



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2.017/18

BUQUE ATUNERO CONGELADOR DE 3.700 m³

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA:

Eva Luz Villar Chouciño

TUTOR:

Marcos Míguez González

FECHA:

JUNIO 2.018

1. RPA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO NÚMERO: 18-05

TIPO DE BUQUE: Buque atunero congelador de 3.700 m³ con bandera española destinado a la pesca de cerco en el Océano Pacífico Oriental.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: El buque ha de cumplir las reglas establecidas por la Sociedad de Clasificación BUREAU VERITAS para alcanzar la cota:

***I ✘ HULL ✘ MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation,
REF-CARGO-QUICKFREEZE, INWATERSURVEY***

Además, el buque deberá ajustarse a los siguientes reglamentos:

Protocolo de Torremolinos 1.993 con sus enmiendas en vigor.

Reglamentos de los Canales de Suez y Panamá.

Reglamento MARPOL 73/78.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Atún que se distribuirá y congelará en cubas por el sistema de inmersión en salmuera.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: El buque alcanzará una velocidad en pruebas de 19 nudos con el motor desarrollando su potencia máxima continua (100% MCR) y cuya autonomía será de 60-70 días operacionales.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Los equipos de carga y descarga serán la pluma de panga y plumas auxiliares (Br y Er) para carga y descarga de la pesca y en general los habituales para este tipo de buque.

PROPULSIÓN: Motor propulsor diésel 4 tiempos no reversible.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: El buque estará operado por 30 tripulantes con camarotes y aseos individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de barcos.

Ferrol, 18 Septiembre 2.017

ALUMNO/A: **D^a EVA LUZ VILLAR CHOUCIÑO**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2.017/18**

BUQUE ATUNERO CONGELADOR DE 3.700 m³

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 3

“COEFICIENTES Y PLANO DE FORMAS”

ÍNDICE

1. RPA.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. CONTORNO DE PROA	10
3.1. APLICACIÓN DEL BULBO.....	10
3.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DEL BULBO.....	12
4. CONTORNO DE POPA	18
5. PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS	20
6. CURVA DE ÁREAS SECCIONALES	21
7. CARTILLA DE TRAZADO	23
8. COMPROBACIÓN DE LOS COEFICIENTES ADIMENSIONALES	24
ANEXO I_Contorno de Popa.....	26
ANEXO II_Plano de Formas	27
ANEXO III_Cartilla de Trazado.....	28

2. INTRODUCCIÓN

El Buque correspondiente al proyecto número 18-05 es un pesquero Purse Seiner con capacidad de cubas de 3.700 m³, a motor, con casco de acero, proyectado para la pesca del atún con arte de cerco en el Océano Pacífico Oriental.

El buque con todo su equipo y maquinaria, se construirá de acuerdo con las reglas, y bajo la inspección de la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas, para alcanzar la cota:

I ✱ HULL ✱ MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation, REF-CARGO-QUICKFREEZE, INWATERSURVEY

Donde:

- REF-CARGO-QUICKFREEZE: notación de clase adicional asignada a buques diseñados con plantas de congelación, con la condición de que el número y la energía de las unidades de refrigeración son tales que la temperatura específica puede ser mantenida con una unidad en standby.
- INWATERSURVEY: notación de clase adicional asignada a buques con los arreglos necesarios para facilitar la inspección bajo agua.

Las dimensiones principales de dicho Buque Proyecto calculadas en el Cuaderno 1, “*Dimensionamiento Preliminar y Elección de la Cifra de Mérito*”, son las que se muestran a continuación, y serán de las que partiremos para el desarrollo de este Cuaderno 3 “*Coeficientes y Plano de Formas*”:

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	96,70 m
ESLORA TOTAL.....	112,40 m
MANGA.....	18,00 m
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL.....	8,20 m
PUNTAL A LA CUBIERTA SUPERIOR.....	11,00 m
CALADO.....	7,50 m
Velocidad (100% MCR).....	19 nudos
Número de Froude.....	0,318
COEFICIENTE DE BLOQUE.....	0,548
COEFICIENTE DE LA MAESTRA.....	0,980
COEFICIENTE PRISMÁTICO.....	0,559
COEFICIENTE DE LA FLOTACIÓN.....	0,841
DESPLAZAMIENTO.....	7.331,3 Tn
VOLUMEN DE CUBAS.....	3.700 m ³
TRIPULACIÓN.....	30
POTENCIA	7.200 kW

En el estudio hidrodinámico de un nuevo proyecto, es de máxima importancia la elección de las formas del buque tanto en lo que se refiere a la obra viva como a la obra muerta, ya que ello influye decisivamente en diferentes aspectos:

- Requerimientos técnicos del buque: tales como capacidad de carga y capacidades de tanques.
- Desplazamiento determinado en condiciones de carga.
- Disminuir la resistencia a la marcha del buque.
- Aumentar la velocidad operativa en la mar.
- Dotar al buque de la necesaria estabilidad, tanto estática como dinámica, imprescindible para su seguridad: valores de KN en los distintos calados que aseguren una estabilidad satisfactoria, así como la situación del centro de carena que permita obtener un trimado adecuado en cada situación de carga.
- Evitar los fenómenos de turbulencias y separación que suponen un aumento de resistencia y pueden propiciar fenómenos de cavitación de la hélice.
- Mejorar las condiciones del flujo en torno a la carena, especialmente en lo referido al flujo de entrada a la hélice, evitándose así los fenómenos de cavitación y las posibles fluctuaciones de presión transmitidas al casco y las consecuentes vibraciones.
- Facilidad y coste de construcción.

En este sentido, cualquier alteración a una variable de proyecto afecta generalmente a otras cualidades del buque, exigiendo una reconsideración del resto de las variables, lo que hace que el proceso de obtención de las formas óptimas haya que realizarse de una manera interactiva hasta llegar a unas dimensiones y formas que establezcan un compromiso satisfactorio entre las numerosas características del proyecto.

Es por ello que en este Cuaderno 3 “*Coeficientes y Plano de Formas*”, se llevarán a cabo los siguientes procedimientos con el fin de lograr un equilibrio entre dimensiones y formas:

- Comprobación de Coeficientes Adimensionales.
- Contorno de Proa y Popa.
- Trazado del Bulbo.
- Derivación del Plano de Formas.
- Curva de Áreas Seccionales.
- Plano de Formas del Buque Proyecto.

Para el desarrollo y obtención de las formas del buque, el libro “*Proyectos de las Formas del Buque*” del Prof. Fernando Junco plantea tres opciones:

- **Generación de formas propias**

Procedimiento en el cual se necesita una gran destreza y experiencia en el diseño y conocimiento del tipo de buque de que se trata para obtener un buen resultado. La

ventaja de esta opción es una amplia versatilidad en el diseño y la mayor desventaja es un coste muy elevado.

- **Empleo de series sistemáticas**

Las series sistemáticas se emplean de acuerdo al tipo de buque y sus características de partida, de manera que estas se adecúan a las características necesarias del Buque Proyecto. En este método se emplean unas formas estudiadas en canales de experiencia, por lo que se garantiza un buen comportamiento del buque.

- **Partir de un buque base de características similares**

Este método consiste en hacer una transformación de las formas de un buque base, adecuándolas a las características necesarias del Buque Proyecto. Para ello, es imprescindible partir de un diseño cuyos coeficientes de forma se asemejen a los de un buque de este tipo para que así el Buque Proyecto cumpla con una serie de requerimientos que le permitan ser funcional.

Haciendo uso de esta tercera metodología, se partirá de las formas del buque nº 11 “Jocay” de la base de datos, siendo las siguientes sus características hidrostáticas:

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4550	t
2	Volume (displaced)	4438,977	m³
3	Draft Amidships	6,500	m
4	Immersed depth	7,264	m
5	WL Length	86,163	m
6	Beam max extents on	14,682	m
7	Wetted Area	1670,736	m²
8	Max sect. area	90,145	m²
9	Waterpl. Area	956,875	m²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,643	
11	Block coeff. (Cb)	0,607	
12	Max Sect. area coeff.	0,945	
13	Waterpl. area coeff. (Cw)	0,851	
14	LCB length	36,081	from ze
15	LCF length	30,738	from ze
16	LCB %	47,104	from ze
17	LCF %	40,127	from ze
18	KB	3,671	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMT	3,143	m
21	BML	88,391	m
22	GMt corrected	6,815	m
23	GML	92,062	m
24	KMt	6,815	m
25	KML	92,062	m
26	Immersion (TPc)	9,808	tonne/c
27	MTc	54,684	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Dis	541,132	tonne.m
29	Length:Beam ratio	5,217	
30	Beam:Draft ratio	2,259	
31	Length:Vol ^{0.333} rati	4,661	
32	Precision	Highest	215 stat

Density (water)

Std. densities

VCG

Imagen 1. Tabla hidrostáticas buque referencia

Teniendo en cuenta los coeficientes habituales en un buque atunero, los obtenidos en el Cuaderno 1 para el Buque Proyecto se consideran inapropiados para llegar a unos resultados finales óptimos y funcionales:

$$CB = 0,548$$

$$CP = 0,559$$

Se trata de valores de coeficiente de bloque y prismático bajos teniendo en cuenta que el buque va a requerir de un espacio tanto para alojar la carga (3.700 m³) como la maquinaria situada a popa. Un valor bajo de ambos supone unas formas muy finas que podrían, a la hora de diseñar el compartimentado del casco, ocasionar problemas para la instalación de dichos equipos.

