



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/2021

BULCARRIER 100 000 DWT

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Sofía Fraga Ludeiro

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

Junio 2021



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2020-2021

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE: Bulkcarrier

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS y MARPOL

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 100 000 T.P.M Grano/ mineral

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en servicio al 85% MCR +15% y 15.000 millas a la velocidad de servicio

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotillas de accionamiento hidráulico

PROPULSIÓN: Motor diésel con hélice de paso fijo

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 13 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

Lo habitual en este tipo de buques

Ferrol, 26 Enero 2021

ALUMNO/A: **D^a SOFÍA FRAGA LUDEIRO**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/2021**

BULKCARRIER 100 000 DWT

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 3

“COEFICIENTES Y PLANO DE FORMAS”

Índice

1 Rpa	2
2 Introducción	6
3 Descripción del buque de referencia	6
3.1 Perfil longitudinal	8
3.2 Formas de proa	8
3.3 Cuerpo cilíndrico	9
3.4 Formas de popa:.....	9
4 Estudio del contorno de proa	11
4.1 Perfil de Proa	11
4.2 Altura mínima de Proa	12
4.2.1 Cubiertas	13
4.3 Estudio del bulbo	13
4.3.1 Justificación de forma gráfica.....	13
4.3.2 Justificación Empírica	14
4.4 Determinación de los parámetros principales del bulbo	15
4.4.1 Altura del punto de protuberancia máxima.....	15
4.4.2 Abcisas del punto de máxima protuberancia adimensionalizada	15
4.4.3 Área transversal del bulbo	16
4.5 Semiángulo de entrada	16
5 Estudio del contorno de popa.....	18
5.1 Perfil de Popa y Espejo de Popa.....	18
5.2 Cálculo de diámetro de la hélice	18
5.3 Cálculo de los huelgos	19
6 Proceso de diseño de las formas	20
6.1 Formas del buque de partida	20
6.2 Formas del buque final	21
7 Cuerpo cilíndrico	23
7.1 Curva de áreas seccionales	23
7.2 Extensión del Cuerpo Cilíndrico	23
7.3 Radio de Pantoque y Astilla muerta	24
7.4 Doble fondo y Cámara de máquinas	25
8 Cartilla de trazado	27

9 Bibliografía.....	28
10 Anexo I.....	29

2 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se trata de determinar el plano de formas del buque proyecto según las dimensiones obtenidas mediante el pre dimensionamiento previo del cuaderno 1. Las formas del buque son una característica que lo distingue de cualquier otro tipo de construcción o vehículo.

Las formas influyen de manera decisiva en los siguientes conceptos, que son descritos en el libro "Proyectos de buques y Artefactos" de Fernando Junco:

- Disminuir la resistencia a la marcha.
- Aumentar la velocidad operativa en el mar.
- Dotar al buque de la estabilidad necesaria.
- Evitar los fenómenos de turbulencia y separación, que dan lugar a un aumento de resistencia y pueden proporcionar fenómenos de cavitación de la hélice.
- Mejorar las condiciones del flujo en torno a la carena, especialmente en lo que se refiere al flujo de entrada a la hélice.

Para ello es necesario el cálculo de los siguientes apartados:

1. Cálculo de coeficientes: coeficiente de bloque, maestra, flotación y prismático
2. Contorno de proa y popa
3. Trazado de bulbo
4. Generación o derivación del plano de formas
5. Plano de formas

En el caso del buque de estudio utilizaremos las siguientes medidas que se indican a continuación para efectuar los cálculos necesarios, estas son medidas obtenidas del cuaderno 1, en este cuaderno se definirán las medidas definitivas para el buque proyecto.

Dimensiones definitivas	
Lpp	241 m
B	38 m
D	21 m
T	15,15 m
CB	0,84
CM	0,998
CP	0,841
Δ	119467,955 t
CC	158,068 M€
L*B*T	138754,884
Pot	11386,367 Kw

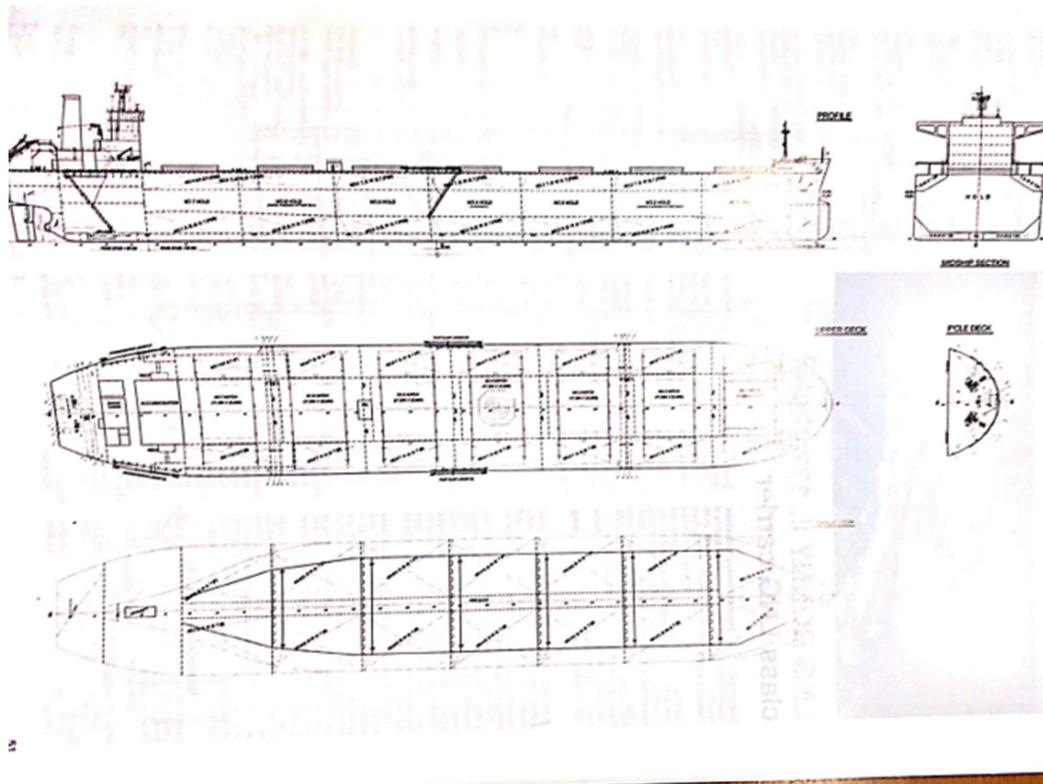
3 DESCRIPCIÓN DEL BUQUE DE REFERENCIA

El buque de referencia recibe el nombre de "K.Younghung", construido en 2015, con las siguientes dimensiones principales:



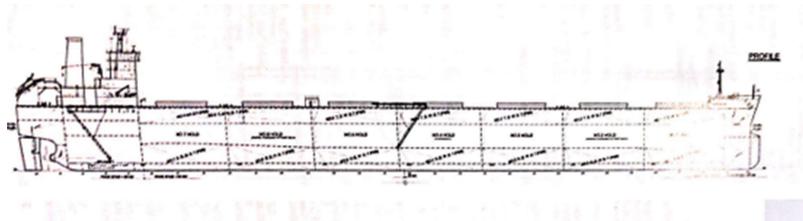
Dimensiones buque de referencia		
Dimensión	Valor	Unidad
L	273	m
Lpp	265	m
B	46	m
T	16.5	m
D	22.2	
Vservicio	14	nudos
TPM	135 000	ton

Este barco tiene el siguiente plano que en los sub apartados siguientes se estudiarán en mayor profundidad



3.1 Perfil longitudinal

El perfil correspondiente a "K. Younghung" es el siguiente:



Como se ha indicado previamente tiene una eslora total de 273 m y una eslora entre perpendiculares de 265m.

