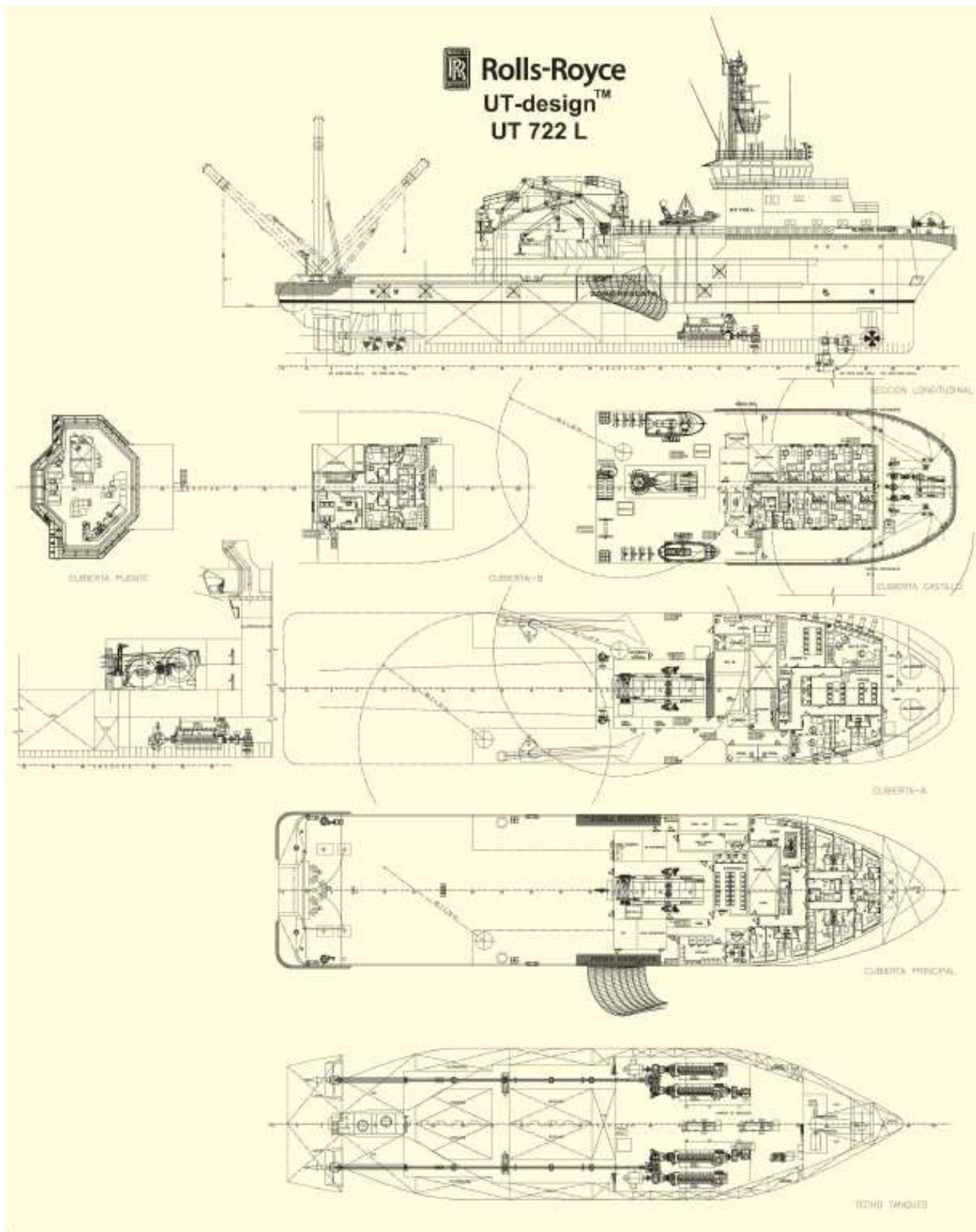
- 1 Furuno S-band ARPA Radar, modelo FCR-2837S.
- 1 Furuno X-band ARPA Radar, modelo FAR-2837.
- 1 Furuno DGPS Navegador, modelo GP-150.
- 2 Furuno ECDIS, modelo TECDIS T-2136.
- 3 Giróscopos Sperry Navigat X MK1.
- 1 Piloto automático, Navipilot 4000.
- 1 Compás magnético, Navipol II.
- 1 Ecosonda de navegación GDS 102.
- 1 Corredera Dopler, modelo Naviknot 450.
- 1 Furuno Weather Faximile, modelo FAX-30.
- 1 Furuno transpondedor AIS, modelo FA-150.
- 1 Furuno VDR, modelo VR-3000 System.
- 1 Phonetec Sound Reception System, modelo VSS-II.
- 1 Bridge Watch Monitoring System.

### Equipamiento de comunicación GMDSS

- 1 Furuno MF/HF SSBB RADIOSTATION, modelo FS 2570.

- 1 Furuno NX-700B NAVTEX RECIVER.
- 2 Joton Radar Transponder, modelo TRON SART.
- 3 Joton GMDSS approved portable VHF, modelo TRON TR-20.
- 2 Furuno INMARSAT-C w/EGC, modelo Felcom 15.
- 1 Furuno SSAS, part off Inmarsat-c, modelo Felcom.
- 2 Furuno VHF/DCS Simplex, modelo FM 8800S.
- 1 Sea-tel V-sat.
- 1 Teléfono Threne & Thrane fleet broadband 500.
- 2 Teléfonos Motorola GSM.
- 2 Furuno VHF Simplex, modelo FM 2721.
- 6 Motorola GP 340 EX Portable VHF, EX approved.
- 6 Motorola GP 380 EX Portable VHF, EX approved.
- 1 Furuno Conning System, 4 monitores (2x19" + 2x 15").
- 3 Motorola UHF para Puente & ECR, modelo GM 380.

## 14. DISPOSICIÓN GENERAL Y CUADERNA MAESTRA



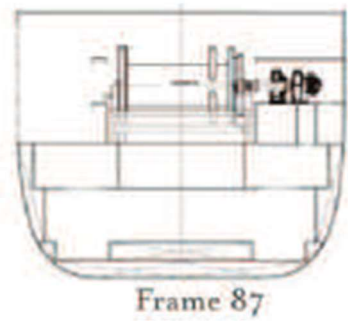
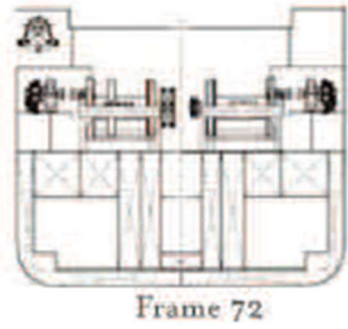
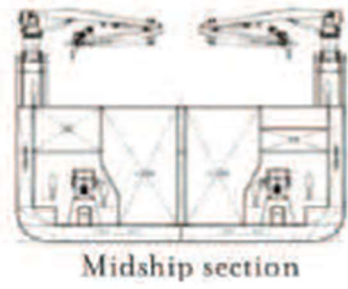