Se considera un coeficiente de bloque apropiado para un buque atunero un valor no inferior a 0,60, por lo que, a la hora de diseñar las formas del Buque Proyecto, se intentará aproximar a este lo máximo posible.

$$CM = 0,980$$

En este caso, el coeficiente de la maestra se considera un resultado demasiado alto para este tipo de buques. Un valor de 0,98 supone un cuerpo cilíndrico con unas formas no propias de un atunero ya que implicaría un aumento de la resistencia al avance y consecuente reducción de la marcha en la mar. Por ello, se considera para este tipo de buques un coeficiente de la maestra máximo de 0,95.

De este modo, las características dimensiones principales de partida del Buque Proyecto para el diseño del plano de formas se muestran a continuación:

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	96,70 m
ESLORA TOTAL.....	112,40 m
MANGA.....	18,00 m
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL.....	8,20 m
PUNTAL A LA CUBIERTA SUPERIOR.....	11,00 m
CALADO.....	7,50 m
Velocidad (100% MCR).....	19 nudos
Número de Froude.....	0,318
COEFICIENTE DE BLOQUE.....	0,600
COEFICIENTE DE LA MAESTRA.....	0,950
COEFICIENTE PRISMÁTICO.....	0,631
COEFICIENTE DE LA FLOTACIÓN.....	0,773*
DESPLAZAMIENTO.....	7.832 Tn
VOLUMEN DE CUBAS.....	3.700 m ³
POTENCIA REQUERIDA.....	7.200 kW

*El coeficiente de la flotación se ha calculado a partir de la media geométrica de los tres valores obtenidos en las siguientes expresiones:

$$CF = 1 - 0,3 \cdot (1 - CP) = 0,889$$

$$CF = CM \cdot CP + 0,1 = 0,699$$

$$CF = \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot CM \cdot CP = 0,732$$

$$**CF = 0,773**$$

Partiendo de los datos iniciales, cabe destacar que el objetivo de este Cuaderno 3 “*Coeficientes y Plano de Formas*” es obtener tanto el plano de formas del Buque Proyecto como su tabla de hidrostáticas y un ajuste de los coeficientes adimensionales del mismo que serán los definitivos del buque.

3. CONTORNO DE PROA

Desde hace años se ha buscado algún sistema que permita la reducción de la altura de las olas originadas por la perturbación local de presiones que se forman en la proa del buque durante la navegación.

Fue Froude quien, antes de que se construyera el primer Canal de Experiencias en Torquay, aplicó la idea del bulbo a su modelo del SWAN.

El Almirante Taylor insistió en la modificación de la carena de manera que se sustitúan las líneas finas que terminan en la proa del buque por debajo de la línea de flotación, por otras que se van engrosando hasta formar una falsa proa inicial similar a la de un pequeño barco, la cual crea una pequeña ola que, situada más a popa, tiende a amortiguar el sistema de olas total, consiguiendo así una reducción de la resistencia total a la marcha del buque.

$$R_T = R_F + R_W + R_V + R_{air} + R_{rug} + R_{apend}$$

3.1. APLICACIÓN DEL BULBO

A pesar de las ventajas que supone la instalación de un bulbo de proa a una carena, esto no quiere decir que todos los buques deban llevar bulbo. La decisión dependerá del tipo de buque, velocidad, servicio e itinerarios previstos, tiempo de navegación en lastre, media carga, etc.

Siguiendo esta línea, cabe destacar que la viabilidad del bulbo puede variar dependiendo de diversos factores:

- **Buques Rápidos:** actúa por atenuación del sistema de olas de proa y reducción, por tanto, de la resistencia al avance del buque.
- **Buques Lentos:** en este caso, la resistencia ocasionada por la viscosidad predomina sobre la resistencia por formación de olas, llegando a ser de hasta un 80% de la resistencia total.
- Mejora en el comportamiento hidrodinámico del buque.

Es evidente que una proa normal es más fácil y barata de construir que una proa con bulbo por la complejidad constructiva que supone esta última, de tal manera que solo debemos instalarlo si con ello se consigue una mejora sustancial de los aspectos hidrodinámicos del buque como hemos mencionado anteriormente (resistencia al avance, reducción de la potencia requerida y del consumo de combustible).

Partiendo de los datos dimensionales principales y coeficientes adimensionales aproximados, se justificará la instalación de un bulbo de proa al Buque Proyecto comprobando que se cumplen una serie de características como se muestra a continuación:

$$0,65 < CB < 0,815; \quad (CB = 0,600)$$

$$5,50 < \frac{L_{pp}}{B} < 7,00; \quad \left(\frac{L_{pp}}{B} = 5,37 \right)$$

$$0,24 < Fn < 0,57; \quad (Fn = 0,31)$$
$$\frac{CB \cdot B}{L_{pp}} < 0,135; \quad \left(\frac{CB \cdot B}{L_{pp}} = 0,110 \right)$$

En el siguiente gráfico se pueden apreciar los rangos de número de Froude y del coeficiente de bloque para los que se obtiene una mejora al añadir un bulbo de proa.

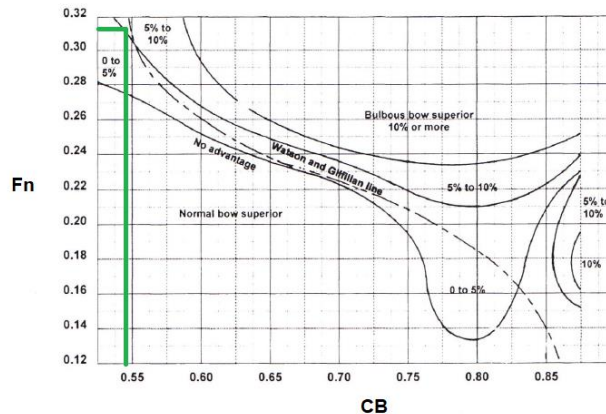


Imagen 2. Gráfico Fn frente a CB

Como se puede observar, los valores obtenidos en el Cuaderno 1 cumplen con los márgenes, de manera que la instalación de un bulbo de proa supone un beneficio para el Buque Proyecto. Además, es de gran importancia resaltar la tradición en buques atuneros de la adición a la carena de un bulbo de proa, ya que con ello se producen mejoras no tanto a nivel de resistencia al avance, sino por su comportamiento en la mar al dar lugar a un mayor amortiguamiento de los movimientos de cabeceo.

Es muy importante puesto que los efectos que produce el “slamming” son muy desfavorables y en general, el cabeceo origina fuertes averías en los fondos de proa, obligando a moderar la marcha en cuanto se endurecen las condiciones de la mar. Lo que se consigue con esto es amortiguar el movimiento y con ello reducir la intensidad de los impactos permitiendo mantener la velocidad del buque sin necesidad de moderarla.



Imagen 3. Bulbo buque atunero

3.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DEL BULBO

Para definir las características geométricas del bulbo, primero se debe decidir qué tipo de bulbo se va a utilizar en el Buque Proyecto. Así, a la hora de definir los diferentes tipos de bulbos se distinguen dos clasificaciones:

- **Según la Intersección con la Carena**

Se distinguen dentro de esta los siguientes tipos:

- **Bulbos integrados:** son los que se unen a la carena con continuidad y suavidad.

