



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2019/20

Buque Portacontenedores Postpanamax 11000 TEUS

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Manuel García Pensado

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

SEPTIEMBRE 2020

Resumen

En este trabajo se va a desarrollar el proyecto de un buque portacontenedores postpanamax con capacidad para 11000 TEUS.

Nuestro buque estará propulsado por un motor diésel directamente acoplado y dispondrá de generación eléctrica de gas en zonas portuarias con el fin de reducir la contaminación.

La tripulación estará formada por un total de 30 tripulantes y todos ellos dispondrán de camarotes individuales.

El buque no contará con sistemas de carga y descarga propios, a excepción de una pequeña grúa para el abastecimiento de víveres.

En sus cubiertas se dispondrán dos TEUS en sentido longitudinal, o un FEU si fuera el caso, porque las guías de nuestro buque estarán adaptadas a dicho propósito.

Resumo

Neste traballo irase desenvolvendo o proxecto dun buque portacontenedores postpanamax con capacidade para 11000 TEU's.

O noso buque estará propulsado por un motor diésel directamente acoplado e disporá de xeración eléctrica de gas en zonas portuarias coa fin de reducir a contaminación.

A tripulación estará formada por un total de 30 tripulantes e todos eles disporán de camarotes individuais.

O buque non contará con sistemas de carga e descarga propios, a excepción dunha pequena grúa para o abastecemento de viveres.

Nas súas cubertas disporanse os TEU's en sentido lonxitudinal, ou un FEU se fora o caso, porque as guías do noso buque estarán adaptadas a dito propósito.

Summary

In this work, the project of a post-Panamax container ship with capacity for 11000 TEUS will be developed.

Our ship will be powered by a directly coupled diesel engine and will have electric gas generation in port areas in order to reduce pollution.

The crew will be available for a total of 30 crew members and all of them will have individual cabins.

The ship does not have its own loading and unloading systems, with the exception of a small crane for supplying food.

On its decks two TEUS will be arranged longitudinally, or in FEU if applicable, because the guides of our ship are adapted to this purpose.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/20**

*Buque Portacontenedores Postpanamax 11000
TEUS*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Documento

CUADERNO 3: COEFICIENTES Y PLANOS DE FORMA



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.019-2020

PROYECTO NÚMERO 192024

TIPO DE BUQUE: BUQUE PORTACONTENEDORES POSTPANAMAX

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV-GL, SOLAS Y MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 11000 TEUS

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: Velocidad servicio 20 kn, 85% MCR, 10%MM, 14.000 millas de autonomía.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: SIN GRUAS

PROPULSIÓN: Motor diésel directamente acoplado, Generación eléctrica a Gas en zonas portuarias

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: LOS HABITUALES EN ESTE TIPO DE BUQUE

Ferrol, 12 Setiembre 2020

ALUMNO/A: **D^a MANUEL GARCÍA PENSADO**

Tabla de contenido

1	Introducción	2
2	Generación del plano de formas	3
2.1	Curva de áreas	9
2.2	Cartilla de trazado.....	10
3	Contorno de proa	12
3.1	Parámetros principales del bulbo.....	12
3.1.1	Altura del bulbo.....	12
3.1.2	Protuberancia	12
3.1.3	Área SC20	13
4	Contorno de popa	15
5	Anexo I: planos	17

1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno abordaremos los cálculos necesarios para obtener el plano de formas de nuestro buque, así como los contornos de pro y popa. Para ello utilizaremos el programa “MaxsurfModeler” y, utilizando las plantillas de portacontenedores llegaremos a las dimensiones reales de nuestro buque.

En primer lugar, recordemos las características principales de nuestro buque obtenidas en los cuadernos anteriores.

L_{oa}	341 m
L_{PP}	326 m
B	47 m
D	28 m
T	16 m
C_B	0,67
Δ	168475 t
F_N	0,1817
C_M	0,9978
C_P	0,67
C_F	0,77
CC TOTAL	79 Millones de €

2 GENERACIÓN DEL PLANO DE FORMAS

La generación del plano de formas se ha realizado mediante transformación paramétrica con la ayuda del programa “MaxsurfModeler”.

Para la generación del plano de formas hemos partido del buque de referencia, “ContainerShip1_Surface”, ubicado en las librerías del programa “MaxsurfModeler”.

Las hidrostáticas del buque base de referencia son las siguientes:

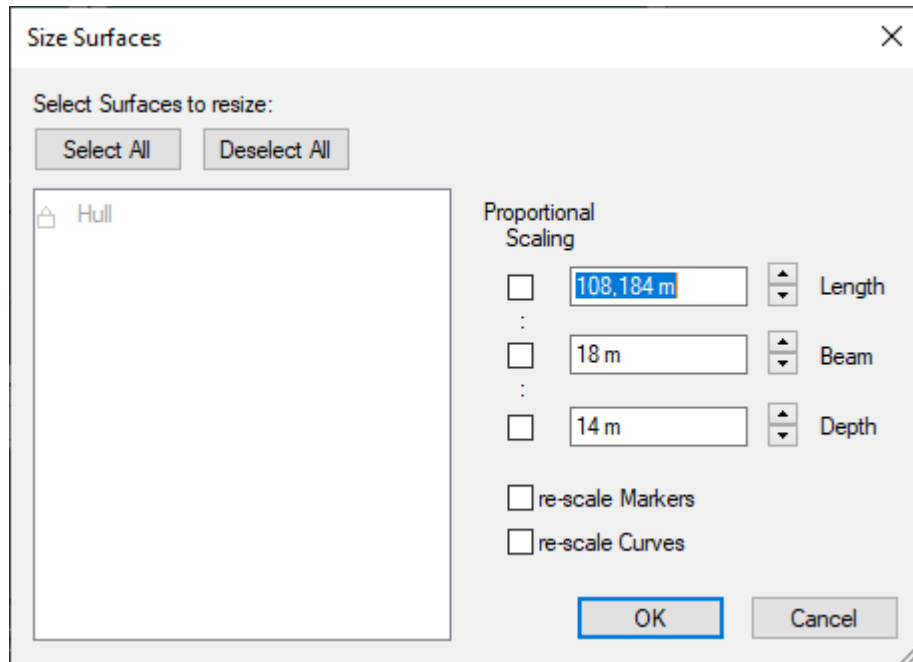
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	8043	t
2	Volume (displaced)	7846,984	m ³
3	Draft Amidships	6,600	m
4	Immersed depth	6,600	m
5	WL Length	99,986	m
6	Beam max extents on	18,000	m
7	Wetted Area	2414,657	m ²
8	Max sect. area	117,673	m ²
9	Waterpl. Area	1396,763	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,667	
11	Block coeff. (Cb)	0,661	
12	Max Sect. area coeff.	0,991	
13	Waterpl. area coeff. (C)	0,776	
14	LCB length	48,969	from ze
15	LCF length	45,473	from ze
16	LCB %	48,976	from ze
17	LCF %	45,480	from ze
18	KB	3,501	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	3,896	m
21	BML	101,973	m
22	GMt corrected	7,397	m
23	GML	105,474	m
24	KMt	7,397	m
25	KML	105,474	m
26	Immersion (TPc)	14,317	tonne/c
27	MTc	84,835	tonne.m
28	RM at 1deg = GMT.Dis	1038,369	tonne.m

Density (water)

Std. densities

VCG

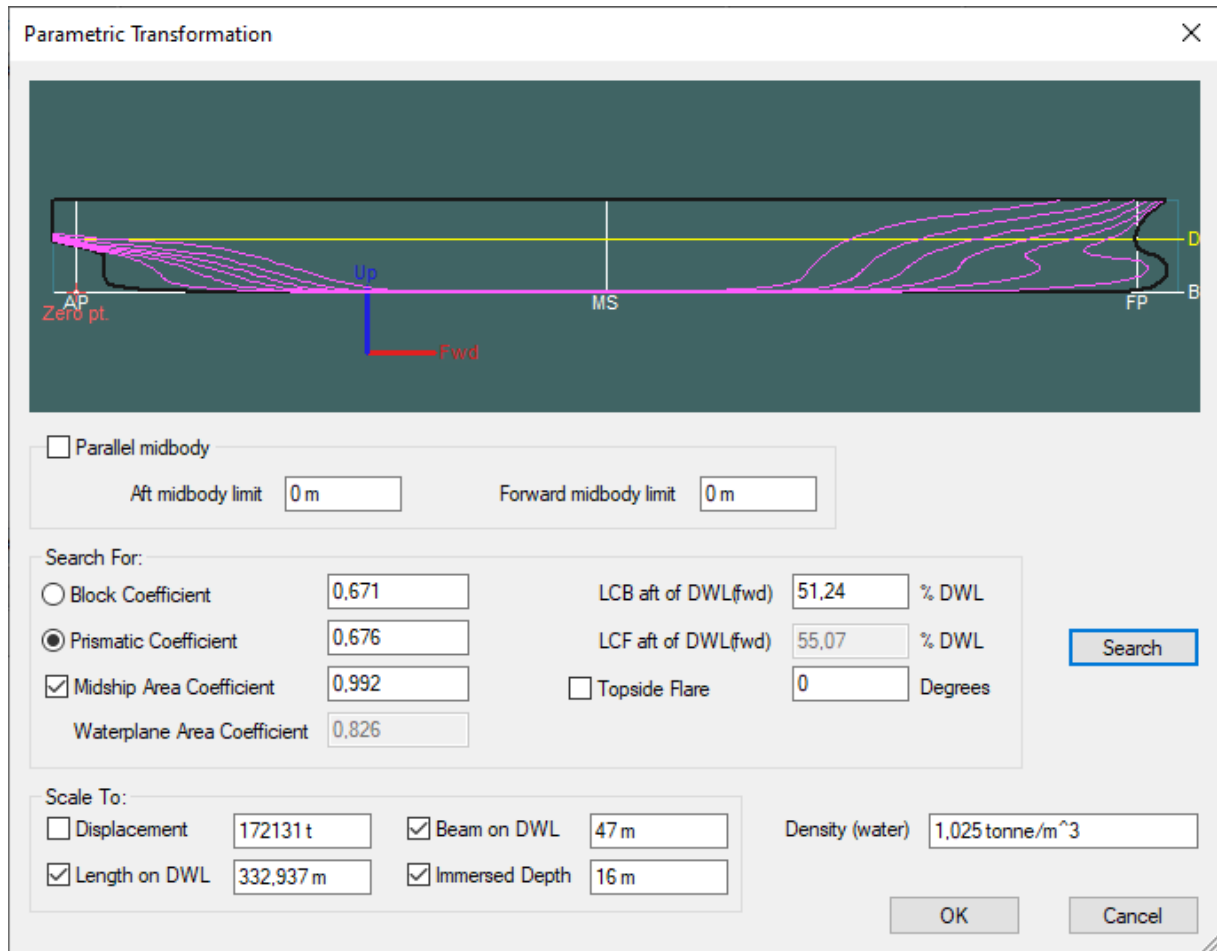
La eslora total, manga y puntal se pueden comprobar en la ventana "Surfaces".



Comparando las principales dimensiones de ambos buques, obtenemos la siguiente tabla, donde podemos ver la diferencia considerable de tamaño entre ambos buques.