La habilitación como se puede observar está situada a popa, lo más característico de este tipo de barcos se podría decir que son las tapas de las escotillas que sobresalen hacia arriba ligeramente.

3.2 Formas de proa

3.2.1.1 Forma del perfil:

La proa del buque de referencia corresponde una forma cilíndrica un poco más profunda, similar a la imagen que se puede encontrar debajo de este párrafo.



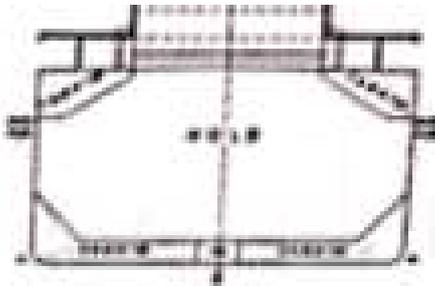
Sobre el perfil se encuentran diferentes discrepancias entre los buques de la base de datos teniendo cada uno una forma distinta, pero parece ser algo recurrente que tengan que tener al menos un mínimo de protuberancia, de hecho, el buque base presenta una pequeña protuberancia a proa, es decir presenta bulbo. Esto es frecuente en este tipo de barcos debido a las ventajas que este presenta, y que se explicarán en profundidad en este cuaderno en apartados posteriores.

La zona de amarre por otro lado es una zona amplia en la proa del barco donde se dan las operaciones de izado, estiba y fondeo del ancla.

3.3 Cuerpo cilíndrico

El cuerpo cilíndrico de este tipo de buques suele ocupar la mayoría de la eslora disponible debido al tipo de carga que llevan, optimizando así el espacio disponible, en cuanto a su sección son bastante cuadrados debido nuevamente a la carga que transportan, los costados suelen ser mayoritariamente planos al igual que el fondo.

A continuación se muestra el esquema de dicha sección del buque de referencia:



3.4 Formas de popa:

Las formas de popa contienen codas, la hélice y la pala del timón. Lo más característico de las formas de popa es la forma plana que tiene su espejo y las formas algo más afiladas de la obra viva. En la siguiente imagen se puede apreciar un poco mejor el espejo de popa que se comenta al inicio del apartado.

En este caso el buque de referencia solo dota de un propulsor y de la misma forma el buque proyecto simplemente tendrá uno.



4 ESTUDIO DEL CONTORNO DE PROA

El coeficiente prismático determina diferentes características de los buques como puede ser que tenga una roda más lanzada, además existe otra característica de los contornos de proa que afecta en gran medida al avance del buque, esto es el bulbo.

El bulbo es una protuberancia que se sitúa en la parte más a proa del barco, no todos los barcos lo tendrá ya que depende de las características para las que se diseñe pero de tenerlo este proporciona las siguientes ventajas:

- Reduce la resistencia por formación de olas, al disminuir los trenes de generación de olas.
- Amortigua el efecto de olas rompientes.
- Reduce los torbellinos de proa reducción así la resistencia viscosa residual de carácter viscoso.
- Aumenta ligeramente la resistencia de fricción debido al aumento de su superficie mojada.

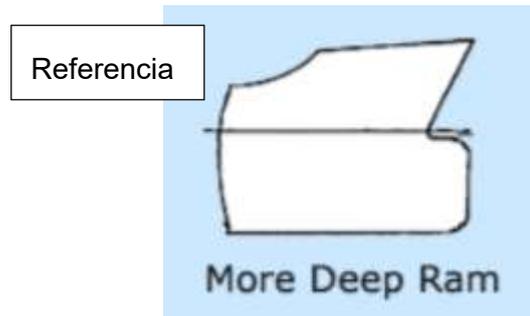
4.1 Perfil de Proa

Como se ha indicado en la introducción las dimensiones del buque proyecto son las siguientes, se muestran comparándolas con las del buque de referencia.

Dimensiones principales C1		
Dimensión	Valor	Unidad
Lpp	254	m
B	41	m
D	23	m
T	13,437	m
Cb	0,84	/
Fn	0,155	/
BHP	11109,5	Kw
Vservicio	15	nudos

Dimensiones buque de referencia		
Dimensión	Valor	Unidad
L	292	m
Lpp	283.5	m
B	24.8	m
T	18.3	m
Vservicio	15.2	nudos
TPM	197 000	ton

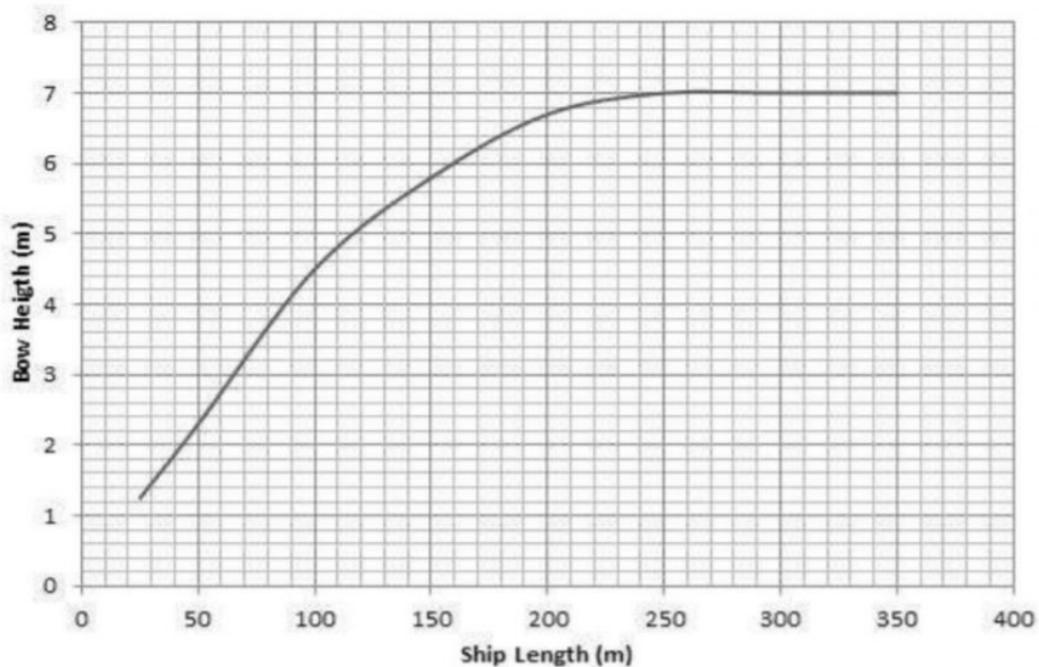
Una de las diferencias principales entre el buque proyecto y el buque de referencia es el perfil de proa ya que como se puede observar en los planos, presentes en el Anexo I, es del tipo cilíndrico a diferencia del de referencia que era cilindro pronunciado.