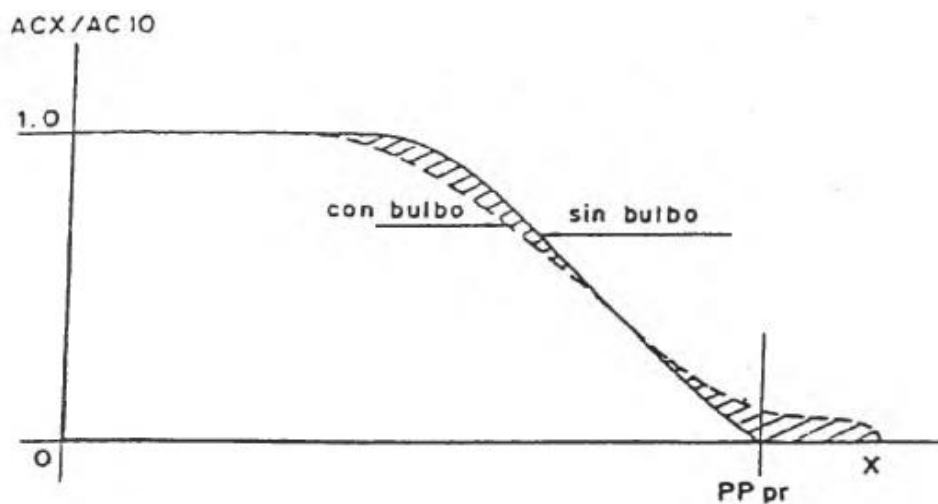


Imagen 4. Bulbo integrado

- **Bulbos postizos:** aquellos que han sido añadidos a una carena previa sin bulbo, de manera que existe una línea de discontinuidad.

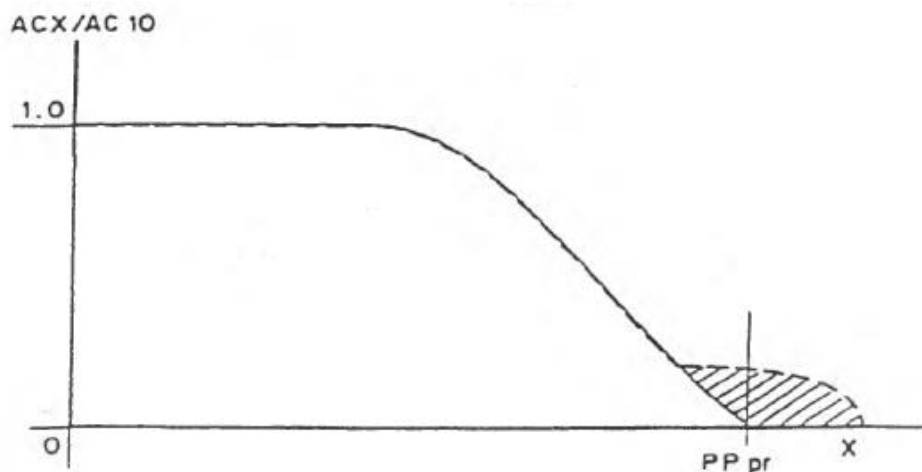


Imagen 5. Bulbo postizo

En el caso del Buque Proyecto y por tratarse de una nueva construcción, se instalará un bulbo de tipo “INTEGRADO”.

- **Según el Aspecto de sus Secciones**

Lo que diferencia a los bulbos en función de este tipo de clasificación es la forma local en la parte baja de las cuadernas del bulbo. Así se distinguen:

- **Bulbo Elíptico:** aquellos que son apropiados tanto para formas llenas como finas y con secciones en U y en V.

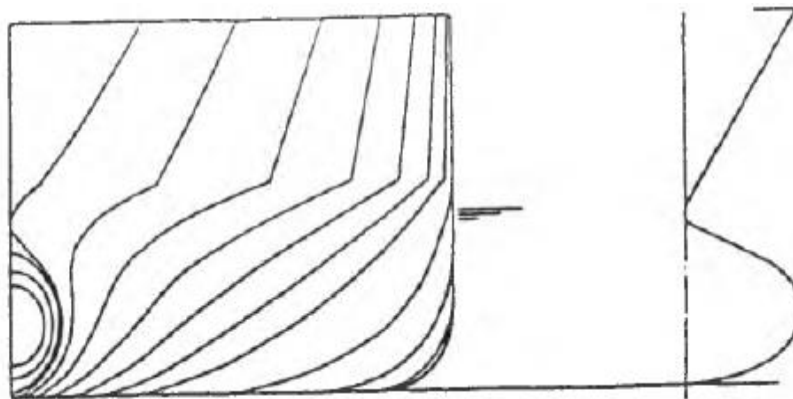


Imagen 6. Bulbo elíptico

- **Bulbo en Gota de Agua:** su principal masa se localiza en la parte inferior del bulbo. Su forma plana en la parte baja hace que exista mayor riesgo de “slamming” si llega a emerger el pie de roda, por lo que las secciones de este tipo, al igual que las elípticas deben descartarse para buques de pequeño porte en los que el riesgo de emersión de la proa es muy alto, como es este el caso.

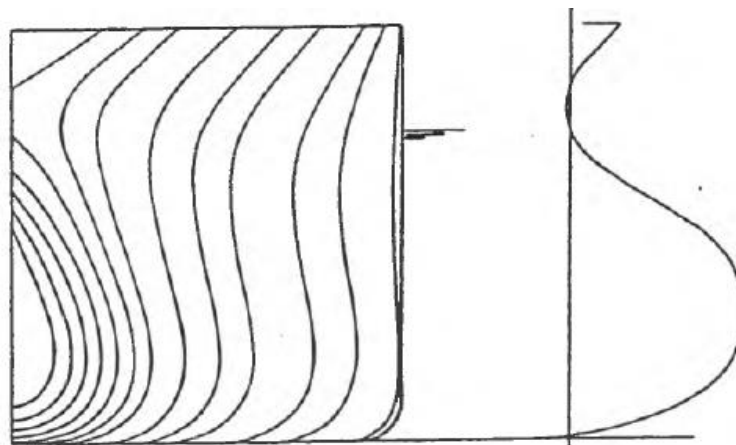


Imagen 7. Bulbo en gota de agua

- **Bulbo en Peonza:** su principal masa se sitúa en la parte superior del mismo y son los más empleados por su buen comportamiento en la mar (efecto de amortiguamiento muy alto).

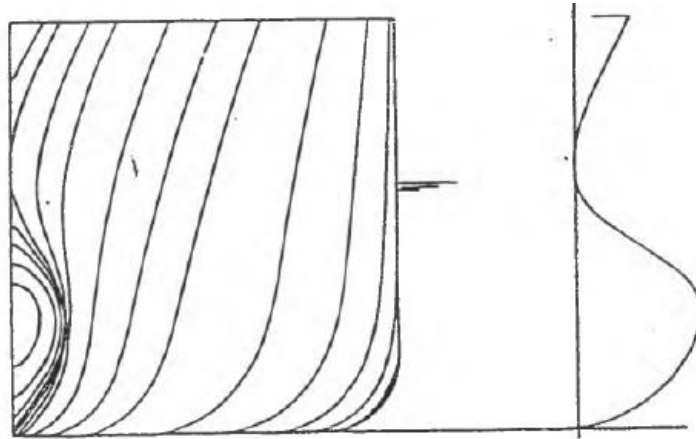


Imagen 8. Bulbo en peonza

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y los bulbos utilizados en los buques de la base de datos del presente anteproyecto, se elige para el Buque Proyecto la instalación de un bulbo con formas tipo "PEONZA", en el cual el centro de gravedad se sitúa en la región superior del mismo. Este tipo de bulbos condicionan una navegación más eficiente.

Una de las características principales de los buques atuneros es su navegación en zonas de mala mar. Desde este punto de vista, las condiciones a las que se ven sometidas la tripulación en lo que a movimiento a bordo se refiere, son bastante desfavorables, por lo que el reducir lo máximo posible el movimiento de cabeceo es uno de los puntos a tener en cuenta a la hora del diseño del barco.

Por tanto, este argumento se suma a los citados en el apartado anterior para considerar apropiada la instalación de un bulbo al Buque Proyecto.

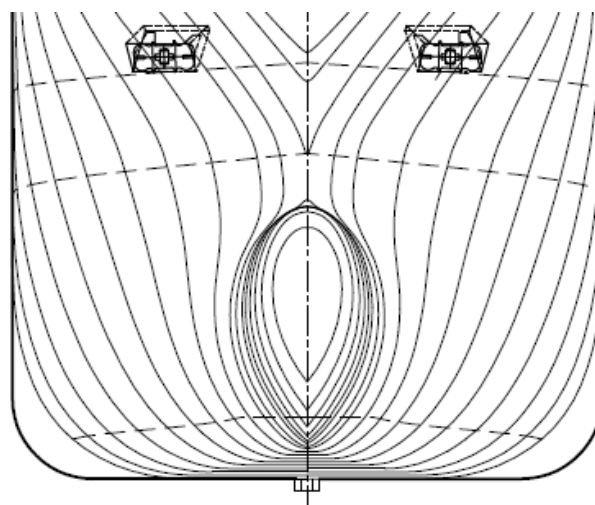


Imagen 9. Bulbo Buque Proyecto

Una vez seleccionado el tipo de bulbo, se procede al cálculo de los parámetros geométricos que lo definen.

