

YATE DE 87m

DISEÑO DE FORMAS

Cuaderno 3

Autor: Víctor Jesús Gavín Barberán

Proyecto: 18-105 Yate de lujo de 87m

Contacto: 617 872 329

vj617872329@icloud.com



Escola Politécnica Superior
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA E INGENIERIA INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE MASTER

CURSO 2.017-2.018

PROYECTO NÚMERO 18-105

TIPO DE BUQUE: *YATE DE LUJO DE DESPLAZAMIENTO*

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN : *BUQUE DE PASAJE, OCEANICO, SOLAS MARPOL MCA. MARPOL*

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: PERSONAS EN CRUCEROS TURÍSTICOS DE GRAN LUJO

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 KN A MOTOR DE VELOCIDAD MAXIMA

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: *GRUA A BORDO, JACUZZI, GARAJE PARA MOTOS DE AGUA*

PROPULSIÓN: *UNO O DOS MOTORES DIESEL*

TRIPULACIÓN Y PASAJE: *40 PASAJEROS 20 TRIPULANTES*

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: *GARAJE, HELICE TRASVERSAL PROA, HELIDECK*

ALUMNO: D. VICTOR GAVIN

TUTOR: D. VICENTE DIAZ

Ferrol, Abril de 2018

ÍNDICE

CUADERNO 3

1. Introducción
2. Plano de formas: generación y justificación
3. Contorno de proa y popa
4. Trazado de bulbo
5. Cartilla de trazado
6. Curva de áreas seccionales
7. Resultados

Anexos

CUADERNO 3

- I. Planos de forma atunero escalado: *anexo 3.2.1*
- II. Hidrostáticas yate Pegaso: *anexo 3.2.2*
- III. Planos de forma yate proyecto escalado: *anexo 3.2.3*
- IV. Cartilla de trazado: *anexo 3.5.1*

1 Introducción

En este cuaderno se va a llevar a cabo el trabajo necesario para dotar al buque de un plano de formas apto para el buque proyecto. Las características a las que prestaremos atención son las propias de un buque de este tipo. Deberemos tener en cuenta los factores dimensionales ya calculados en el cuaderno 1 y las características recogidas en el RPA.

El diseño realizado tiene que reportar unas altas prestaciones, a la par que ofrecer una sensación de confort. Ambas características navegando a cualquier velocidad y en condiciones de mar forzada.

La principal dificultad de este cuaderno ha sido la falta de información y datos en el sector de los yates, que generalmente se caracteriza por la exclusividad que el armador pretende en su embarcación. En el apartado correspondiente al plano de formas se indicarán cuáles fueron las soluciones adoptadas para esta problemática.

Para decidir si el buque incorporará bulbo de proa realizaremos un estudio basado en varias condiciones, que de cumplirlas confirmaremos la incorporación. No obstante, no podemos obviar que, salvo dos barcos de BBDD, todos incluyen bulbo de proa. Indicador de que muy probablemente deberemos incorporarlo.

Como objetivo del cuaderno también tenemos la elaboración de la curva de áreas seccionales.

Los datos de partida del estudio realizado en los cuadernos anteriores son:

Dimensiones		
L	Eslora	87,5 m
L_{wl}	Eslora flotación	77,29 m
B	Manga	13,47 m
T	Calado	4,32 m
D	Puntal a c. super	7,61 m
	Tripulación	20
	Pasaje	40
Δ	Desplaz.	3.145,4 t
	Tanques fuel	402.959 l
	Tanques agua	97.330 l

2 Plano de formas: generación y justificación

Abordar este apartado es algo complejo por la falta de datos, la privacidad y la exclusividad que existe en el campo de los mega yates. Esta información resulta realmente más complicada de conseguir y de tratar que en otro tipo de buques; tales como cargueros o petroleros. Se descartó el uso de las series sistemáticas, ya que las formas proporcionadas por las mismas resultan ser más aptas para buques con C_b más elevado, dando lugar a formas más llenas que nos alejan de las características que estamos buscando en este buque.

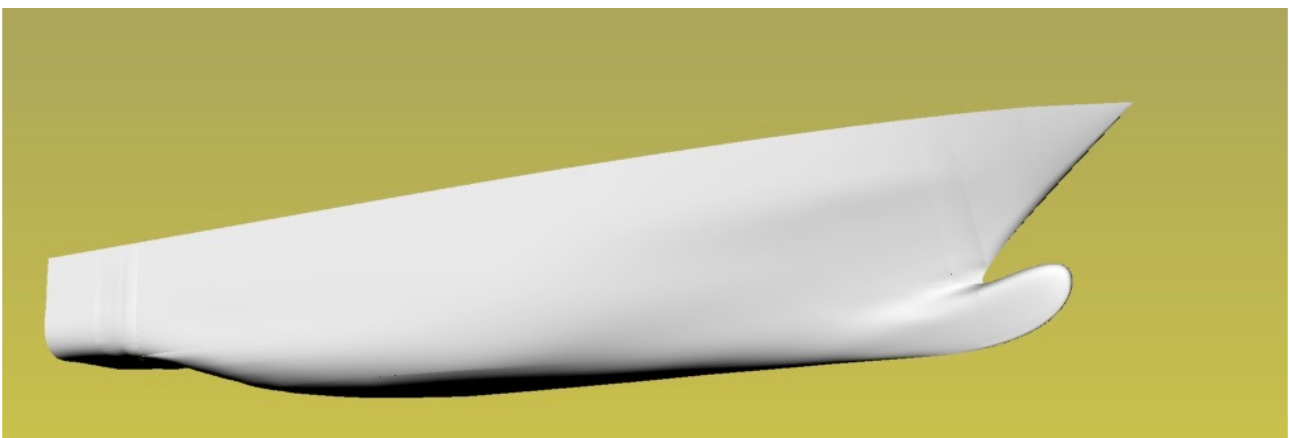
Las opciones que se han barajado para conseguir las formas parten todas de una transformación afín:

1. Buque Oceanográfico Miguel Oliver: esta primera opción fue descartada por la falta de colaboración de la Secretaria General de Pesca, departamento gubernamental al que pertenece el buque.
2. Atunero ETSIN n25: otra propuesta viable es utilizar las formas de un atunero de dimensiones similares al buque proyecto. Justificación:
 - Numero de Froude: para el buque proyecto es de 0,2635 mientras que el atunero seleccionado es de 0,2576. Esto se debe a unas dimensiones similares y exactitud en la velocidad de servicio.
 - Formas esbeltas en v propia de estos barcos

Justificando la opción de utilizar formas de un buque atunero como una opción valida y a considerar en la elaboración de este tipo de proyectos.

3. Utilizar las formas del buque de referencia (yate PEGASO): a pesar de que el número de Froude varía ligeramente más que en el caso anterior (0,2635 frente a 0,2904) se decidió utilizar estas formas que provienen de un buque similar. Ofrecerán unas líneas más conservadoras respecto al tipo de buque que estamos proyectando.