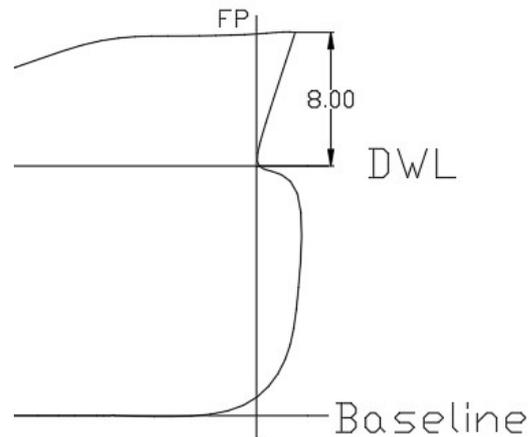
4.2 Altura mínima de Proa

La altura mínima de proa debe estar situada por encima de la línea de calado establecida en el buque proyecto, se puede hacer una primera aproximación mediante la gráfica que se muestra al final de este párrafo, que ha sido facilitada en la asignatura de "Proyectos de buque y Artefactos I".

Mediante esta gráfica se obtiene que para un buque de eslora 241 m, como es este caso, la altura mínima necesaria sería de aproximadamente unos 7 metros.



A continuación se muestra un esquema de la proa de las formas obtenidas y la comprobación acotada de que se cumple dicha altura mínima.



4.2.1 Cubiertas

Este buque tendrá 5 cubiertas teniendo en cuenta la principal y las de las cubiertas pertenecientes a la habilitación. La habilitación contará de la cubierta principal, cubierta 1, cubierta 2, cubierta 3 y el puente de gobierno.

4.3 Estudio del bulbo

En este apartado se determina si es beneficioso o no el uso del bulbo.

Un bulbo apropiado propulsivamente hablando aporta las siguientes ventajas, que ya se han mencionado al principio de este apartado:

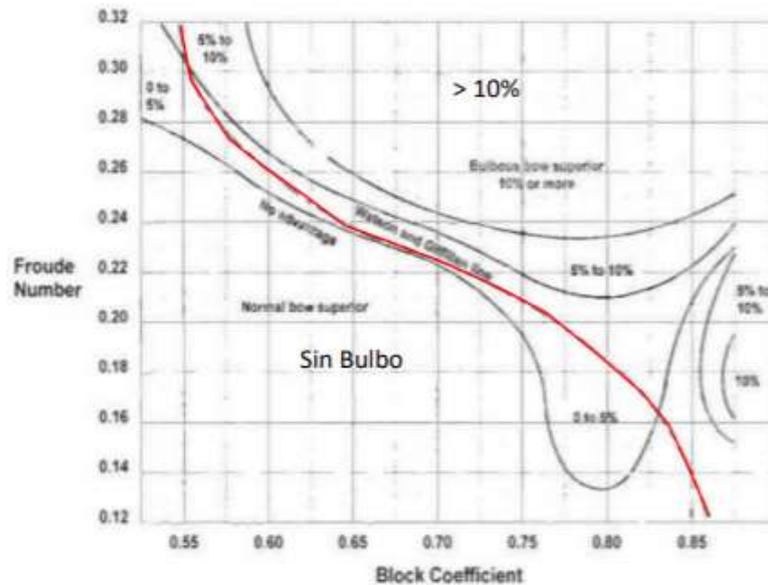
- Una reducción de la resistencia por formación de olas
- Reducción de la resistencia por olas rompientes
- Reducción de la resistencia residual de origen viscoso
- Aumenta la resistencia de fricción

A continuación, se compararán los márgenes recomendados en la asignatura de "Proyectos del buque y artefactos marinos 1" para determinar el uso del bulbo de manera gráfica:

4.3.1 Justificación de forma gráfica

Se puede comprobar la necesidad o no de aportar un bulbo al buque proyecto mediante la siguiente gráfica aportada en la asignatura "Proyectos del buque y Artefactos I"

Formas de Proa - Bulbo



Se tiene en cuenta que en el caso del buque proyecto se encuentra en un valor de Froude de 0.159 y un valor del coeficiente de bloque de 0.84, por tanto la zona que le correspondería sería la zona sin bulbo, pero debido a la proximidad a la zona de 0-5% y tomando de referencia el buque base se ha decidido que su uso proporcionará ventajas a la hora de la navegación.

4.3.2 Justificación Empírica

1. Primer margen:

$$0.65 < Cb < 0.815$$

En el caso del buque de estudio el Cb es tal que:

$$Cb = 0.84 \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

2. Segundo margen:

$$5.5 < \frac{L_{pp}}{B} < 7.0$$

Según los datos obtenidos por tanto:

$$5.5 < \frac{241}{38} < 7.0$$

$$\frac{L_{pp}}{B} = 6.34 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3. Tercer margen:

$$0.24 < Fn < 0.57$$

En este caso en N° de Froude obtenido es:

$$Fn = 0.159 \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

4. Cuarto margen:

$$Cb * \frac{B}{L_{pp}} < 0.135$$

El resultado por tanto es:

$$Cb * \frac{B}{L_{pp}} = 0.132 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación, se muestra una tabla resumen de los resultados anteriormente mencionados:

PARÁMETROS	VALOR	CRITERIO	APLICACIÓN
Cb	0.84	0.65<Cb<0.815	NO
Lpp/B	6.34	5.5<Lpp/B<7	SI
Fn	0.159	0.24<Fn<0.57	NO
Cb*B/L	0.132	Cb*Lpp/B<1.35	SI

Con los datos obtenidos tras este estudio podría obviarse la necesidad de añadir bulbo pero como se puede observar hay varios márgenes que están muy cerca de cumplirse por tanto y usando de referencia el buque base se ha optado por su utilización.

4.4 Determinación de los parámetros principales del bulbo

Es necesario el cálculo de ciertos parámetros principales del bulbo de proa que se muestran a continuación:

4.4.1 Altura del punto de protuberancia máxima

Para que el bulbo cumpla su función es necesario que éste esté cerca de la superficie de flotación y será más efectivo cuanto más bajo sea el calado, de manera aproximada se puede considerar que:

$$h < 0.35 * T$$

Aunque en esta fórmula no se considera la variación del calado dependiendo de las diferentes flotaciones en la que se encuentre, por tanto el valor de h podría variar entre un 35% y un 55% el calado máximo de proa. En este caso se ha tomado como referencia el libro "El proyecto básico del buque mercante", este aconseja utilizar un valor de 45%, y por tanto se obtiene:

$$z_b = 0.45 * T$$

$$z_b = 0.45 * 15.15$$

$$z_b = \mathbf{6.817\ m}$$

4.4.2 Abcisa del punto de máxima protuberancia adimensionalizada

Este cálculo se realiza mediante la fórmula empírica obtenida en el libro "El proyecto básico del buque mercante", para bulbos en condición de lastre.