- **Altura de Bulbo**

La altura de bulbo es la ordenada sobre la línea base del punto de protuberancia máxima. Para obtener un buen rendimiento del bulbo, éste ha de estar relativamente próximo a la flotación; en la gran mayoría de buques oscila entre un 35% y un 55% del calado máximo en proa.

De este modo, se toma la siguiente altura de proa:

$$h = 0,35 \cdot T = 0,35 \cdot 7,5 = 2,62 \text{ m}$$

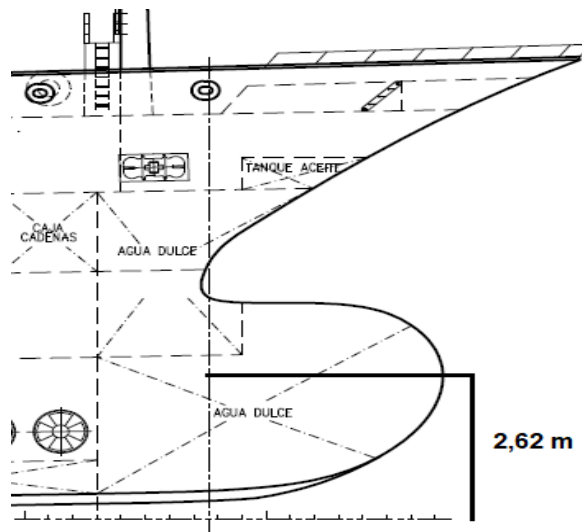


Imagen 10. Altura de bulbo BP

- **Protuberancia**

Es la distancia desde la perpendicular de proa hasta la punta de máxima protuberancia y se trata de un parámetro menos crítico que la altura, ya que admite variaciones de mayor entidad sin grave deterioro en la calidad de las formas. Determina el volumen del bulbo tras definir la altura, así como la intensidad de la interacción del bulbo. Una protuberancia óptima sólo sería para un calado y velocidad determinados.

En este caso, la protuberancia se calculará mediante fórmulas empíricas extraídas del libro de referencia de D. Fernando Junco, deducidas de una muestra muy amplia de buques con bulbos normales y altos para condiciones de plena carga y lastre:

$$X = L_{pp} \cdot \left(0,2642 \cdot \frac{CB \cdot B}{L_{pp}} - 0,0046 \right) = 96,70 \cdot \left(0,2642 \cdot \frac{0,600 \cdot 18}{96,70} - 0,0046 \right) = 2,40 \text{ m}$$

Se considera una protuberancia pequeña en comparación con los buques de la base de datos.

Como se ha comentado, con el fin de disminuir el movimiento de cabeceo en la mar, se aumenta la longitud del bulbo de manera proporcional al buque de referencia que se está utilizando en este Cuaderno.

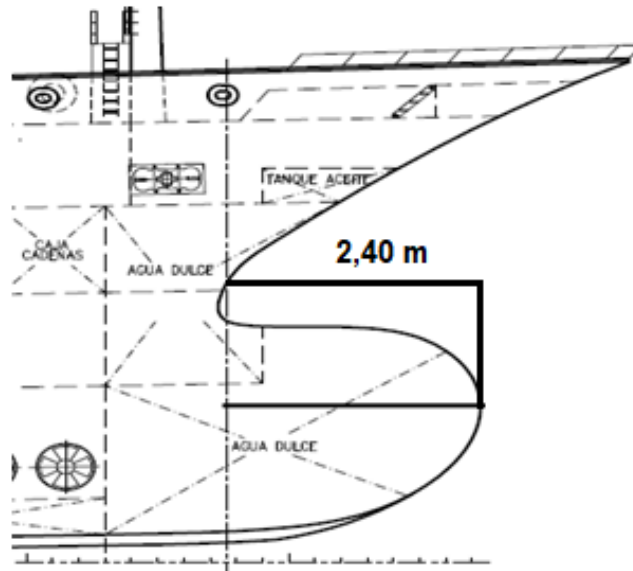


Imagen 11. Protuberancia

- **Área Transversal (S_b)**

El valor del área transversal se obtendrá a partir del gráfico siguiente extraído del libro de referencia:

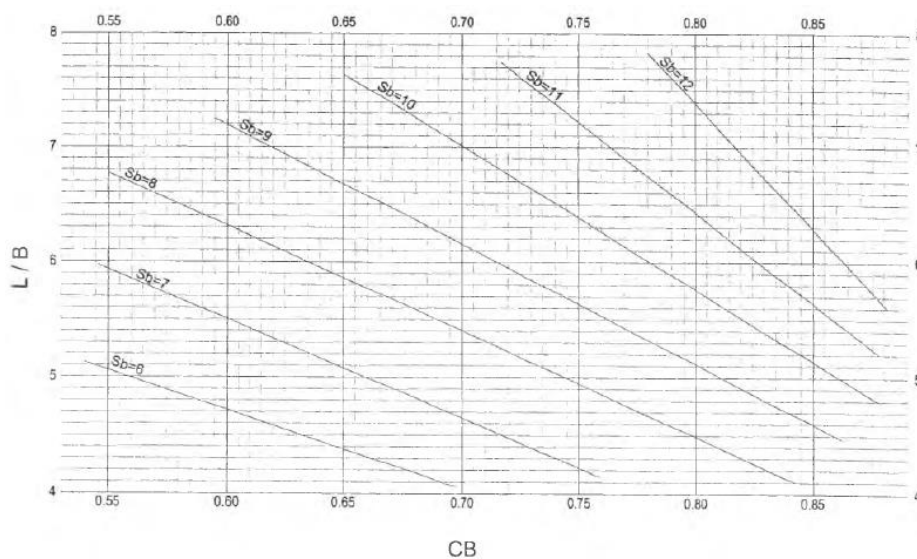


Imagen 12. Gráfico L/B frente a CB

$$\frac{L_{pp}}{B} = 5,37$$

$$CB = 0,600$$

De modo que entrando con las relaciones del Buque Proyecto se obtiene un área transversal cuyo valor se muestra a continuación:

$$Sb = 6,5 \%$$

Cuyo valor se engloba dentro de los valores de referencia indicados para atuneros, aunque será un resultado que deberá corregirse a medida que se avance en el proyecto del buque.

4. CONTORNO DE POPA

Otro de los aspectos importantes del proyecto de un buque, consiste en confeccionar unas formas en popa que garanticen que llega un flujo de agua incidente adecuado al propulsor, mejorando así el rendimiento del conjunto hélice-carena al evitar la formación desigual de remolinos y consecuentes vibraciones en el mismo.

Deberá tenerse en cuenta que especialmente en buques rápidos con proas de bulbo, como es el caso del Buque Proyecto, puede haber una apreciable interacción de la proa en el flujo de popa, lo que puede afectar a la uniformidad de la estela como al rendimiento propulsivo.

Estas zonas de popa se conocen como “vanos del codaste”, y se suelen definir con el apoyo de los reglamentos de las Sociedades de Clasificación.

Al diseñar el codaste, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El contorno de la popa deberá prever una inmersión adecuada de la popa, que proporcione suficiente columna de agua a la hélice y mejore el comportamiento del buque en la mar.
- El diseño del codaste deberá permitir la instalación de una hélice eficiente de gran diámetro, proporcionando las claras hélices-carena necesarias para disminuir el riesgo de fuertes vibraciones transmitidas por la hélice al casco y/o al eje de cola.
- Un trimado no superior al 1,5% de la eslora es ventajoso desde el punto de vista propulsivo ya que permite conseguir un vano del codaste más favorable.
- Preferiblemente el codaste ha de ser abierto para evitar disipación de energía y consecuente pérdida de rendimiento.
- Un aumento en el número de palas condiciona una disminución del diámetro de la hélice junto con un menor nivel de fluctuaciones de par y empuje transmitidos al casco y/o línea de eje.