Figura 14.1



## 15. ANEXO I. ALTERNATIVAS (CIFRA DE MÉRITO)

Alternativa	Lpp	B	D (m)	T (m)	L/B	L/D	L/T	B/D	B/T	T/D	Fb	CC
inicial	76,2	19,25	8,87	7,27	3,96	8,59	10,48	2,17	2,65	0,82	1600,00	18729003,74
1	69,3	17,5	10,73	8,79	3,96	6,46	7,88	1,63	1,99	0,82	1935	17600155,53
2	69,3	17,75	10,58	8,67	3,90	6,55	7,99	1,68	2,05	0,82	1908	17652468,70
3	69,3	18	10,43	8,55	3,85	6,64	8,11	1,73	2,11	0,82	1881	17704414,74
4	69,3	18,25	10,29	8,43	3,80	6,74	8,22	1,77	2,16	0,82	1856	17756001,28
5	69,3	18,5	10,15	8,32	3,75	6,83	8,33	1,82	2,22	0,82	1831	17807235,68
6	69,3	18,75	10,01	8,21	3,70	6,92	8,44	1,87	2,28	0,82	1806	17858125,06
7	69,3	19	9,88	8,10	3,65	7,01	8,56	1,92	2,35	0,82	1782	17908676,29
8	69,3	19,25	9,75	7,99	3,60	7,11	8,67	1,97	2,41	0,82	1759	17958896,02
9	69,3	19,5	9,63	7,89	3,55	7,20	8,78	2,03	2,47	0,82	1737	18008790,70
10	69,3	19,75	9,51	7,79	3,51	7,29	8,89	2,08	2,53	0,82	1715	18058366,56
11	69,3	20	9,39	7,69	3,47	7,38	9,01	2,13	2,60	0,82	1693	18107629,62
12	69,3	20,25	9,27	7,60	3,42	7,47	9,12	2,18	2,66	0,82	1672	18156585,74
13	69,3	20,5	9,16	7,51	3,38	7,57	9,23	2,24	2,73	0,82	1652	18205240,58
14	69,3	20,75	9,05	7,42	3,34	7,66	9,34	2,29	2,80	0,82	1632	18253599,64
15	69,3	21	8,94	7,33	3,30	7,75	9,46	2,35	2,87	0,82	1613	18301668,25
16	69,3	21,25	8,84	7,24	3,26	7,84	9,57	2,41	2,93	0,82	1594	18349451,57
17	69,8	17,5	10,65	8,73	3,99	6,55	8,00	1,64	2,00	0,82	1921	17653185,16
18	69,8	17,75	10,50	8,61	3,93	6,65	8,11	1,69	2,06	0,82	1894	17705875,77
19	69,8	18	10,36	8,49	3,88	6,74	8,22	1,74	2,12	0,82	1868	17758196,60
20	69,8	18,25	10,21	8,37	3,82	6,83	8,34	1,79	2,18	0,82	1842	17810155,34
21	69,8	18,5	10,08	8,26	3,77	6,93	8,45	1,84	2,24	0,82	1818	17861759,40
22	69,8	18,75	9,94	8,15	3,72	7,02	8,57	1,89	2,30	0,82	1793	17913015,94
23	69,8	19	9,81	8,04	3,67	7,11	8,68	1,94	2,36	0,82	1770	17963931,90
24	69,8	19,25	9,68	7,94	3,63	7,21	8,79	1,99	2,43	0,82	1747	18014513,97
25	69,8	19,5	9,56	7,83	3,58	7,30	8,91	2,04	2,49	0,82	1724	18064768,64
26	69,8	19,75	9,44	7,74	3,53	7,40	9,02	2,09	2,55	0,82	1702	18114702,18
27	69,8	20	9,32	7,64	3,49	7,49	9,14	2,15	2,62	0,82	1681	18164320,68
28	69,8	20,25	9,21	7,54	3,45	7,58	9,25	2,20	2,68	0,82	1660	18213630,02
29	69,8	20,5	9,09	7,45	3,40	7,68	9,37	2,25	2,75	0,82	1640	18262635,90
30	69,8	20,75	8,98	7,36	3,36	7,77	9,48	2,31	2,82	0,82	1620	18311343,87
31	69,8	21	8,88	7,28	3,32	7,86	9,59	2,37	2,89	0,82	1601	18359759,30
32	69,8	21,25	8,77	7,19	3,28	7,96	9,71	2,42	2,96	0,82	1582	18407887,38
33	70,3	17,5	10,58	8,67	4,02	6,65	8,11	1,65	2,02	0,82	1908	17706214,80
34	70,3	17,75	10,43	8,55	3,96	6,74	8,23	1,70	2,08	0,82	1881	17759282,84
35	70,3	18	10,28	8,43	3,91	6,84	8,34	1,75	2,14	0,82	1855	17811978,46
36	70,3	18,25	10,14	8,31	3,85	6,93	8,46	1,80	2,20	0,82	1829	17864309,40
37	70,3	18,5	10,00	8,20	3,80	7,03	8,57	1,85	2,26	0,82	1805	17916283,11
38	70,3	18,75	9,87	8,09	3,75	7,12	8,69	1,90	2,32	0,82	1781	17967906,83
39	70,3	19	9,74	7,98	3,70	7,22	8,81	1,95	2,38	0,82	1757	18019187,51

40	70,3	19,25	9,61	7,88	3,65	7,31	8,92	2,00	2,44	0,82	1734	18070131,92
41	70,3	19,5	9,49	7,78	3,61	7,41	9,04	2,05	2,51	0,82	1712	18120746,58
42	70,3	19,75	9,37	7,68	3,56	7,50	9,15	2,11	2,57	0,82	1690	18171037,81
43	70,3	20	9,25	7,58	3,52	7,60	9,27	2,16	2,64	0,82	1669	18221011,74
44	70,3	20,25	9,14	7,49	3,47	7,69	9,38	2,22	2,70	0,82	1649	18270674,30
45	70,3	20,5	9,03	7,40	3,43	7,79	9,50	2,27	2,77	0,82	1629	18320031,23
46	70,3	20,75	8,92	7,31	3,39	7,88	9,62	2,33	2,84	0,82	1609	18369088,11
47	70,3	21	8,81	7,22	3,35	7,98	9,73	2,38	2,91	0,82	1590	18417850,35
48	70,3	21,25	8,71	7,14	3,31	8,07	9,85	2,44	2,98	0,82	1571	18466323,19
49	70,8	17,5	10,50	8,61	4,05	6,74	8,23	1,67	2,03	0,82	1894	17759244,43
50	70,8	17,75	10,35	8,49	3,99	6,84	8,34	1,71	2,09	0,82	1868	17812689,91
51	70,8	18	10,21	8,37	3,93	6,93	8,46	1,76	2,15	0,82	1842	17865760,33
52	70,8	18,25	10,07	8,25	3,88	7,03	8,58	1,81	2,21	0,82	1816	17918463,46
53	70,8	18,5	9,93	8,14	3,83	7,13	8,70	1,86	2,27	0,82	1792	17970806,83
54	70,8	18,75	9,80	8,03	3,78	7,22	8,81	1,91	2,33	0,82	1768	18022797,71
55	70,8	19	9,67	7,93	3,73	7,32	8,93	1,96	2,40	0,82	1745	18074443,12
56	70,8	19,25	9,55	7,82	3,68	7,42	9,05	2,02	2,46	0,82	1722	18125749,87
57	70,8	19,5	9,42	7,72	3,63	7,51	9,17	2,07	2,52	0,82	1700	18176724,52
58	70,8	19,75	9,30	7,63	3,58	7,61	9,28	2,12	2,59	0,82	1678	18227373,44
59	70,8	20	9,19	7,53	3,54	7,71	9,40	2,18	2,66	0,82	1657	18277702,80
60	70,8	20,25	9,08	7,44	3,50	7,80	9,52	2,23	2,72	0,82	1637	18327718,58
61	70,8	20,5	8,96	7,35	3,45	7,90	9,64	2,29	2,79	0,82	1617	18377426,55
62	70,8	20,75	8,86	7,26	3,41	7,99	9,75	2,34	2,86	0,82	1598	18426832,35
63	70,8	21	8,75	7,17	3,37	8,09	9,87	2,40	2,93	0,82	1579	18475941,40
64	70,8	21,25	8,65	7,09	3,33	8,19	9,99	2,46	3,00	0,82	1560	18524759,00
65	71,3	17,5	10,43	8,55	4,07	6,84	8,34	1,68	2,05	0,82	1881	17812274,06
66	71,3	17,75	10,28	8,43	4,02	6,94	8,46	1,73	2,11	0,82	1854	17866096,98
67	71,3	18	10,14	8,31	3,96	7,03	8,58	1,78	2,17	0,82	1829	17919542,19
68	71,3	18,25	10,00	8,20	3,91	7,13	8,70	1,83	2,23	0,82	1804	17972617,52
69	71,3	18,5	9,86	8,08	3,85	7,23	8,82	1,88	2,29	0,82	1779	18025330,55
70	71,3	18,75	9,73	7,98	3,80	7,33	8,94	1,93	2,35	0,82	1756	18077688,59
71	71,3	19	9,60	7,87	3,75	7,42	9,06	1,98	2,41	0,82	1732	18129698,73
72	71,3	19,25	9,48	7,77	3,70	7,52	9,18	2,03	2,48	0,82	1710	18181367,81
73	71,3	19,5	9,36	7,67	3,66	7,62	9,30	2,08	2,54	0,82	1688	18232702,45
74	71,3	19,75	9,24	7,57	3,61	7,72	9,42	2,14	2,61	0,82	1667	18283709,07
75	71,3	20	9,12	7,48	3,57	7,81	9,53	2,19	2,67	0,82	1646	18334393,86
76	71,3	20,25	9,01	7,39	3,52	7,91	9,65	2,25	2,74	0,82	1626	18384762,86
77	71,3	20,5	8,90	7,30	3,48	8,01	9,77	2,30	2,81	0,82	1606	18434821,88
78	71,3	20,75	8,79	7,21	3,44	8,11	9,89	2,36	2,88	0,82	1586	18484576,58
79	71,3	21	8,69	7,12	3,40	8,21	10,01	2,42	2,95	0,82	1567	18534032,45
80	71,3	21,25	8,59	7,04	3,36	8,30	10,13	2,47	3,02	0,82	1549	18583194,80
81	71,8	17,5	10,35	8,49	4,10	6,93	8,46	1,69	2,06	0,82	1868	17865303,69
82	71,8	17,75	10,21	8,37	4,05	7,03	8,58	1,74	2,12	0,82	1842	17919504,05
83	71,8	18	10,07	8,25	3,99	7,13	8,70	1,79	2,18	0,82	1816	17973324,05
84	71,8	18,25	9,93	8,14	3,93	7,23	8,82	1,84	2,24	0,82	1791	18026771,58