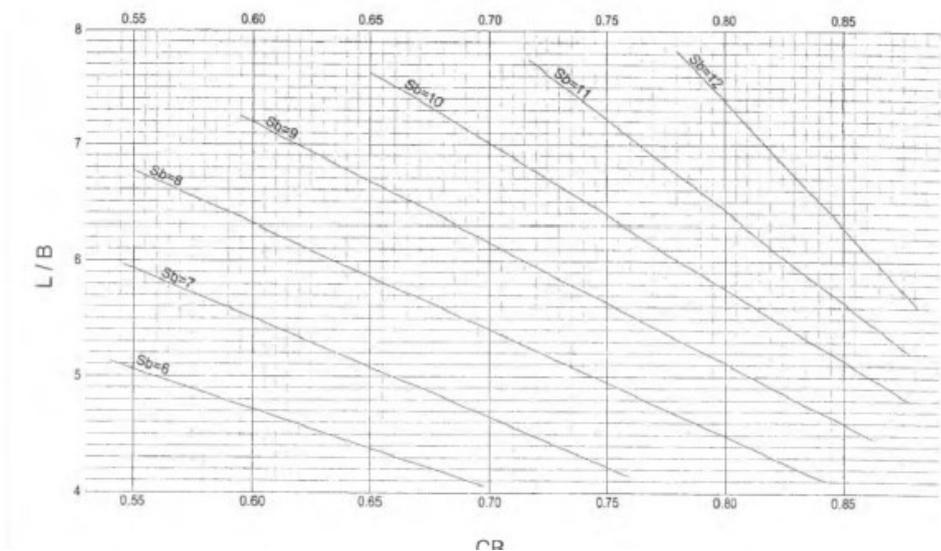
$$L_{pr} = L_{pp} * 0.1811 * Cb * \frac{B}{L_{pp}} + 0.0074$$

$$L_{pr} = 241 * 0.1811 * 0.84 * \frac{38}{241} + 0.0074$$

$$L_{pr} = 5.78 \text{ m}$$

4.4.3 Área transversal del bulbo

Aquí se muestra una primera aproximación por un método gráfico, tomando como referencia el libro "Proyectos del buque y Artefactos. Proyecto de las formas de un buque" de Fernando Junco Ocampo.



Se entra en la gráfica con el valor del coeficiente de bloque (0.84) y con el valor de L_{pp}/B (6.34) obtenido anteriormente se saca la siguiente conclusión:

$$S_b = 12\% * S_M$$

Teniendo en cuenta que S_M se calcula tal que:

$$S_M = B * T * C_M = 38 * 15.15 * 0.998$$

$$S_M = 574.548 \text{ m}^2$$

Así que se obtiene:

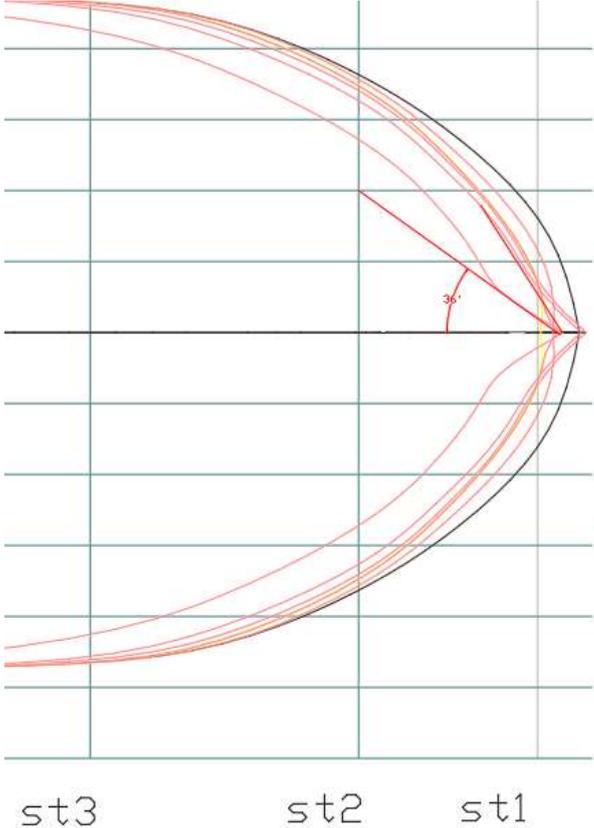
$$S_b = \frac{12}{100} * 574.548$$

$$S_b = 68.94 \text{ m}^2$$

4.5 Semiángulo de entrada

El semiángulo de entrada de la proa es un parámetro importante, se ha utilizado previamente para la determinación de la potencia propulsora mediante el programa NavCad con el método Holtrop.

El semiángulo del buque a proyectar tiene un valor de 36° y se ha obtenido de manera gráfica midiendo directamente sobre las formas del buque proyecto, se muestra croquis a continuación.



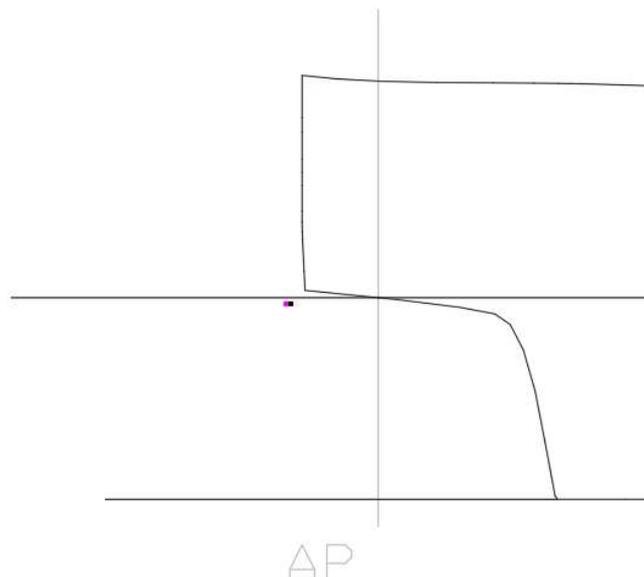
5 ESTUDIO DEL CONTORNO DE POPA

Las formas de popa como se indica en el libro de "El proyecto básico del buque mercante" son importantes debido que deben conseguir un flujo estable de entrada de agua de la hélice, que logre una correcta distribución de la estela en el disco de la hélice. Además de eliminar los problemas de cavitación y de vibraciones en el casco o en la línea de ejes.

Las sociedades de clasificación consideran de gran importancia el estudio y la estimación de los huelgos del ancla y debido a ello tienen recomendaciones sobre los valores mínimos que deben tener, con objeto de evitar problemas ocasionados por las vibraciones excitadas por la hélice.

5.1 Perfil de Popa y Espejo de Popa

Las formas de popa del buque proyecto será semejantes a las del buque base, como se puede observar en el croquis que se adjunta más adelante, el buque proyecto presenta espejo de popa.



El espejo de popa se utiliza habitualmente para conseguir baja resistencia, mejorar la eficiencia de la propulsión y estar diseñado de forma que evite generar vibraciones. Comparando con los buque de la base de datos y el buque de referencia, se ha decidido hacerlo a semejanza de los mismos como se puede apreciar en los planos que se adjuntan en el anexo y el croquis de este apartado.