Teniendo en cuenta estos aspectos, es importante fijar las características principales del propulsor más adecuado, fundamentalmente el diámetro de la hélice y el número de palas, tarea que ya se desarrolla en el Cuaderno 6 “*Predicción de Potencia*”.

$$\text{Diámetro del Propulsor } (D) = 4.800 \text{ mm}$$

$$\text{Número de Palas } (Z) = 4$$

En este caso, la SSCC aplicable al Buque Proyecto es la Bureau Veritas; sin embargo, la información necesaria para establecer estos valores es insuficiente, por

lo que en este caso se aplicará el DNV-GL. Esta establece para buques de una línea de ejes las expresiones para el cálculo de las claras que se muestran a continuación en la imagen:

$$\text{clara } a = (0,24 - 0,01 \cdot Z) \cdot D = 960,0 \text{ mm}$$

$$\text{clara } b = (0,35 - 0,02 \cdot Z) \cdot D = 1.296,0 \text{ mm}$$

$$\text{clara } c = 0,10 \cdot D = 480,0 \text{ mm}$$

$$\text{clara } d = 0,035 \cdot D = 168,0 \text{ mm}$$

A continuación, se muestran las claras definitivas del Buque Proyecto una vez instalada la hélice en el Cuaderno 6 “Predicción de Potencia”. Como se puede comprobar, la disposición planteada cumple con las claras de codaste mínimas exigidas por el Reglamento. Se adjunta el plano del codaste en el ANEXO I.

CLARA	REGLAMENTO	BUQUE PROYECTO
Clara a (mm)	960,0	1.864,7
Clara b (mm)	1.296,0	1.342,4
Clara c (mm)	480,0	672,2
Clara d (mm)	168,0	475,6

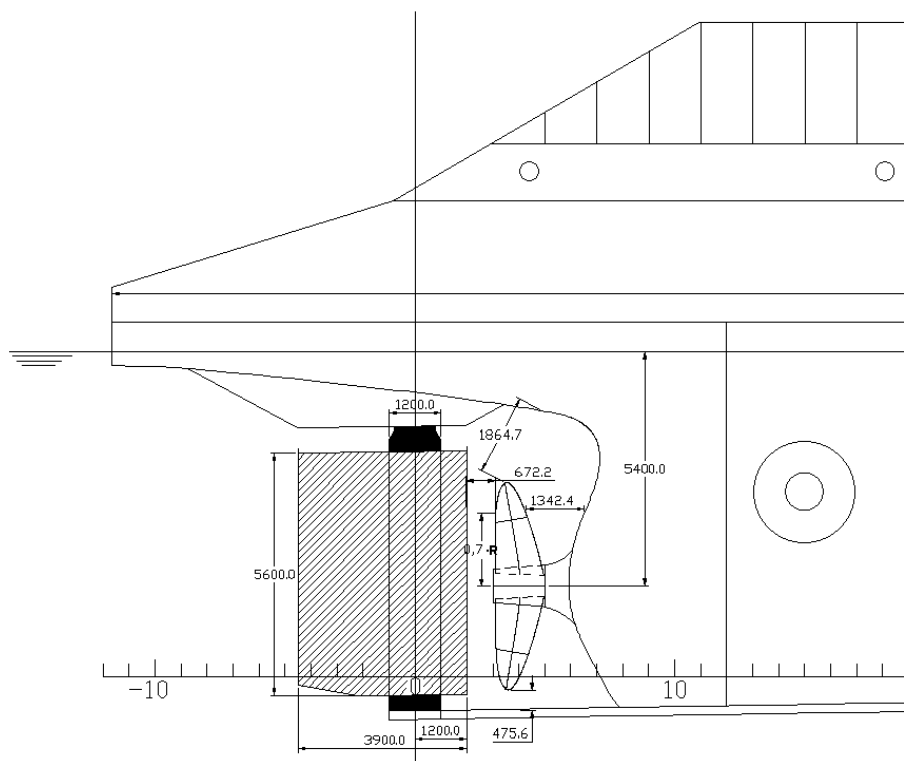


Imagen 13. Comprobación de claras

5. PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS

Para el desarrollo de las formas del Buque Proyecto el procedimiento que se ha utilizado requiere de gran destreza; en este caso se parte del buque base indicado y, haciendo uso del software Maxsurf, se escalan sus dimensiones principales.

En un primer momento se fijan los siguientes puntos de referencia que se van a presentar en el cuaderno de formas:

- Perpendicular de Proa, Popa y Sección Media.
- Secciones Transversales.
- Líneas de Agua.
- Longitudinales.

Para después escalar la eslora total y la manga, y una vez visto el resultado se realiza el mismo procedimiento con el puntal, evitando de este modo las posibles deformaciones del casco.

Posteriormente, se van modificando las formas hasta ir obteniendo esos resultados que favorezcan la estabilidad y que además se ajusten lo máximo posible a los parámetros de partida.

Tras este reajuste de formas y del trimado del buque, se limitan las diferentes cubiertas del Buque Proyecto: cubierta principal, cubierta superior y cubierta castillo, obteniendo el Buque Proyecto definitivo.

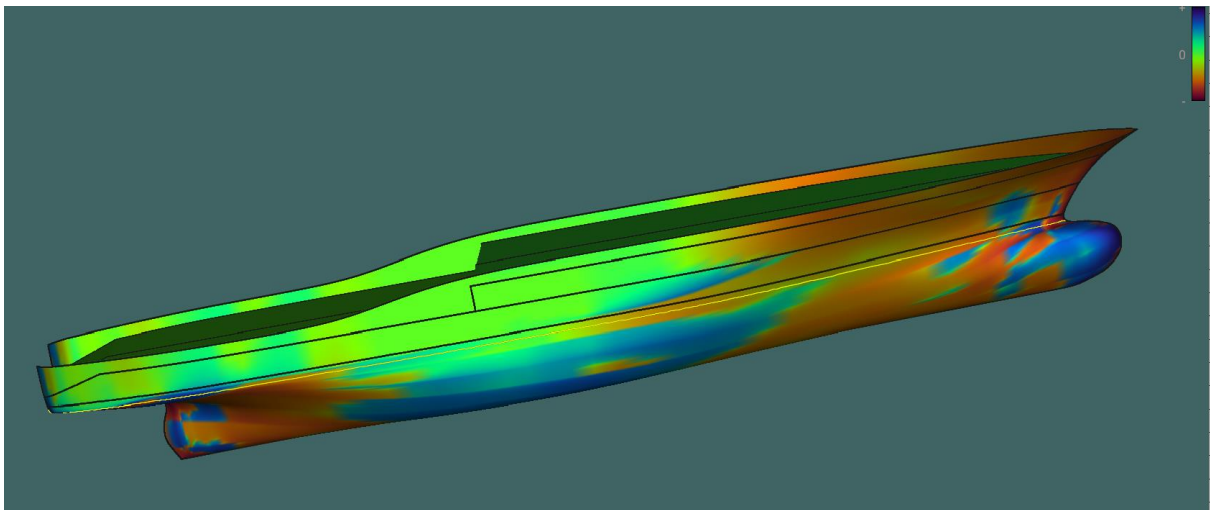


Imagen 14. Diseño Buque Proyecto

Se adjunta en el ANEXO II el plano de formas final.

6. CURVA DE ÁREAS SECCIONALES

La curva de áreas seccionales representa el área de cada sección bajo la flotación, y, por tanto, la distribución longitudinal del volumen de carena. De este modo, una curva de áreas seccionales suave y continua, sin variaciones bruscas es un indicativo de buenas formas.

La información obtenida en este apartado se resume en:

- Cómo se reparte el **Desplazamiento final** del buque a lo largo de la eslora.

$$\Delta = 7.917 \text{ Tn}$$

- Obtención del **Volumen de Carena** (área bajo la curva).

$$\nabla = 7.723,9 \text{ m}^3$$

- **Posición Longitudinal del Centro de Carena**

$$XB = 45,00 \text{ m}$$

- **Área de la Sección Maestra**

$$A_{SM} = 126,506 \text{ m}^2$$

- **Información sobre el Coeficiente Prismático**

$$CP = \frac{\nabla}{A_{SM} \cdot L_{pp}} = 1 - \frac{r^2}{B \cdot T} \cdot \left(2 - \frac{\pi}{2}\right) = 0,631$$

Se extrae del programa MaxSurf la siguiente curva de áreas seccionales:

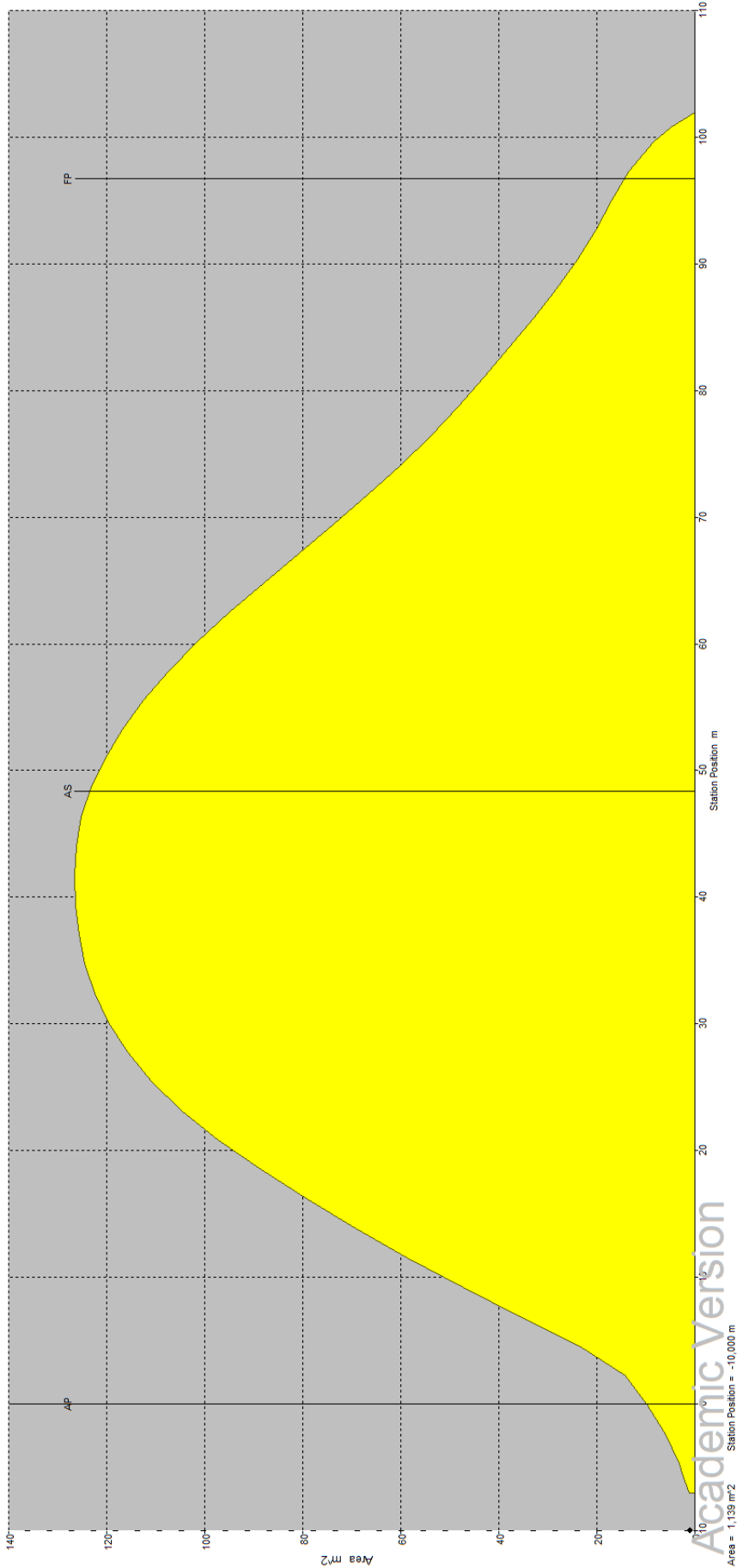


Imagen 15. Curva de áreas seccionales del Buque Proyecto

7. CARTILLA DE TRAZADO

A continuación, se muestra la cartilla de trazado del Buque Proyecto, que se corresponde con la intersección de las secciones transversales con las líneas de agua. Se adjunta en el ANEXO III del presente Cuaderno.

	ST	-1	-3/4	-1/2	-1/4	0	1/4	1/2	3/4	1	2	3	4	5	6	7	8
WL		-4,835	-3,626	-2,418	-1,209	0,000	1,209	2,418	3,626	4,835	9,670	14,505	19,340	24,175	29,010	33,845	38,680
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,126	1,191	2,392	2,392	2,860	3,331	3,833	3,744
1	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0,439	1,513	3,767	3,767	5,261	6,562	7,369	7,809
2	2,60	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,529	1,631	4,874	4,874	6,608	7,706	8,304	8,562
3	3,90	0	0	0	0	0	0	0	0	0,463	1,896	6,241	6,241	7,695	8,397	8,717	8,837
4	5,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0,654	3,642	7,611	7,611	8,443	8,762	8,908	8,960
5	6,50	0	0	0	0	0	2,178	4,000	4,821	5,361	6,980	8,502	8,502	8,759	8,892	8,962	8,991
6	7,80	5,879	6,240	6,560	6,858	7,133	7,384	7,611	7,817	8,006	8,523	8,760	8,760	8,861	8,937	8,984	8,999
7	9,10	5,890	6,248	6,565	6,859	7,133	7,385	7,614	7,823	8,016	8,539	8,808	8,808	8,878	8,940	8,985	8,999
8	10,40	5,901	6,257	6,570	6,861	7,133	7,385	7,617	7,828	8,022	8,547	8,834	8,834	8,889	8,942	8,986	8,999
9	11,70	5,911	6,265	6,574	6,862	7,133	7,386	7,620	7,834	8,027	8,553	8,856	8,856	8,897	8,944	8,986	9,000

	ST	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1/4	1/2	3/4	21
WL		43,515	48,350	53,185	58,020	62,855	67,690	72,525	77,360	82,195	87,030	91,865	96,700	97,909	99,117	100,326	101,535
0	0	1,455	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,30	7,997	7,777	7,018	5,981	4,886	3,885	2,963	2,188	1,586	1,096	0,694	0,392	0	0	0	0
2	2,60	8,643	8,475	7,991	7,252	6,264	5,190	4,224	3,405	2,702	2,069	1,597	1,153	1,012	0,794	0,276	0
3	3,90	8,859	8,756	8,457	7,884	6,997	5,924	4,892	4,000	3,238	2,517	1,997	1,470	1,315	1,146	0,917	0,292
4	5,20	8,969	8,913	8,717	8,249	7,461	6,438	5,361	4,384	3,528	2,672	2,021	1,537	1,370	1,191	0,968	0,464
5	6,50	8,997	8,964	8,830	8,468	7,797	6,855	5,752	4,633	3,613	2,667	1,678	1,091	0,929	0,686	0,258	0,000
6	7,80	8,999	8,978	8,896	8,646	8,099	7,244	6,147	4,963	3,791	2,632	1,313	0	0	0	0	0
7	9,10	9,000	8,992	8,957	8,816	8,386	7,622	6,574	5,366	4,124	2,861	1,540	0,291	0	0	0	0
8	10,40	9,000	8,996	8,978	8,895	8,625	7,993	7,043	5,905	4,682	3,356	1,935	0,642	0,231	0	0	0
9	11,70	9,000	8,998	8,988	8,935	8,762	8,316	7,541	6,573	5,509	4,272	2,755	1,239	0,808	0	0	0

8. COMPROBACIÓN DE LOS COEFICIENTES ADIMENSIONALES

A partir de las formas obtenidas en el apartado anterior y los datos resultantes extraídos del software MaxSurf, se comprueba que los valores de los coeficientes adimensionales sean lo más parecidos posibles a los indicados al principio de este Cuaderno 3 “*Coeficientes y Plano de Formas*”.

De este modo, los valores obtenidos en el software MaxSurf son los siguientes:

- **Coeficiente de Bloque:**

$$CB = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot T} = 0,592$$

- **Coeficiente de la Maestra:**

$$CM = \frac{A_M}{B \cdot T} = 0,937$$

- **Coeficiente Prismático:**

$$CP = \frac{\nabla}{L_f \cdot A_M} = 0,631$$

- **Coeficiente de la Flotación:**

$$CF = \frac{A_f}{L \cdot B \cdot T} = 0,841$$

Comparando los resultados obtenidos con los de partida de este cuaderno se tiene la siguiente tabla:

COEFICIENTES	Iniciales	Finales
CB	0,600	0,592
CM	0,950	0,937
CP	0,631	0,631
CF	0,773	0,841

Como se puede ver, los resultados obtenidos se aproximan a los requeridos por este tipo de buques, por lo que se consideran unas formas finales apropiadas.