Dimensiones	Dimensiones Iniciales	"ContaierShip1_Surface"
Loa	341 m	108,18 m
B	47 m	18 m
D	28 m	14 m
T	16 m	6 m
Δ	168475 t	8043 t
C_B	0,67	0,661
C_M	0,9978	0,991
C_P	0,67	0,667
C_F	0,77	0,776

Una vez obtenido el buque base hemos realizado la transformación paramétrica del mismo mediante la herramienta "Parametric Transformation", escalando las dimensiones principales de nuestro buque presentadas anteriormente. De este modo obtendremos las dimensiones definitivas de nuestro buque, la cartilla de trazado y su plano de formas (anexo I).



Como se puede observar, el programa ha ajustado las formas del buque en función nuestras dimensiones principales.

Una vez hemos llevado a cabo la transformación observamos una ligera variación del desplazamiento, desde $\Delta = 168475$ t ha pasado a 172205 t, una variación poco significativa para un buque de estas dimensiones.

Los valores de las hidrostáticas finales son los siguientes:

Hydrostatics at DWL ✕

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	172205	t
2	Volume (displaced)	168004,836	m ³
3	Draft Amidships	16,000	m
4	Immersed depth	16,000	m
5	WL Length	332,937	m
6	Beam max extents on	47,000	m
7	Wetted Area	20669,272	m ²
8	Max sect. area	745,903	m ²
9	Waterpl. Area	12936,824	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,677	
11	Block coeff. (Cb)	0,671	
12	Max Sect. area coeff.	0,992	
13	Waterpl. area coeff. (Cw)	0,827	
14	LCB length	155,334	from ze
15	LCF length	142,392	from ze
16	LCB %	46,656	from ze
17	LCF %	42,769	from ze
18	KB	8,559	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	11,891	m
21	BML	541,682	m
22	GMt corrected	20,450	m
23	GML	550,241	m
24	KMt	20,450	m
25	KML	550,241	m
26	Immersion (TPc)	132,602	tonne/c
27	MTc	2906,510	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Dis	61459,911	tonne.m

Density (water)

Std. densities

VCG

Igualmente, la eslora total, manga y puntal del buque proyecto se muestra en la casilla "Surfaces":

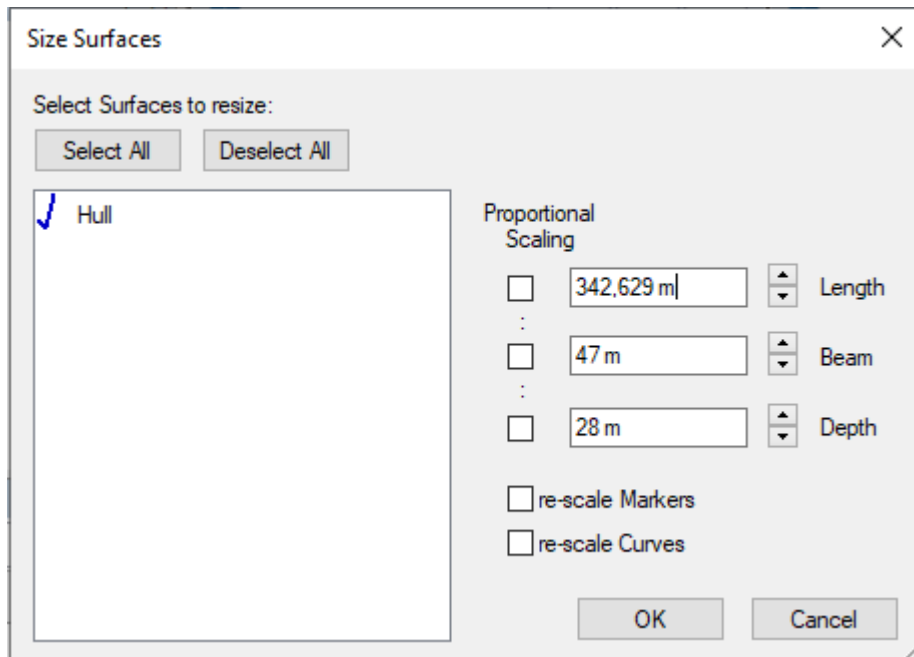
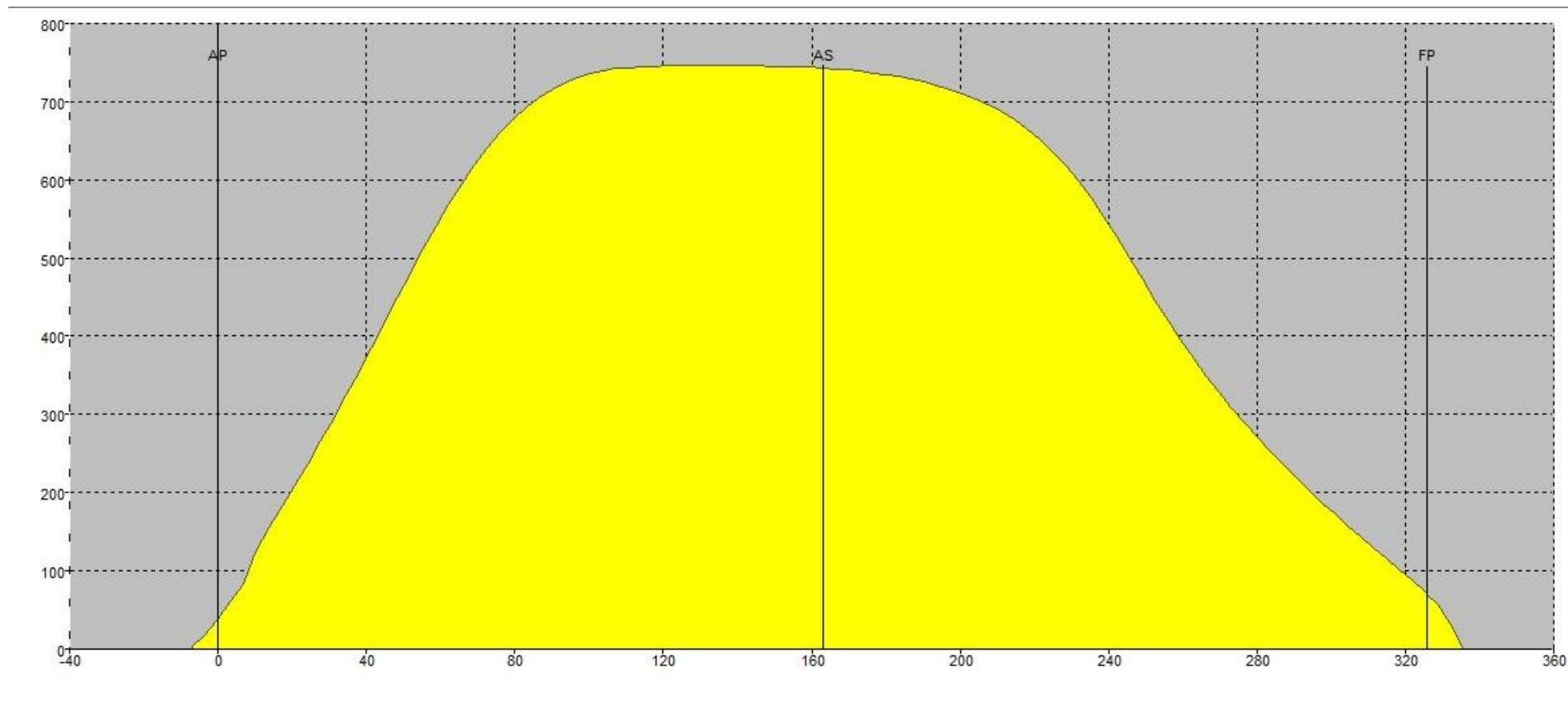