5.2 Cálculo de diámetro de la hélice

A continuación, se va a utilizar la fórmula recomendada en el libro "El proyecto básico del buque mercante" (página 602):

$$DP = 15,75 * \frac{MCO^{0.2}}{N^{0.6}}$$
$$DP = 15.75 * \frac{11109.5^{0.2}}{80^{0.6}}$$

$$DP = 7.35m$$

Dónde:

DP=Diámetro de la hélice

MCO= 11386.367 Kw

N= 80 rpm

5.3 Cálculo de los huelgos

Según el reglamento escogido, en este caso Det Norske Veritas, las fórmulas que recomiendan son las siguiente:

a) $(0.24 - 0.01 * Z) * DP = 1.47 m$

b) $(0.35 - 0.02 * Z) * DP = 1.98 m$

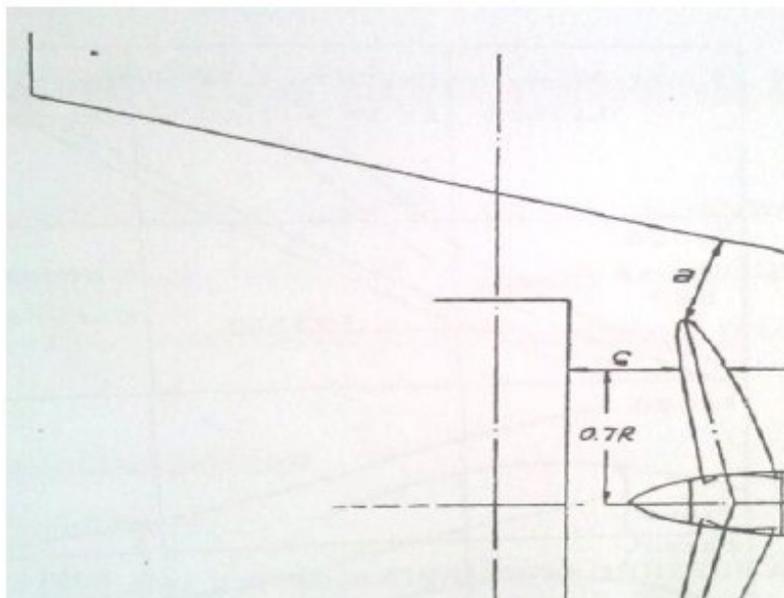
c) $0.1 * DP = 0.73 m$

d) $0.035 * DP = 0.26 m$

Dónde:

- Z= al número de palas de la hélice, en este caso se ha escogido 4 palas
- DP= como se ha mencionado en el apartado anterior es el diámetro de la hélice; 7.35 m.

Estos apartados coinciden con las marcas de la siguiente figura que se muestra a continuación:



Además en la imagen se puede apreciar que $0.7 * R$ sería el valor de $0.7 * \frac{7.35}{2}$ y esto nos daría un valor de 2.57 m.

6 PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS

6.1 Formas del buque de partida

En este cuaderno se utiliza el programa "Maxsurf" para definir las formas de nuestro buque, en este caso se ha elegido partir de un buque modelo, de los múltiples disponibles en la librería de dicho programa.

El modelo de bulkcarrier que Maxsurf proporciona no se ajusta a las formas ni al coeficiente buscado y por ese motivo se decide coger como base un petrolero de dimensiones similares al buque proyecto.

Con estas características:

Dimensiones de partida		
DIMENSIÓN	VALOR	UNIDAD
Displacement	308625	t
Volume (displaced)	301097,591	m ³
Draft Amidships	20,422	m
Immersed depth	20,422	m
WL Length	330,366	m
Beam max extents on WL	54,252	m
Wetted Area	27025,599	m ²
Max sect. area	1103,764	m ²
Waterpl. Area	16055,723	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,826	
Block coeff. (Cb)	0,823	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,996	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,896	
LCB length	-152,876	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	-160,427	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	-46,275	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	-48,56	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	10,598	m
KG fluid	0	m
BMt	11,909	m
BML	401,568	m
GMt corrected	22,506	m
GML	412,166	m
KMt	22,506	m
KML	412,166	m
Immersion (TPc)	164,571	tonne/cm
MTc	3850,487	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	121225,334	tonne.m
Length:Beam ratio	6,089	
Beam:Draft ratio	2,657	

Length:Vol ^{0.333} ratio	4,929	
Precision	Medium	61 stations

Se muestra en el Anexo I los planos iniciales del buque mencionado.

6.2 Formas del buque final

A continuación, se presentan los resultados obtenidos después de las distintas transformaciones paramétricas para ajustarlas a las dimensiones principales obtenidas en el Cuaderno 1, se puede observar que discrepa un poco el desplazamiento, pero se debe a falta de datos para construir el barco que se deberán obtener a posterior .

El proceso a seguir para llegar a estos resultados ha sido el siguiente:

- Se escala el modelo aplicando las dimensiones y coeficientes del buque final obtenidos en el Cuaderno 1. Situando las perpendiculares de popa y popa además de la línea de base en su lugar correspondiente.
- Se modifica el bulbo, mediante el desplazamiento de los diferentes puntos que componen la proa del buque, hasta conseguir unas formas similares al buque de referencia.

El resultado final son las siguientes características:

DIMENSIONES CUADERNO 3		
Displacement	119786	t
Volume (displaced)	116864,033	m ³
Draft Amidships	15,15	m
Immersed depth	15,205	m
WL Length	241,261	m
Beam max extents on WL	38	m
Wetted Area	14483,269	m ²
Max sect. area	573,558	m ²
Waterpl. Area	8321,518	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,845	
Block coeff. (Cb)	0,838	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,996	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,908	
LCB length	126,087	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	120,876	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	52,262	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	50,102	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	7,838	m
KG fluid	0	m
BMt	7,919	m
BML	291,228	m
GMt corrected	15,758	m
GML	299,067	m
KMt	15,758	m

KML	299,067	m
Immersion (TPc)	85,296	tonne/cm
MTc	1509,024	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	32942,301	tonne.m
Length:Beam ratio	6,349	
Beam:Draft ratio	2,499	
Length:Vol^{0.333} ratio	4,935	
Precision	Medium	64 stations

También se añaden como anexos los planos correspondientes a las formas modificadas. Véase anexo I.

6.2.1.1 Valoración de los resultados Cuaderno 1 y Cuaderno 3

COMPARACIÓN DE RESULTADOS		
	C1	C3
Cb	0,84	0,837
CP	0,841	0,843
Cm	0,998	0,996
Δ	119467,955 t	119786 t

Se puede comprobar que los resultados entre el cuaderno 1 y el cuaderno 3 varían ligeramente pero que son bastante próximos entre sí por tanto se han obtenido buenos resultados al crear las formas.

7 CUERPO CILÍNDRICO

7.1 Curva de áreas seccionales

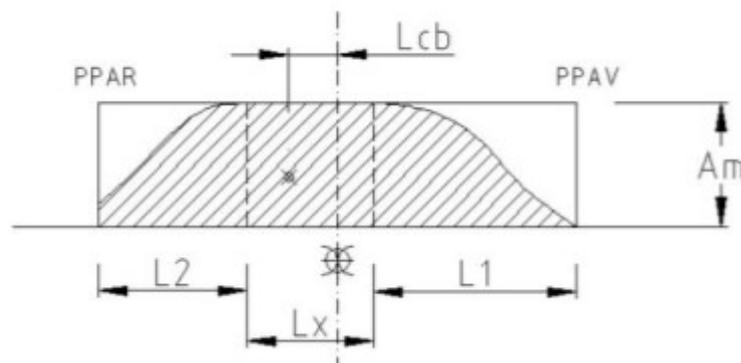
La curva de área seccionales representa la distribución del volumen de carena que se encuentra sumergida, es decir por debajo de la flotación. La información de este apartado ha sido obtenida mediante el programa "MAXSURF", y sus resultados se ven reflejados en la tabla que se ha adjuntado en el apartado anterior, se destaca los siguientes apartados de gran relevancia para el área seccional:



7.2 Extensión del Cuerpo Cilíndrico

Se comprobará las dimensiones de cada parte de acuerdo con lo establecido en los apuntes de la asignatura "Proyectos del buque y artefactos I".

Como se indica en los apuntes de la asignatura los límites del costado se dividirán en L_1 , cuerpo de entrada, L_x cuerpo paralelo y L_2 cuerpo de salida.