85	71,8	18,5	9,80	8,03	3,88	7,33	8,94	1,89	2,30	0,82	1767	18079854,26
86	71,8	18,75	9,66	7,92	3,83	7,43	9,06	1,94	2,37	0,82	1743	18132579,48
87	71,8	19	9,54	7,82	3,78	7,53	9,19	1,99	2,43	0,82	1720	18184954,34
88	71,8	19,25	9,41	7,72	3,73	7,63	9,31	2,04	2,49	0,82	1698	18236985,76
89	71,8	19,5	9,29	7,62	3,68	7,73	9,43	2,10	2,56	0,82	1676	18288680,39
90	71,8	19,75	9,18	7,52	3,64	7,83	9,55	2,15	2,63	0,82	1655	18340044,69
91	71,8	20	9,06	7,43	3,59	7,92	9,67	2,21	2,69	0,82	1634	18391084,92
92	71,8	20,25	8,95	7,33	3,55	8,02	9,79	2,26	2,76	0,82	1614	18441807,14
93	71,8	20,5	8,84	7,25	3,50	8,12	9,91	2,32	2,83	0,82	1595	18492217,20
94	71,8	20,75	8,73	7,16	3,46	8,22	10,03	2,38	2,90	0,82	1575	18542320,82
95	71,8	21	8,63	7,07	3,42	8,32	10,15	2,43	2,97	0,82	1557	18592123,50
96	71,8	21,25	8,53	6,99	3,38	8,42	10,27	2,49	3,04	0,82	1538	18641630,61
97	72,3	17,5	10,28	8,43	4,13	7,03	8,58	1,70	2,08	0,82	1855	17918333,32
98	72,3	17,75	10,14	8,31	4,07	7,13	8,70	1,75	2,14	0,82	1829	17972911,13
99	72,3	18	10,00	8,19	4,02	7,23	8,82	1,80	2,20	0,82	1803	18027105,91
100	72,3	18,25	9,86	8,08	3,96	7,33	8,95	1,85	2,26	0,82	1779	18080925,64
101	72,3	18,5	9,73	7,97	3,91	7,43	9,07	1,90	2,32	0,82	1755	18134377,98
102	72,3	18,75	9,60	7,87	3,86	7,53	9,19	1,95	2,38	0,82	1731	18187470,36
103	72,3	19	9,47	7,76	3,81	7,63	9,31	2,01	2,45	0,82	1708	18240209,96
104	72,3	19,25	9,35	7,66	3,76	7,73	9,44	2,06	2,51	0,82	1686	18292603,71
105	72,3	19,5	9,23	7,56	3,71	7,83	9,56	2,11	2,58	0,82	1665	18344658,33
106	72,3	19,75	9,11	7,47	3,66	7,93	9,68	2,17	2,64	0,82	1644	18396380,32
107	72,3	20	9,00	7,37	3,62	8,04	9,80	2,22	2,71	0,82	1623	18447775,98
108	72,3	20,25	8,89	7,28	3,57	8,14	9,93	2,28	2,78	0,82	1603	18498851,42
109	72,3	20,5	8,78	7,19	3,53	8,24	10,05	2,34	2,85	0,82	1583	18549612,53
110	72,3	20,75	8,67	7,11	3,48	8,34	10,17	2,39	2,92	0,82	1564	18600065,05
111	72,3	21	8,57	7,02	3,44	8,44	10,29	2,45	2,99	0,82	1546	18650214,55
112	72,3	21,25	8,47	6,94	3,40	8,54	10,42	2,51	3,06	0,82	1528	18700066,42
113	72,8	17,5	10,21	8,37	4,16	7,13	8,70	1,71	2,09	0,82	1842	17971362,95
114	72,8	17,75	10,07	8,25	4,10	7,23	8,82	1,76	2,15	0,82	1816	18026318,20
115	72,8	18	9,93	8,14	4,04	7,33	8,95	1,81	2,21	0,82	1791	18080887,78
116	72,8	18,25	9,79	8,03	3,99	7,43	9,07	1,86	2,27	0,82	1766	18135079,70
117	72,8	18,5	9,66	7,92	3,94	7,54	9,19	1,91	2,34	0,82	1743	18188901,70
118	72,8	18,75	9,53	7,81	3,88	7,64	9,32	1,97	2,40	0,82	1719	18242361,24
119	72,8	19	9,41	7,71	3,83	7,74	9,44	2,02	2,46	0,82	1697	18295465,57
120	72,8	19,25	9,28	7,61	3,78	7,84	9,57	2,07	2,53	0,82	1675	18348221,65
121	72,8	19,5	9,17	7,51	3,73	7,94	9,69	2,13	2,60	0,82	1653	18400636,27
122	72,8	19,75	9,05	7,42	3,69	8,04	9,82	2,18	2,66	0,82	1632	18452715,95
123	72,8	20	8,94	7,32	3,64	8,15	9,94	2,24	2,73	0,82	1612	18504467,05
124	72,8	20,25	8,83	7,23	3,60	8,25	10,06	2,29	2,80	0,82	1592	18555895,70
125	72,8	20,5	8,72	7,15	3,55	8,35	10,19	2,35	2,87	0,82	1573	18607007,85
126	72,8	20,75	8,61	7,06	3,51	8,45	10,31	2,41	2,94	0,82	1554	18657809,29
127	72,8	21	8,51	6,98	3,47	8,55	10,44	2,47	3,01	0,82	1535	18708305,60
128	72,8	21,25	8,41	6,89	3,43	8,66	10,56	2,53	3,08	0,82	1517	18758502,23
129	73,3	17,5	10,14	8,31	4,19	7,23	8,82	1,73	2,11	0,82	1830	18024392,59

130	73,3	17,75	10,00	8,20	4,13	7,33	8,94	1,77	2,17	0,82	1804	18079725,27
131	73,3	18	9,86	8,08	4,07	7,43	9,07	1,83	2,23	0,82	1779	18134669,64
132	73,3	18,25	9,73	7,97	4,02	7,54	9,19	1,88	2,29	0,82	1754	18189233,76
133	73,3	18,5	9,59	7,86	3,96	7,64	9,32	1,93	2,35	0,82	1731	18243425,41
134	73,3	18,75	9,47	7,76	3,91	7,74	9,45	1,98	2,42	0,82	1708	18297252,13
135	73,3	19	9,34	7,66	3,86	7,85	9,57	2,03	2,48	0,82	1685	18350721,18
136	73,3	19,25	9,22	7,56	3,81	7,95	9,70	2,09	2,55	0,82	1663	18403839,60
137	73,3	19,5	9,10	7,46	3,76	8,05	9,82	2,14	2,61	0,82	1642	18456614,20
138	73,3	19,75	8,99	7,37	3,71	8,16	9,95	2,20	2,68	0,82	1621	18509051,58
139	73,3	20	8,88	7,27	3,67	8,26	10,08	2,25	2,75	0,82	1601	18561158,11
140	73,3	20,25	8,77	7,18	3,62	8,36	10,20	2,31	2,82	0,82	1581	18612939,98
141	73,3	20,5	8,66	7,10	3,58	8,47	10,33	2,37	2,89	0,82	1562	18664403,18
142	73,3	20,75	8,55	7,01	3,53	8,57	10,45	2,43	2,96	0,82	1543	18715553,52
143	73,3	21	8,45	6,93	3,49	8,67	10,58	2,48	3,03	0,82	1525	18766396,65
144	73,3	21,25	8,35	6,85	3,45	8,78	10,71	2,54	3,10	0,82	1507	18816938,04
145	73,8	17,5	10,07	8,26	4,22	7,33	8,94	1,74	2,12	0,82	1817	18077422,22
146	73,8	17,75	9,93	8,14	4,16	7,43	9,07	1,79	2,18	0,82	1792	18133132,34
147	73,8	18	9,79	8,03	4,10	7,53	9,19	1,84	2,24	0,82	1767	18188451,50
148	73,8	18,25	9,66	7,92	4,04	7,64	9,32	1,89	2,30	0,82	1743	18243387,82
149	73,8	18,5	9,53	7,81	3,99	7,74	9,45	1,94	2,37	0,82	1719	18297949,13
150	73,8	18,75	9,40	7,71	3,94	7,85	9,58	1,99	2,43	0,82	1696	18352143,01
151	73,8	19	9,28	7,61	3,88	7,95	9,70	2,05	2,50	0,82	1674	18405976,79
152	73,8	19,25	9,16	7,51	3,83	8,06	9,83	2,10	2,56	0,82	1652	18459457,55
153	73,8	19,5	9,04	7,41	3,78	8,16	9,96	2,16	2,63	0,82	1631	18512592,14
154	73,8	19,75	8,93	7,32	3,74	8,27	10,09	2,21	2,70	0,82	1610	18565387,20
155	73,8	20	8,82	7,22	3,69	8,37	10,21	2,27	2,77	0,82	1590	18617849,17
156	73,8	20,25	8,71	7,14	3,64	8,48	10,34	2,33	2,84	0,82	1570	18669984,25
157	73,8	20,5	8,60	7,05	3,60	8,58	10,47	2,38	2,91	0,82	1551	18721798,50
158	73,8	20,75	8,50	6,96	3,56	8,69	10,60	2,44	2,98	0,82	1533	18773297,76
159	73,8	21	8,40	6,88	3,51	8,79	10,73	2,50	3,05	0,82	1514	18824487,70
160	73,8	21,25	8,30	6,80	3,47	8,90	10,85	2,56	3,13	0,82	1497	18875373,84
161	74,3	17,5	10,01	8,20	4,25	7,43	9,06	1,75	2,13	0,82	1805	18130451,85
162	74,3	17,75	9,87	8,09	4,19	7,53	9,19	1,80	2,20	0,82	1780	18186539,41
163	74,3	18	9,73	7,97	4,13	7,64	9,32	1,85	2,26	0,82	1755	18242233,36
164	74,3	18,25	9,60	7,86	4,07	7,74	9,45	1,90	2,32	0,82	1731	18297541,88
165	74,3	18,5	9,47	7,76	4,02	7,85	9,58	1,95	2,38	0,82	1707	18352472,85
166	74,3	18,75	9,34	7,65	3,96	7,96	9,71	2,01	2,45	0,82	1685	18407033,89
167	74,3	19	9,22	7,55	3,91	8,06	9,84	2,06	2,52	0,82	1663	18461232,40
168	74,3	19,25	9,10	7,46	3,86	8,17	9,97	2,12	2,58	0,82	1641	18515075,49
169	74,3	19,5	8,98	7,36	3,81	8,27	10,09	2,17	2,65	0,82	1620	18568570,08
170	74,3	19,75	8,87	7,27	3,76	8,38	10,22	2,23	2,72	0,82	1599	18621722,83
171	74,3	20	8,76	7,18	3,72	8,49	10,35	2,28	2,79	0,82	1579	18674540,23
172	74,3	20,25	8,65	7,09	3,67	8,59	10,48	2,34	2,86	0,82	1560	18727028,53
173	74,3	20,5	8,54	7,00	3,62	8,70	10,61	2,40	2,93	0,82	1541	18779193,83
174	74,3	20,75	8,44	6,92	3,58	8,80	10,74	2,46	3,00	0,82	1522	18831042,00