Tras haber escalado la opción 3, el resultado es el siguiente:



Anexos incluidos en este apartado:

- Planos de forma atunero escalado: *anexo 3.2.1*

- Hidrostáticas yate Pegaso: *anexo 3.2.2*
- Planos de forma yate escalado: *anexo 3.2.3*

3 Contorno de proa y popa

Este estudio se ha realizado partiendo de los siguientes antecedentes:

- El buque de referencia utilizado tiene bulbo de proa.
- En la BBDD, de 23 buques, solo son dos los buques sin bulbo y eso se debe a que poseen quilla recta.
- Beneficios en el comportamiento de la embarcación frente a la resistencia por formación de olas.

El estudio lo realizaremos apoyado de "El proyecto básico del buque mercante" (ISBN: 9788492175024) que presenta varias formulaciones para la conveniencia o no de tener bulbo de proa:

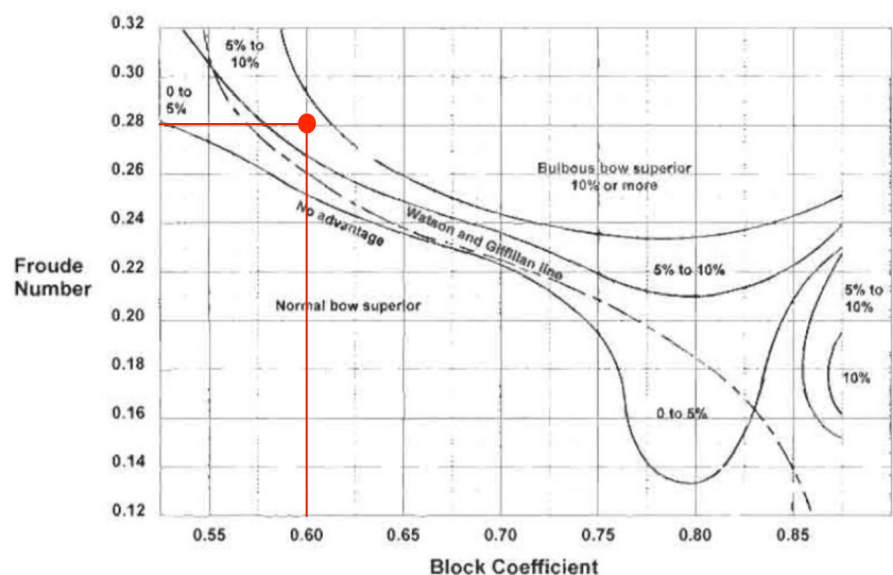
1. El 95% de los buques cumple estos parámetros:
 - $0,65 < C_b < 0,815 - 0,6$ - **NO RECOMENDADO**
 - $5,5 < L_{wl}/B < 7 - 5,73$ - **SI RECOMENDADO**
2. El número de Froude ha de establecerse entre los siguientes parámetros:
 - $0,24 < Fr < 0,57 - 0,28$ - **SI RECOMENDADO**
3. No es recomendable si se cumple la siguiente relación:
 - $(C_b \times B) / L_{wl} > 0,135 - 0,10$ - **NO RECOMENDADO**

Con este estudio realizado tendríamos opción de establecer ambas opciones. Nos basaremos en los antecedentes antes descritos como criterio para argumentar el bulbo de proa en el buque.

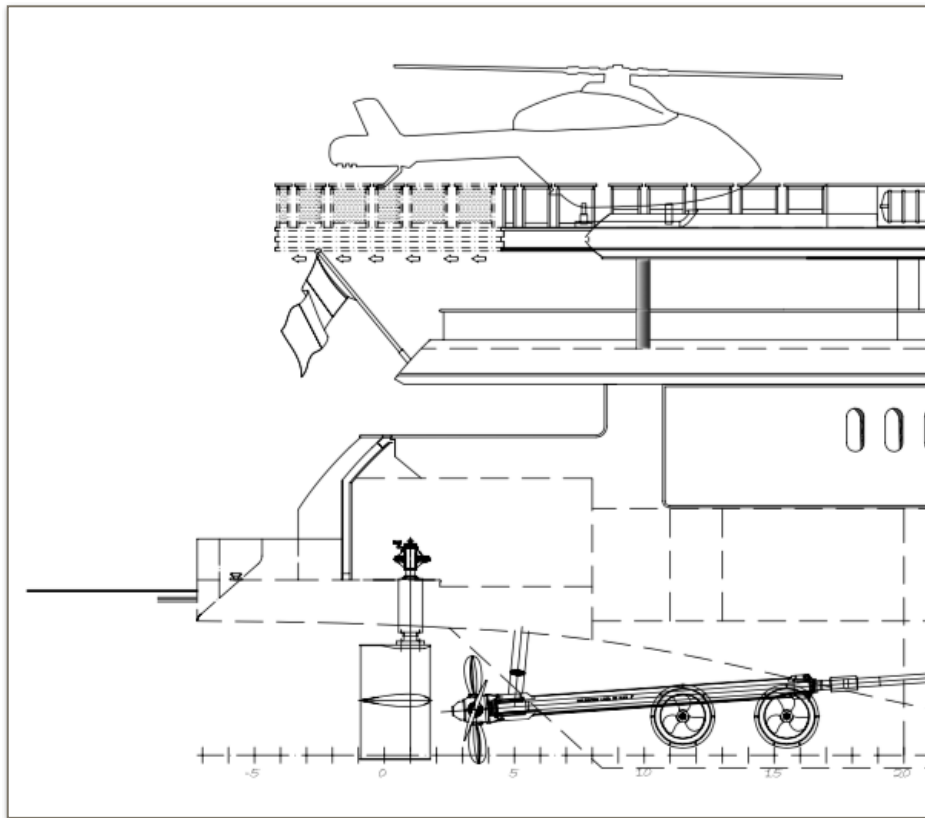
Dentro de las formas clásicas que estamos diseñando, la proa se va a caracterizar por un gran lanzamiento que nos va a ofrecer una buena entrada del casco en la lámina de agua y separación del flujo desde el principio. Donde realmente se apreciarán los beneficios de estas formas es dentro de un escenario de mar forzada. Existen diseños nuevos, que se están introduciendo en el mundo de los yates y las embarcaciones de recreo, con proas rectas y sin bulbo. Pero se descartó esa opción teniendo en cuenta los ya probados beneficios de las formas clásicas a lo largo de los años.

En la publicación "*Practical ship design*" Watson se relacionan en un gráfico los beneficios del bulbo de proa representando C_b vs. Froude. Según esta publicación obtendríamos un beneficio de entre 5%-10%.

El contorno de popa resulta conservador conforme al buque de referencia. Es el típico en este tipo de buques con dos hélices.



En la siguiente figura se muestra el contorno de popa del buque de referencia.



3.1 Comprobación de huelgos mínimos a popa

Esta comprobación se esta realizando una vez se poseen los datos de la hélice, con el cuaderno 6 completo.