Tabla comparativa entre las dimensiones iniciales obtenidas en el cuaderno 1, y la finales obtenida mediante la transformación paramétrica anteriormente descrita.

Dimensiones	Iniciales	Finales
L _{oa}	341 m	342,62 m
L _{PP}	326 m	326 m
B	47 m	47 m
D	28 m	28 m
T	16 m	16 m
C _B	0,67	0,671
Δ	168475 t	172205 t
F _N	0,1817	0,1817
C _M	0,9978	0,992
C _P	0,67	0,677
C _F	0,77	0,827

2.1 Curva de áreas



2.2 Cartilla de trazado

		Pos. Long. (m)												
Altura		0,00	8,15	16,30	24,45	32,60	48,90	65,20	81,50	97,80	114,10	130,40	163,00	
L.A.	% Calado	Calado (m)	0	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5
L.B.	0%	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	13%	2	0,00	0,00	1,43	2,35	3,40	6,65	12,52	18,86	22,25	23,16	23,26	23,15
2	25%	4	0,00	0,00	1,93	2,92	4,35	8,98	15,90	20,98	22,97	23,43	23,48	23,38
3	38%	6	0,00	0,00	1,99	3,26	5,28	11,64	18,49	21,94	23,17	23,47	23,50	23,41
4	50%	8	0,00	0,00	2,04	4,08	7,16	14,81	20,20	22,46	23,27	23,48	23,50	23,42
5	63%	10	0,00	0,00	2,84	6,64	10,84	17,68	21,32	22,80	23,35	23,49	23,50	23,42
6	75%	12	0,00	0,22	7,93	12,39	15,56	19,81	22,11	23,06	23,40	23,49	23,50	23,43
7	88%	14	0,59	12,67	15,91	17,76	19,17	21,35	22,70	23,25	23,45	23,50	23,50	23,44
8	100%	16	16,02	19,30	20,28	20,96	21,52	22,50	23,14	23,39	23,47	23,50	23,50	23,45
9	113%	18	22,06	22,57	22,74	22,90	23,02	23,23	23,38	23,46	23,49	23,50	23,50	23,46
10	125%	20	23,39	23,40	23,40	23,41	23,41	23,43	23,46	23,48	23,50	23,50	23,50	23,47

		Pos. Long. (m)											
Altura		195,60	211,90	228,20	244,50	260,80	277,10	293,40	301,55	309,70	317,85	326,00	
L.A.	% Calado	Calado (m)	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	10
L.B.	0%	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,03
1	13%	2	22,15	20,73	17,92	13,29	8,85	6,30	4,73	4,08	3,48	2,87	3,15
2	25%	4	22,59	21,49	19,19	15,13	10,84	7,98	6,11	5,35	4,66	3,95	3,77
3	38%	6	22,67	21,66	19,59	15,91	11,81	8,90	6,86	6,04	5,28	4,56	3,85
4	50%	8	22,73	21,79	19,88	16,48	12,28	9,23	7,04	6,12	5,30	4,56	3,11
5	63%	10	22,79	21,92	20,17	17,06	13,03	9,34	6,66	5,55	4,56	3,75	1,35
6	75%	12	22,85	22,07	20,49	17,70	14,04	10,20	6,53	4,94	3,50	2,29	0,18
7	88%	14	22,93	22,23	20,84	18,40	15,17	11,64	7,76	5,76	3,79	1,90	0,00
8	100%	16	23,01	22,42	21,24	19,15	16,38	13,28	9,67	7,67	5,50	3,03	0,19
9	113%	18	23,10	22,62	21,64	19,93	17,61	14,96	11,75	9,87	7,72	4,90	1,51
10	125%	20	23,19	22,81	22,04	20,69	18,82	16,61	13,81	12,10	10,07	7,25	0,00

3 CONTORNO DE PROA

En este apartado se realizará el estudio de la proa del buque proyecto, donde se determinarán los principales parámetros y sus características.