175	74,3	21	8,34	6,83	3,54	8,91	10,87	2,52	3,07	0,82	1504	18882578,76
176	74,3	21,25	8,24	6,75	3,50	9,02	11,00	2,58	3,15	0,82	1486	18933809,65
177	74,8	17,5	9,94	8,15	4,27	7,53	9,18	1,76	2,15	0,82	1793	18183481,48
178	74,8	17,75	9,80	8,03	4,21	7,63	9,31	1,81	2,21	0,82	1768	18239946,48
179	74,8	18	9,66	7,92	4,16	7,74	9,44	1,86	2,27	0,82	1743	18296015,23
180	74,8	18,25	9,53	7,81	4,10	7,85	9,58	1,91	2,34	0,82	1719	18351695,94
181	74,8	18,5	9,40	7,71	4,04	7,96	9,71	1,97	2,40	0,82	1696	18406996,56
182	74,8	18,75	9,28	7,60	3,99	8,06	9,84	2,02	2,47	0,82	1673	18461924,78
183	74,8	19	9,15	7,50	3,94	8,17	9,97	2,08	2,53	0,82	1651	18516488,01
184	74,8	19,25	9,04	7,41	3,89	8,28	10,10	2,13	2,60	0,82	1630	18570693,44
185	74,8	19,5	8,92	7,31	3,84	8,39	10,23	2,19	2,67	0,82	1609	18624548,01
186	74,8	19,75	8,81	7,22	3,79	8,49	10,36	2,24	2,74	0,82	1589	18678058,46
187	74,8	20	8,70	7,13	3,74	8,60	10,49	2,30	2,81	0,82	1569	18731231,29
188	74,8	20,25	8,59	7,04	3,69	8,71	10,62	2,36	2,88	0,82	1549	18784072,81
189	74,8	20,5	8,49	6,95	3,65	8,82	10,76	2,42	2,95	0,82	1531	18836589,15
190	74,8	20,75	8,38	6,87	3,60	8,92	10,89	2,48	3,02	0,82	1512	18888786,23
191	74,8	21	8,28	6,79	3,56	9,03	11,02	2,54	3,09	0,82	1494	18940669,81
192	74,8	21,25	8,19	6,71	3,52	9,14	11,15	2,60	3,17	0,82	1477	18992245,46
193	75,3	17,5	9,87	8,09	4,30	7,63	9,30	1,77	2,16	0,82	1781	18236511,11
194	75,3	17,75	9,73	7,98	4,24	7,74	9,44	1,82	2,22	0,82	1756	18293353,56
195	75,3	18	9,60	7,87	4,18	7,84	9,57	1,88	2,29	0,82	1732	18349797,09
196	75,3	18,25	9,47	7,76	4,13	7,95	9,70	1,93	2,35	0,82	1708	18405850,00
197	75,3	18,5	9,34	7,66	4,07	8,06	9,84	1,98	2,42	0,82	1685	18461520,28
198	75,3	18,75	9,22	7,55	4,02	8,17	9,97	2,03	2,48	0,82	1662	18516815,66
199	75,3	19	9,09	7,45	3,96	8,28	10,10	2,09	2,55	0,82	1640	18571743,62
200	75,3	19,25	8,98	7,36	3,91	8,39	10,24	2,14	2,62	0,82	1619	18626311,39
201	75,3	19,5	8,86	7,26	3,86	8,50	10,37	2,20	2,68	0,82	1598	18680525,95
202	75,3	19,75	8,75	7,17	3,81	8,61	10,50	2,26	2,75	0,82	1578	18734394,09
203	75,3	20	8,64	7,08	3,77	8,72	10,63	2,31	2,82	0,82	1558	18787922,35
204	75,3	20,25	8,53	6,99	3,72	8,82	10,77	2,37	2,90	0,82	1539	18841117,09
205	75,3	20,5	8,43	6,91	3,67	8,93	10,90	2,43	2,97	0,82	1520	18893984,48
206	75,3	20,75	8,33	6,83	3,63	9,04	11,03	2,49	3,04	0,82	1502	18946530,47
207	75,3	21	8,23	6,74	3,59	9,15	11,17	2,55	3,11	0,82	1484	18998760,86
208	75,3	21,25	8,13	6,66	3,54	9,26	11,30	2,61	3,19	0,82	1467	19050681,27
209	75,8	17,5	9,81	8,04	4,33	7,73	9,43	1,78	2,18	0,82	1769	18289540,74
210	75,8	17,75	9,67	7,93	4,27	7,84	9,56	1,84	2,24	0,82	1744	18346760,63
211	75,8	18	9,54	7,82	4,21	7,95	9,70	1,89	2,30	0,82	1720	18403578,95
212	75,8	18,25	9,41	7,71	4,15	8,06	9,83	1,94	2,37	0,82	1697	18460004,06
213	75,8	18,5	9,28	7,60	4,10	8,17	9,97	1,99	2,43	0,82	1674	18516043,99
214	75,8	18,75	9,15	7,50	4,04	8,28	10,10	2,05	2,50	0,82	1651	18571706,55
215	75,8	19	9,03	7,40	3,99	8,39	10,24	2,10	2,57	0,82	1630	18626999,23
216	75,8	19,25	8,92	7,31	3,94	8,50	10,37	2,16	2,63	0,82	1608	18681929,33
217	75,8	19,5	8,80	7,21	3,89	8,61	10,51	2,22	2,70	0,82	1588	18736503,89
218	75,8	19,75	8,69	7,12	3,84	8,72	10,64	2,27	2,77	0,82	1568	18790729,71
219	75,8	20	8,58	7,03	3,79	8,83	10,78	2,33	2,84	0,82	1548	18844613,41