Varían en función de propulsión con una o dos hélices (x2), el numero de palas (x4), características del timón, coeficiente de bloque, radio del propulsor, potencia estimada y eslora del buque. Según el reglamento:

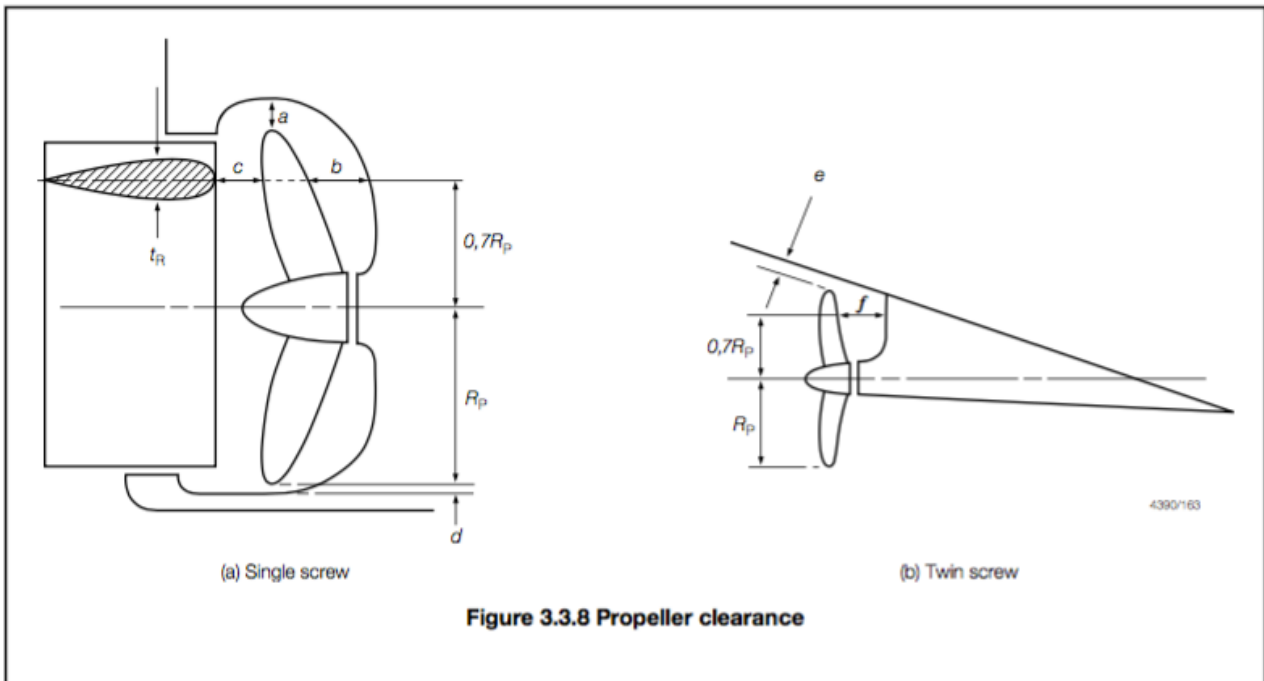


Table 3.3.2 Recommended propeller hull clearances

Number of Blades	Hull clearances for single screw, in metres, see Figure 3.3.8 Propeller clearance				Hull clearances for twin screw in metres, see Figure 3.3.8 Propeller clearance	
	a	b	c	d	e	f
3	1,20Kδ	1,80Kδ	0,12δ	0,03δ	1,20Kδ	1,20Kδ
4	1,00Kδ	1,50Kδ	1,12δ	0,03δ	1,00Kδ	1,20Kδ
5	0,85Kδ	1,275Kδ	0,12δ	0,03δ	0,85Kδ	0,85Kδ
6	0,75Kδ	1,125Kδ	0,12δ	0,03δ	0,75Kδ	0,75Kδ
Minimum value	0,10δ	0,15δ	t_R	-	3 and 4 blades 0,20δ	0,15δ
					5 and 6 blades 0,16δ	

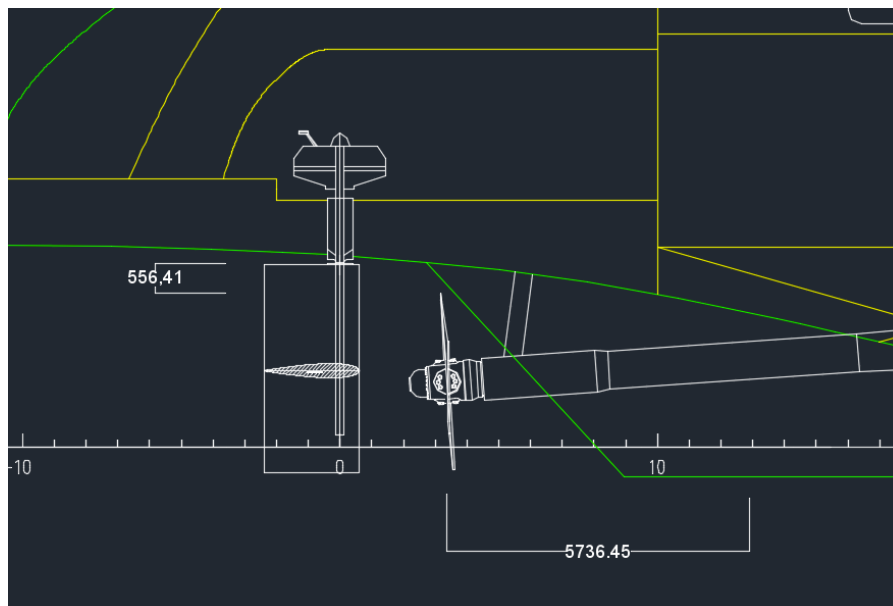
Symbols	
<p>L_R and C_b as defined in Pt 3, Ch 1, 6.1 General</p> $K = \left(0,1 + \frac{L_R}{3050} \right) \left(\frac{3,48 C_b P_s}{L_R^2} + 0,3 \right)$	<p>t_R = thickness of rudder, in metres measured at $0,7R_p$ above the shaft centreline</p> <p>P_s = designed power on one shaft, in kW</p> <p>R_p = propeller radius, in metres</p> <p>δ = propeller diameter, in metres</p>
<p>Note The above recommended minimum clearances also apply to semi-spade type rudders.</p>	

Resultados:

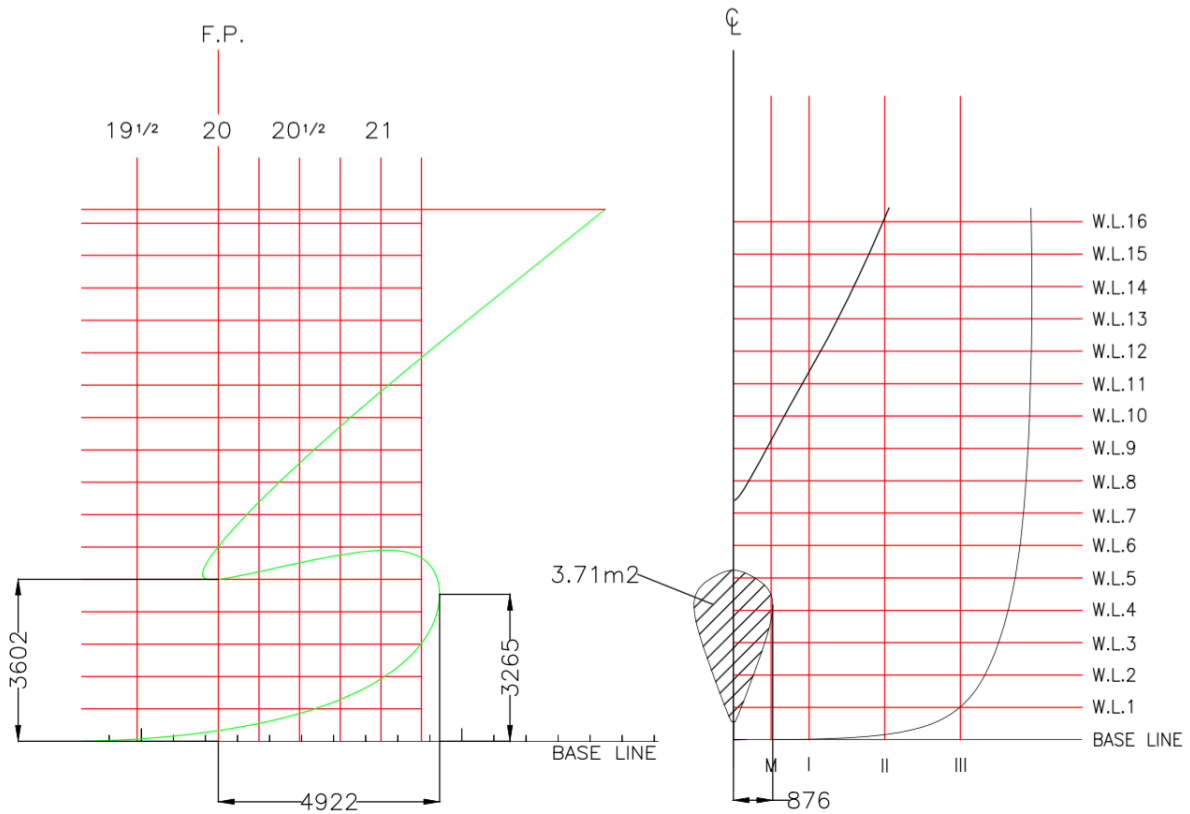
Opción: b) Twin Screw

Helices	2
Palas	4
K	0,11
Diametro	3,5

Valores:	Distancia mínima (m)		
e)	1,00 K d =	0,385	CUMPLE
f)	1,20 K d =	0,462	CUMPLE



4 Trazado de bulbo



TRAZADO DE BULBO DE PROA

Tipo	Gooseneck		
Altura	h	3,265	m
Protuberancia	x	4,922	m
Área transversal	SC20	3,71	m ²
Manga	b	1,752	m
Altura total	z	3,602	m
Coeficiente afinamiento	SC20/ (b*z)	0,588	

5 Cartilla de trazado

La cartilla de trazado corresponde al buque proyecto.

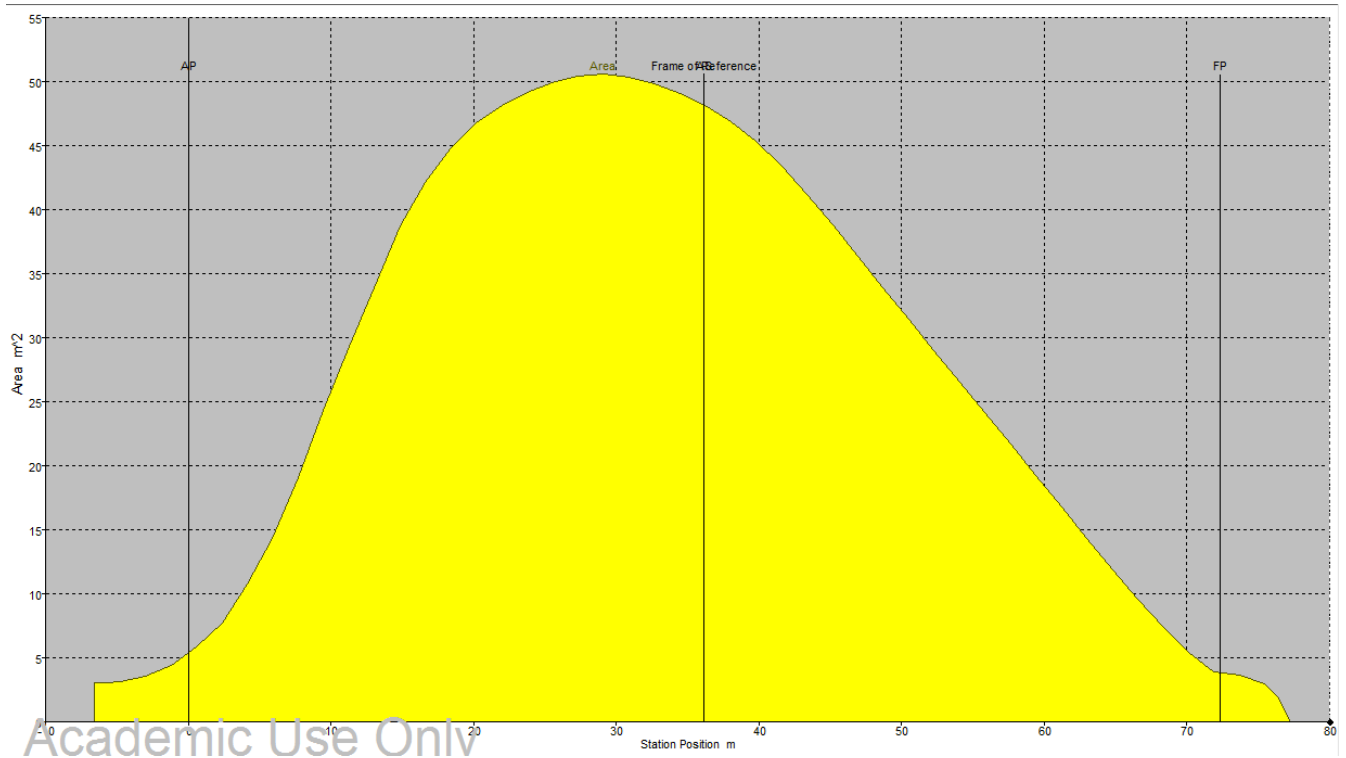
Ésta se ha elaborado a partir de los planos de formas del buque proyecto, intersecando las secciones con las líneas de agua.