En primer lugar, debemos analizar la necesidad de instalar bulbo de proa en nuestro buque, con el objeto de conseguir una reducción significativa de la resistencia al avance.

Para evaluar la necesidad del bulbo utilizaremos los criterios establecidos en el libro "Proyectos y artefactos: proyectos de las formas de un buque", de Fernando Junco.

Comprobaremos los criterios con las dimensiones finales que obtuvimos anteriormente en el programa "Maxsurf Modeler".

PARÁMETRO	VALOR	CRITERIO	APLICACIÓN
C_B	0,671	$0,65 < C_B < 0,815$	SI
L_{PP}/B	6,936	$5,5 < L_{PP}/B < 7$	Si
Nº FROUDE	0,1817	$0,24 < F_N < 0,57$	NO
$C_B \times B/L$	0,096	$C_B \times B/L < 0,135$	SI

En base a los resultados, podemos comprobar la necesidad de instalar bulbo de proa en nuestro buque. El bulbo nos ayudará a reducir la resistencia por formación de olas, la cual cobra especial importancia en buques rápidos, así como podremos minimizar la resistencia debida al fenómeno de ola rompiente sobre la proa.

3.1 Parámetros principales del bulbo

3.1.1 Altura del bulbo

Para la inmensa mayoría de los buques, la altura del bulbo suele valer entre el 35% y 55% del calado máximo en proa, y de estos casos la mayoría están entre el 40% y el 50%. A falta de datos, el valor que seleccionaremos será el 45% del calado máximo.

$$H_{\text{BULBO}} = T_{\text{MÁX}} \times 0,45 = 16 \times 0,45$$

$$H_{\text{BULBO}} = 7,2 \text{ m}$$

Siendo su valor adimensional:

$$H_{\text{BULBO}}/T = 7,2/16 = 0,45$$

3.1.2 Protuberancia

Para los cálculos de la protuberancia se empleará la formulación descrita en el libro "Proyectos y artefactos: proyectos de las formas de un buque", de Fernando Junco.

$$X = 0,1811 \times C_B \times \left(\frac{B}{L_{pp}}\right) + 0,0074$$

Donde recordemos que:

$$C_B = 0,671$$

$$L_{PP} = 326 \text{ m}$$

$$X = 0,0249$$

Por lo tanto, el valor de la protuberancia será:

$$x = X * L_{pp} = 0,0249 \times 326$$

$$x = 8,1174 \text{ m}$$

3.1.3 Área SC20

Para determinar el área del bulbo necesitaremos conocer el porcentaje de superficie mojada. Para ello haremos uso de la gráfica que nos proporciona el libro "Proyectos y artefactos: proyectos de las formas de un buque", de Fernando Junco.

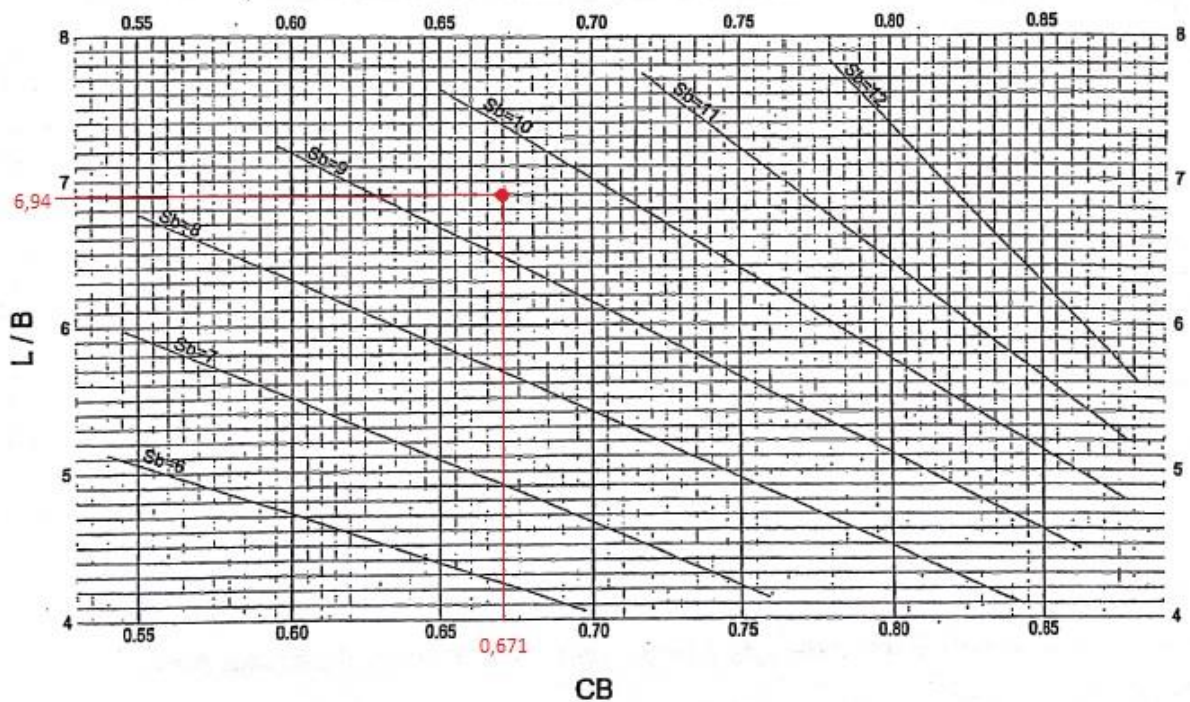


Gráfico para obtener valores empíricos de S_b (% SM) a partir de L/B y C_B . Los valores resultantes son óptimos para $h=0,45xT$

FIG. 8.3.8

Entraremos en la gráfica con el valor de nuestro $C_B = 0,671$ y, donde corte el valor de la relación $L_{PP}/B = 6,69$, nos permitirá obtener el valor de $S_B = 9,5\% \times S_M$.