220	75,8	20,25	8,48	6,95	3,74	8,94	10,91	2,39	2,91	0,82	1529	18898161,37
221	75,8	20,5	8,37	6,86	3,70	9,05	11,05	2,45	2,99	0,82	1510	18951379,80
222	75,8	20,75	8,27	6,78	3,65	9,16	11,18	2,51	3,06	0,82	1492	19004274,70
223	75,8	21	8,17	6,70	3,61	9,27	11,31	2,57	3,13	0,82	1474	19056851,91
224	75,8	21,25	8,08	6,62	3,57	9,38	11,45	2,63	3,21	0,82	1457	19109117,08
225	76,3	17,5	9,74	7,99	4,36	7,83	9,55	1,80	2,19	0,82	1758	18342570,38
226	76,3	17,75	9,61	7,87	4,30	7,94	9,69	1,85	2,25	0,82	1733	18400167,70
227	76,3	18	9,47	7,76	4,24	8,05	9,83	1,90	2,32	0,82	1709	18457360,82
228	76,3	18,25	9,34	7,66	4,18	8,17	9,96	1,95	2,38	0,82	1685	18514158,12
229	76,3	18,5	9,22	7,55	4,12	8,28	10,10	2,01	2,45	0,82	1663	18570567,71
230	76,3	18,75	9,09	7,45	4,07	8,39	10,24	2,06	2,52	0,82	1641	18626597,43
231	76,3	19	8,97	7,36	4,02	8,50	10,37	2,12	2,58	0,82	1619	18682254,84
232	76,3	19,25	8,86	7,26	3,96	8,61	10,51	2,17	2,65	0,82	1598	18737547,28
233	76,3	19,5	8,74	7,17	3,91	8,73	10,65	2,23	2,72	0,82	1577	18792481,83
234	76,3	19,75	8,63	7,08	3,86	8,84	10,78	2,29	2,79	0,82	1557	18847065,34
235	76,3	20	8,53	6,99	3,82	8,95	10,92	2,35	2,86	0,82	1538	18901304,47
236	76,3	20,25	8,42	6,90	3,77	9,06	11,05	2,40	2,93	0,82	1519	18955205,65
237	76,3	20,5	8,32	6,82	3,72	9,17	11,19	2,46	3,01	0,82	1500	19008775,12
238	76,3	20,75	8,22	6,74	3,68	9,28	11,33	2,52	3,08	0,82	1482	19062018,94
239	76,3	21	8,12	6,66	3,63	9,40	11,46	2,59	3,16	0,82	1465	19114942,96
240	76,3	21,25	8,02	6,58	3,59	9,51	11,60	2,65	3,23	0,82	1448	19167552,88
241	76,8	17,5	9,68	7,93	4,39	7,93	9,68	1,81	2,21	0,82	1746	18395600,01
242	76,8	17,75	9,54	7,82	4,33	8,05	9,82	1,86	2,27	0,82	1722	18453574,77
243	76,8	18	9,41	7,71	4,27	8,16	9,96	1,91	2,33	0,82	1698	18511142,68
244	76,8	18,25	9,28	7,61	4,21	8,27	10,09	1,97	2,40	0,82	1674	18568312,18
245	76,8	18,5	9,16	7,51	4,15	8,39	10,23	2,02	2,46	0,82	1652	18625091,43
246	76,8	18,75	9,04	7,41	4,10	8,50	10,37	2,08	2,53	0,82	1630	18681488,31
247	76,8	19	8,92	7,31	4,04	8,61	10,51	2,13	2,60	0,82	1608	18737510,46
248	76,8	19,25	8,80	7,21	3,99	8,73	10,65	2,19	2,67	0,82	1588	18793165,23
249	76,8	19,5	8,69	7,12	3,94	8,84	10,79	2,24	2,74	0,82	1567	18848459,76
250	76,8	19,75	8,58	7,03	3,89	8,95	10,92	2,30	2,81	0,82	1547	18903400,97
251	76,8	20	8,47	6,94	3,84	9,07	11,06	2,36	2,88	0,82	1528	18957995,53
252	76,8	20,25	8,37	6,86	3,79	9,18	11,20	2,42	2,95	0,82	1509	19012249,93
253	76,8	20,5	8,26	6,77	3,75	9,29	11,34	2,48	3,03	0,82	1491	19066170,45
254	76,8	20,75	8,16	6,69	3,70	9,41	11,48	2,54	3,10	0,82	1473	19119763,17
255	76,8	21	8,07	6,61	3,66	9,52	11,62	2,60	3,18	0,82	1455	19173034,01
256	76,8	21,25	7,97	6,53	3,61	9,63	11,75	2,67	3,25	0,82	1438	19225988,69
257	77,3	17,5	9,62	7,88	4,42	8,04	9,81	1,82	2,22	0,82	1735	18448629,64
258	77,3	17,75	9,48	7,77	4,35	8,15	9,95	1,87	2,28	0,82	1711	18506981,84
259	77,3	18	9,35	7,66	4,29	8,27	10,09	1,92	2,35	0,82	1687	18564924,54
260	77,3	18,25	9,22	7,56	4,24	8,38	10,23	1,98	2,41	0,82	1664	18622466,24
261	77,3	18,5	9,10	7,46	4,18	8,50	10,37	2,03	2,48	0,82	1641	18679615,14
262	77,3	18,75	8,98	7,36	4,12	8,61	10,51	2,09	2,55	0,82	1619	18736379,20
263	77,3	19	8,86	7,26	4,07	8,73	10,65	2,14	2,62	0,82	1598	18792766,07
264	77,3	19,25	8,74	7,17	4,02	8,84	10,79	2,20	2,69	0,82	1577	18848783,17

265	77,3	19,5	8,63	7,07	3,96	8,96	10,93	2,26	2,76	0,82	1557	18904437,70
266	77,3	19,75	8,52	6,99	3,91	9,07	11,07	2,32	2,83	0,82	1537	18959736,60
267	77,3	20	8,42	6,90	3,87	9,19	11,21	2,38	2,90	0,82	1518	19014686,59
268	77,3	20,25	8,31	6,81	3,82	9,30	11,35	2,44	2,97	0,82	1499	19069294,21
269	77,3	20,5	8,21	6,73	3,77	9,41	11,49	2,50	3,05	0,82	1481	19123565,77
270	77,3	20,75	8,11	6,65	3,73	9,53	11,63	2,56	3,12	0,82	1463	19177507,41
271	77,3	21	8,02	6,57	3,68	9,64	11,77	2,62	3,20	0,82	1446	19231125,06
272	77,3	21,25	7,92	6,49	3,64	9,76	11,91	2,68	3,27	0,82	1429	19284424,50
273	77,8	17,5	9,56	7,83	4,45	8,14	9,93	1,83	2,23	0,82	1724	18501659,27
274	77,8	17,75	9,42	7,72	4,38	8,26	10,07	1,88	2,30	0,82	1700	18560388,91
275	77,8	18	9,29	7,61	4,32	8,37	10,22	1,94	2,36	0,82	1676	18618706,40
276	77,8	18,25	9,16	7,51	4,26	8,49	10,36	1,99	2,43	0,82	1653	18676620,30
277	77,8	18,5	9,04	7,41	4,21	8,61	10,50	2,05	2,50	0,82	1631	18734138,86
278	77,8	18,75	8,92	7,31	4,15	8,72	10,64	2,10	2,56	0,82	1609	18791270,08
279	77,8	19	8,80	7,21	4,09	8,84	10,78	2,16	2,63	0,82	1588	18848021,68
280	77,8	19,25	8,69	7,12	4,04	8,96	10,93	2,22	2,70	0,82	1567	18904401,12
281	77,8	19,5	8,58	7,03	3,99	9,07	11,07	2,27	2,77	0,82	1547	18960415,64
282	77,8	19,75	8,47	6,94	3,94	9,19	11,21	2,33	2,85	0,82	1527	19016072,22
283	77,8	20	8,36	6,85	3,89	9,30	11,35	2,39	2,92	0,82	1508	19071377,65
284	77,8	20,25	8,26	6,77	3,84	9,42	11,49	2,45	2,99	0,82	1490	19126338,49
285	77,8	20,5	8,16	6,69	3,80	9,54	11,64	2,51	3,07	0,82	1472	19180961,10
286	77,8	20,75	8,06	6,61	3,75	9,65	11,78	2,57	3,14	0,82	1454	19235251,64
287	77,8	21	7,96	6,53	3,70	9,77	11,92	2,64	3,22	0,82	1437	19289216,11
288	77,8	21,25	7,87	6,45	3,66	9,89	12,06	2,70	3,29	0,82	1420	19342860,31
289	78,3	17,5	9,50	7,78	4,47	8,25	10,06	1,84	2,25	0,82	1713	18554688,90
290	78,3	17,75	9,36	7,67	4,41	8,36	10,20	1,90	2,31	0,82	1689	18613795,98
291	78,3	18	9,23	7,57	4,35	8,48	10,35	1,95	2,38	0,82	1665	18672488,27
292	78,3	18,25	9,11	7,46	4,29	8,60	10,49	2,00	2,45	0,82	1642	18730774,36
293	78,3	18,5	8,98	7,36	4,23	8,72	10,64	2,06	2,51	0,82	1620	18788662,58
294	78,3	18,75	8,86	7,26	4,18	8,84	10,78	2,12	2,58	0,82	1599	18846160,96
295	78,3	19	8,75	7,17	4,12	8,95	10,92	2,17	2,65	0,82	1578	18903277,29
296	78,3	19,25	8,63	7,08	4,07	9,07	11,07	2,23	2,72	0,82	1557	18960019,07
297	78,3	19,5	8,52	6,98	4,02	9,19	11,21	2,29	2,79	0,82	1537	19016393,58
298	78,3	19,75	8,41	6,90	3,96	9,31	11,35	2,35	2,86	0,82	1518	19072407,85
299	78,3	20	8,31	6,81	3,92	9,42	11,50	2,41	2,94	0,82	1499	19128068,71
300	78,3	20,25	8,21	6,73	3,87	9,54	11,64	2,47	3,01	0,82	1480	19183382,77
301	78,3	20,5	8,11	6,64	3,82	9,66	11,79	2,53	3,09	0,82	1462	19238356,42
302	78,3	20,75	8,01	6,56	3,77	9,78	11,93	2,59	3,16	0,82	1445	19292995,88
303	78,3	21	7,91	6,49	3,73	9,90	12,07	2,65	3,24	0,82	1427	19347307,16
304	78,3	21,25	7,82	6,41	3,68	10,01	12,22	2,72	3,32	0,82	1411	19401296,12
305	78,8	17,5	9,44	7,73	4,50	8,35	10,19	1,85	2,26	0,82	1702	18607718,53
306	78,8	17,75	9,30	7,62	4,44	8,47	10,34	1,91	2,33	0,82	1678	18667203,06
307	78,8	18	9,17	7,52	4,38	8,59	10,48	1,96	2,39	0,82	1655	18726270,13
308	78,8	18,25	9,05	7,42	4,32	8,71	10,63	2,02	2,46	0,82	1632	18784928,42
309	78,8	18,5	8,93	7,32	4,26	8,83	10,77	2,07	2,53	0,82	1610	18843186,29