Anexos incluidos en este apartado:

- Cartilla de trazado: *anexo 3.5.1*

6 Curva de áreas seccionales. Resultados.

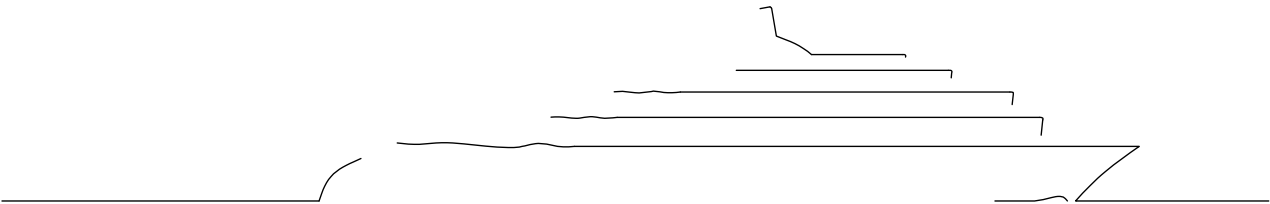
Se obtiene representando la distancia entre secciones de proa y popa en el eje de abscisas y las áreas de cada una de las secciones en el de ordenadas, al máximo calado.



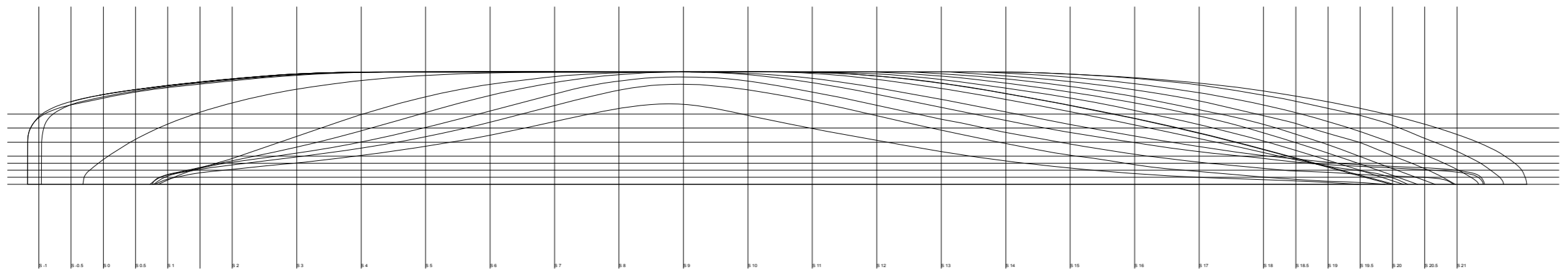
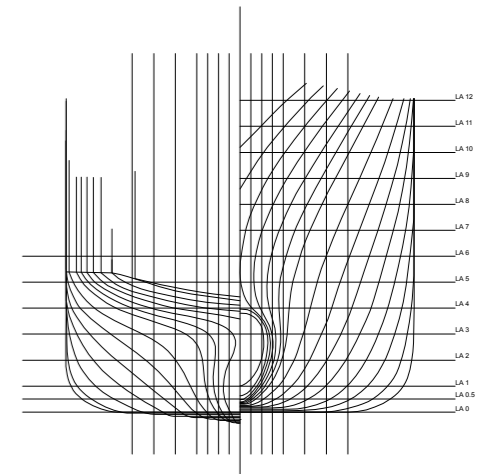
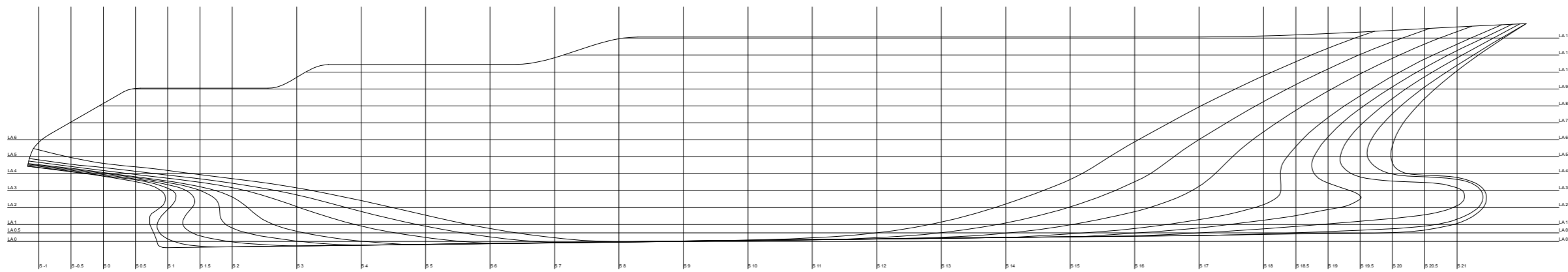
7 Resultados

Displacement	2356	t
Volume (displaced)	2298,634	m ³
Draft Amidships	4,300	m
Immersed depth	4,309	m
WL Length	78,867	m
Beam max extents on WL	13,355	m
Wetted Area	1198,923	m ²
Max sect. area	50,465	m ²
Waterpl. Area	832,905	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,578	
Block coeff. (Cb)	0,506	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,897	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,791	
LCB length	33,219	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	26,989	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	42,121	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	34,221	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	2,544	m
KG fluid	0,000	m
BMt	4,316	m
BML	140,668	m
GMt corrected	6,860	m
GML	143,213	m
KMt	6,860	m
KML	143,213	m
Immersion (TPc)	8,537	tonne/cm
MTc	46,666	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	282,094	tonne.m
Length:Beam ratio	5,905	
Beam:Draft ratio	3,099	
Length:Vol^{0.333} ratio	5,976	
Precision	Medium	66 stations

ANEXO 3.2.1



YATE DE 87m



UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR – FERROL

ARQUITECTURA NAVAL
 PROYECTO FIN DE GRADO N° 18-105

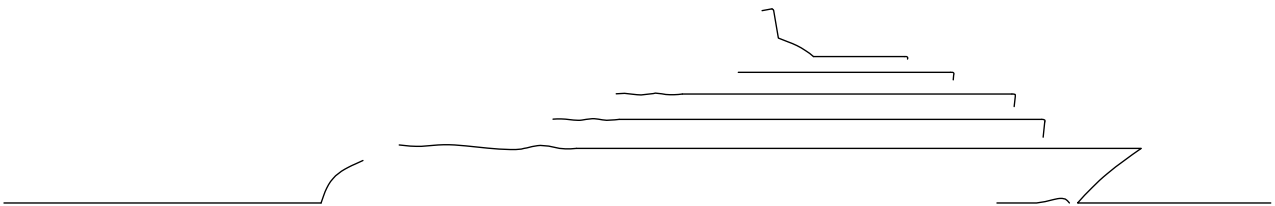
ALUMNO:
 Víctor J. Gavín Barberán

TIPO DE BUQUE: YATE DE LUJO DE 87M

DENOMINACIÓN PLANO:
 PLANO DE FORMAS (OP. ATUNERO)