Teniendo en cuenta que:

$$S_M = B \times T \times C_B = 47 \times 16 \times 0,671$$

$$S_M = 504,6 \text{ m}^2$$

La superficie mojada del bulbo será:

$$S_B = 0,095 \times 505,6$$

$$\mathbf{S_B = 47,94 \text{ m}^2}$$

En el anexo se ha expuesto un plano de nuestro bulbo con las cotas calculadas en este apartado.

4 CONTORNO DE POPA

En este apartado realizaremos los cálculos necesarios para el contorno de popa de nuestro buque.

En primer lugar, definiremos el diámetro del propulsor empleando la formulación del libro “Proyectos y artefactos: proyecto de las formas de un buque”, de Fernando Junco.

$$D_P = 15,75 \times (MCO^{0,2})/N^{0,6}$$

Donde:

MCO: potencia máxima en HP

N: revoluciones por minuto de la hélice

Recordemos que en el cuaderno 1 habíamos realizado la estimación de la potencia a bordo, obteniendo un MCO = 54900 kW = 73622 HP y N = 84 rpm. Por lo tanto, el diámetro de nuestro propulsor será:

$$D_P = 15,75 \times (73622^{0,2})/84^{0,6}$$

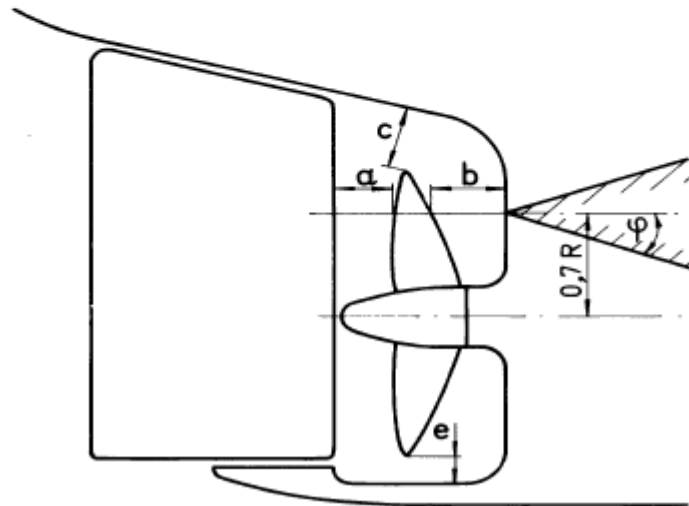
$$D_P = 10,37 \text{ m}$$

A continuación, definiremos las claras mínimas del codaste de nuestro buque empleando la formulación de reglamento DNV-GL.

Table C1 Minimum clearances	
<i>For single screw ships:</i>	<i>For twin screw ships:</i>
$a \geq 0,2 R$ (m)	
$b \geq (0,7 - 0,04 Z_p) R$ (m)	
$c \geq (0,48 - 0,02 Z_p) R$ (m)	$c \geq (0,6 - 0,02 Z_p) R$ (m)
$e \geq 0,07 R$ (m)	

R = propeller radius in m
 Z_p = number of propeller blades.

---e-n-d---of---G-u-i-d-a-n-c-e---n-o-t-e---

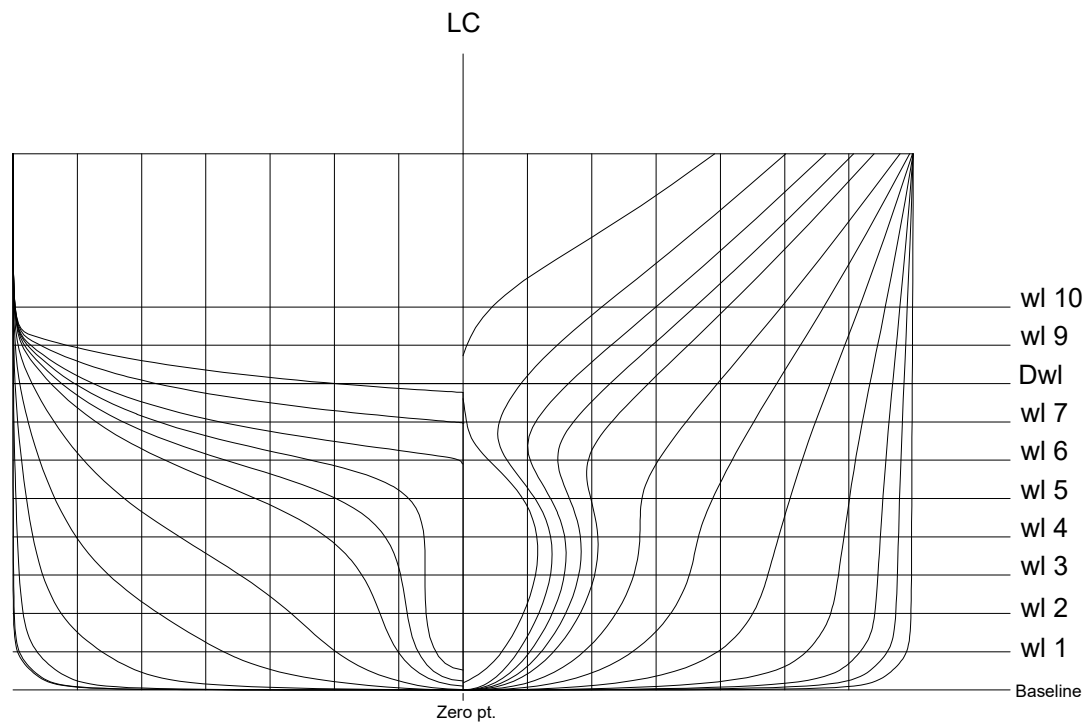


Teniendo en cuenta que en el cuaderno 1 hemos seleccionado una hélice de 4 palas y el radio del propulsor es de 5,185 m, obtenemos la siguiente tabla:

CLARAS	VALOR MÍNIMO (m)	CLARAS REALES (m)
a	1,037	2,38
b	2,8	2,33
c	2,074	2,16
e	0,363	0,38


Podemos comprobar que cumplimos con la mínima distancia de claras del timón.