310	78,8	18,75	8,81	7,22	4,20	8,95	10,92	2,13	2,60	0,82	1588	18901051,85
311	78,8	19	8,69	7,12	4,15	9,07	11,06	2,19	2,67	0,82	1568	18958532,90
312	78,8	19,25	8,58	7,03	4,09	9,19	11,21	2,24	2,74	0,82	1547	19015637,02
313	78,8	19,5	8,47	6,94	4,04	9,31	11,35	2,30	2,81	0,82	1527	19072371,51
314	78,8	19,75	8,36	6,85	3,99	9,43	11,50	2,36	2,88	0,82	1508	19128743,48
315	78,8	20	8,26	6,77	3,94	9,54	11,65	2,42	2,96	0,82	1489	19184759,78
316	78,8	20,25	8,15	6,68	3,89	9,66	11,79	2,48	3,03	0,82	1471	19240427,05
317	78,8	20,5	8,05	6,60	3,84	9,78	11,94	2,55	3,11	0,82	1453	19295751,75
318	78,8	20,75	7,96	6,52	3,80	9,90	12,08	2,61	3,18	0,82	1435	19350740,12
319	78,8	21	7,86	6,44	3,75	10,02	12,23	2,67	3,26	0,82	1418	19405398,21
320	78,8	21,25	7,77	6,37	3,71	10,14	12,37	2,73	3,34	0,82	1402	19459731,92
321	79,3	17,5	9,38	7,68	4,53	8,46	10,32	1,87	2,28	0,82	1691	18660748,17
322	79,3	17,75	9,24	7,58	4,47	8,58	10,47	1,92	2,34	0,82	1667	18720610,13
323	79,3	18	9,12	7,47	4,41	8,70	10,61	1,97	2,41	0,82	1644	18780051,99
324	79,3	18,25	8,99	7,37	4,35	8,82	10,76	2,03	2,48	0,82	1622	18839082,48
325	79,3	18,5	8,87	7,27	4,29	8,94	10,91	2,09	2,55	0,82	1600	18897710,01
326	79,3	18,75	8,75	7,17	4,23	9,06	11,06	2,14	2,61	0,82	1578	18955942,73
327	79,3	19	8,64	7,08	4,17	9,18	11,20	2,20	2,68	0,82	1558	19013788,51
328	79,3	19,25	8,52	6,99	4,12	9,30	11,35	2,26	2,76	0,82	1537	19071254,96
329	79,3	19,5	8,41	6,90	4,07	9,42	11,50	2,32	2,83	0,82	1518	19128349,45
330	79,3	19,75	8,31	6,81	4,02	9,55	11,65	2,38	2,90	0,82	1499	19185079,11
331	79,3	20	8,20	6,72	3,97	9,67	11,79	2,44	2,97	0,82	1480	19241450,84
332	79,3	20,25	8,10	6,64	3,92	9,79	11,94	2,50	3,05	0,82	1462	19297471,33
333	79,3	20,5	8,00	6,56	3,87	9,91	12,09	2,56	3,13	0,82	1444	19353147,07
334	79,3	20,75	7,91	6,48	3,82	10,03	12,24	2,62	3,20	0,82	1426	19408484,35
335	79,3	21	7,81	6,40	3,78	10,15	12,38	2,69	3,28	0,82	1409	19463489,26
336	79,3	21,25	7,72	6,33	3,73	10,27	12,53	2,75	3,36	0,82	1393	19518167,73
337	79,8	17,5	9,32	7,64	4,56	8,57	10,45	1,88	2,29	0,82	1681	18713777,80
338	79,8	17,75	9,19	7,53	4,50	8,69	10,60	1,93	2,36	0,82	1657	18774017,20
339	79,8	18	9,06	7,42	4,43	8,81	10,75	1,99	2,42	0,82	1634	18833833,85
340	79,8	18,25	8,93	7,32	4,37	8,93	10,90	2,04	2,49	0,82	1612	18893236,54
341	79,8	18,5	8,81	7,22	4,31	9,05	11,05	2,10	2,56	0,82	1590	18952233,73
342	79,8	18,75	8,70	7,13	4,26	9,18	11,20	2,16	2,63	0,82	1569	19010833,61
343	79,8	19	8,58	7,03	4,20	9,30	11,35	2,21	2,70	0,82	1548	19069044,12
344	79,8	19,25	8,47	6,94	4,15	9,42	11,50	2,27	2,77	0,82	1528	19126872,91
345	79,8	19,5	8,36	6,85	4,09	9,54	11,64	2,33	2,85	0,82	1508	19184327,39
346	79,8	19,75	8,26	6,77	4,04	9,67	11,79	2,39	2,92	0,82	1489	19241414,73
347	79,8	20	8,15	6,68	3,99	9,79	11,94	2,45	2,99	0,82	1471	19298141,90
348	79,8	20,25	8,05	6,60	3,94	9,91	12,09	2,52	3,07	0,82	1452	19354515,61
349	79,8	20,5	7,95	6,52	3,89	10,03	12,24	2,58	3,14	0,82	1435	19410542,40
350	79,8	20,75	7,86	6,44	3,85	10,16	12,39	2,64	3,22	0,82	1417	19466228,59
351	79,8	21	7,76	6,36	3,80	10,28	12,54	2,70	3,30	0,82	1401	19521580,32
352	79,8	21,25	7,67	6,29	3,76	10,40	12,69	2,77	3,38	0,82	1384	19576603,54
353	80,3	17,5	9,26	7,59	4,59	8,67	10,58	1,89	2,31	0,82	1670	18766807,43
354	80,3	17,75	9,13	7,48	4,52	8,80	10,73	1,94	2,37	0,82	1647	18827424,27



355	80,3	18	9,00	7,38	4,46	8,92	10,88	2,00	2,44	0,82	1624	18887615,72
356	80,3	18,25	8,88	7,28	4,40	9,04	11,04	2,06	2,51	0,82	1602	18947390,60
357	80,3	18,5	8,76	7,18	4,34	9,17	11,19	2,11	2,58	0,82	1580	19006757,44
358	80,3	18,75	8,64	7,08	4,28	9,29	11,34	2,17	2,65	0,82	1559	19065724,50
359	80,3	19	8,53	6,99	4,23	9,42	11,49	2,23	2,72	0,82	1538	19124299,73
360	80,3	19,25	8,42	6,90	4,17	9,54	11,64	2,29	2,79	0,82	1518	19182490,86
361	80,3	19,5	8,31	6,81	4,12	9,66	11,79	2,35	2,86	0,82	1499	19240305,33
362	80,3	19,75	8,20	6,72	4,07	9,79	11,94	2,41	2,94	0,82	1480	19297750,36
363	80,3	20	8,10	6,64	4,02	9,91	12,09	2,47	3,01	0,82	1461	19354832,96
364	80,3	20,25	8,00	6,56	3,97	10,04	12,24	2,53	3,09	0,82	1443	19411559,89
365	80,3	20,5	7,90	6,48	3,92	10,16	12,40	2,59	3,16	0,82	1426	19467937,72
366	80,3	20,75	7,81	6,40	3,87	10,28	12,55	2,66	3,24	0,82	1409	19523972,82
367	80,3	21	7,72	6,32	3,82	10,41	12,70	2,72	3,32	0,82	1392	19579671,37
368	80,3	21,25	7,62	6,25	3,78	10,53	12,85	2,79	3,40	0,82	1375	19635039,35
369	80,8	17,5	9,20	7,54	4,62	8,78	10,71	1,90	2,32	0,82	1660	18819837,06
370	80,8	17,75	9,07	7,44	4,55	8,91	10,87	1,96	2,39	0,82	1636	18880831,34
371	80,8	18	8,95	7,33	4,49	9,03	11,02	2,01	2,45	0,82	1614	18941397,58
372	80,8	18,25	8,82	7,23	4,43	9,16	11,17	2,07	2,52	0,82	1592	19001544,66
373	80,8	18,5	8,70	7,13	4,37	9,28	11,33	2,13	2,59	0,82	1570	19061281,16
374	80,8	18,75	8,59	7,04	4,31	9,41	11,48	2,18	2,66	0,82	1549	19120615,38
375	80,8	19	8,48	6,95	4,25	9,53	11,63	2,24	2,74	0,82	1529	19179555,34
376	80,8	19,25	8,37	6,86	4,20	9,66	11,79	2,30	2,81	0,82	1509	19238108,80
377	80,8	19,5	8,26	6,77	4,14	9,78	11,94	2,36	2,88	0,82	1490	19296283,26
378	80,8	19,75	8,15	6,68	4,09	9,91	12,09	2,42	2,96	0,82	1471	19354085,99
379	80,8	20	8,05	6,60	4,04	10,04	12,24	2,48	3,03	0,82	1452	19411524,02
380	80,8	20,25	7,95	6,52	3,99	10,16	12,40	2,55	3,11	0,82	1434	19468604,17
381	80,8	20,5	7,85	6,44	3,94	10,29	12,55	2,61	3,18	0,82	1417	19525333,05
382	80,8	20,75	7,76	6,36	3,89	10,41	12,70	2,67	3,26	0,82	1400	19581717,06
383	80,8	21	7,67	6,28	3,85	10,54	12,86	2,74	3,34	0,82	1383	19637762,42
384	80,8	21,25	7,58	6,21	3,80	10,66	13,01	2,80	3,42	0,82	1367	19693475,16
385	81,3	17,5	9,14	7,50	4,65	8,89	10,85	1,91	2,33	0,82	1650	18872866,69
386	81,3	17,75	9,02	7,39	4,58	9,02	11,00	1,97	2,40	0,82	1626	18934238,41
387	81,3	18	8,89	7,29	4,52	9,14	11,16	2,02	2,47	0,82	1604	18995179,44
388	81,3	18,25	8,77	7,19	4,45	9,27	11,31	2,08	2,54	0,82	1582	19055698,72
389	81,3	18,5	8,65	7,09	4,39	9,40	11,47	2,14	2,61	0,82	1560	19115804,87
390	81,3	18,75	8,54	7,00	4,34	9,53	11,62	2,20	2,68	0,82	1540	19175506,27
391	81,3	19	8,42	6,90	4,28	9,65	11,78	2,26	2,75	0,82	1519	19234810,96
392	81,3	19,25	8,31	6,81	4,22	9,78	11,93	2,32	2,83	0,82	1500	19293726,75
393	81,3	19,5	8,21	6,73	4,17	9,91	12,09	2,38	2,90	0,82	1480	19352261,20
394	81,3	19,75	8,10	6,64	4,12	10,03	12,24	2,44	2,97	0,82	1462	19410421,62
395	81,3	20	8,00	6,56	4,07	10,16	12,40	2,50	3,05	0,82	1443	19468215,08
396	81,3	20,25	7,90	6,48	4,01	10,29	12,55	2,56	3,13	0,82	1426	19525648,45
397	81,3	20,5	7,81	6,40	3,97	10,41	12,71	2,63	3,20	0,82	1408	19582728,37
398	81,3	20,75	7,71	6,32	3,92	10,54	12,86	2,69	3,28	0,82	1391	19639461,29
399	81,3	21	7,62	6,25	3,87	10,67	13,02	2,76	3,36	0,82	1375	19695853,47