ESCALA: 1:250
 ANEXO 3.2.1 – C3
 FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ANEXO 3.2.2



YATE DE 87m

Versión de Hidrostáticas : HIDROST. TRIM=0,00M

ASIENTO SOBRE LB 0.000 m DENSIDAD 1.025 t/m3

REFERENCIA LONG ... P.POPA KEEL THICKNESS 300 mm

TABLAS HIDROSTATICAS

D/BASE (m)	DEXT (m)	DESPLA (t)	TPCM (t)	MCT/CM (t.m)	LCB (m)	LCF (m)	KMT (m)	KML (m)	KB (m)
1.200	1.500	355.94	3.88	8.650	30.571	29.714	9.307	151.81	0.670
1.400	1.700	436.74	4.09	9.495	30.357	29.583	8.695	136.24	0.788
1.600	1.900	522.05	4.28	10.357	30.173	29.426	8.197	124.67	0.904
1.800	2.100	611.22	4.56	12.014	30.012	29.214	7.753	123.55	1.020
2.000	2.300	704.41	4.76	13.027	29.891	28.944	7.459	116.48	1.137
2.200	2.500	802.76	4.96	14.150	29.739	28.584	7.199	111.20	1.255
2.400	2.700	904.20	5.14	15.143	29.592	28.278	7.003	105.85	1.373
2.600	2.900	1009.31	5.33	16.283	29.432	27.867	6.851	102.11	1.490
2.800	3.100	1118.06	5.51	17.459	29.258	27.432	6.725	98.96	1.608
3.000	3.300	1230.71	5.72	18.906	29.068	26.874	6.645	97.43	1.726
3.200	3.500	1348.09	5.97	20.766	28.851	26.115	6.606	97.68	1.846
3.400	3.700	1471.03	6.37	24.707	28.582	24.768	6.615	106.15	1.968
3.600	3.900	1603.10	6.80	29.103	28.204	23.306	6.743	114.41	2.094
3.800	4.100	1741.83	7.05	31.394	27.787	22.695	6.856	113.62	2.222
4.000	4.300	1884.49	7.19	32.878	27.396	22.572	6.850	110.11	2.349
4.200	4.500	2029.33	7.28	33.859	27.053	22.616	6.776	105.47	2.474
4.400	4.700	2175.75	7.35	34.628	26.758	22.728	6.685	100.79	2.597
4.600	4.900	2315.33	6.83	28.137	26.611	25.106	6.248	77.90	2.711
4.800	5.100	2452.51	6.88	28.668	26.532	25.261	6.200	75.08	2.823
5.000	5.300	2590.66	6.93	29.193	26.468	25.418	6.166	72.52	2.933
5.200	5.500	2729.83	6.98	29.711	26.419	25.574	6.143	70.18	3.044
5.400	5.700	2870.04	7.03	30.226	26.381	25.730	6.130	68.04	3.154
5.600	5.900	3011.17	7.08	30.897	26.355	25.922	6.128	66.39	3.264
5.800	6.100	3153.51	7.13	31.514	26.339	26.098	6.134	64.76	3.374
6.000	6.300	3296.77	7.18	32.127	26.331	26.272	6.148	63.25	3.484
6.200	6.500	3441.09	7.23	32.736	26.332	26.444	6.169	61.84	3.593
6.400	6.700	3586.35	7.28	33.338	26.339	26.613	6.197	60.52	3.703
6.600	6.900	3732.63	7.33	33.937	26.352	26.780	6.230	59.28	3.813

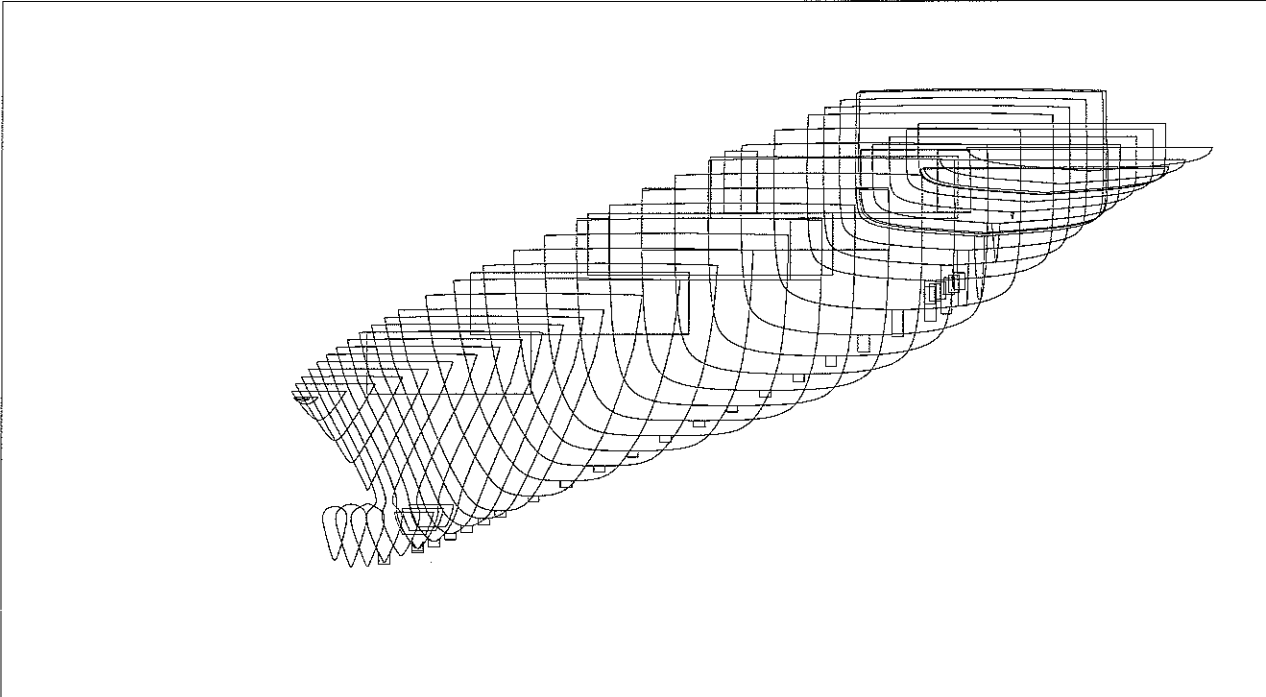
Versión de Hidrostaticas : HIDROST. TRIM=0,00M