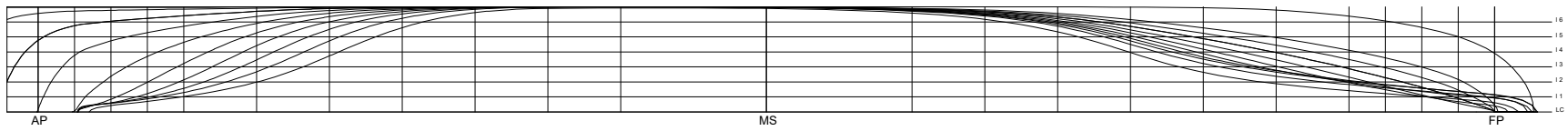
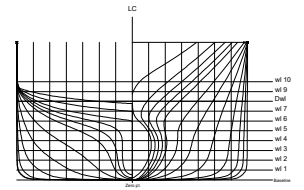
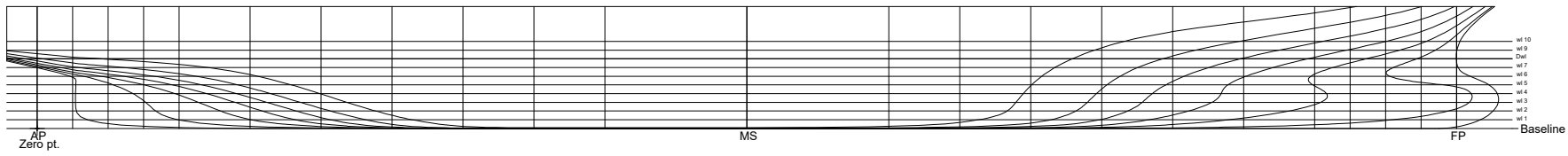
5 ANEXO I: PLANOS




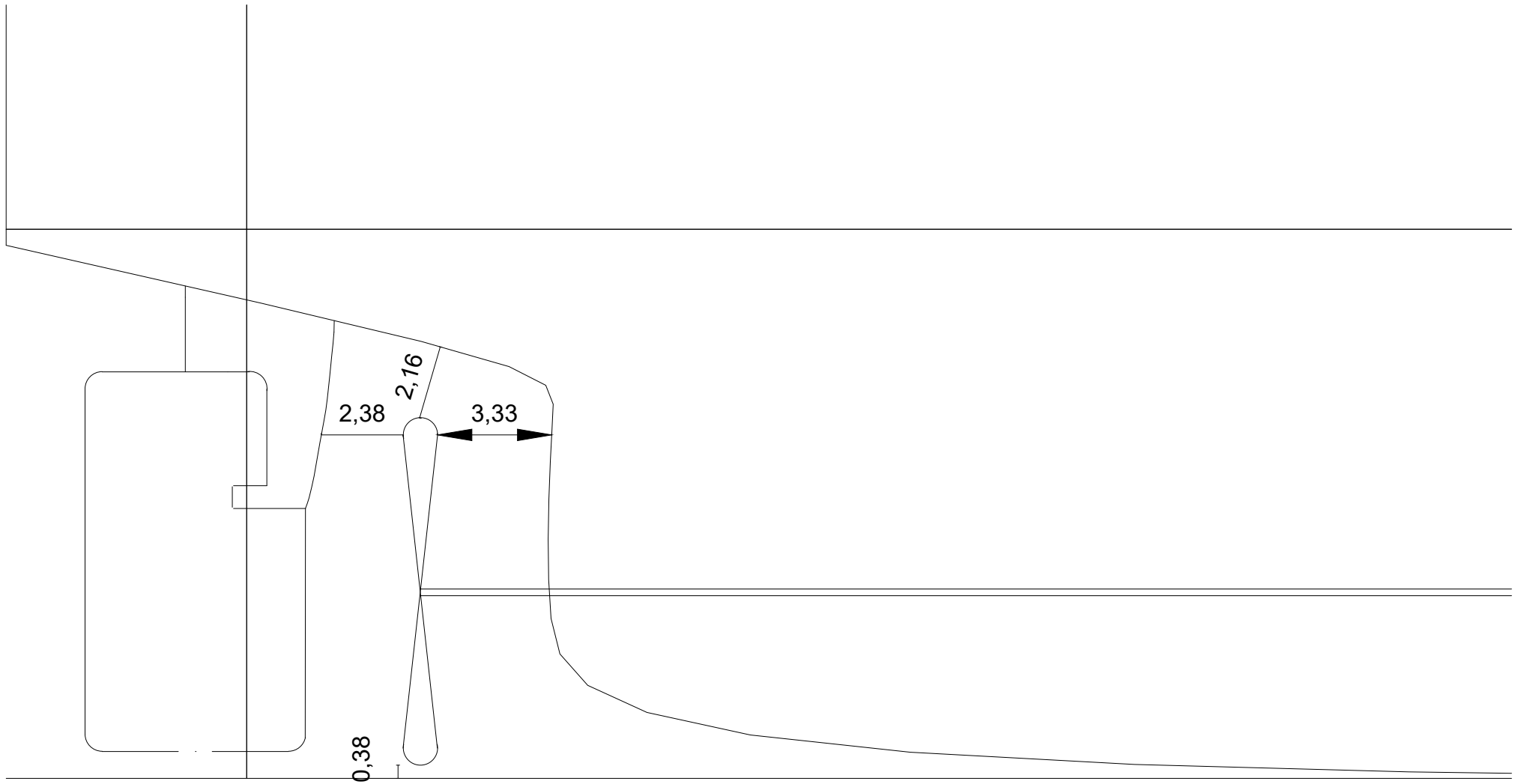
SEPARACIÓN ENTRE
LONGITUDINALES = 3,34 m