400	81,3	21,25	7,53	6,17	3,83	10,80	13,17	2,82	3,44	0,82	1358	19751910,96
401	81,8	17,5	9,09	7,45	4,67	9,00	10,98	1,93	2,35	0,82	1640	18925896,32
402	81,8	17,75	8,96	7,34	4,61	9,13	11,14	1,98	2,42	0,82	1616	18987645,49
403	81,8	18	8,84	7,24	4,54	9,26	11,29	2,04	2,49	0,82	1594	19048961,30
404	81,8	18,25	8,72	7,14	4,48	9,39	11,45	2,09	2,55	0,82	1572	19109852,78
405	81,8	18,5	8,60	7,05	4,42	9,51	11,61	2,15	2,63	0,82	1551	19170328,59
406	81,8	18,75	8,48	6,95	4,36	9,64	11,76	2,21	2,70	0,82	1530	19230397,15
407	81,8	19	8,37	6,86	4,31	9,77	11,92	2,27	2,77	0,82	1510	19290066,57
408	81,8	19,25	8,26	6,77	4,25	9,90	12,08	2,33	2,84	0,82	1490	19349344,70
409	81,8	19,5	8,16	6,69	4,19	10,03	12,24	2,39	2,92	0,82	1471	19408239,14
410	81,8	19,75	8,05	6,60	4,14	10,16	12,39	2,45	2,99	0,82	1453	19466757,24
411	81,8	20	7,95	6,52	4,09	10,29	12,55	2,51	3,07	0,82	1435	19524906,14
412	81,8	20,25	7,85	6,44	4,04	10,41	12,71	2,58	3,15	0,82	1417	19582692,73
413	81,8	20,5	7,76	6,36	3,99	10,54	12,86	2,64	3,22	0,82	1400	19640123,70
414	81,8	20,75	7,67	6,28	3,94	10,67	13,02	2,71	3,30	0,82	1383	19697205,53
415	81,8	21	7,57	6,21	3,90	10,80	13,18	2,77	3,38	0,82	1366	19753944,52
416	81,8	21,25	7,49	6,13	3,85	10,93	13,33	2,84	3,46	0,82	1350	19810346,77
417	82,3	17,5	9,03	7,40	4,70	9,11	11,12	1,94	2,36	0,82	1630	18978925,96
418	82,3	17,75	8,91	7,30	4,64	9,24	11,27	1,99	2,43	0,82	1607	19041052,56
419	82,3	18	8,78	7,20	4,57	9,37	11,43	2,05	2,50	0,82	1584	19102743,17
420	82,3	18,25	8,66	7,10	4,51	9,50	11,59	2,11	2,57	0,82	1563	19164006,84
421	82,3	18,5	8,55	7,00	4,45	9,63	11,75	2,16	2,64	0,82	1541	19224852,31
422	82,3	18,75	8,43	6,91	4,39	9,76	11,91	2,22	2,71	0,82	1521	19285288,03
423	82,3	19	8,32	6,82	4,33	9,89	12,07	2,28	2,79	0,82	1501	19345322,18
424	82,3	19,25	8,21	6,73	4,28	10,02	12,23	2,34	2,86	0,82	1481	19404962,64
425	82,3	19,5	8,11	6,64	4,22	10,15	12,39	2,41	2,93	0,82	1462	19464217,07
426	82,3	19,75	8,00	6,56	4,17	10,28	12,54	2,47	3,01	0,82	1444	19523092,87
427	82,3	20	7,90	6,48	4,12	10,41	12,70	2,53	3,09	0,82	1426	19581597,20
428	82,3	20,25	7,81	6,40	4,06	10,54	12,86	2,59	3,16	0,82	1408	19639737,01
429	82,3	20,5	7,71	6,32	4,01	10,67	13,02	2,66	3,24	0,82	1391	19697519,02
430	82,3	20,75	7,62	6,24	3,97	10,80	13,18	2,72	3,32	0,82	1374	19754949,76
431	82,3	21	7,53	6,17	3,92	10,93	13,34	2,79	3,40	0,82	1358	19812035,57
432	82,3	21,25	7,44	6,10	3,87	11,06	13,50	2,86	3,48	0,82	1342	19868782,58
433	82,8	17,5	8,98	7,36	4,73	9,22	11,25	1,95	2,38	0,82	1620	19031955,59
434	82,8	17,75	8,85	7,26	4,66	9,35	11,41	2,01	2,45	0,82	1597	19094459,63
435	82,8	18	8,73	7,16	4,60	9,48	11,57	2,06	2,52	0,82	1575	19156525,03
436	82,8	18,25	8,61	7,06	4,54	9,62	11,73	2,12	2,59	0,82	1553	19218160,90
437	82,8	18,5	8,49	6,96	4,48	9,75	11,89	2,18	2,66	0,82	1532	19279376,02
438	82,8	18,75	8,38	6,87	4,42	9,88	12,05	2,24	2,73	0,82	1512	19340178,92
439	82,8	19	8,27	6,78	4,36	10,01	12,22	2,30	2,80	0,82	1492	19400577,79
440	82,8	19,25	8,16	6,69	4,30	10,14	12,38	2,36	2,88	0,82	1472	19460580,59
441	82,8	19,5	8,06	6,60	4,25	10,28	12,54	2,42	2,95	0,82	1454	19520195,01
442	82,8	19,75	7,96	6,52	4,19	10,41	12,70	2,48	3,03	0,82	1435	19579428,50
443	82,8	20	7,86	6,44	4,14	10,54	12,86	2,55	3,11	0,82	1417	19638288,26
444	82,8	20,25	7,76	6,36	4,09	10,67	13,02	2,61	3,18	0,82	1400	19696781,29

445	82,8	20,5	7,67	6,28	4,04	10,80	13,18	2,67	3,26	0,82	1383	19754914,35
446	82,8	20,75	7,57	6,21	3,99	10,93	13,34	2,74	3,34	0,82	1366	19812694,00
447	82,8	21	7,48	6,13	3,94	11,07	13,50	2,81	3,42	0,82	1350	19870126,62
448	82,8	21,25	7,39	6,06	3,90	11,20	13,66	2,87	3,51	0,82	1334	19927218,39
449	83,3	17,5	8,93	7,32	4,76	9,33	11,39	1,96	2,39	0,82	1610	19084985,22
450	83,3	17,75	8,80	7,21	4,69	9,47	11,55	2,02	2,46	0,82	1587	19147866,70
451	83,3	18	8,68	7,11	4,63	9,60	11,71	2,07	2,53	0,82	1565	19210306,89
452	83,3	18,25	8,56	7,01	4,56	9,73	11,87	2,13	2,60	0,82	1544	19272314,95
453	83,3	18,5	8,44	6,92	4,50	9,87	12,04	2,19	2,67	0,82	1523	19333899,74
454	83,3	18,75	8,33	6,83	4,44	10,00	12,20	2,25	2,75	0,82	1503	19395069,80
455	83,3	19	8,22	6,74	4,38	10,13	12,36	2,31	2,82	0,82	1483	19455833,40
456	83,3	19,25	8,11	6,65	4,33	10,27	12,53	2,37	2,89	0,82	1464	19516198,54
457	83,3	19,5	8,01	6,57	4,27	10,40	12,69	2,43	2,97	0,82	1445	19576172,95
458	83,3	19,75	7,91	6,48	4,22	10,53	12,85	2,50	3,05	0,82	1427	19635764,13
459	83,3	20	7,81	6,40	4,17	10,67	13,01	2,56	3,12	0,82	1409	19694979,32
460	83,3	20,25	7,71	6,32	4,11	10,80	13,18	2,63	3,20	0,82	1391	19753825,57
461	83,3	20,5	7,62	6,24	4,06	10,93	13,34	2,69	3,28	0,82	1374	19812309,67
462	83,3	20,75	7,53	6,17	4,01	11,07	13,50	2,76	3,36	0,82	1358	19870438,24
463	83,3	21	7,44	6,10	3,97	11,20	13,66	2,82	3,44	0,82	1342	19928217,67
464	83,3	21,25	7,35	6,02	3,92	11,33	13,83	2,89	3,53	0,82	1326	19985654,19
465	83,8	17,5	8,87	7,27	4,79	9,45	11,52	1,97	2,41	0,82	1600	19138014,85
466	83,8	17,75	8,75	7,17	4,72	9,58	11,69	2,03	2,48	0,82	1578	19201273,77
467	83,8	18	8,63	7,07	4,66	9,72	11,85	2,09	2,55	0,82	1556	19264088,75
468	83,8	18,25	8,51	6,97	4,59	9,85	12,02	2,15	2,62	0,82	1535	19326469,01
469	83,8	18,5	8,39	6,88	4,53	9,99	12,18	2,20	2,69	0,82	1514	19388423,46
470	83,8	18,75	8,28	6,79	4,47	10,12	12,35	2,26	2,76	0,82	1494	19449960,68
471	83,8	19	8,17	6,70	4,41	10,25	12,51	2,33	2,84	0,82	1474	19511089,01
472	83,8	19,25	8,07	6,61	4,35	10,39	12,68	2,39	2,91	0,82	1455	19571816,48
473	83,8	19,5	7,96	6,53	4,30	10,52	12,84	2,45	2,99	0,82	1436	19632150,89
474	83,8	19,75	7,86	6,44	4,24	10,66	13,01	2,51	3,07	0,82	1418	19692099,75
475	83,8	20	7,76	6,36	4,19	10,79	13,17	2,58	3,14	0,82	1400	19751670,38
476	83,8	20,25	7,67	6,28	4,14	10,93	13,33	2,64	3,22	0,82	1383	19810869,85
477	83,8	20,5	7,57	6,21	4,09	11,06	13,50	2,71	3,30	0,82	1366	19869704,99
478	83,8	20,75	7,48	6,13	4,04	11,20	13,66	2,77	3,38	0,82	1350	19928182,47
479	83,8	21	7,39	6,06	3,99	11,33	13,83	2,84	3,47	0,82	1334	19986308,72
480	83,8	21,25	7,31	5,99	3,94	11,47	13,99	2,91	3,55	0,82	1318	20044090,00