Se muestra a continuación la tabla de hidrostáticas del Buque Proyecto:

Hydrostatics at DWL ✕

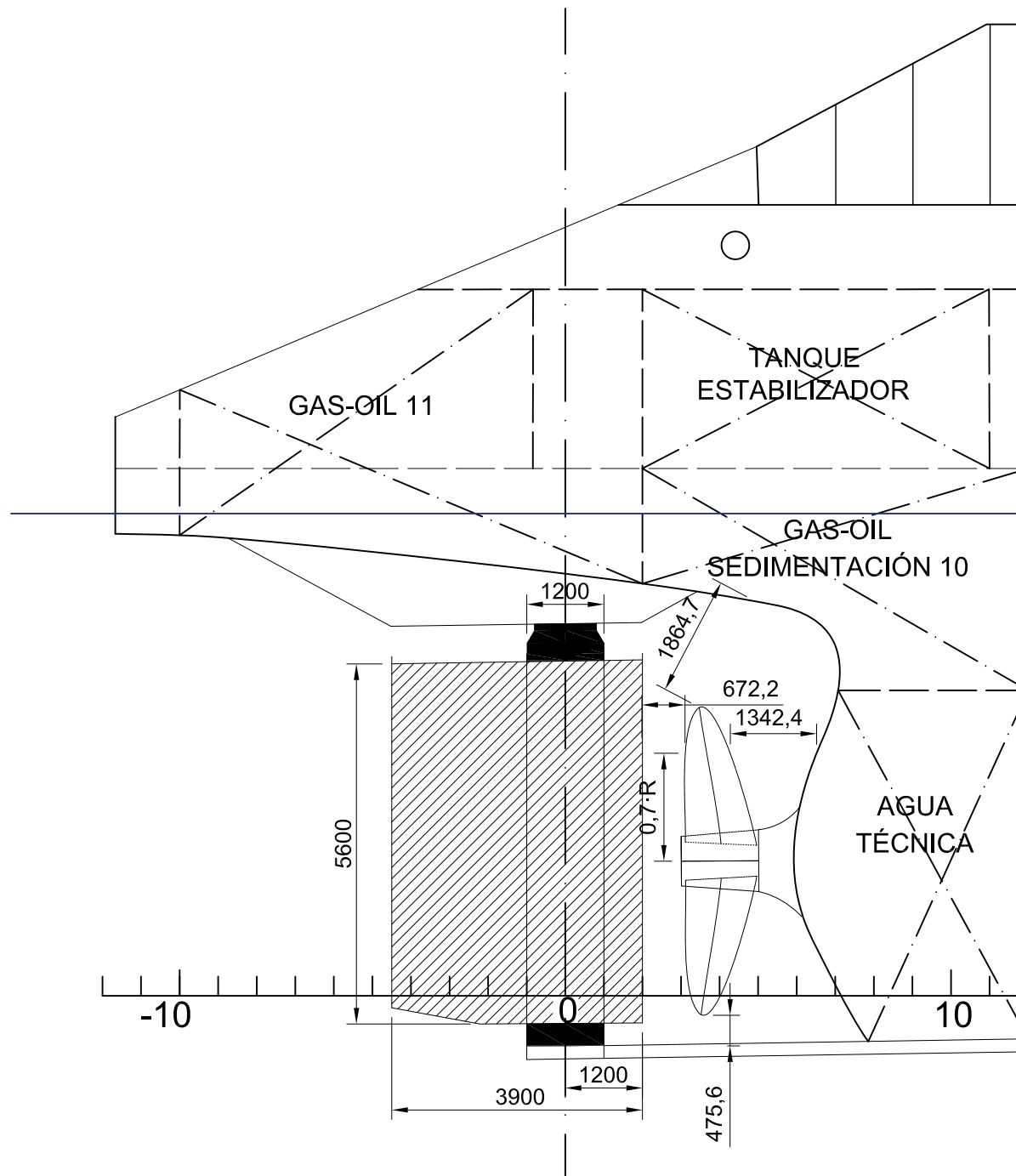
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	7917	t
2	Volume (displaced)	7723,803	m ³
3	Draft Amidships	7,500	m
4	Immersed depth	8,203	m
5	WL Length	103,818	m
6	Beam max extents on	17,999	m
7	Wetted Area	2452,002	m ²
8	Max sect. area	126,506	m ²
9	Waterpl. Area	1462,705	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,631	
11	Block coeff. (Cb)	0,592	
12	Max Sect. area coeff.	0,937	
13	Waterpl. area coeff. (Cw)	0,840	
14	LCB length	44,997	from ze
15	LCF length	38,277	from ze
16	LCB %	46,533	from ze
17	LCF %	39,584	from ze
18	KB	4,271	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	4,124	m
21	BML	120,852	m
22	Gmt corrected	8,395	m
23	GML	125,123	m
24	KMt	8,395	m
25	KML	125,123	m
26	Immersion (TPc)	14,993	tonne/c
27	MTc	102,439	tonne.m
28	RM at 1deg = Gmt.Dis	1159,868	tonne.m
29	Length:Beam ratio	5,373	
30	Beam:Draft ratio	2,400	
31	Length:Vol ^{0.333} rati	4,892	
32	Precision	High	115 stat

Density (water)

Std. densities

Imagen 16. Tabla de hidrostáticas definitiva del Buque Proyecto

ANEXO I_ CONTORNO DE POPA



DIMENSIONES PRINCIPALES

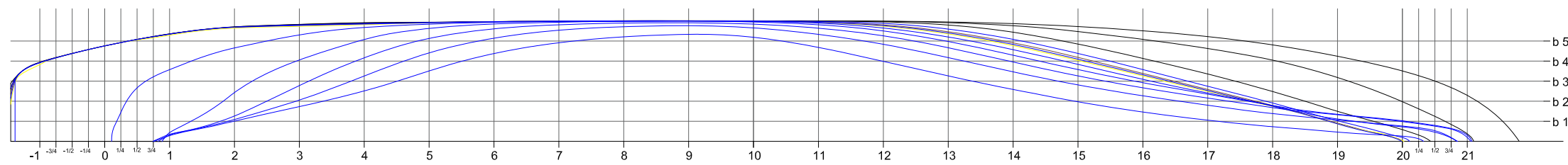
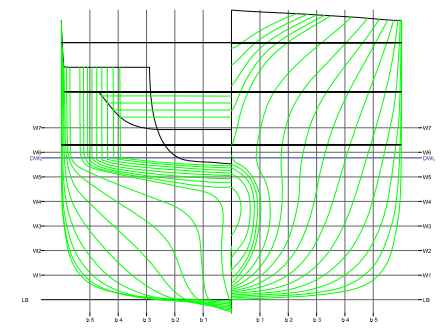
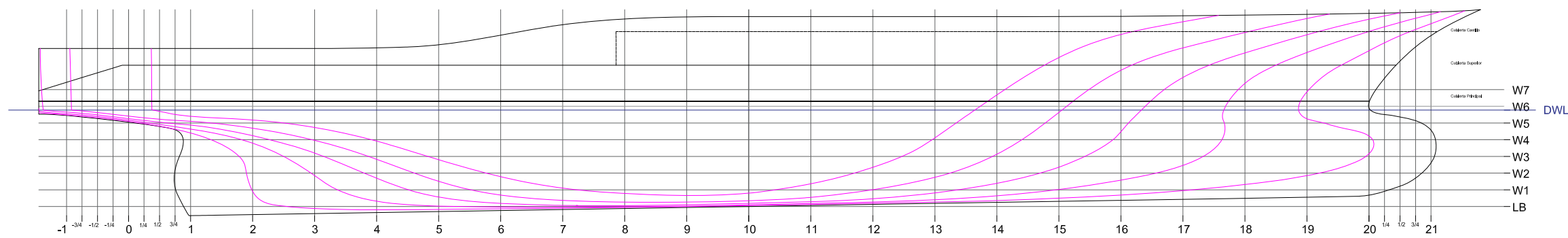
ESLORA TOTAL	96,70 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	112,40 m
MANGA	18,00 m
PUNTA A LA CUBIERTA PRINCIPAL	8,20 m
PUNTA A LA CUBIERTA SUPERIOR	11,00 m
CALADO DE TRAZADO	7,50 m
Coefficiente de Bloque	0,592
Coefficiente de la Maestra	0,937
Coefficiente Prismático	0,631
DESPLAZAMIENTO	7.917,0 Tn
VELOCIDAD	19 nudos

CLASIFICACION BUREAU VERITAS

- HULL, MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation,
- REF - CARGO - QUICKFREEZE, MON-SHAFT, INWATERSURVEY

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA			
ALUMNA			
Eva Luz Villar Chouciño			
ATUNERO CONGELADOR 3.700 m3			
BUREAU VERITAS		CODASTE	
	PROYECTO Nº	ESCALA	
FECHA	18 - 05	M	1/100
Junio 2,018		M	1/1

ANEXO II_PLANO DE FORMAS



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	96,70 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	112,40 m
MANGA	18,00 m
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL	8,20 m
PUNTAL A LA CUBIERTA SUPERIOR	11,00 m
CALADO DE TRAZADO	7,50 m
Coefficiente de Bloque.....	0,592
Coefficiente de la Maestra	0,937
Coefficiente Prismático	0,631
DESPLAZAMIENTO	7.917 Tn
VELOCIDAD.....	19 nudos

DATOS DE TRAZADO

Separación entre Secciones.....	4.835 mm
Separación entre líneas de agua.....	1.300 mm
Separación entre Longitudinales.....	1.500 mm