1. L_x ; para buques con un coeficiente mayor de C_b como aparenta ser el caso L_x tendrá valores de,

$$0.30L_{pp} < L_x < 0.35L_{pp}$$

$$72.3 \text{ m} < L_x < 84.35 \text{ m}$$

2. L_2

$$L_2 = 4.08 * \sqrt{B * T * Cm}$$

$$L_2 = 97.79 \text{ m}$$

El coeficiente de la maestra se toma el valor de 0.95 coincidiendo con la forma de esta.

3. L_1

$$L_{pp} - (72.3 + 97.79) < L_1 < L_{pp} - (84.35 + 97.79)$$

$$70.9 \text{ m} < L_1 < 58.86 \text{ m}$$

Este cálculo corresponde a lo establecido en las formas representadas en la curva de áreas seccionales.

Aquí se recopila tabla resumen de los resultados obtenidos:

COMBINACIÓN CUERPO CILÍNDRICO	
Zona	Buque proyecto
L_1	70.9 m <Lx<58.86 m
L_2	97.79 m
L_x	76.2 m <Lx<88.9 m

7.3 Radio de Pantoque y Astilla muerta

En este apartado se desarrollará el radio de pantoque y la Astilla muerta del buque proyecto.

El radio de pantoque se calcula tal que:

$$R = \sqrt{2.33 * (1 - Cm) * B * T}$$

$$R = \sqrt{2.33 * (1 - 0.998) * 38 * 15.15}$$

$$R = 1.63 \text{ m}$$

Donde:

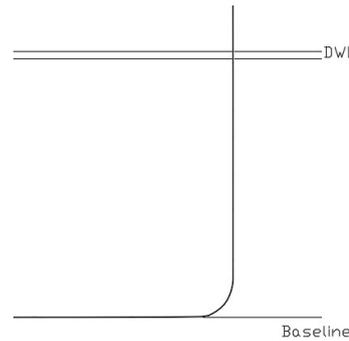
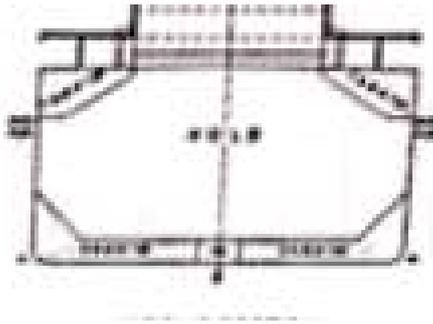
$Cm=0.998$

$B=38 \text{ m}$

$T=15.15 \text{ m}$

Como se aprecia el resultado del radio del pantoque es bastante pequeño debido a la forma plana similar a una U algo deformada.

En cuanto a la astilla muerta, puede considerarse cero debido a las formas planas del fondo y costados, se puede apreciar en la comparación que se muestra a continuación las similitudes con el buque de referencia.



7.4 Doble fondo y Cámara de máquinas

7.4.1.1 Doble fondo

La altura del doble fondo se determina mediante la fórmula empírica recomendada en la sociedad de clasificación, en este caso el DNV, Part 3, chapter 2, section 2.3 establece lo siguiente:

2.3 Height of double bottom

Where a double bottom is required to be fitted the inner bottom shall be continued out to the ship side in such a manner as to protect the bottom to the turn of bilge. Such protection will be deemed satisfactory if the inner bottom is not lower at any part than a plane parallel with the keel line and which is located not less than a vertical distance h_{DB} measured from the keel line, in mm, as calculated by the formula:

$$h_{DB} = 1000 \cdot B/20, \text{ minimum } 760 \text{ mm}$$

The height, h_{DB} , need not be taken more than 2000 mm.

The height, h_{DB} , shall be sufficient to give good access to all parts of the double bottom. For ships with large rise of floor, the minimum height may have to be increased after special consideration.

Por tanto la altura del doble fondo para este proyecto será:

$$Hdb = 1000 \cdot B/20$$

$$Hdb = 2025 \text{ mm}$$

Como en DNV se establece que en caso de necesitarlo esta medida puede aumentarse, por mantenimiento y posibles necesidades se establece que:

$$Hdb = 2250 \text{ mm}$$

7.4.1.2 Cámara de máquinas

La cámara de máquinas se encontrará en una posición similar a la del buque de referencia aunque sus dimensiones variarán un poco debido a que el buque de referencia tiene una longitud mayor. El espacio tiene que ser suficiente para alojar el motor principal y maquinaria auxiliar restante, además de dotar de márgenes suficientes para tareas de mantenimiento u otras operaciones.

Se puede hacer una aproximación, mediante fórmula empírica obtenida del libro "Proyecto básico del buque mercante" pagina 627:

$$Lcm = 2.53 \cdot Lpp^{0.34} + 3.87 \cdot 10^{-6} \cdot MCO^{1.5}$$

$$Lcm = 22.33 \text{ m}$$

MCO será aquel hallado en el cuaderno 1, con un valor de 1109.5 Kw al 85%

Como se observa la estimación nos da un valor suficiente para alojar al modelo de motor escogido el en cuaderno 1, MAN B&W G70ME-C 10.5, para un motor de 5 cilindros el espacio mínimo necesario son 7.39 m por tanto la cámara de máquinas dispondría de espacio suficiente para alojar dicho motor.

8 CARTILLA DE TRAZADO

La cartilla de trazado ha sido obtenida mediante el programa maxsurf Modeller

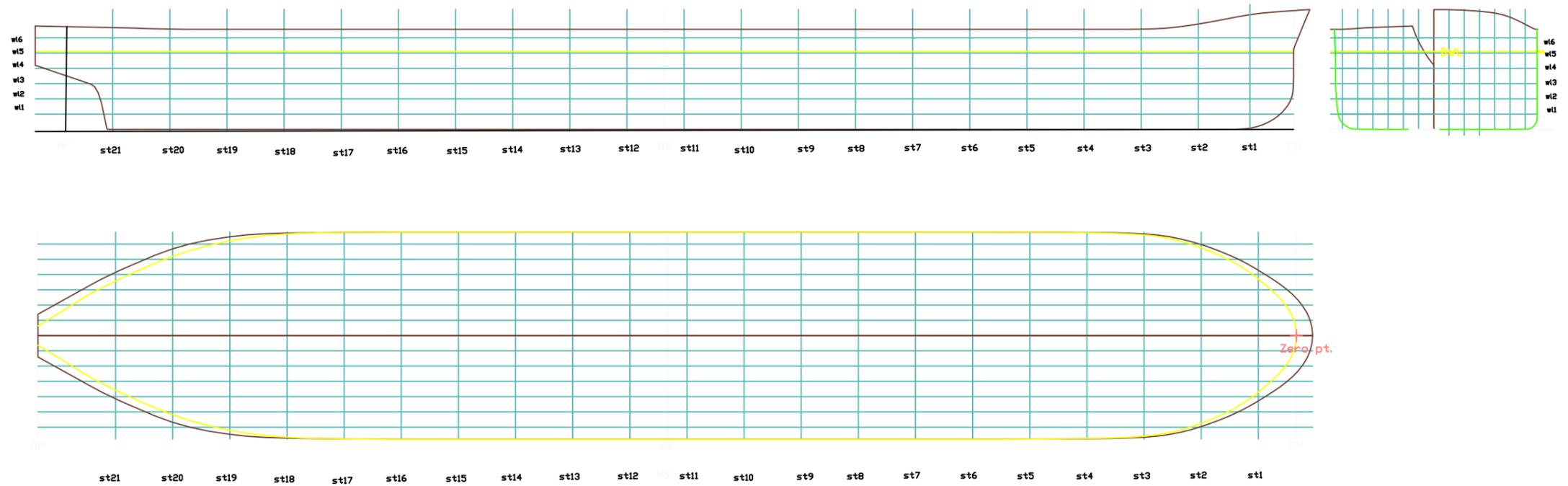
Pos. Longitudinal	Sección	L.A 1	L.A 2	L.A 3	L.A 4	L.A 5	L.A 6
0	st 0	0	0	0	0	0	0
-4,4	st 1	0	0	0	0,22	3,02	4,44
16,58	st 2	2,205	3,39	5,05	9,13	12,28	13,88
31	st 3	6,9	10,43	13,05	15,54	17,1	17,9
46	st 4	11,13	15,7	17,53	17,63	17,84	18,88
33	st 5	12,3	16,5	17,85	18,16	18,53	18,16
61	st 6	15,3	17,15	18,6	18,92	18,99	18,99
76	st 7	17,52	18,939	18,93	18,98	19	18,89
91	st 8	18,19	18997	19	19	19	18,99
106	st 9	18,25	19	19	19	19	18,99
121	st 10	18,25	19	19	19	19	18,99
136	st 11	18,25	19	19	19	19	18,99
151	st 12	18,25	19	19	19	19	18,99
166	st 13	18,25	19	19	19	19	18,99
181	st 14	18,25	19	19	19	19	18,99
211	st 15	17,84	18,44	18,5	18,64	18,73	18,96
226	st 16	8,36	12,63	13,94	14,37	14,62	14,9