SEPARACIÓN ENTRE
LÍNEAS DE AGUA = 2 m


TÍTULO: BUQUE PORTACONTENEDORES POSTPANAMAX DE 1100 TEUS		
PLANO: CAJA DE CUADERNAS	CUADERNO: 3	
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	AUTOR: MANUEL GARCÍA PENSADO	ESCALA: 1:250

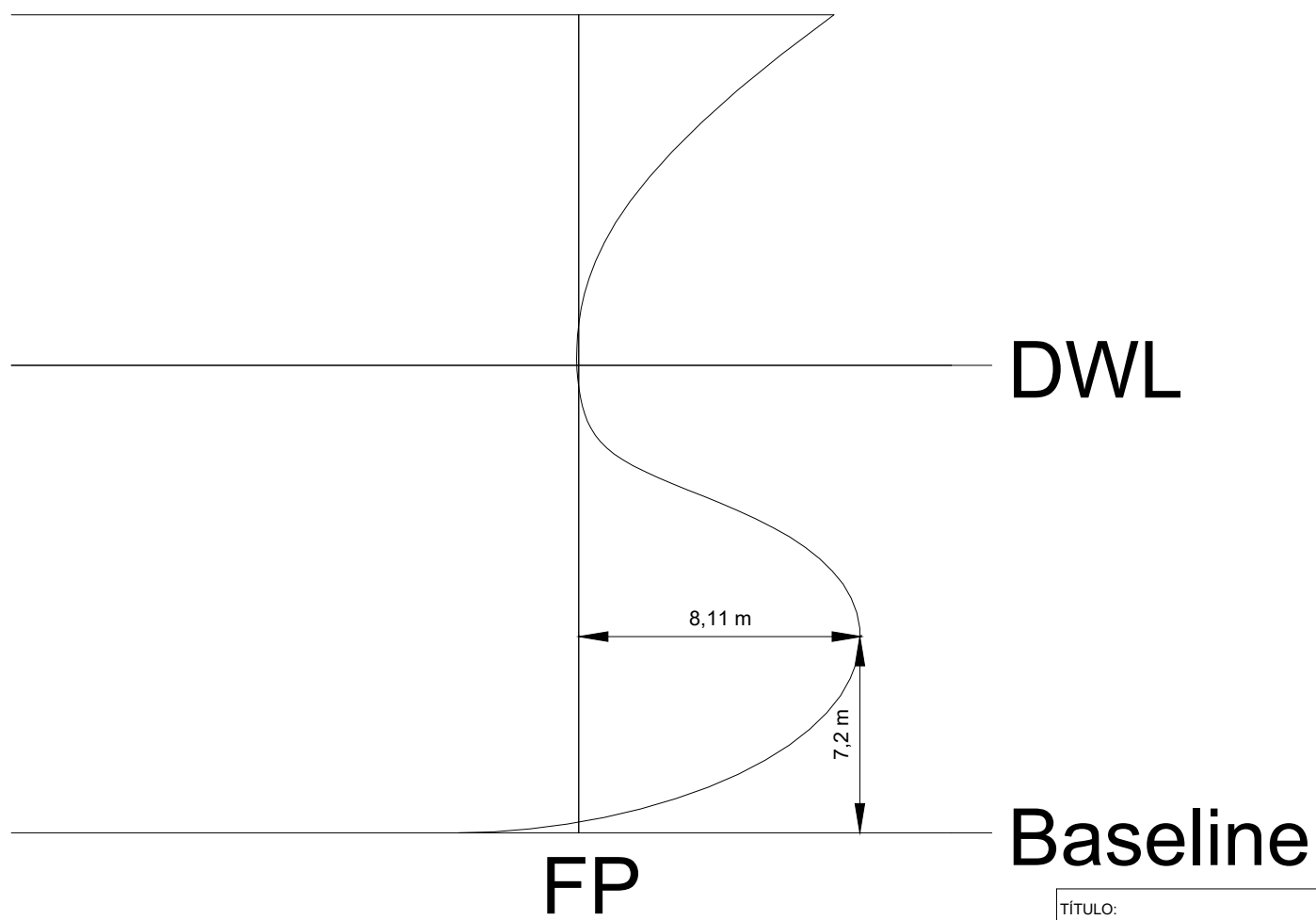



TÍTULO: BUQUE PORTACONTENEDORES POSTPANAMAX DE 1100 TEUS	
PLANO: PLANO DE FORMAS	CUADERNO: 3
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	AUTOR: MANUEL GARCÍA PENSADO
	ESCALA: 1:1500



AP

TÍTULO: BUQUE PORTACONTENEDORES POSTPANAMAX DE 1100 TEUS		
PLANO: CONTORNO DE POPA	CUADERNO: 3	
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	AUTOR: MANUEL GARCÍA PENSADO	ESCALA: 1:20



TÍTULO: BUQUE PORTACONTENEDORES POSTPANAMAX DE 1100 TEUS		
PLANO: CONTORNO DE PROA		CUADERNO: 3
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	AUTOR: MANUEL GARCÍA PENSADO	ESCALA: 1:40