## 16. ANEXO II. PLANO DEL BUQUE

En este anexo se muestran los planos con las medidas necesarias para el cálculo del francobordo, el área de flotación (Afl), tanto a proa (Awf) como a popa de L/2 para el calado d1, y las toneladas por centímetro de inmersión en el francobordo de verano (TCI). Además, se presenta la cubierta de castillo para la corrección por superestructura.

Escala 1 : 172

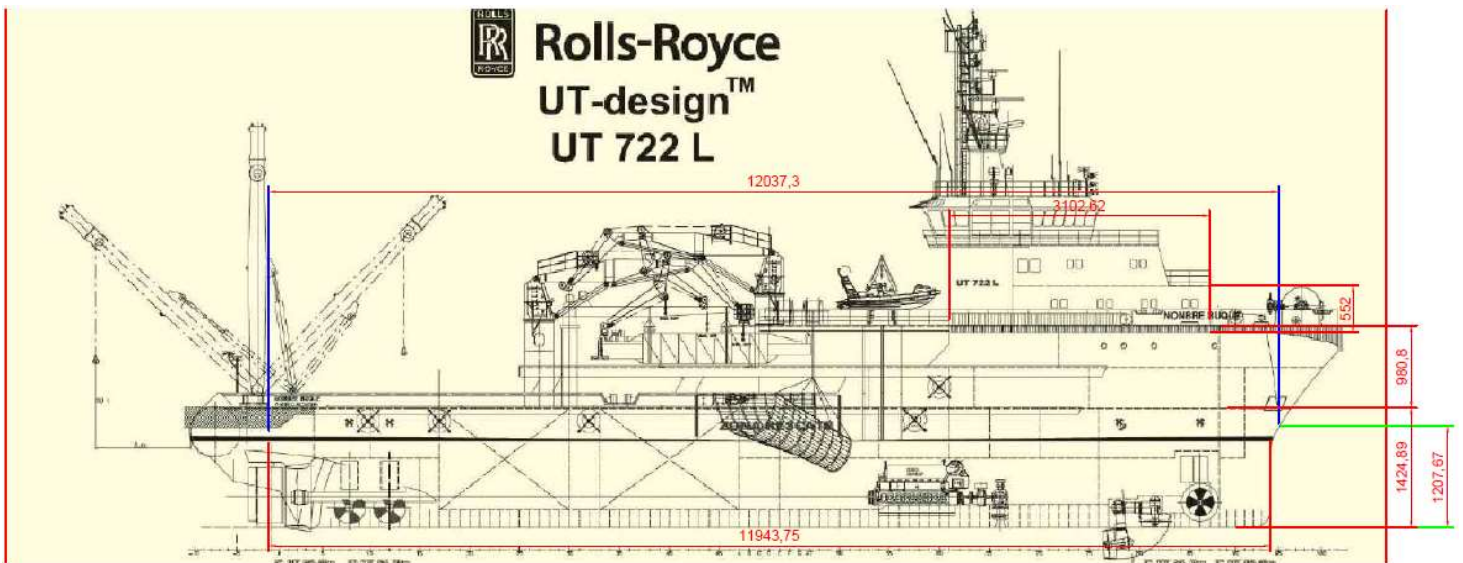
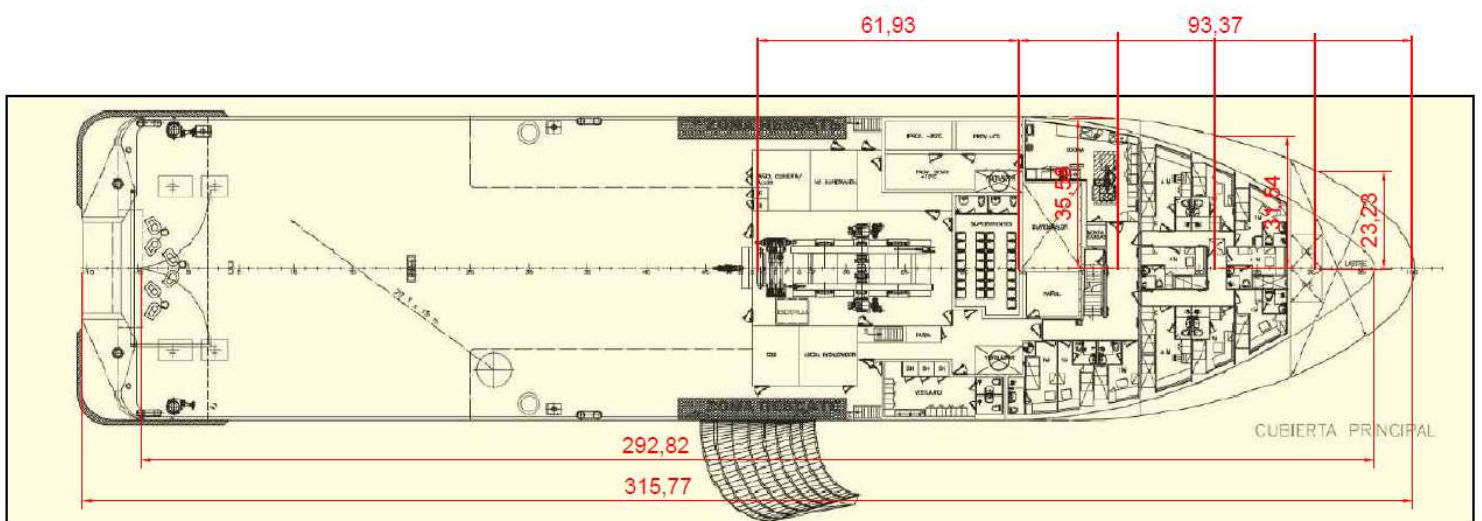


Figura 16.1

Escala 1 : 4,21

Cálculo del Awf



Para el cálculo del área de flotación a proa de L/2, se realiza una división de la proa, la parte más a popa de sección recta y la parte más a proa de sección variable. El Awf será la suma de ambas áreas (A1+A2).

- A1: Rectángulo

$$\text{Área 1} = 15,25 * 8,27 = 261,5 \text{ m}^2$$

- A2: Polígono desde la proa hasta la sección recta, dividido en 4 secciones con separación constante entre ellas, cuya área se calcula mediante la 1ª Regla de Simpson.
  - o Longitud del polígono = 22,21 metros
  - o Separación entre secciones (h) = 22,21/4 = 5,55 metros

Sección	Factor Simpson (FS)	Semimanga (y)	FS*y
0	1	0	0
1	4	5,47	21,88
2	2	7,47	14,94
3	4	8,43	33,72
4	1	8,57	8,57
		<b>Σ(FS*y)</b>	<b>79,11</b>

Tabla 16-1

$$\text{Área 2} = \frac{2}{3} * h * \Sigma(FS * y) = \frac{2}{3} * 5,55 * 79,11 = 292,8 \text{ m}^2$$

$$A_{wf} = A_1 + A_2 = 261,5 + 292,8 = 554,3 \text{ m}^2$$

### Cálculo del TCI

Las toneladas por centímetro de inmersión se calculan a partir de la siguiente fórmula:

$$TCI = \frac{A_{FL} * \rho_{\text{agua salada}}}{100}$$

El área de flotación es el área a proa de L/2 (A<sub>wf</sub>) más el área a popa de L/2.

$$A_{FL} = A_{wf} + 37,45 * 17,15 = 1196,5 \text{ m}^2$$

Por tanto, los centímetros por tonelada de inmersión serán:

$$TCI = \frac{1196,5 * 1,025}{100} = 12,26 \text{ ton/cm}$$

Escala 1 : 6,23



Figura 16.2