9 BIBLIOGRAFÍA

- 1." Proyecto básico del buque mercante"
- 2." Proyectos y artefactos marinos" Fernando Junco Ocampo
3. Apuntes de la asignatura Proyectos del buque I
4. DNV

10 ANEXO I

En este anexo se muestran los diferentes planos obtenidos durante la realización de este cuaderno.



GRADO EN INGENIERÍA
NAVAL Y OCEÁNICA

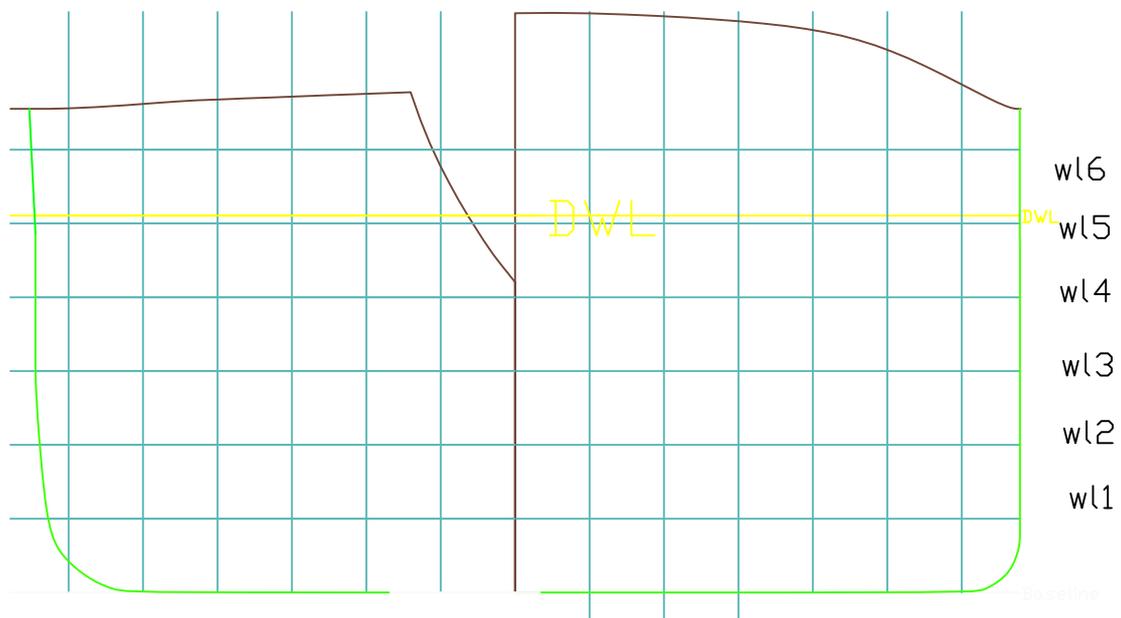
BUQUE BULKARRIER 100000 D.W.T

ESCALA: 1:1400 Nº PROYECTO: Nº PLANO: FECHA: Julio 2021

TÍTULO: Formas iniciales

AUTOR: SOFÍA FRAGA LUDEIRO FIRMA:

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL



GRADO EN INGENIERÍA
NAVAL Y OCEÁNICA

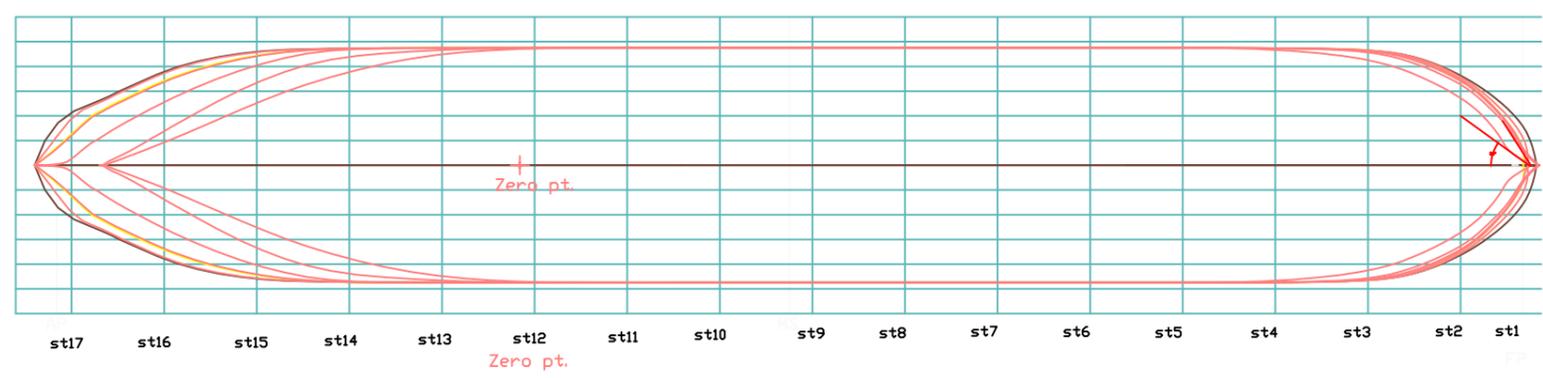
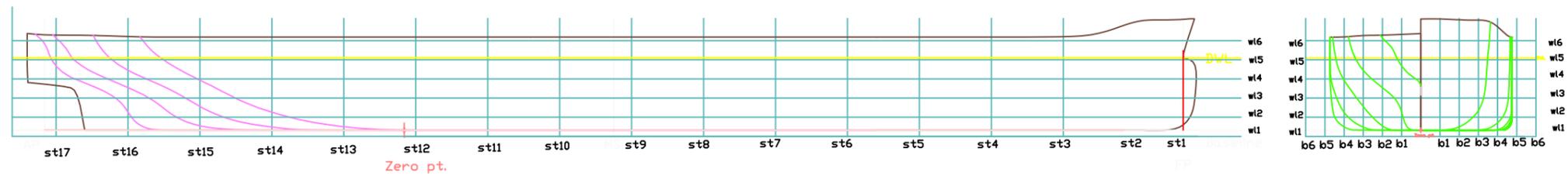
BUQUE BULKARRIER 100 000 W.D.T