CLASIFICACION BUREAU VERITAS

- ☒ HULL, ☒ MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation,
- REF - CARGO - QUICKFREEZE, ☒ MON-SHAFT, ☒ INWATERSURVEY



ALUMNA

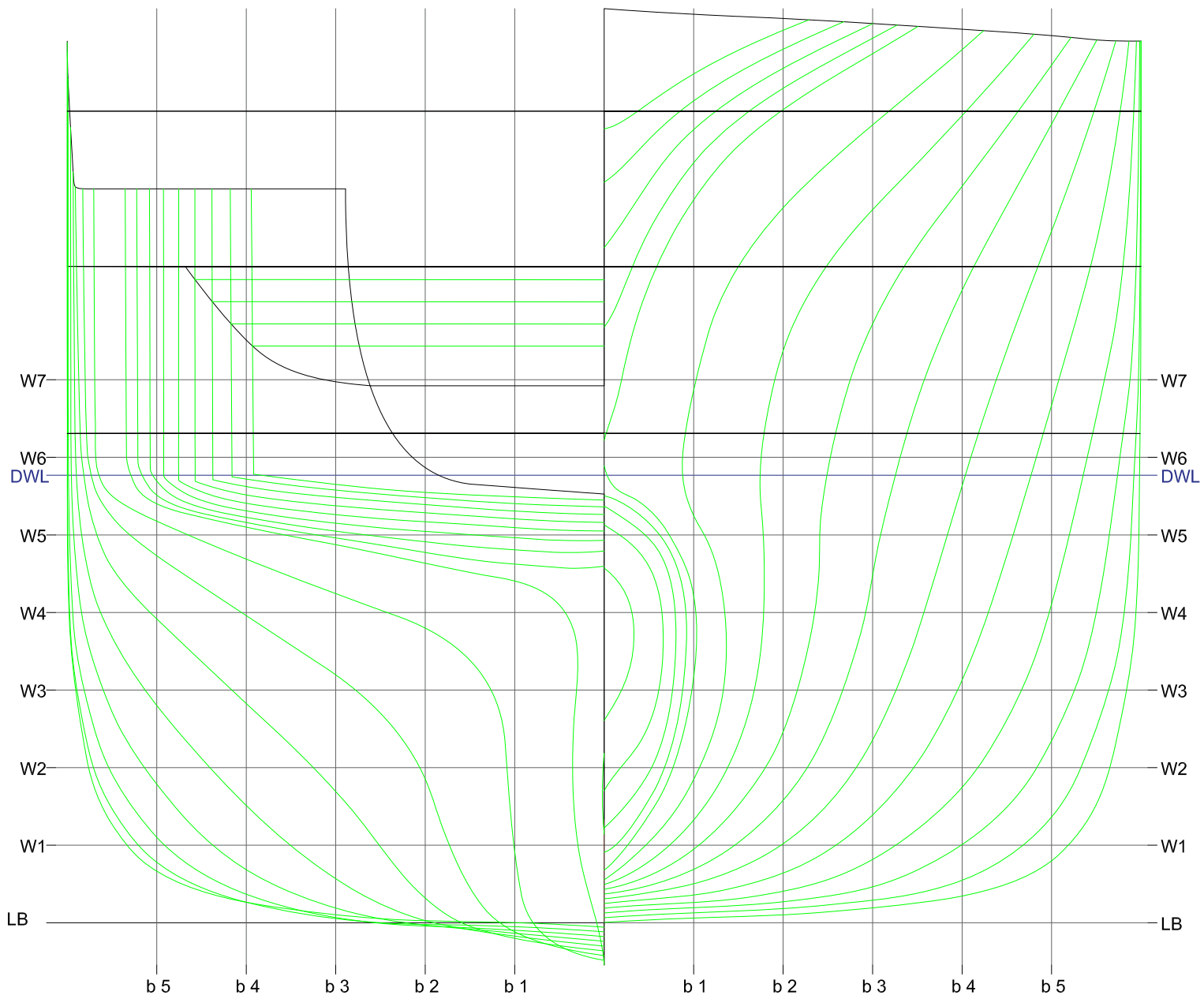
Eva Luz Villar Chouciño

ATUNERO CONGELADOR 3.700 m³



PLANO DE FORMAS

SOCIEDAD CLASIFICADORA BUREAU VERITAS	PROYECTO N° 18 - 05	ESCALA 1/400
FECHA Junio 2.018	FORMATO A3	HUJA 1/1



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	96,70 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	112,40 m
MANGA	18,00 m
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL	8,20 m
PUNTAL A LA CUBIERTA SUPERIOR	11,00 m
CALADO DE TRAZADO	7,50 m
Coefficiente de Bloque.....	0,592
Coefficiente de la Maestra	0,937
Coefficiente Prismático	0,631
DESPLAZAMIENTO	7.917,0 Tn
VELOCIDAD.....	19 nudos

CLASIFICACION BUREAU VERITAS

- ☒ HULL, ☒ MACH, Fishing vessel, Unrestricted navigation,
- REF - CARGO - QUICKFREEZE, ☒ MON-SHAFT, ☒ INWATERSURVEY

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA			
ALUMNA			
Eva Luz Villar Chouciño			
ATUNERO CONGELADOR 3.700 m3			
BUREAU VERITAS		PROYECTO Nº	
FECHA		ESCALA	
Junio 2.018		1/100	
18-05		MAY 1/1	

ANEXO III_ CARTILLA DE TRAZADO

CARTILLA DE TRAZADO

	ST	-1	-3/4	-1/2	-1/4	0	1/4	1/2	3/4	1	2	3	4	5	6	7
WL		-4,835	-3,626	-2,418	-1,209	0,000	1,209	2,418	3,626	4,835	9,670	14,505	19,340	24,175	29,010	33,845
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,126	1,191	2,392	2,392	2,860	3,331	3,833
1	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0,439	1,513	3,767	3,767	5,261	6,562	7,369
2	2,60	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,529	1,631	4,874	4,874	6,608	7,706	8,304
3	3,90	0	0	0	0	0	0	0	0	0,463	1,896	6,241	6,241	7,695	8,397	8,717
4	5,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0,654	3,642	7,611	7,611	8,443	8,762	8,908
5	6,50	0	0	0	0	0	2,178	4,000	4,821	5,361	6,980	8,502	8,502	8,759	8,892	8,962
6	7,80	5,879	6,240	6,560	6,858	7,133	7,384	7,611	7,817	8,006	8,523	8,760	8,760	8,861	8,937	8,984
7	9,10	5,890	6,248	6,565	6,859	7,133	7,385	7,614	7,823	8,016	8,539	8,808	8,808	8,878	8,940	8,985
8	10,40	5,901	6,257	6,570	6,861	7,133	7,385	7,617	7,828	8,022	8,547	8,834	8,834	8,889	8,942	8,986
9	11,70	5,911	6,265	6,574	6,862	7,133	7,386	7,620	7,834	8,027	8,553	8,856	8,856	8,897	8,944	8,986

	ST	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1/4	1/2	3/4
WL		43,515	48,350	53,185	58,020	62,855	67,690	72,525	77,360	82,195	87,030	91,865	96,700	97,909	99,117	100,326
0	0	1,455	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,30	7,997	7,777	7,018	5,981	4,886	3,885	2,963	2,188	1,586	1,096	0,694	0,392	0	0	0
2	2,60	8,643	8,475	7,991	7,252	6,264	5,190	4,224	3,405	2,702	2,069	1,597	1,153	1,012	0,794	0,276
3	3,90	8,859	8,756	8,457	7,884	6,997	5,924	4,892	4,000	3,238	2,517	1,997	1,470	1,315	1,146	0,917
4	5,20	8,969	8,913	8,717	8,249	7,461	6,438	5,361	4,384	3,528	2,672	2,021	1,537	1,370	1,191	0,968
5	6,50	8,997	8,964	8,830	8,468	7,797	6,855	5,752	4,633	3,613	2,667	1,678	1,091	0,929	0,686	0,258
6	7,80	8,999	8,978	8,896	8,646	8,099	7,244	6,147	4,963	3,791	2,632	1,313	0	0	0	0
7	9,10	9,000	8,992	8,957	8,816	8,386	7,622	6,574	5,366	4,124	2,861	1,540	0,291	0	0	0
8	10,40	9,000	8,996	8,978	8,895	8,625	7,993	7,043	5,905	4,682	3,356	1,935	0,642	0,231	0	0
9	11,70	9,000	8,998	8,988	8,935	8,762	8,316	7,541	6,573	5,509	4,272	2,755	1,239	0,808	0	0