ASIEN TO SOBRE LB 0.000 m DENSIDAD 1.025 t/m3

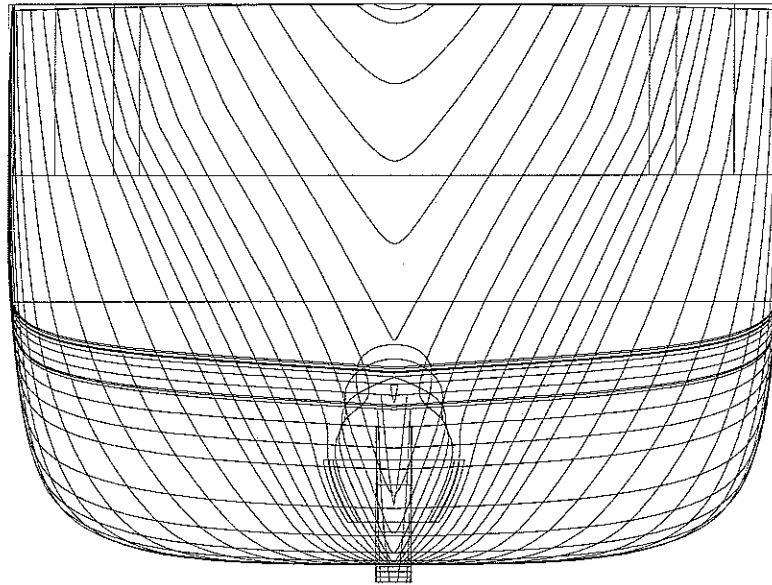
REFERENCIA LONG ... P.POPA KEEL THICKNESS 300 mm

TABLAS HIDROSTATICAS

D/BASE (m)	VOLUMEN (m3)	WL AREA (m2)	BMT (m)	BML (m)	WT.SURF. (m2)	MID.AREA (m2)	CB	CW	CP
1.200	347.26	378.57	8.637	151.139	400.42	11.27	0.4670	0.6110	0.5836
1.400	426.09	398.87	7.907	135.450	424.77	13.47	0.4726	0.6193	0.5880
1.600	509.32	417.71	7.294	123.765	447.98	15.71	0.4782	0.6275	0.5918
1.800	596.32	444.86	6.733	122.530	506.33	17.99	0.4842	0.6502	0.5955
2.000	687.23	464.00	6.322	115.341	551.56	20.30	0.4894	0.6609	0.5987
2.200	783.18	483.70	5.944	109.948	578.59	22.64	0.4946	0.6720	0.6021
2.400	882.15	500.99	5.630	104.481	618.76	25.01	0.4987	0.6798	0.6036
2.600	984.69	519.56	5.360	100.623	645.65	27.40	0.5017	0.6883	0.6041
2.800	1090.79	537.86	5.117	97.357	692.90	29.82	0.5029	0.6944	0.6025
3.000	1200.69	558.41	4.919	95.700	729.77	32.25	0.5016	0.6998	0.5977
3.200	1315.21	582.35	4.760	95.836	778.18	34.70	0.4950	0.7013	0.5868
3.400	1435.15	621.37	4.648	104.180	837.57	37.17	0.4680	0.6890	0.5525
3.600	1564.00	663.58	4.649	112.321	902.38	39.65	0.4797	0.7327	0.5641
3.800	1699.35	687.41	4.634	111.398	949.56	42.14	0.4920	0.7562	0.5763
4.000	1838.52	701.50	4.501	107.761	986.46	44.64	0.5039	0.7691	0.5882
4.200	1979.84	710.58	4.302	103.000	1019.56	47.15	0.5149	0.7761	0.5993
4.400	2122.69	717.44	4.089	98.195	1051.49	49.67	0.5252	0.7811	0.6096
4.600	2258.86	666.35	3.536	75.187	1136.91	52.22	0.5330	0.7233	0.6167
4.800	2392.69	671.44	3.378	72.257	1164.12	54.76	0.5396	0.7269	0.6225
5.000	2527.47	676.36	3.232	69.587	1191.33	57.30	0.5461	0.7307	0.6280
5.200	2663.25	681.12	3.099	67.136	1218.54	59.85	0.5525	0.7348	0.6332
5.400	2800.04	685.73	2.976	64.881	1245.77	62.40	0.5588	0.7389	0.6381
5.600	2937.73	690.99	2.864	63.125	1273.39	64.96	0.5649	0.7441	0.6427
5.800	3076.59	695.95	2.760	61.387	1300.80	67.53	0.5708	0.7488	0.6471
6.000	3216.36	700.84	2.664	59.767	1328.21	70.09	0.5764	0.7536	0.6513
6.200	3357.16	705.63	2.576	58.247	1355.63	72.67	0.5819	0.7583	0.6553
6.400	3498.88	710.34	2.494	56.815	1383.06	75.25	0.5871	0.7629	0.6591
6.600	3641.59	714.99	2.417	55.465	1410.49	77.86	0.5922	0.7674	0.6626



ARGOS 8.2 30/08/10	"PEGASO" FORMAS S/R202.C	LINES PLAN
-----------------------	-----------------------------	------------

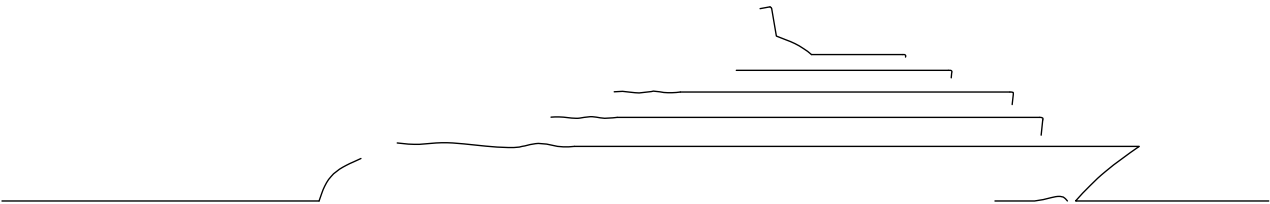


ARGOS 8.2
30/08/10

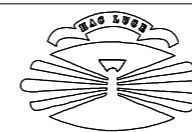
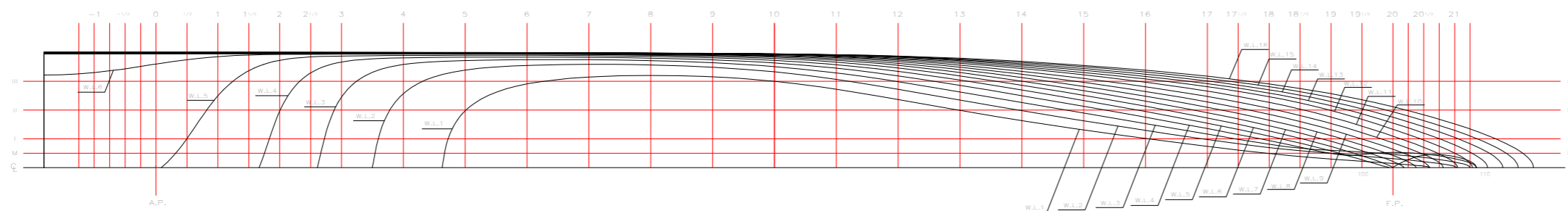
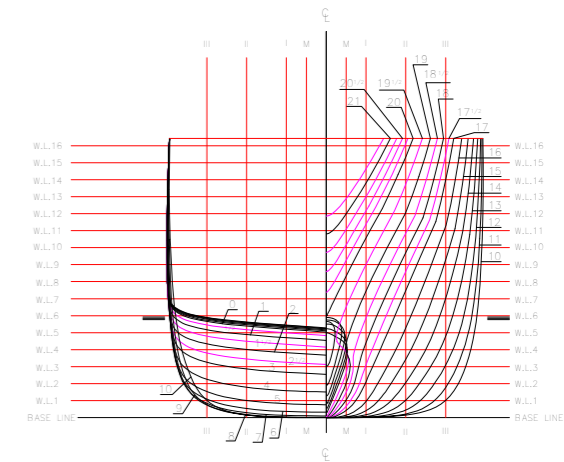
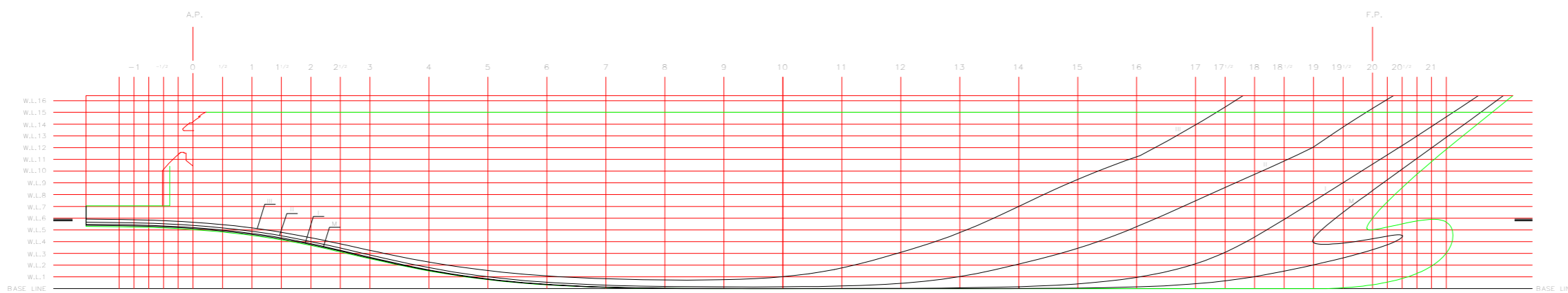
"PEGASO"
FORMAS S/R202.C

LINES PLAN

ANEXO 3.2.3



YATE DE 87m



UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR – FERROL

ARQUITECTURA NAVAL
 PROYECTO FIN DE GRADO Nº 18-105

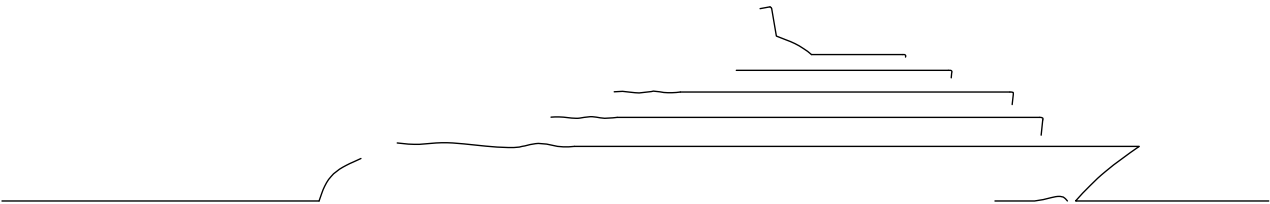
ALUMNO:
 Víctor J. Gavín Barberán

TIPO DE BUQUE: YATE DE LUJO DE 87M

DENOMINACIÓN PLANO:
 PLANO DE FORMAS (BUQUE PROYECTO)

ESCALA: 1:250
 ANEXO 3.2.3 – C3
 FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ANEXO 3.5.1



YATE DE 87m

CARTILLA DE TRAZADO (buque proyecto)

SECCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Distancia	0,00	4,46	8,93	13,39	17,85	22,32	26,78	31,24	35,70	40,17	44,63	49,09	53,56	58,02	62,48	66,95	71,41	75,87	80,33	84,80	87,50
10,8 (top)	5,61	6,62	6,68	6,71	6,73	6,73	6,70	6,65	6,57	6,51	6,42	6,29	6,14	6,36	6,13	5,76	5,19	4,38	3,37	2,10	0
8,48	5,61	6,62	6,68	6,71	6,73	6,73	6,70	6,65	6,57	6,51	6,42	6,29	6,14	5,90	5,50	4,84	3,85	2,71	1,48		
7,72	5,61	6,60	6,67	6,71	6,73	6,73	6,70	6,65	6,57	6,47	6,36	6,20	6,01	5,72	5,25	4,48	3,34	2,13	0,84		
6,95	5,61	6,54	6,64	6,69	6,71	6,71	6,69	6,63	6,54	6,44	6,30	6,11	5,88	5,53	4,98	4,11	2,84	1,56	0		
6,18	5,61	6,45	6,58	6,65	6,68	6,68	6,66	6,61	6,52	6,40	6,24	6,02	5,74	5,32	4,69	3,74	2,36	1,04	0		
5,42	5,61	6,32	6,51	6,60	6,63	6,64	6,63	6,58	6,49	6,36	6,18	5,93	5,59	5,10	4,37	3,37	1,94	0,58	0		
4,64	5,61	6,11	6,40	6,52	6,57	6,59	6,59	6,55	6,45	6,31	6,12	5,82	5,41	4,84	4,06	3,03	1,64	0,22	0		
3,88	3,42	5,60	6,13	6,36	6,46	6,51	6,53	6,50	6,40	6,26	6,03	5,68	5,19	4,55	3,75	2,74	1,41	0	0		
3,11			5,36	6,01	6,28	6,40	6,46	6,44	6,33	6,17	5,91	5,50	4,93	4,23	3,45	2,55	1,56	1,01	0,77		
2,34			0,23	4,25	5,65	6,06	6,25	6,30	6,21	6,02	5,73	5,26	4,63	3,89	3,16	2,42	1,73	1,34	0,66		
1,58			0,23	0,23	0,23	4,24	5,43	5,80	5,85	5,72	5,43	4,95	4,28	3,53	2,84	2,20	1,59	1,06			
1,19			0,23	0,23	0,23	0,23	3,84	5,14	5,45	5,44	5,21	4,74	4,07	3,32	2,65	2,02	1,38	0,73			
0,81			0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	3,35	4,70	4,98	4,87	4,45	3,81	3,05	2,34	1,68	1,01	0,07			
0,43									2,62	4,03	4,22	3,92	3,28	2,42	1,66	1,04	0,31				
Bottom (altura para la que y=0)	3,79	3,21	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,31	0,12	0,05	0,05	0,00	0,00	0,05	0,11	0,32	0,79	1,67	9,32	10,76