ESCALA: 1:250	Nº PROYECTO:	Nº PLANO:	FECHA:
---------------	--------------	-----------	--------

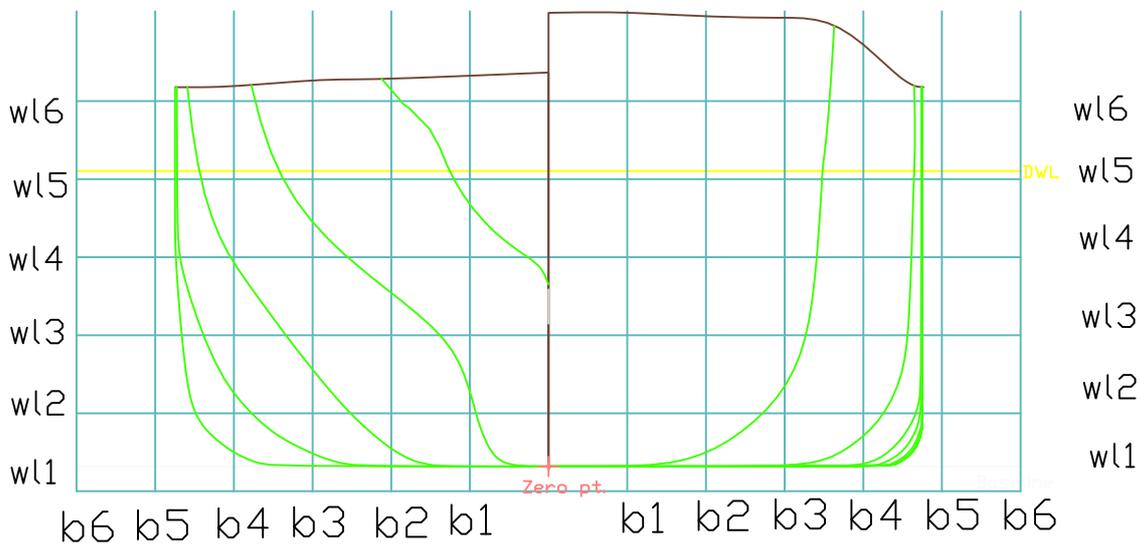
TÍTULO: Caja de Cuadernas inicial

AUTOR: SOFÍA FRAGA LUDEIRO	FIRMA:
----------------------------	--------

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL	
--	--



 GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA	BUQUE BULKARRIER 100000 D.W.T			
	ESCALA: 1:1400	Nº PROYECTO:	Nº PLANO:	FECHA: MAYO del 2021
	TÍTULO: FORMAS DEL BUQUE			
	AUTOR: SOFÍA FRAGA LUDEIRO			FIRMA:
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL				



GRADO EN INGENIERÍA
NAVAL Y OCEÁNICA

BUQUE BULKARRIER 100 000 W.D.T

ESCALA: 1:250

Nº PROYECTO:

Nº PLANO:

FECHA: MAYO DE 2021

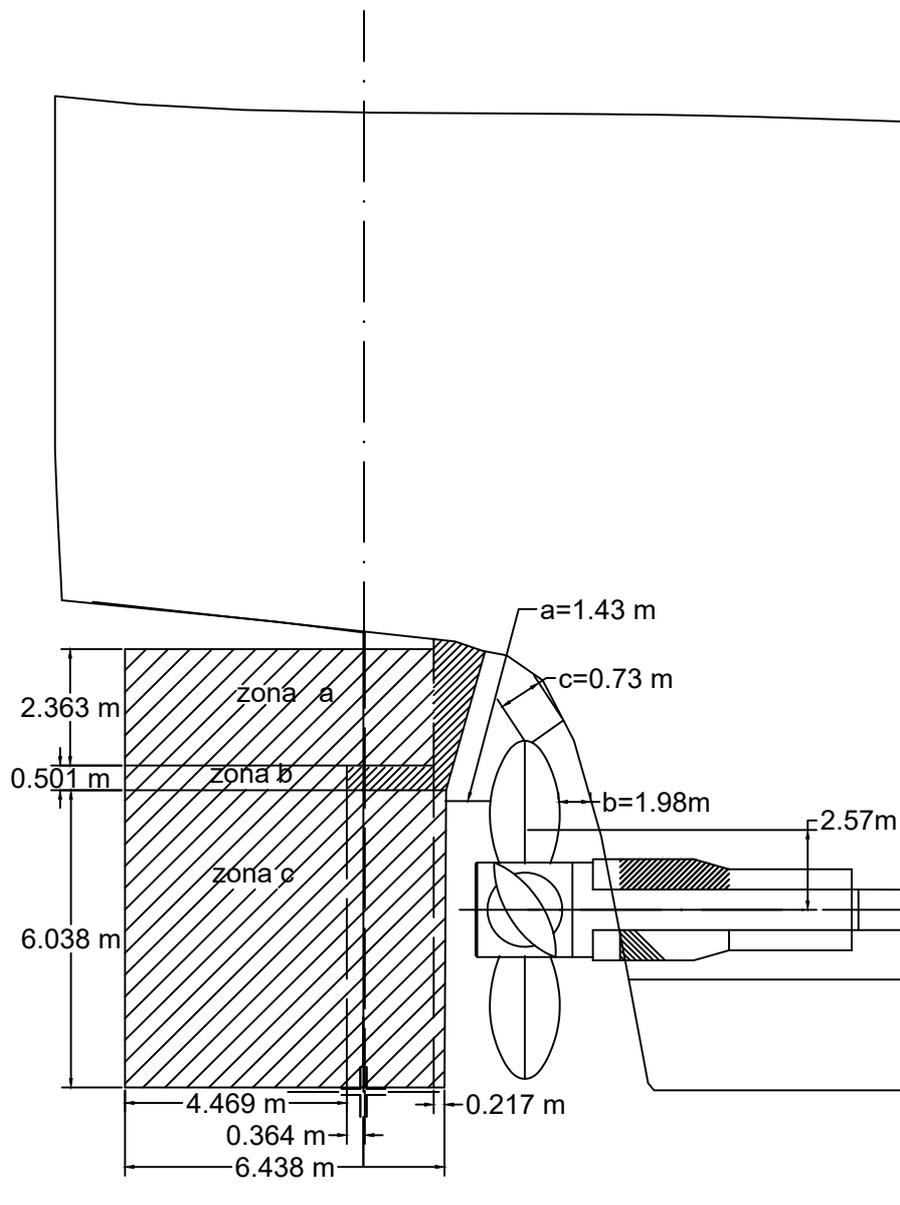
TÍTULO: CAJA DE CUADERNAS

AUTOR:

SOFÍA FRAGA LUDEIRO

FIRMA:

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL



GRADO EN INGENIERÍA
NAVAL Y OCEÁNICA

BUQUE BULK CARRIER 100 000 W.D.T

ESCALA: 1:250

Nº PROYECTO:

Nº PLANO:

FECHA: MAYO 2021

TÍTULO: CODASTE

AUTOR:

SOFÍA FRAGA LUDEIRO

FIRMA:

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL